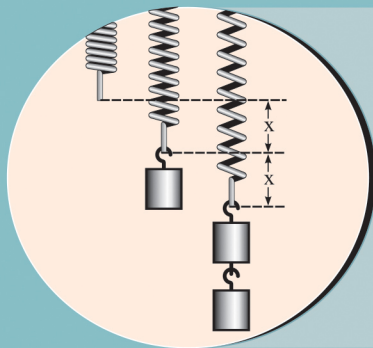


Դ. Հ. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ

ՖԻԶԻԿԱՅԻ
ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԴԱՍԸՆԹԱՅ
Խնդիրներ, հարցեր և պնդումներ



Մաս I

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

ԴԱՎԻԹ ՀԱԿՈԲԻ ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

(Խնդիրներ, հարցեր, պնդումներ)

Ձեռնարկը նախատեսված է բուհերի ուսանողների, բարձր
դասարանի աշակերտների և դիմորդների համար:

ԵՐԵՎԱՆ 2025

Հեղինակի կողմից

Ֆիզիկայի ընդհանուր դասընթացն ընդգրկող 5 մասից կազմված ձեռնարկներից I մասի բովանդակության գրեթե 90% հրատարակվել է իմ հեղինակած [6,7,8] աշխատանքներում, ընդ որում [8]-ը ՌԴ կրթության և գիտության նախարարության կողմից հաստատված է եղել որպես ուսումնական ձեռնարկ ՌԴ մանկավարժական բուհերի ուսանողների համար: Ի տարբերություն դրանց, այս գրքում էապես ավելացվել է տեսական տեղեկատվությունը և առաջին անգամ ընդհանուր ֆիզիկայի ԲՈՒՀ-ական ծրագիրը ներկայացվել է «պնդումներ»-ի փնջերի տեսքով:

Այսպիսով, ներկայացվող գրքերի կարևոր առանձնահատկություն են հանդիսանում՝

1. Գրքի բոլոր բաժիններն ըդգրկում են դպրոցական և ԲՈՒՀ-ական ծրագրերին համապատասխանող տեսական լայն տեղեկատվություն;
2. Դպրոցական և ԲՈՒՀ-ական ծրագրերին համապատասխանող մատչելի և միջին բարդության խնդիրներից բացի, պարունակում է տվյալ դասընթացն ընդգրկող հարցաշար;
3. Ձեռնարկում առաջին անգամ ընդհանուր ֆիզիկայի դասընթացը ներկայացված է ճիշտ ու սխալ պնդումներով «փնջերի» տեսքով:

Բերված հարցերի և պնդումների գերակշիռ մասի (շուրջ 90%) ճիշտ պատասխանը կարելի տալ՝ օգտվելով միայն ձեռնարկում ընդգրկված տեսական նյութից:

Բուհական ծրագրերին համապատասխանող խնդիրներն ու հարցերը նշված են ● նշանով (պարզ խնդիր կամ հարց) և ■ նշանով (համեմատաբար բարդ խնդիր կամ հարց): Դպրոցական ծրագրերին համապատասխանող խնդիրներն ու հարցերը նշված են ○ նշանով՝ պարզերը և □ նշանով՝ համեմատաբար բարդերը:

Խնդիրների, հարցերի և պնդումների բազմազանությունը հնարավորություն է տալիս այս ձեռնարկն օգտագործել ֆիզիկա առարկան ուսումնասիրող բոլոր մասնագիտությունների ուսանողների կողմից: Ձեռնարկը հաջողությամբ կարող է օգտագործվել նաև ավագ դպրոցի ուսուցիչների և աշակերտների կողմից:

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

§1. Կինեմատիկա	
Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր.....	4-11
Խնդիրներ և հարցեր.....	11-32
Պնդումներ.....	32-42
§2. Նյութական կետի եվ պինդ մարմնի համընթաց շարժման դինամիկան	
Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր.....	43-50
Խնդիրներ և հարցեր.....	51-74
Պնդումներ.....	75-83
§3. Պահպանման օրենքները	
Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր.....	84-93
Խնդիրներ և հարցեր.....	93-116
Պնդումներ.....	116-124
§4. Պինդ մարմնի դինամիկան	
Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր.....	125-131
Խնդիրներ և հարցեր.....	132-147
Պնդումներ.....	148-156
§5. Մեխանիկական տատանումներ եվ ալիքներ	
Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր.....	157-168
Խնդիրներ և հարցեր.....	169-192
Պնդումներ.....	193-203
§6. Ճնշումը հեղուկներում եվ գազերում	
Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր.....	204-211
Խնդիրներ և հարցեր.....	211-228
Պնդումներ.....	229-239
§7. Ռելյատիվիստական մեխանիկա	
Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր.....	240-243
Խնդիրներ և հարցեր.....	243-249
Պնդումներ.....	249-253
Խնդիրների պատասխանները.....	254-277
Գրականություն.....	278
Հավելված.....	279-282

§1. Կինեմատիկա

Հիմնական հասկացություններ և քանաձևեր

1. Մեխանիկայի հիմնական խնդիրը.

Մեխանիկայի հիմնական խնդիրը մարմնի դիրքը տարածության մեջ ժամանակի կամայական պահին որոշելն է:

• Մեխանիկական շարժում

Մեխանիկական շարժում կոչվում է ժամանակի ընթացքում տարածության մեջ մարմնի դիրքի փոփոխությունը այլ մարմինների կամ մարմնի մասերի դիրքերի փոփոխությունը միմյանաց նկատմամբ:

Պինդ մարմնի կամայական շարժում կարելի ներկայացնել երկու՝ պտտական և համընթաց շարժումների վերադրման արդյունք:

Պտտական շարժման դեպքում մարմնի բոլոր կետերը շարժվում են շրջանագծերով, որոնց կենտրոնները գտնվում են միևնույն ուղղի վրա, որին անվանում են պտտման առանցք:

Համընթաց շարժման դեպքում մարմնի ցանկացած երկու կետերը միացնող ուղիղը շարժման ընթացքում մնում է ինքն իրեն զուգահեռ:

• Հաշվարկման մարմին.

Հաշվարկման մարմին կոչվում է այն մարմինը, որի նկատմամբ դիրքերը են այլ մարմինների դիրքերը:

• Հաշվարկման համակարգ.

Հաշվարկման մարմնի հետ կոշտ կերպով ամրացված ուղղանկյուն դեկարտյան կոորդինատական համակարգը, որտեղ կա հեռավորություն և ժամանակ չափով գործիքներ, կոչվում է հաշվարկման համակարգ:

• Նյութական կետ, հետագիծ.

Մարմինը, որի չափերը տվյալ խնդրի պայմաններում կարելի է անտեսել, կոչվում է նյութական կետ:

Նյութական կետի շարժումը ըստ հետագծի ձևի բաժանում են երկու տեսակի՝ ուղղագիծ և կորագիծ:

Նյութական կետի հետագիծը այն գիծն է, որի բոլոր կետերում շարժվող նյութական կետը հաջորդաբար գտնվել է:

2. Նյութական կետի տեղափոխությունն ու ճանապարհ

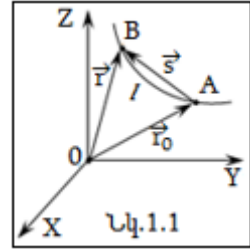
• Տեղափոխությունը.

Այն $\vec{s}$ վեկտորը, որը նյութական կետի սկզբնական դիրքը միացնում է վերջնական դիրքին, կոչվում է տեղափոխություն (Նկ.1.1)

$$\vec{s} = \vec{r} - \vec{r}_0 = \Delta \vec{r};$$

$$s_x = x - x_0 = \Delta x, \quad (1.1)$$

որտեղ $\vec{r}_0$ -ն և $\vec{r}$ -ը նյութական կետի սկզբնական (A) և վերջնական (B) դիրքերի շառավիղ-վեկտորներն են: s_x -ը՝ տեղափոխության պրոյեկցիան է OX առանցքի վրա, իսկ x_0 -ն և x -ը՝ սկզբնական և վերջնական դիրքերի կոորդինատները: Մյուս առանցքների վրա պրոյեկցիաները տրվում են համանման կերպով (x -ը փոխարինելով y -ով և z -ով):



• **Հետագիծ.**

Հետագիծ կոչվում է այն գիծը, որի բոլոր կետերում շարժվող նյութական կետը հաջորդաբար գտնվել է:

• **l ճանապարհ.**

Ճանապարհը հետագծի այն l հատվածի երկարությունն է, որը գտնվում է A և B կետերի միջև:

• **Արագություն.**

Մարմնի կատարած տեղափոխությունը միավոր ժամանակում, կոչվում է արագություն:

• **Միջին արագություն.**

Միավոր ժամանակում կատարված տեղափոխությունը, միջինով հաշված, կոչվում է միջին արագություն՝

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\vec{s}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}, \quad (1.2)$$

որտեղ $\Delta t = t - t_0$ -ն ժամանակի միջակայքն է, t_0 -ն՝ ժամանակի սկզբնական պահը (սովորաբար $t_0 = 0$, t -ն՝ ժամանակի վերջնական պահը):

Արագության միավորը ՄՀ-ում 1մ/վ-ն է, իսկ միավորների գաուսյան համակարգում (ԳՀ)՝ 1սմ/վ-ը: 1մ/վ = 100սմ/վ:

• **Ակնթարթային արագություն.**

Ժամանակի տվյալ պահին կամ հետագծի տվյալ կետում մարմնի արագությունը, կոչվում է ակնթարթային արագություն՝

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{s}}{dt}; \quad v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{ds_x}{dt}, \quad (1.3)$$

որտեղ v_x -ը արագության պրոյեկցիան է OX առանցքի վրա:

• **Միջին և ակնթարթային ճանապարհային արագություններ.**

$$\bar{v}_l = \langle v_l \rangle = \frac{\Delta l}{\Delta t}; \quad v_l = \frac{dl}{dt}; \quad (1.4)$$

• **Հարաբերական արագություն.**

$$\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1, \quad (1.5)$$

որտեղ $\vec{v}_{21}$ -ը 2 նյութական կետի արագությունն է 1 նյութական կետի նկատմամբ, իսկ $\vec{v}_2$ -ը և $\vec{v}_1$ -ը՝ 2 և 1 նյութական կետերի արագություններն են որնէ անշարժ համակարգի նկատմամբ:

3. Ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում

Այն շարժումը, որի ընթացքում մարմինը ցանկացած հավասար ժամանակամիջոցներում կատարում է հավասար տեղափոխություններ, կոչվում է ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում:

• **Արագությունը.**

$$\vec{v} = const: \quad (1.6)$$

Այս շարժման միջին և ակնթարթային արագություններն իրար հավասար են:

• **Տեղափոխությունը.**

$$\vec{s} = \vec{v}t; \quad s_x = v_x t: \quad (1.7)$$

• **Շառավիղ-վեկտորը և կորորդինատը.**

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t; \quad x = x_0 + v_x t: \quad (1.8)$$

• **Ճանապարհը.**

$$l = vt: \quad (1.9)$$

(1.7) - (1.9) բանաձևերը ճիշտ են $t_0 = 0$ -ի համար, հակառակ դեպքում դրանցում t -ն պետք է փոխարինել Δt -ով:

4. Փոփոխական շարժում: Արագացում և դրա բաղադրիչները

Այն շարժումը, որի ընթացքում մարմինը հավասար ժամանակամիջոցներում հավասար տեղափոխություններ չի կատարում, կոչվում է փոփոխական շարժում:

• **Արագացում.**

Մարմնի արագության փոփոխությունը միավոր ժամանակում, կոչվում է արագացում:

• **Միջին արագացում.**

$$\langle \vec{a} \rangle = \bar{\vec{a}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}, \quad (1.10)$$

Արագացման միավորը ՄՀ-ում 1մ/վ² է, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝ 1սմ/վ²:
1մ/վ²=100սմ/վ²:

- **Ակնթարթային արագացում.**

Ժամանակի տվյալ պահին կամ հետագծի տվյալ կետում արագացումը, կոչվում է ակնթարթային արագացում՝

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}; \quad a_x = \frac{dv_x}{dt}, \quad (1.11)$$

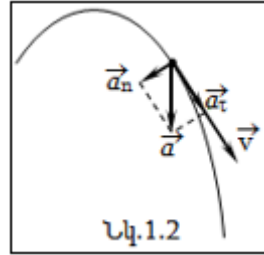
որտեղ a_x -ը արագացման պրոյեկցիան է OX առանցքի վրա:

- **Տանգենցիալ (շոշափող) արագացում.**

Հետագծի տվյալ կետում հետագծին տարած շոշափողով ուղղված արագացումը՝

$$a_\tau = \frac{dv}{dt}: \quad (1.12)$$

a_τ -ն բնութագրում է արագության մոդուլի փոփոխման արագությունը, եթե v -ն նվազում է, ապա $\vec{a}_\tau \uparrow \downarrow \vec{v}$; եթե v -ն աճում է, ապա $\vec{a}_\tau \uparrow \uparrow \vec{v}$ (Նկ.1.2):



- **Նորմալ (կենտրոնաձիգ) արագացում.**

Հետագծի տվյալ կետում դեպի կորության կենտրոնն ուղղված արագացումը, կոչվում է նորմալ կամ կենտրոնաձիգ արագացում՝

$$a_n = \frac{v^2}{R}: \quad (1.13)$$

a_n -ը բնութագրում է արագության ուղղության փոփոխման արագությունը: Այն ուղղահայաց է $\vec{v}$ -ին և $\vec{a}_\tau$ -ին, իսկ $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$: R -ը հետագծի տվյալ կետում հետագծի կորության շառավիղն է:

5. Հավասարաչափ փոփոխական շարժում.

Հաստատուն արագացումով շարժմանն անվանում են հավասարաչափ փոփոխական շարժում:

- **Արագացումը**

$$\vec{a} = const: \quad (1.14)$$

- **Արագությունը.**

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t; \quad v_x = v_{0x} + a_x t, \quad (1.15)$$

որտեղ $\vec{v}_0$ -ն սկզբնական արագությունն է, իսկ v_{0x} -ը՝ դրա պրոյեկցիան OX առանցքի վրա:

- **Տեղափոխությունը.**

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}; \quad s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}: \quad (1.16)$$

- **Շառավիղ-վեկտորը և կոորդինատը.**

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}; \quad x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}: \quad (1.17)$$

Ուղղագիծ հավասարաչափ արագացող շարժում ($a > 0$)

- Արագացումը.

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau = \text{const}; \quad a_n = 0: \quad (1.18)$$

- Արագությունը.

$$\vec{v} \uparrow \uparrow \vec{a}, \quad v = v_0 + at: \quad (1.19)$$

- Ճանապարհը.

$$l = v_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad l = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}; \quad l = \frac{v_0 + v}{2} t: \quad (1.20)$$

Ուղղագիծ հավասարաչափ դանդաղող շարժում ($a < 0$)

- Արագացումը.

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau = \text{const}; \quad a_n = 0: \quad (1.21)$$

- Արագությունը.

$$\vec{v} \uparrow \downarrow \vec{a}; \quad v = v_0 - at: \quad (1.22)$$

- Ճանապարհը.

$$l = v_0 t - \frac{at^2}{2}; \quad l = \frac{v_0^2 - v^2}{2a}: \quad (1.23)$$

5. Ազատ անկում (մարմնի շարժումը միայն ծանրության ուժի ազդեցությամբ):

Ազատ անկումը մարմինների այն շարժումն է, որը տեղի է ունենում միայն Երկրի ձգողության ուժի ազդեցության տակ: Դա հաստատուն արագացումով շարժման մասնավոր դեպք է:

- Արագացումը.

$$\vec{a} = \vec{g}, \quad (1.24)$$

որտեղ $\vec{g}$ -ն ազատ անկման արագացումն է (դրա արժեքը կախված է դիտարկվող կետի աշխարհագրական լայնությունից և ծովի մակարդակից ունեցած բարձրությունից: Ծովի մակարդակի և 45° լայնության վրա $g = 9,8 \text{ մ/վ}^2$, հասարակածի մոտ $g = 9,78 \text{ մ/վ}^2$, բևեռում՝ $g = 9,832 \text{ մ/վ}^2$: Հաճախ վերցնում են $g = 10 \text{ մ/վ}^2$ կլորացած արժեքը:

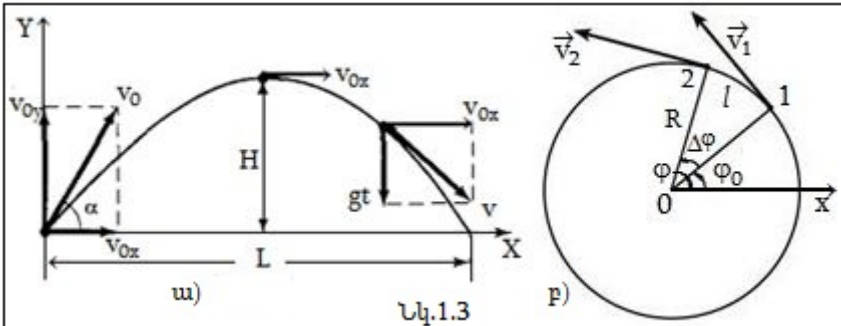
- Հորիզոնի նկատմամբ α անկյան տակ նետած մարմնի շարժումը (օղի դիմադրությունն անտեսվում է)

Այս շարժումը հանդիսանում է երկու շարժումների՝ հորիզոնական ուղղությամբ $v_{ox} = v_0 \cos \alpha$ արագությամբ հավասարաչափ և ուղղաձիգ ուղղությամբ $v_{oy} = v_0 \sin \alpha$ սկզբնական արագությամբ նետված շարժումների գումար (Նկ.1.3ա):

- Թռիչքի հեռահասությունը, բարձրությունը և տևողությունը.

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}; \quad H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}; \quad \tau = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}. \quad (1.25)$$

(1.25) բանաձևերը ճիշտ են, երբ մարմնի նետման և անկման կետերը գտնվում են միևնույն մակարդակի վրա: Բացի այդ, ենթադրվում է, որ L - ը և H -ը շատ փոքր են Երկրի շառավղից:



$\alpha = 90^\circ$ -ի դեպքում կունենանք ուղղաձիգ դեպի վեր նետած մարմնի շարժման բնութագրերը՝ $L = 0$; $H = \frac{v_0^2}{2g}$; $\tau = \frac{2 v_0}{g}$:

• **Հետագծի հավասարումը.**

$$y = y_0 + x t g \alpha - x^2 \left(\frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \right). \quad (1.26)$$

7. Հավասարաչափ շարժում շրջանագծով

Նյութական կետը մոդուլով հաստատուն արագությամբ շարժվում է շրջանագծով (Նկ.1.3բ):

• **Պտտման պարբերությունն ու հաճախությունը.**

Մեկ պտույտի տևողությունը կոչվում է պտտման պարբերություն, իսկ պտույտների թիվը միավոր ժամանակամիջոցում՝ պտտման հաճախություն.

$$T = \frac{t}{N}; \quad \nu = \frac{N}{t}; \quad T \cdot \nu = 1, \quad (1.27)$$

որտեղ $N = \frac{\varphi - \varphi_0}{2\pi} = \frac{\Delta\varphi}{2\pi} = \frac{l}{2\pi R}$ պտույտների թիվն է t ժամանակում, $\Delta\varphi$ -ն t ժամանակում պտտվող նյութական կետը շրջանագծի կենտրոնին միացնող R շառավղի պտտման անկյունն է, իսկ l -ը՝ անցած ճանապարհը (Նկ.1.3բ):

Պարբերության միավորը 1վ-ն է, իսկ հաճախությանը՝ $1/\text{վ} = \text{վ}^{-1}$:

• **Անկյունային և գծային արագությունները.**

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \text{const}; \quad v = \frac{l}{t} = \text{const}: \quad (1.28)$$

Անկյունային արագության միավորը ռադ/վ-ի:

• Պտտման անկյունն ու ճանապարհը.

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t; \quad l = vt: \quad (1.29)$$

Հաճախ համարում են $\varphi_0 = 0$:

• Արագացումը. $a = a_n = \text{const}; \quad a_\tau = 0:$ (1.30)

• Գծային և անկյունային բնութագրերի կապը.

$$l = \varphi R; \quad v = \omega R; \quad a_n = \omega v = \omega^2 R = v^2/R: \quad (1.31)$$

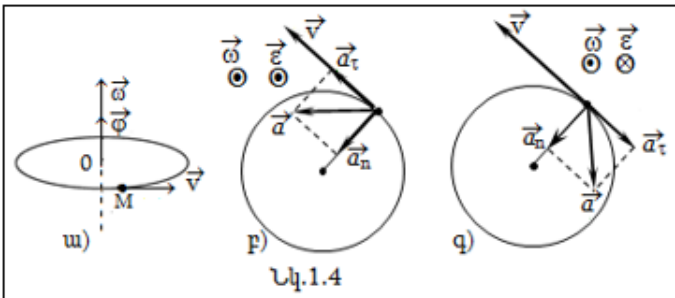
8. Շրջանագծային շարժման ընդհանուր դեպքը

Պտտման $\vec{\omega}$ անկյունը ներկայացվում է վեկտորով, որն ուղղված է պտտման առանցքով այնպես, որ կետի պտտման ուղղության հետ կապված լինի աջ պտուտակի կանոնով (Նկ.1.4ա):

• Անկյունային արագությունը և արագացումը.

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}; \quad \vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}, \quad (1.32)$$

որտեղ $\vec{\varphi}$ -ն պտույտի անկյունն է, $\vec{\omega}$ -ն անկյունային արագությունը, $\vec{\varepsilon}$ -ը՝ անկյունային արագացումը: $\vec{\omega}$ վեկտորի ուղղությունը նորից որոշվում է աջ պտուտակի կանոնով (Նկ.1.4բ-ում և գ-ում $\vec{\omega}$ և $\vec{\varphi}$ վեկտորներն ուղղված են դեպի մեզ): $\vec{\varepsilon}$ -ի ուղղությունը որոշում են հետևյալ կերպ՝ $\vec{\varepsilon} \uparrow \vec{\omega}$, եթե ω -ն մոդուլով մեծանում է, և $\vec{\varepsilon} \downarrow \vec{\omega}$, եթե ω -ն մոդուլով նվազում է: Անկյունային արագացման միավորը՝ ռադ/վ²:



• Գծային և անկյունային բնութագրերի կապը.

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{R}; \quad \vec{a}_\tau = \vec{\varepsilon} \times \vec{R}; \quad \vec{a}_n = \vec{\omega} \times \vec{v} = -\omega^2 \vec{R}, \quad (1.33)$$

որտեղ $\vec{R}$ -ը շրջանագծի կենտրոնը նյութական կետին միացնող շառավիղ-վեկտորն է:

9. Շրջանագծով հավասարաչափ արագացող և դանդաղող շարժումներ

- Անկյունային արագացումը.

$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \text{const}; \quad a_\tau = \text{const}: \quad (1.34)$$

- Անկյունային արագությունը.

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_0 + \vec{\varepsilon}t; \quad \omega = \omega_0 \pm \varepsilon t, \quad (1.35)$$

որտեղ $\vec{\omega}_0$ -ն սկզբնական անկյունային արագությունն է: (1.35)-ում «+» նշանը վերաբերում է արագացող, իսկ «-» նշանը՝ դանդաղող շարժմանը:

- Պտտման անկյունը.

$$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}: \quad (1.36)$$

Այստեղ վերցված է $\varphi_0 = 0$, իսկ նշանի ընտրությունը կատարվում է նախորդի նման:

Խնդիրներ

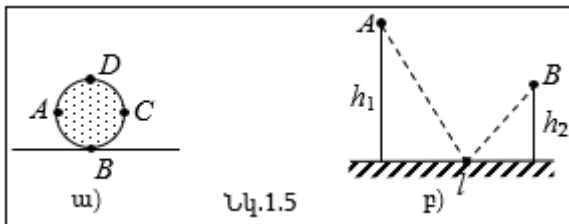
Ճանապարհի և տեղափոխություն

◦1.1. Զբոսաշրջիկը սկզբում դեպի հյուսիս գնաց $a = 3$ կմ, այնուհետև՝ $b = 4$ կմ դեպի արևելք, իսկ հետո՝ $c = 11$ կմ դեպի հարավ: Որոշեք զբոսաշրջիկի անցած ճանապարհին ու տեղափոխության մոդուլը:

◦1.2. Ժամացույցի թույլներ ցույց տվող սլաքն ունի $r = 10$ սմ երկարություն: Որոշեք այդ սլաքի ծայրակետի անցած ճանապարհին ու տեղափոխության մոդուլը՝ ա) 10 թույլների; բ) 30 թույլների; գ) 60 թույլների ընթացքում:

□1.3. $R=10$ սմ շառավղով սկավառակը առանց սահելու գլորվում է հորիզոնական հարթության վրայով (Նկ.1.5ա): Ինչի՞նչ է հավասար սկավառակի A, B, C, D կետերի տեղափոխության մոդուլները սկավառակի կես պտույտի դեպքում:

□1.4. Ունենք երկու ծառ, որոնց բարձրություններ են $h_1 = 8$ մ և $h_2 = 4$ մ,



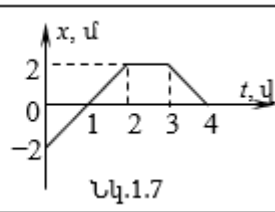
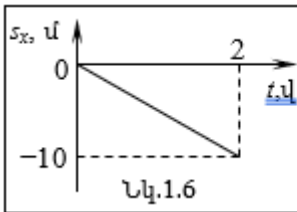
Նկ.1.5

իսկ դրանց միջև հեռավորությունը $l = 9\text{մ}$ (Նկ.1.5բ): Գետնի մակերևույթին իրար շատ մոտ թափված են ցորենի հատիկներ: A ծառի գագաթից թռչող թռչունը գետնից պետք է վերցնի ցորենի հատիկ և թռչի B ծառի գագաթը: Ինչքա՞ն է ամենակարճ ճանապարհի երկարությունը:

Ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում

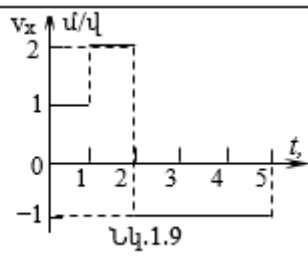
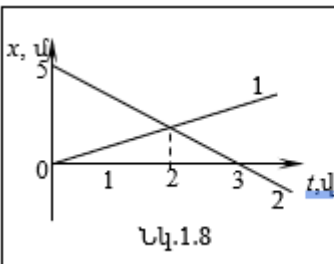
○1.5. Նկ.1.6-ում պատկերված է կետի տեղափոխության s_x պրոյեկցիայի ժամանակից կախվածության գրաֆիկը: Գտեք կետի x_0 սկզբնական կոորդինատը, եթե $t=3\text{վ}$ պահին $x=-10\text{մ}$:

□1.6. Նկ.1.7-ում պատկերված է OX առանցքի երկայնքով շարժվող կետի կոորդինատի ժամանակից կախվածության գրաֆիկը: Կառուցեք արագության $v_x(t)$ պրոյեկցիայի ժամանակից կախվածության գրաֆիկը: Որոշեք կետի անցած ճանապարհին ու միջին ճանապարհային արագությունն ամբողջ շարժման ընթացքում:



○1.7. Նկ.1.8-ում պատկերված է OX առանցքի երկայնքով շարժվող երկու կետերի կոորդինատների ժամանակից կախվածության գրաֆիկները: Որոշեք կետերի արագություններն ու դրանց անցած ճանապարհներն իրար հանդիպելու պահին: Այդ կետերի համար գրեք շարժման $x(t)$ հավասարումները:

○1.8. Նկ.1.9-ում պատկերված է OX առանցքի երկայնքով շարժվող կետի արագության $v_x(t)$ պրոյեկցիայի ժամանակից կախվածության գրաֆիկը: Կառուցեք կետի տեղափոխության s_x պրոյեկցիայի և $l(t)$ ճանապարհի



ժամանակից կախվածության գրաֆիկները: Որոշեք միջին արագության մոդուլը և միջին ճանապարհային արագությունը $t=5$ վ-ի ընթացքում:

○1.9. Երկու հեծանվորդների շարժումները նկարագրվում են $x_1=500-4t$ և $x_2 = 100 + 6t$ հավասարումներով: Որոշեք դրանց հանդիպման պահը և մինչև հանդիպելը յուրաքանչյուրի անցած ճանապարհը: Բոլոր տվյալները բերված են միավորների ՄՀ-ում:

Շարժման հարաբերականությունը

○1.10. $v_1 = 15$ մ/վ արագությամբ շարժվող գնացքի ուղևորի մոտով հանդիպակաց ուղղությամբ շարժվող $l = 75$ մ երկարությամբ գնացքն անցավ $t=3$ վ-ի ընթացքում: Ի՞նչ արագությամբ էր շարժվում հանդիպակաց գնացքը:

○1.11. Երկու զուգահեռ ճանապարհներով միևնույն ուղղությամբ հավասարաչափ շարժվում են $l_1 = 800$ մ երկարությամբ բեռնատար և $l_2 = 200$ մ երկարությամբ էլեկտրագնացքը՝ համապատասխանաբար $v_1 = 54$ կմ/ժ և $v_2 = 90$ կմ/ժ արագություններով: Որքա՞ն ժամանակում մի գնացքը կանցնի մյուսի մոտով:

□1.12. Շոգենավը գետի հոսանքի ուղղությամբ մի բնակավայրից մյուսը գնում է $t_1 = 8$ ժ-ում, իսկ վերադառնում է $t_2 = 10$ ժ-ում: Որքա՞ն ժամանակում լաստը կանցնի այդ բնակավայրերի միջև եղած հեռավորությունը:

○1.13. Մետրոյի շարժասանդուղքի վրա անշարժ կանգնած մարդուն շարժասանդուղքը վեր է բարձրացնում $t_1 = 1$ ր-ի ընթացքում: Անշարժ սանդուղքի վրայով մարդը բարձրանում է $t_2 = 3$ ր-ում: Որքա՞ն ժամանակում մարդը վեր կբարձրանա շարժվող սանդուղքով:

○1.14. Նավակը գետի ափերին ուղղահայաց ուղղությամբ՝ ջրի նկատմամբ շարժվում է $v = 7,2$ կմ/ժ արագությամբ: Գետը հատելու պահին այն հոսանքի ուղղությամբ ներքև է տարվում $l = 150$ մ հեռավորությամբ: Որոշեք գետի հոսանքի արագությունը և գետը հատելու ժամանակը, եթե գետի լայնությունը $L = 500$ մ:

○1.15. Նավակը գետի ափերին ուղղահայաց ուղղությամբ անցնում է մի ափից մյուսը: Նավակի արագությունը կանգնած ջրում $v_1 = 5$ մ/վ, գետի հոսանքի արագությունը $v_2 = 3$ մ/վ, գետի լայնությունը $l = 200$ մ: Ինչքա՞ն ժամանակում նավակը կհատի գետը: Ափի նկատմամբ ի՞նչ անկյան տակ են ուղղել նավակին:

○1.16. Քամու $v_1 = 10$ մ/վ արագության դեպքում անձրևի կաթիլներն

ուղղաձիգի նկատմամբ ընկնում են $\alpha_1 = 30^\circ$ անկյան տակ: Քամու ի՞նչ արագության դեպքում անձրևի կաթիլները կընկնեն $\alpha_2 = 45^\circ$ անկյան տակ: Կաթիլների արագությունն օդի նկատմամբ հաստատուն է:

○1.17. Երկու ճանապարհներ հատվում են ուղիղ անկյան տակ: Դրանցից մեկով շարժվող ավտոմեքենայի արագությունը՝ $v_1 = 60$ մ/վ, իսկ մյուսով շարժվողինը՝ $v_2 = 80$ մ/վ: Որոշեք մի ավտոմեքենայի արագությունը մյուսի նկատմամբ:

□1.18. Քամու բացակայության դեպքում ինքնաթիռը մի քաղաքից մյուսը գնում է $t_1 = 6$ ժ-ում: Եթե շարժմանն ուղղահայաց ուղղությամբ փչի $v_p = 20$ մ/վ արագության քամի, ապա ինքնաթիռը նույն թռիչքի վրա կծախսի $t_2 = 6$ ժ.9ր. ժամանակ: Որոշեք ինքնաթիռի արագությունը քամու բացակայության դեպքում:

Միջին արագություն

○1.19. Ավտոմեքենան շարժման ամբողջ ժամանակի առաջին կեսում շարժվում էր $v_1 = 40$ կմ/ժ արագությամբ, իսկ երկրորդ կեսում՝ $v_2 = 80$ կմ/ժ արագությամբ: Որոշեք ավտոմեքենայի միջին ճանապարհային արագությունը:

○1.20. Ավտոմեքենան ամբողջ ճանապարհի առաջին կեսն անցավ $v_1 = 40$ կմ/ժ արագությամբ, իսկ երկրորդ կեսը՝ $v_2 = 80$ կմ/ժ արագությամբ: Որոշեք ավտոմեքենայի միջին արագությունն ամբողջ ճանապարհին:

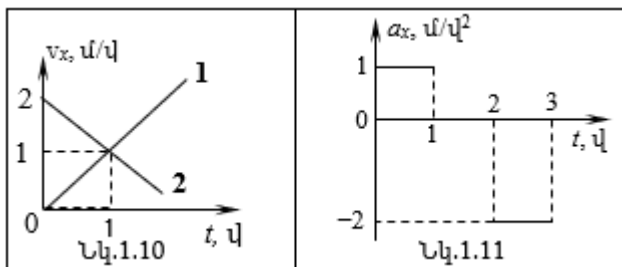
○1.21. Հեծանվորդն ամբողջ ճանապարհի առաջին կեսն անցավ $v_1 = 16$ կմ/ժ արագությամբ: Մնացած ժամանակի առաջին կեսում նա շարժվեց $v_2 = 12$ կմ/ժ արագությամբ, որից հետո մինչև ճանապարհի վերջը գնաց ոտքով $v_3 = 5$ կմ/ժ արագությամբ: Որոշեք ավտոմեքենայի միջին արագությունն ամբողջ շարժման ընթացքում:

Հաստատուն արագացումով շարժում

○1.22. Նկ.1.10-ում պատկերված է OX առանցքի երկայնքով շարժվող երկու կետերի արագության պրոյեկցիաների ժամանակից ունեցած կախվածությունները: Այդ կետերի սկզբնական կոորդինատներն են՝ $x_{01} = 2$ մ, $x_{02} = 5$ մ: Այդ կետերի համար գրեք շարժման $x(t)$ հավասարումները: Շարժման սկզբից որքա՞ն ժամանակ հետո նրանք կհանդիպեն:

○1.23. OX առանցքի երկայնքով շարժվող կետի շարժման հավասարումն ունի $x = 5 + 12t + 2t^2$ տեսքը: Բոլոր տվյալները բերված են միավորներով՝ ՄՀ-ում: Որոշեք կետի արագությունը $t_1 = 2$ վ պահին և միջին ճանա-

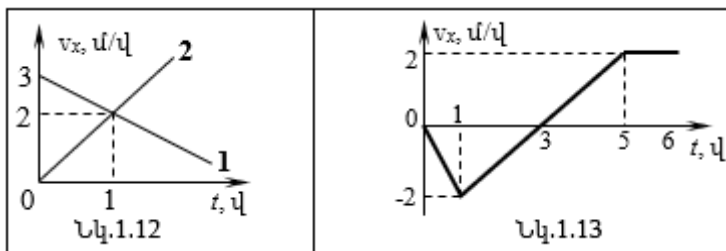
պարհային արագությունը ժամանակի $t_2 = 3$ վ -ից մինչև $t_3 = 6$ վ միջակայքում:



□1.24. Նկ.1.11-ում պատկերված է OX առանցքի երկայնքով շարժվող կետի արագացման պրոյեկցիայի ժամանակից կախվածության գրաֆիկը: Սկզբնական արագությունը հավասար է զրոյի: Կառուցեք արագության $v_x(t)$ պրոյեկցիայի ժամանակից կախվածության գրաֆիկը: Որոշեք տեղափոխության պրոյեկցիան և անցած ճանապարհը $t=3$ վ-ի ընթացքում:

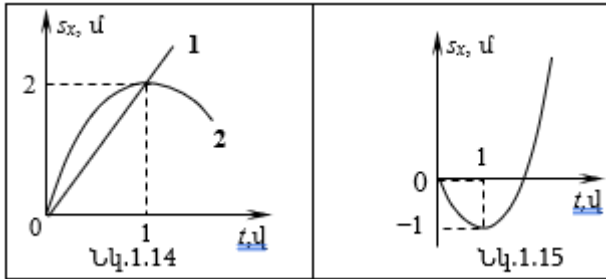
□1.25. Նկ.1.12-ում պատկերված է OX առանցքի երկայնքով շարժվող երկու կետերի արագության պրոյեկցիաների ժամանակից ունեցած կախվածությունները: $t_0 = 0$ պահին երկուսն էլ ունեցել են միևնույն $x_0 = 0$ սկզբնական կոորդինատը: Այդ կետերի համար գրեք $v_x(t)$ հավասարումները: Ժամանակի n ր պահին դրանք կհանդիպեն:

□1.26. Նկ.1.13-ում պատկերված է OX առանցքի երկայնքով շարժվող կե-



տի արագացության պրոյեկցիայի ժամանակից կախվածության գրաֆիկը: Կառուցեք արագացման $a_x(t)$ պրոյեկցիայի ժամանակից կախվածության գրաֆիկը: Որոշեք կետի կոորդինատը $t=6$ վ պահին, եթե սկզբնական կոորդինատը $x_0 = 1$ մ:

□1.27. Նկ.1.14-ում պատկերված է OX առանցքի երկայնքով շարժվող երկու կետերի տեղափոխության պրոյեկցիաների ժամանակից ունեցած կախվածությունները (2 գրաֆիկը պարաբոլ է): Որոշեք այդ կետերի սկզբնական արագությունների և արագացումների պրոյեկցիաները: Ժամանակի n ր պահին դրանց արագությունները կհավասարվեն:



□1.28. Նկ.1.15-ում պատկերված է OX առանցքի երկայնքով շարժվող կետի տեղափոխության պրոյեկցիայի ժամանակից ունեցած կախվածության գրաֆիկը (պարաբոլ): Որոշեք այդ կետի սկզբնական արագության և արագացման պրոյեկցիաները: Գրեք $s_x(t)$ հավասարումը:

□1.29. Երկու կետերի շարժումները նկարագրվում են $x_1 = 10 + 7t - t^2$ և $x_2 = -1 + t + 2t^2$ հավասարումներով: Բոլոր տվյալները բերված են միավորների ՄՀ-ում: Որոշեք դրանց հանդիպման ժամանակը և ժամանակի այն պահը, երբ դրանց արագության մոդուլներն իրար կհավասարվեն:

□1.30. Երկու կետերի շարժումները նկարագրվում են $x_1 = -6t - 0,5t^2$ և $x_2 = 40 + 3t + 0,75t^2$ հավասարումներով: Բոլոր տվյալները բերված են միավորների ՄՀ-ում: Որոշեք ժամանակի այն պահը, երբ դրանց անցած ճանապարհներն իրար կհավասարվեն:

○1.31. Հրթիռը, դուրս գալով դադարի վիճակից, շարժվում է $a = 60 \text{ մ/վ}^2$ արագացումով: Ի՞նչ արագություն այն ձեռք կբերի $l = 750 \text{ մ}$ ճանապարհի վերջում: Ինչքա՞ն տևեց այդ շարժումը:

○1.32. Ինքնաթիռը, դուրս գալով դադարի վիճակից, շարժվում է հաստատուն արագացումով և անցնելով $l = 1,2 \text{ կմ}$ թռիչքուղու երկարություն ձեռք բերեց $v = 270 \text{ կմ/ժ}$ արագություն: Որոշեք այդ շարժման տևողությունը և արագացումը:

○1.33. $v = 500 \text{ մ/վ}$ արագությամբ թռչող գնդակը դիպչում է հողաթմբին և $l = 40 \text{ սմ}$ խորությամբ մխրճվում նրա մեջ: Ինչքա՞ն ժամանակ և ի՞նչ արագացումով գնդակը շարժվեց հողաթմբում:

○1.34. Դահուկորդը իջնում է $l = 100 \text{ մ}$ երկարությամբ սարավանդով $a = 0,5 \text{ մ/վ}^2$ արագացումով և $v_0 = 10 \text{ մ/վ}$ սկզբնական արագությամբ: Որքա՞ն կտևի վայրէջքը և ի՞նչ արագություն ձեռք կբերի դահուկորդը վայրէջքի վերջում:

○1.35. $v_0 = 1 \text{ մ/վ}$ սկզբնական արագություն ունեցող մարմինը կատարում է հավասարաչափ արագացող շարժում և անցնելով որոշ ճանապարհ ձեռք է բերում $v_1 = 7 \text{ մ/վ}$ արագություն: Ինչքա՞ն էր մարմնի արա-

գությունն այդ ճանապարհի կետին:

□1.36. Միևնույն կետից, նույն ուղղությամբ, սկսեցին հավասարաչափ արագացող շարժում կատարել երկու մարմին, ընդ որում երկրորդը շարժումը սկսեց առաջինից $\tau = 2$ վ անց: Առաջին մարմինն ուներ $v_{01}=1$ մ/վ սկզբնական արագություն և $a_1 = 2$ մ/վ² արագացում, երկրորդը՝ $v_{02}=10$ մ/վ սկզբնական արագություն և $a_1 = 1$ մ/վ² արագացում: Ելման կետից ի՞նչ հեռավորության վրա և որքա՞ն ժամանակ անց դրանք կհանդիպեն:

□1.37. $l = 125$ մ երկարություն ունեցող գնացքի առաջին վագոնի ուղեվորը զբոսնում էր կառամատույցում: Երբ այն գտնվում էր վերջին վագոնի մոտ, գնացքը սկսեց շարժվել $a = 0,1$ մ/վ² արագացումով: Ուղևորը սկսեց $v = 6$ մ/վ հաստատուն արագությամբ վազել դեպի իր վագոնը: Ինչքա՞ն ժամանակ անց այն կհասնի իր վագոնին:

□1.38. Գնացքը սկսեց կատարել հավասարաչափ արագացող շարժում: Գնացքի առաջին վագոնի առջնի եզրամասի մոտ, կառամատույցում կանգնած դիտորդը նկատեց, որ այդ վագոնն իր մոտով անցավ $t_1 = 4$ վ-ում: Որքա՞ն ժամանակում դիտորդի մոտով կանցնի այդ գնացքի $n=16$ -րդ վագոնը: Միջվագոնային հեռավորություններն անտեսեք:

○1.39. Առանց սկզբնական արագության ուղղաձիծ հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմինը շարժման $n=6$ -րդ վայրկյանում անցավ $l_n=22$ մ ճանապարհ: Ի՞նչ արագացումով էր շարժվում մարմինը:

○1.40. Ուղղաձիծ հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմինը $n=4$ -րդ վայրկյանում անցավ $l_n=11$ մ ճանապարհ, 5-րդ վայրկյանում՝ $l_{n+1}=13$ մ: Որոշեք այդ մարմնի արագացումը և սկզբնական արագությունը:

○1.41. $v_1 = 15$ կմ/ժ արագության դեպքում ավտոմեքենայի արգելակման ճանապարհը կազմում է $l_1=1,5$ մ: Ինչքա՞ն կլինի ավտոմեքենայի արգելակման ճանապարհը $v_2=90$ կմ/ժ արագության դեպքում: Որոշեք արագացման մեծությունը, համարելով այն երկու դեպքում էլ նույնը:

□1.42. Նյութական կետը, կատարելով հավասարաչափ դանդաղող շարժում, $t=4$ վ-ի ընթացքում անցավ $l = 24$ մ ճանապարհ: Որոշեք կետի v_0 սկզբնական արագությունը, եթե այդ ընթացքում արագությունը փոքրացել է $n=2$ անգամ:

□1.43. Ավտոմեքենան դադարի վիճակից սկսում է շարժվել $a_1=1$ մ/վ² արագացումով: Արագությունը հասցնելով $v=20$ մ/վ, այն որոշ ժամանակ շարժվեց հավասարաչափ, այնուհետև սկսեց արգելակել և մինչև կանգ առնելը շարժվեց $a_2=2$ մ/վ² արագացումով: Որոշեք ավտոմեքենայի շարժ-

ման ընդհանուր տևողությունը, եթե այն այդ ընթացքում անցել է $l=1կմ$ ճանապարհ:

□1.44. Երկու կայարանների միջև եղած հեռավորությունը գնացքը անցավ $t=20$ րոպեյում՝ $\bar{v} = 20մ/վ$ միջին արագությամբ: Գնացքի թափավազքը և արգելակումը միասին տևեց $t_1 = 4$ րոպ, իսկ մնացած ժամանակ այն շարժվել է հավասարաչափ: Գնացքի թափավազքն ու արգելակումը համարելով հավասարաչափ փոփոխական շարժում, որոշեք դրա հավասարաչափ շարժման արագությունը:

□1.45. Գնդիկը նետում են թեք հարթությունով դեպի վեր: Թեք հարթության հիմքից $l = 0,6մ$ հեռավորության վրա գնդիկը հայտնվում է երկու անգամ՝ շարժումն սկսելուց $t_1 = 2վ$ և $t_2 = 3վ$ հետո: Որոշեք գնդիկի սկզբնական արագությունը՝ ընդունելով, որ երկու ուղղություններով էլ շարժումը հավասարաչափ փոփոխական է: Շփումն անտեսեք:

Ազատ անկում

○1.46. Մարմինը $h=20մ$ բարձրությունից ազատ անկում է կատարում առանց սկզբնական արագության: Ի՞նչ ճանապարհը այն անցավ իր շարժման առաջին $t_1 = 0,1վ$ -ի և վերջին $t_2 = 0,1վ$ -ի ընթացքում:

□1.47. Մարմինը $h=20մ$ բարձրությունից ազատ անկում է կատարում առանց սկզբնական արագության: Ինչքա՞ն ժամանակում նա կանցնի իր ճանապարհի առաջին $h_1 = 1մ$ և վերջին $h_2 = 1մ$ ճանապարհները:

□1.48. Առանց սկզբնական արագության ազատ անկում կատարող մարմինը ճանապարհի վերջին $h_1 = 200մ$ -ն անցնում է $t_1=4վ$ -ի ընթացքում: Ի՞նչ բարձրությունից է ընկել մարմինը և ինչքա՞ն է անկման ամբողջ տեվողությունը:

□1.49. Առանց սկզբնական արագության ազատ անկում կատարող մարմինը վերջին $\tau = 1վ$ -ի ընթացքում անցնում է ամբողջ բարձրության $n=0,75$ մասը: Ի՞նչ բարձրությունից է ընկել մարմինը և ինչքա՞ն է անկման ամբողջ տևողությունը:

□1.50. Մարմինն առանց սկզբնական արագության ազատ անկում է կատարում $h=45մ$ բարձրությունից: Որոշեք միջին արագությունը՝ ա) ամբողջ անկման ընթացքում; բ) ճանապարհի երկրորդ կեսում:

○1.51. Մարմինը $h=270մ$ բարձրությունից ազատ անկում է կատարում առանց սկզբնական արագության: Այդ ճանապարհը բաժանել $n=3$ մասերի այնպես, որ դրանց անցման ժամանակները լինեն նույնը:

○1.52. Երկու մարմին սկսում են միաժամանակ ազատ անկում կատարել՝

մեկը $h_1=80$ մ, մյուսը $h_2=130$ մ բարձրությունից: Ի՞նչ սկզբնական արագություն պետք է հաղորդվի երկրորդ մարմնին, որպեսզի մարմինները գետնին հասնեն միաժամանակ: Առաջին մարմնի սկզբնական արագությունը հավասար է զրոյի:

○1.53. Մարմինը նետված է ուղղաձիգ դեպի վեր $v_0=20$ մ/վ արագությամբ: Նետելուց քանի՞ վայրկյան անց այն կգտնվի $h=15$ մ բարձրության վրա: Ի՞նչ արագություն կունենա մարմինն այդ բարձրության վրա:

□1.54. Ուղղաձիգ դեպի վեր նետված մարմինը գետնից $h=25$ մ բարձրության վրա գտնվող կետում եղավ երկու անգամ՝ մեկը մյուսից $\tau=4$ վ հետո: Որոշեք մարմնի սկզբնական արագությունն ու շարժման տևողությունը:

○1.55. Մարմինը նետված է ուղղաձիգ դեպի վեր $v_0=30$ մ/վ արագությամբ: Նետելուց քանի՞ վայրկյան անց և ի՞նչ բարձրության վրա նրա արագությունը կլինի $v = 20$ մ/վ:

□1.56. Օդապարհիկը բարձրանում է ուղղաձիգ դեպի վեր $a=մ/վ^2$ արագացումով: Շարժման սկզբից $\tau = 40$ վ անց օդապարհիկից վայր է ընկնում մի մարմին: Որքա՞ն ժամանակ հետո մարմինը կհասնի գետնին:

□1.57. Լուսնի մակերևույթից մեկնարկած հրթիռը $t=10$ վ շարժվել է $a=5$ մ/վ² արագացումով, որից հետո հրթիռի շարժիչներն անջատվել են: Լուսնի մակերևույթից հաշված, ի՞նչ առավելագույն բարձրության կարող է հասնել հրթիռը: Ազատ անկման արագացումը Լուսնի վրա վերցնել՝ $g_L = 1,6$ մ/վ²:

□1.58. Քարը բաց են թողել հորի մեջ: Բաց թողնելուց $t=6$ վ անց լսվում է քարի հարվածի ձայնը հատակի հետ: Անտեսելով օդի դիմադրությունը, որոշեք հորի խորությունը: Ձայնի արագությունը օդում վերցրեք $v = 300$ մ/վ:

□1.59. Տանիքից մեկը մյուսի ետևից ընկնում են երկու կաթիլ: Երկրորդ կաթիլի անկումն սկսելուց $t=2$ վ հետո հեռավորությունը կաթիլների միջև դառնում է $L=25$ մ: Առաջին կաթիլը քանի՞ վայրկյանով էր շուտ պոկվել տանիքից:

□1.60. Մարմինը նետվել է ուղղաձիգ դեպի վեր $v_0=20$ մ/վ արագությամբ: Դրանից $\tau=2$ վ անց նույն արագությամբ ուղղաձիգ դեպի վեր է նետվել երկրորդ մարմինը: Երկրորդ մարմնի նետումից ինչքա՞ն ժամանակ անց և ի՞նչ բարձրության վրա դրանք կհանդիպեն:

□1.61. Բարձր աշտարակից մեկը մյուսի հետևից նետվում են երկու մարմին՝ միևնույն $v_0 = 20$ մ/վ արագությամբ: Առաջին մարմինը նետում են ուղղաձիգ դեպի վեր, երկրորդը՝ $\tau = 1$ վ անց, ուղղաձիգ դեպի ներքև:

Որոշեք մարմինների հարաբերական արագության մոդուլը և նրանց միջև եղած հեռավորությունը առաջին մարմինը նետելուց $t=2$ վ անց:

□1.62. $h=2,5$ մ բարձրության վերելակը բարձրանում է $a = 2$ մ/վ² արագացումով: Այն պահին, երբ վերելակի արագությունը դառնում է $v = 2,4$ մ/վ, նրա առաստաղից պոկված մեխը սկսում ընկնել: Որքա՞ն ժամանակում այդ մեխը կհասնի հատակին և այդ ընթացքում ինչքա՞ն կլինի դրա տեղափոխությունն ու անցած ճանապարհը շենքի հետ ամրացված հաշվարկման համակարգի նկատմամբ:

○1.63. Տղան գնդակը հորիզոնական ուղղությամբ դուրս է նետում $H=20$ մ բարձրության վրա գտնվող պատուհանից: Ի՞նչ արագությամբ է նետվել գնդակը, եթե այն ընկնում է շենքի հիմքից $l = 6$ մ հեռավորության վրա:

○1.64. $h=45$ մ բարձրություն ունեցող աշտարակից հորիզոնական ուղղությամբ $v_0 = 20$ մ/վ արագությամբ նետել են մարմին: Ինչքա՞ն ժամանակ մարմինը կգտնվի շարժման մեջ: Աշտարակի հիմքից ի՞նչ հեռավորության վրա և ի՞նչ արագությամբ կընկնի այդ մարմինը: Անկման կետում հորիզոնի նկատմամբ ի՞նչ անկյուն կկազմի մարմնի արագությունը:

○1.65. Գնդակը նետված է հորիզոնի նկատմամբ $\alpha = 40^\circ$ անկյան տակ՝ $v_0=10$ մ/վ սկզբնական արագությամբ: Որոշեք գնդակի թռիչքի՝ **ա)** բարձրությունը; **բ)** հաստոությունը; **գ)** տևողությունը:

○1.66. Հորիզոնի նկատմամբ ինչ-որ անկյան տակ, $v_0 = 20$ մ/վ սկզբնական արագությամբ նետված մարմինը ընկավ նետման կետից $l = 35$ մ հեռավորության վրա: Ի՞նչ անկյան տակ էր նետվել մարմինը:

○1.67. Երկու երեխա գնդակ են խաղում՝ այն իրար գցելով: Ի՞նչ բարձրության է հասնում գնդակը, եթե այն մեկից մյուսին հասնում է $t=2$ վ-ի ընթացքում:

□1.68. Հորիզոնի նկատմամբ $\alpha = 30^\circ$ անկյան տակ հրանոթից արձակված արկը նույն բարձրության վրա է հայտնվում կրակելուց $t_1=10$ վ և $t_2 = 50$ վ հետո: Որոշեք արկի սկզբնական արագությունը և այդ բարձրությունը:

○1.69. Մարմինը նետված է հորիզոնի նկատմամբ $\alpha = 60^\circ$ անկյան տակ, $v_0 = 20$ մ/վ սկզբնական արագությամբ: Որոշեք մարմնի արագության ուղղությունը և մոդուլը $h=15$ մ բարձրության վրա:

□1.70. Ջրացատկորդը թռչելով $H=10$ մ բարձրության վրա գտնվող հարթակից՝ $t=2$ վ անց խրվում է ջրի մեջ հարթակի եզրից, հորիզոնական ուղղությամբ հաշված, $l=6$ մ հեռավորության վրա: Մարզիկին համարելով նյութական կետ, որոշեք նրա արագության մեծությունը և ուղղությունը

թոփչքի պահին:

□1.71. Թեք հարթության գազաթից մարմինը նետել են հորզոնի նկատմամբ $\alpha = 30^\circ$ անկյան տակ: Ի՞նչ արագությամբ է նետվել մարմինը, եթե այն ընկել է թեք հարթության այն կետում, որը նետման կետից գտնվում է $l = 50$ մ հեռավորության վրա:

□1.72. Միննույն կետից միաժամանակ նետվել են երկու մարմին՝ մեկը ուղղաձիգ դեպի վեր, իսկ մյուսը հորզոնի նկատմամբ $\alpha=30^\circ$ անկյան տակ: Յուրաքանչյուր մարմնի սկզբնական արագությունը $v_0 = 25$ մ/վ: Որոշեք այդ մարմինների միջև եղած հեռավորությունը նետումից $t=2$ վ անց:

□1.73. Բավականին մեծ բարձրությունից մարմինը նետել են հորիզոնական ուղղությամբ $v_0 = 14$ մ/վ սկզբնական արագությամբ: Ինչքա՞ն ժամանակ անց մարմնի արագությունը կմեծանա $n=3$ անգամ:

□1.74. Մարմինը նետված է հորիզոնի նկատմամբ $\alpha = 30^\circ$ անկյան տակ՝ $v_0 = 10$ մ/վ սկզբնական արագությամբ: Ինչքա՞ն ժամանակ անց մարմնի արագությունը կլինի ուղղահայաց սկզբնական արագությանը:

□1.75. Որոշ բարձրության միննույն կետից, միաժամանակ հորիզոնական ուղղությամբ միմյանց հակառակ նետում են երկու գնդիկ՝ $v_1=6,25$ մ/վ և $v_2=4$ մ/վ արագություններով: Ինչքա՞ն ժամանակ անց գնդիկների արագությունները կլինեն իրար ուղղահայաց և ինչքա՞ն է գնդիկների միջև եղած հեռավորությունն այդ պահին:

□1.76. Հորիզոնական հարթության վրա գտնվող երկու կետերից, որոնց միջև եղած հեռավորությունը L է, տարբեր արագություններով իրար հանդեպ միաժամանակ նետել են երկու գնդիկ՝ առաջինը հորզոնի նկատմամբ α , իսկ մյուսը՝ β անկյան տակ: Գնդիկներն օդում բախվում են: Առաջին գնդիկից ի՞նչ հեռավորության վրա տեղի ունեցավ բախումը:

□1.77. Նշանակետը գտնվում է գետնից $H = 50$ մ բարձրության վրա, իսկ հրանոթից, ուղիղ գծով, ունի $L=200$ մ հեռավորություն: Ի՞նչ մինիմալ սկզբնական արագության դեպքում արկը կըկպնի նշանակետին և այդ դեպքում հորիզոնի նկատմամբ ի՞նչ անկյան տակ պետք է ուղղված լինի հրանոթի փողը:

●1.78. Մարմինը նետվել է հորիզոնի նկատմամբ $\alpha=30^\circ$ անկյան տակ: Որոշեք մարմնի նորմալ և տանգենցիալ արագացումները շարժման սկզբնական պահին:

●1.79. Մարմինը որոշ բարձրությունից նետվել է հորիզոնական ուղղությամբ $v_0 = 15$ մ/վ արագությամբ: Որոշեք մարմնի նորմալ և տանգեն-

ցիալ արագացումները նետման պահից $t=1$ վ անց:

■**1.80.** Մարմինը նետված է հորիզոնի նկատմամբ $\alpha_0 = 60^\circ$ անկյան տակ, $v_0=20$ մ/վ սկզբնական արագությամբ: Որոշեք մարմնի արագության կազմած անկյունը հորիզոնի հետ նետման պահից $t=1$ վ անց և այդ կետում հետագծի կորության շառավիղը:

■**1.81.** Հորզոնի նկատմամբ անկյան տակ նետված մարմինը ընկավ գետինն նետման կետից $l = 20$ մ հեռավորության վրա, իսկ վերելքի առավելագույն բարձրությունը՝ $h=10$ մ: Որոշեք՝ ա) մարմնի սկզբնական արագությունը; բ) սկզբնական արագության կազմած անկյունը հորիզոնի հետ; գ) հետագծի վերին կետի կորության շառավիղը:

Հավասարաչափ շարժում շրջանագծով

○**1.82.** $R=10$ սմ շառավիղով շրջանագծով հավասարաչափ շարժվող կետի շառավիղ-վեկտորը $t=0,5$ վ-ի ընթացքում պտտվեց $\varphi = 30^\circ$ -ով: Որոշեք կետի պտտման պարբերությունը և գծային արագությունը:

○**1.83.** Սկավառակը հավասարաչափ պտտվում է կենտրոնով անցնող և իր հարթությանը ուղղահայաց առանցքի շուրջը: Սկավառակի եզրակետի արագությունը $n=3$ անգամ մեծ է այն կետի արագությունից, որը $\Delta R = 10$ սմ-ով ավելի մոտ է գտնվում սկավառակի կենտրոնին: Որոշեք սկավառակի շառավիղը:

○**1.84.** Ժամացույցի թույլներ ցույց տվող սլաքը $n=1,5$ անգամ երկար է ժամեր ցույց տվող սլաքի երկարությունից: Միննույն ժամանակամիջոցում թույլներ ցույց տվող սլաքի ծայրակետի անցած ճանապարհի քանի՞ անգամ է մեծ ժամեր ցույց տվող սլաքի ծայրակետի անցած ճանապարհից:

○**1.85.** Որոշեք՝ ա) Երկրի հասարակածային կետերի գծային արագությունը և արագացումը, որը պայմանավորված է Երկրի օրական պտույտով; բ) Երկրի գծային արագությունը և արագացումը, որը պայմանավորված է Արեգակի շուրջը Երկրի պտույտով:

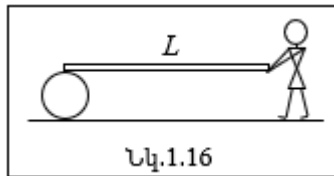
□**1.86.** Քանի՞ անգամ են իրարից տարբերվում Երկրի հասարակածային կետերի և $\alpha=60^\circ$ աշխարհագրական լայնություն ունեցող կետերի արագությունները և արագացումները, որոնք պայմանավորված են Երկրի օրական պտույտով:

○**1.87.** Ինքնաթիռը թռչում է $v = 360$ կմ/ժ արագությամբ: Քանի՞ պտույտ կկատարի ինքնաթիռի պտուտակի թիակը $l = 100$ կմ ճանապարհի վրա, եթե նրա պտտման հաճախությունը $\nu = 1800$ պտ/րոպ:

●**1.88.** Արկը հրանոթի փողի ներսում կատարելով $N = 2$ պտույտ, փողից դուրս է թռչում $v=320$ մ/վ արագությամբ: Փողի երկարությունը $l = 2$ մ: Համարելով, որ արկը փողի ներսում կատարում է հավասարաչափ արագացող շարժում, որոշեք դրա պտտման հաճախությունը փողից դուրս թռչելու պահին:

○**1.89.** Նույն առանցքի վրա՝ մեկը մյուսից $l = 50$ սմ հեռավորության վրա ամրացված երկու սկավառակ պտտվում են $v=1600$ պտ/րոպ հաճախությամբ: Առանցքին զուգահեռ ուղղությամբ թռչող գնդակը ծակում-անցնում է սկավառակները, ընդ որում, անցքերն առաջին և երկրորդ սկավառակներում շեղված են մեկը մյուսի նկատմամբ $\varphi = 12^\circ$ անկյամբ: Որոշեք գնդակի արագությունը:

□**1.90.** L երկարությամբ տախտակի մի ծայրը բռնել է մարդը, իսկ մյուս ծայրը դրված է գլանի վրա (Նկ.1.16): Երբ մարդը առաջ է գնում, գլանը գետնի վրայով գլորվում է: Ինչքան ճանապարհ պետք է անցնի մարդը որպեսզի հասնի գլանին: Տախտակը և գլանը շարժվելիս չեն սահում, իսկ գլանի շառավիղը շատ փոքր է տախտակի երկարությունից:



Անհավասարաչափ շարժում շրջանագծով

●**1.91.** Անիվը դադարի վիճակից սկսեց պտտվել հավասարաչափ արագացումով և կատարելով $N=10$ պտույտ ձեռք բերեց $\omega=20$ ռադ/վ անկյունային արագություն: Որոշեք անիվի անկյունային արագացումը:

●**1.92.** Անիվը դադարի վիճակից սկսեց պտտվել հավասարաչափ արագացումով և $t=1$ ր անց ձեռք բերեց $v=720$ պտ/ր հաճախություն: Որոշեք անիվի անկյունային արագացումը և պտույտների թիվն այդ ընթացքում:

●**1.93.** Հավասարաչափ դանդաղումով պտտվող անիվի պտտման հաճախությունը $t=1$ ր-ի ընթացքում $v_1=300$ պտ/ր արժեքից փոքրացավ մինչև $v_2=3$ պտ/վ արժեքը: Որոշեք անիվի անկյունային արագացումը և պտույտների թիվն այդ ընթացքում:

●**1.94.** Էլեկտրաշարժիչի ռոտորը պտտվում էր $v=900$ պտ/ր հաճախությամբ: Հոսանքն անջատելուց հետո, այն սկսեց պտտվել հավասարա-

չափ դանդաղումով և կատարելով $N=75$ պտույտ, կանգ առավ: Հոսանքն անջատելուց հետո որքա՞ն ժամանակ անց ռոտորը կանգ առավ:

● **1.95.** Նյութական կետը դադարի վիճակից սկսեց շարժվել շրջանագծով $a_\tau = 0,5 \text{ մ/վ}^2$ հաստատուն տանգենցիալ արագացումով: Որոշե՞ք դրա լրիվ արագացումը այն պահին, երբ այն շարժումը սկսելուց հետո անցնում է շրջանագծի երկարության $n=0,1$ մասը:

● **1.96.** $R=10 \text{ սմ}$ շառավղով անիվը պտտվում է $\varepsilon=3 \text{ ռադ/վ}^2$ անկյունային արագացմամբ: Շարժումն սկսելուց $t=1 \text{ վ}$ անց ինչքա՞ն կլինի անվագոտու կետերի՝ **ա)** անկյունային արագությունը; **բ)** գծային արագությունը; **գ)** տանգենցիալ արագացումը; **դ)** նորմալ արագացումը; **ե)** լրիվ արագացումը; **զ)** լրիվ արագացման վեկտորի կազմած φ անկյունը անիվի շառավղի հետ:

● **1.97.** Պտտվող մարմնի պտտման անկյունը ժամանակից կախված է $\varphi = 2\pi(ct - bt^2)$ օրենքով, որտեղ $c=6 \text{ ռադ/վ}$, $b=3 \text{ ռադ/վ}^2$: Քանի՞ պտույտ կկատարի այդ մարմինը մինչև կանգ առնելը:

■ **1.98.** Թափանիվը դադարի վիճակից սկսեց պտտվել հավասարաչափ արագացումով: Որոշե՞ք թափանիվի կամայական կետի լրիվ արագացման վեկտորի կազմած անկյունը շառավղի հետ այն պահին, երբ այն կատարում առաջին $N=2$ պտույտը:

● **1.99.** Որոշե՞ք անիվի անկյունային արագացումը, եթե հայտնի է, որ շարժումն սկսելուց $t=2 \text{ վ}$ անց լրիվ արագացման վեկտորը գծային արագության վեկտորի հետ կազմում է $\alpha = 60^\circ$ անկյուն:

● **1.100.** Կետը շարժվում է $R=3 \text{ մ}$ շառավղով շրջանագծով $l = bt^2$ օրենքով, որտեղ $b = 2 \text{ մ/վ}^3$: Ինչքա՞ն ճանապարհ կանցնի կետը այն պահին, երբ նրա նորմալ և տանգենցիալ արագացումները հավասարվում են: Որոշե՞ք կետի անկյունային արագությունն այդ պահին:

Տարբեր տեսքի շարժումներ

● **1.101.** Կետը շարժվում է OXY հարթությունում $x = at$, $y = \beta t^2$ օրենքով, որտեղ α -ն և β -ն դրական հաստատուններ են: Որոշե՞ք **ա)** կետի շարժման հետագծի $y=y(x)$ հավասարումը; **բ)** v արագության և a արագացման մոդուլների կախումը ժամանակից; **գ)** $\vec{a}$ և $\vec{v}$ վեկտորների կազմած φ անկյան կախումը ժամանակից: Ի՞նչ գիծ է հանդիսանում հետագիծը:

● **1.102.** Մասնիկի շառավիղ-վեկտորը ժամանակից կախված փոխվում է $\vec{r} = \vec{b}t(1 - at)$ օրենքով, որտեղ $\vec{b}$ -ն հաստատուն վեկտոր է, իսկ α -ն՝

դրական հաստատուն: Որոշեք՝ ա) մասնիկի արագության և արագացման կախումը ժամանակից; բ) այն ժամանակամիջոցը, որից հետո մասնիկը վերադառնում է ելման դիրքին և այդ ընթացքում անցած ճանապարհը:

■1.103. Ճանապարհի ուղիղ տեղամասում մարմինը շարժվում է $l = At + Bt^2 + Ct^3$ օրենքով, որտեղ $A = 2$ մ/վ, $B = 4$ մ/վ² և $C = 6$ մ/վ³:

Որոշեք՝ ա) մարմնի արագության և արագացման մոդուլների կախումը ժամանակից; բ) արագության և արագացման միջին արժեքները $t_1 = 3$ վ-ից $t_2 = 8$ վ միջակայքում:

■1.104. OXY հարթության վրա շարժվող կետի կոորդինատները ժամանակից կախված են $x = A \sin \omega t$; $y = A(1 - \cos \omega t)$ օրենքով, որտեղ $A = 0,1$ մ, $\omega = 4\pi$ ռադ/վ: Որոշեք կետի արագության և արագացման մոդուլները: Գրեք հետագծի հավասարումը և պատկերեք դրա գրաֆիկը:

■1.105. A և B երկու կետերի շարժման հավասարումներն ունեն հետևյալ տեսքը՝ $x_A = 8 - t$, $y_A = 5 + 2t$, $z_A = 9 - 4t$; $x_B = 12 + 3t$, $y_B = 8 - 2t$, $z_B = 6 + 8t$: Ժամանակի n -րդ պահին դրանց միջև եղած հեռավորությունը կընդունի մինիմալ արժեք և ինչի՞նչ է դա հավասար:

■1.106. Գնացքը շարժվում էր $v_0 = 90$ կմ/ժ արագությամբ: Արգելակիչը միացնելուց հետո գնացքի արագությունը ժամանակից կախված սկսեց փոփոխվել $v = v_0 - bt^2$ օրենքով, որտեղ $b = 1$ մ/վ³: Ինչքա՞նչ կտևի արգելակումից մինչև կանգ առնելը և ի՞նչ ճանապարհ կանցնի գնացքն այդ ընթացքում:

■1.107. OXY հարթության վրա կետը շարժվում է $\vec{v} = \alpha \vec{i} + \beta x \vec{j}$ արագությամբ, որտեղ $\vec{i}$ -ն և $\vec{j}$ -ն OX և OY առանցքների օրթերն են, α -ն և β -ն՝ դրական հաստատուններ: Որոշեք կետի հետագծի $y(x)$ հավասարումը, եթե $t=0$ պահին այն գտնվել է կոորդինատական առանցքների սկզբնակետում:

■1.108. Մարմնի շարժման ընթացքում արագությունը նվազում է $v = v_0 - bl$ օրենքով, որտեղ b -ն դրական հաստատուն է, իսկ l -ը՝ անցած ճանապարհը: Որոշեք անցած ճանապարհի կախվածությունը ժամանակից և կառուցեք այդ կախվածության մոտավոր գրաֆիկը:

■1.109. Մարմնի շարժման ընթացքում արագությունը փոխվում է $v = b\sqrt{l}$ օրենքով, որտեղ b -ն դրական հաստատուն է, իսկ l -ը՝ անցած ճանապարհը: Որոշեք մարմնի անցած ճանապարհի, արագության և արագացման կախվածությունները ժամանակից:

■1.110. Ուղիղ գծով դանդաղող շարժում կատարող մարմնի արագաց-

ման մոդուլը արագությունից ունի հետևյալ կախումը՝ $a = \alpha v$, որտեղ α -ն հաստատուն է: Որոշեք մարմնի արագության կախումը ժամանակից և ճանապարհից՝ $v(t)$ և $v(l)$, եթե նրա սկզբնական արագությունը v_0 է:

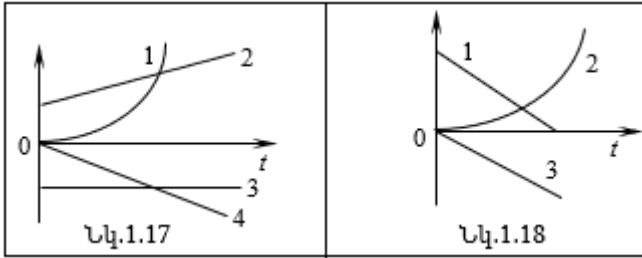
■1.111. Լուծեք նախորդ խնդիրը $a = \alpha v^2$ պայմանի դեպքում:

□1.112. Լճի բարձր ափին կանգնած մարդը v_0 արագությամբ պարանը քաշելով դեպի իրեն՝ ձգում ջրի վրայի նավակին: Ինչքան կլինի նավակի արագությունը այն պահին, երբ պարանը ուղղաձիգի հետ կազմի α անկյուն: Պարանը համարեք ուղիղ գիծ:

□1.113. Հավասարաչափ շարժվող գնացքից անջատվեց վերջին վագոնը և սկսեց հավասարաչափ դանդաղող շարժում կատարել: Ապացուցեք, որ դա մինչև կանգ առնելը կանցնի 2 անգամ փոքր ճանապարհ, քան այդ ժամանակում կանցնի գնացքը:

Հարցեր

- 1. Տվեք նյութական կետի սահմանումը և բերեք մարմինների օրինակներ, որոնց կարելի է համարել նյութական կետ:
- 2. Մարմինների n° շարժումն է կոչվում համընթաց:
- 3. Ի՞նչ է իր մեջ ընդգրկում հաշվարկման համակարգը:
- 4. Տվեք՝ **ա)** շառավիղ-վեկտորի; **բ)** տեղափոխության; **գ)** հետագծի; **դ)** ճանապարհի սահմանումները:
- 5. Ի՞նչ կապ կա տեղափոխության և շառավիղ-վեկտորի միջև: Ո՞ր դեպքում է կետի տեղափոխությունը հավասար շառավիղ-վեկտորին:
- 6. Կարո՞ղ է արդյոք նյութական կետի անցած ճանապարհը տեղափոխության մոդուլից՝ **ա)** մեծ լինել; **բ)** փոքր լինել; **գ)** հավասար լինել:
- 7. Ո՞ր շարժումն է կոչվում ուղղագիծ հավասարաչափ:
- 8. Նկ.1.17-ում պատկերված գրաֆիկներից n° րն է ճիշտ արտահայտում ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման տեղափոխության $s_x(t)$ պրոյեկցիայի կախումը ժամանակից:
- 9. Ինչո՞վ են իրարից տարբերվում միևնույն մարմնի տեղափոխության $s_x(t)$ պրոյեկցիայի և $x(t)$ կոորդինատի ժամանակից կախվածության գրաֆիկները:



- 10. Նկ.1.18-ում նշեք այն գրաֆիկի համարը, որը ճիշտ է արտահայտում ճանապարհի կախումը ժամանակից:
- 11. Մաթեմատիկորեն ինպե՞ս է գրառվում երկու կետրի հանդիպման պայմանը:
- 12. Ինչո՞ւ մն է կայանում մարմինների դադարի և շարժման հարաբերականությունը: Պարզաբանեք օրինակներով:
- 13. Տեղափոխություն, ճանապարհ, արագություն, արագացում մեծություններից ո՞րն է հարաբերական: Հարաբերակա՞ն է արդյոք մարմնի շարժման հետագծի տեսքը:
- 14. Ձևակերպեք տեղափոխությունների գումարման կանոնը:
- 15. Ձևակերպեք արագությունների գումարման կանոնը:
- 16. Դույլը տեղադրել են անձրևի տակ: Ինչպե՞ս կփոխվի նրա լցվելու արագությունը, եթե սկսի քամի փչել:
- 17. Օդապարիկով բարձրանալիս կարելի՞ է արդյոք նկատել Երկրի պտույտը, եթե քամին բացակայում է:
- 18. Ե՞րբ են Երկրի բնակիչներն ավելի արագ շարժվում Արեգակի շուրջը՝ կեսօրի՞ն, թե՞ կեսգիշերին:
- 19. Տղայի ձեռքից գնդակը ընկավ վագոնի պատուհանից: Ե՞րբ գնդակը շուտ կհասնի գետնին՝ շարժվո՞ղ, թե՞ անշարժ վագոնի դեպքում: Օդի դիմադրությունն անտեսեք:
- 20. Ուղղագիծ հավասարաչափ շարժվող վագոնի պատուհանից առանց սկզբնական արագության մարմին է ընկնում: Ի՞նչ տեսք ունի այդ մարմնի շարժման հետագիծը՝ ա) վագոնի հետ կապված հաշվարկման համակարգում; բ) գետնի հետ կապված հաշվարկման համակարգում: Օդի դիմադրությունն անտեսեք:
- 21. Ավտոբուսը v արագությամբ ընթանում է հարթ դաշտավայրի ուղիղ ճանապարհով: Մարդը կարող է շարժվել v արագությամբ, որը փոքր է v -ից: Նշեք դաշտի այն մասը, որի կետերից վազելես

մարդը կարող է հասնել ավտոբուսին:

- 22. Ինչու՞ շարժվող հեծանվի անիվների ներքևի մասի ճաղերը հստակ են երևում, իսկ վերևի մասինը՝ լողզված: Կվերանա՞ր այդ երևույթը, եթե հեծանվորդին նայենք հեծանվի շարժման ուղղությամբ և հեծանվի արագությամբ շարժվող ավտոմեքենայի պատուհանից:
- 23. Ինչու՞ կինոյում, երբ ավտոմեքենան շարժվում է առաջ, հանդիսատեսին երբեմն թվում է, թե անիվները ետ են պտտվում: Դրա համար ի՞նչ պայմանի պետք է բավարարի անվի շարժումը, եթե կադրերի փոփոխման հաճախությունը 24վ^{-1} է:
- 24. Կարելի է պնդել, որ շարժվող գնացքի յուրաքանչյուր անվի վրա կան կետեր, որոնք տվյալ պահին ռելսերի նկատմամբ շարժվում են գնացքի շարժման հակառակ ուղղությամբ: Որտե՞ղ են գտնվում այդ կետերը:
- 25. Ի՞նչ միավորներով է չափվում արագությունը միավորների ՄՀ և գաուսյան համակարգերում: Տվեք այդ միավորների սահմանումները:
- 26. Ո՞րն է կոչվում միջին արագություն: Ինչու՞ մն է կայանում դրա ֆիզիկական իմաստը: Ի՞նչ ուղղություն ունի այն:
- 27. Կարելի՞ է արդյոք պնդել, որ միջին արագության մոդուլը հավասար է նույն ժամանակահատվածում որոշված միջին ճանապարհային արագությանը:
- 28. Ո՞ր դեպքերում է միջին արագության մոդուլը հավասար սկզբնական և վերջնական արագությունների մոդուլների միջին թվաբանականին:
- 29. Ո՞րն է կոչվում ակնթարթային արագություն: Ինչու՞ մն է կայանում դրա ֆիզիկական իմաստը: Ի՞նչ ուղղություն ունի այն:
- 30. Ի՞նչ միավորներով է չափվում արագացում միավորների ՄՀ և գաուսյան համակարգերում: Տվեք այդ միավորների սահմանումները:
- 31. Երկու գնացք շարժվում են իրար ընդառաջ՝ մեկը կատարում է արագացող շարժում դեպի հյուսիս, իսկ մյուսը՝ դանդաղող շարժում դեպի հարավ: Ինչպե՞ս են ուղղված այդ գնացքների արագացումները:
- 32. Կարո՞ղ է արդյոք արագացումը լինել զրոյից տարբեր այն պահին, երբ ակնթարթային արագությունը հավասար է զրոյի:

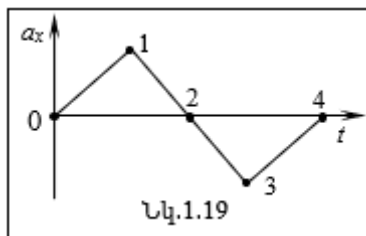
●33. Մարմնի շարժման արագության $v_x(t)$ կախվածության գրաֆիկում t -ն ֆիզիկական իմաստ ունի՝ **ս** գրաֆիկի տվյալ կետում տարած շոշափող ուղղու և t առանցքի կազմած անկյան տանգենսը; **բ** արագության գրաֆիկով, ժամանակի առանցքով և $t = t_1$ ու $t = t_2$ ուղիղներով սահմանափակված պատկերի մակերեսը: t -ն է նշանակում, երբ **բ** դեպքում գրաֆիկը ընկած է t առանցքից ներքև:

●34. Մարմնի շարժման արագության մոդուլի $v(t)$ կախվածության գրաֆիկում t -ն ֆիզիկական իմաստ ունի՝ **ս** գրաֆիկի տվյալ կետում տարած շոշափող ուղղու և t առանցքի կազմած անկյան տանգենսը; **բ** արագության գրաֆիկով, ժամանակի առանցքով և $t = t_1$ ու $t = t_2$ ուղիղներով սահմանափակված պատկերի մակերեսը:

●35. Մարմնի շարժման տեղափոխության պրոյեկցիայի $s_x(t)$ կախվածության գրաֆիկում t -ն ֆիզիկական իմաստ ունի գրաֆիկի տվյալ կետում տարած շոշափող ուղղու և t առանցքի կազմած անկյան տանգենսը:

●36. Մարմնի շարժման արագացման պրոյեկցիայի $a_x(t)$ կախվածության գրաֆիկում t -ն ֆիզիկական իմաստ ունի արագացման գրաֆիկով, ժամանակի առանցքով և $t = t_1$ ու $t = t_2$ ուղիղներով սահմանափակված պատկերի մակերեսը: t -ն է նշանակում այն դեպքը, երբ գրաֆիկը ընկած է t առանցքից ներքև:

□37. Նկ.1.19-ում բերված է դադարի վիճակից ուղղագիծ շարժվող նյութական կետի արագացման $a_x(t)$ պրոյեկցիայի կախումը t ժամանակից: Գրաֆիկի ու t կետում արագությունն ունի առավելագույն արժեք:



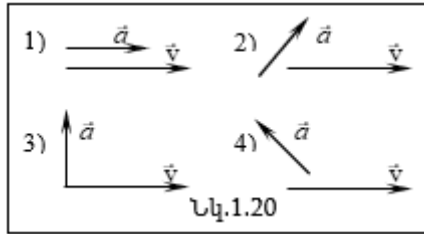
○38. Հավասարաչափ արագացող շարժման համար գրեք ալընթաթային արագության ժամանակից կախվածության բանաձևը:

○39. t -ն շարժում է կատարել մարմինը, եթե այն առաջին վայրկյանում անցել է 1մ, երկրորդ վայրկյանում՝ 3մ, երրորդ վայրկյանում՝ 5մ, չորրորդ վայրկյանում՝ 7մ և այլն:

○40. Ո՞ր շարժումն է կոչվում ազատ անկում և t -ն պայմաններում է

այն հնարավոր:

- 41. Γ^0 նշ ուղղություն ունի ազատ անկման արագացումը: Ինչքան է դրա մոդուլը և Γ^0 նշ մեծություններից է այն կախված:
- 42. Ո՞րն է կոչվում արագացման նորմալ բաղադրիչ և Γ^0 նշ է այն բնութագրում: Γ^0 նշ ուղղություն ունի նորմալ արագացումը և ո՞ր բանաձևով է որոշում նրա մոդուլը:
- 43. Ո՞րն է կոչվում արագացման տանգենցիալ բաղադրիչ և Γ^0 նշ է այն բնութագրում: Γ^0 նշ ուղղություն ունի տանգենցիալ արագացումը և Γ^0 նշ բանաձևով է որոշում նրա մոդուլը:
- 44. Ինչպե՞ս որոշել լրիվ արագացման մոդուլը, եթե հայտնի են նորմալ և տանգենցիալ արագացումների մոդուլները:
- 45. Նյութական կետի ո՞ր շարժման դեպքում է նորմալ արագացումը հավասար զրոյի՝ $a_n = 0$, իսկ տանգենցիալ արագացումը զրոյից տարբեր ու հաստատուն՝ $a_\tau = \text{const}$:
- 46. Նյութական կետի ո՞ր շարժման դեպքում է տանգենցիալ արագացումը հավասար զրոյի՝ $a_\tau = 0$, իսկ նորմալ արագացումը զրոյից տարբեր ու հաստատուն՝ $a_n = \text{const}$:
- 47. Կարո՞ղ են արդյոք արագության և արագացման ուղղությունները համընկնել՝ ա) ուղղագիծ շարժման դեպքում; բ) կորագիծ շարժման դեպքում:
- 48. Γ^0 նշ ուղղություն ունի ակնթարթային արագությունը կորագիծ շարժման դեպքում:
- 49. Նյութական կետը կորագիծ շարժում է կատարում մոդուլով հաստատուն արագությամբ: Հետագծի յուրաքանչյուր կետում Γ^0 նշ ուղղություն ունի արագացումը:
- 50. Կարո՞ղ է լինել առանց արագացման կորագիծ շարժում:
- 51. Նկ. 1.20-ում պատկերված են նյութական կետի ակնթարթային արագության և ակնթարթային արագացման վեկտորները: Նկարագրեք յուրաքանչյուր նկարին համապատասխանող շարժման բնույթը:
- 52. Մարմինը նետվել է հորիզոնի նկատմամբ որոշակի անկյան տակ: Մարմնի թռիչքի ընթացքում ժամանակից կախված ինչպե՞ս կփոխվեն արագացման նորմալ և տանգենցիալ բաղադրիչները: Հետագծի վրա կա՞ արդյոք կետ, որտեղ մարմնի լրիվ արագացումը համընկնի՝ ա) նորմալ բաղադրիչի հետ; բ) տանգենցիալ բաղադրիչի հետ:



- 53. Հորիզոնի նկատմամբ ի՞նչ անկյան տակ պետք է նետել մարմինը, որպեսզի թռիչքի հեռահասությունը լինի ամենամեծը:
- 54. Ո՞ր շարժումն է կոչվում հավասարաչափ շարժում շրջանագծով:
- 55. Տվեք պտտման պարբերության և հաճախության սահմանումները հավասարաչափ շրջանագծային շարժման համար: Ի՞նչ կապ կա դրանց միջև:
- 56. Ի՞նչ միավորներով է չափվում պարբերությունը և հաճախությունը միավորների ՄՀ և գաուսյան համակարգերում: Տվեք այդ միավորների սահմանումները:
- 57. Ինչի՞նչ է հավասար պտտման պարբերություն ժամացույցի՝ ա) վայրկյաններ; բ) րոպեներ; գ) ժամեր ցույց տվող սլաքների համար:
- 58. Ո՞րն է կոչվում անկյունային արագություն և ինչպե՞ս է այն ուղղված:
- 59. Ի՞նչ միավորներով է չափվում անկյունային արագությունը միավորների ՄՀ և գաուսյան համակարգերում:
- 60. Սկավառակը հավասարաչափ պտտվում է կենտրոնով անցնող և իր հարթությանը ուղղահայաց անշարժ առանցքի շուրջը: Սկավառակի n ր կետերն են օժտված ամենամեծ նորմալ արագացումներով:
- 61. Անվագոտին հաստատուն արագությամբ առանց սահելու գլորվում է հարթության վրայով: Կարո՞ղ են արդյոք նույնը լինել անվագոտու տարբեր կետերի արագացման մոդուլները:
- 62. Շրջանագծով հավասարաչափ շարժվող նյութական կետը պտտման կենտրոնին միացնող շառավղի պտտման անկյունը ինչպե՞ս է կախված ժամանակից: Այդ կախվածությունը պատկերեք գրաֆիկորեն:
- 63. Շրջանագծով հավասարաչափ շարժվող նյութական կետի կոորդինատները ինչպե՞ս են կախված ժամանակից, եթե կոորդինատական առանցքների սկզբնակետը գտնվում է շրջանագծի կենտրո-

նում: Այդ կախվածությունները պատկերեք գրաֆիկորեն:

- 64. Ո՞րն է կոչվում անկյունային արագացում և ինչպե՞ս է այն ուղղված:
- 65. Ի՞նչ միավորներով է չափվում անկյունային արագացումը միավորների ՄՀ և գաուսյան համակարգերում:
- 66. Գրեք կապը գծային և անկյունային արագությունների միջև:
- 67. Գրեք կապը տանգենցիալ և անկյունային արագացումների միջև:
- 68. Շրջանագծով շարժվող նյութական կետը պտտման կենտրոնին միացնող շառավղի պտտման անկյունը ինչպե՞ս է կախված ժամանակից՝ **ա)** հավասարաչափ արագացող; **բ)** հավասարաչափ դանդաղող շարժման դեպքում:

Հիմնավորեք պնդումների ճիշտ և սխալ լինելը

1.1. ա) Մեխանիկական շարժում կոչվում է ժամանակի ընթացքում մարմնի դիրքի փոփոխությունն այլ մարմինների նկատմամբ կամ մարմնի մասերի դիրքերի փոփոխությունն իրար նկատմամբ; **բ)** Նյութական կետ կոչվում է այն մարմինը, որի չափերը տվյալ խնդրի պայմաններում կարելի է անտեսել; **գ)** Համընթաց կոչվում է այն շարժումը, որի ընթացքում մարմնի ցանկացած երկու կետեր միացնող ուղիղը մնում է ինքն իրեն զուգահեռ; **դ)** Հավասարաչափ կոչվում է այն շարժումը, որի դեպքում մարմինը հավասար ժամանակամիջոցներում անցնում է հավասար ճանապարհներ:

1.2 ա) Մեխանիկայի հիմնական խնդիրն է՝ որոշել մարմնի դիրքը տարածության մեջ ժամանակի ցանկացած պահին; **բ)** Պտտական կոչվում է մարմնի այն շարժումը, որի ընթացքում նրա բոլոր կետերը շարժվում են շրջանագծերով, որոնց կենտրոնները գտնվում են մի ուղղի վրա, որն ուղղահայաց է այդ շրջանագծերի հարթություններին: Այդ ուղղին անվանում են պտտման առանցք; **գ)** Հաշվարկման մարմին կոչվում է այն մարմինը, որի նկատմամբ դիտարկվում են այլ մարմինների դիրքերը; **դ)** Համընթաց կոչվում է այն շարժումը, որի դեպքում մարմնի բոլոր կետերի x , y , z կոորդինատները t ժամանակից կախված են նույն օրենքով:

1.3. ա) Հաշվարկման մարմնի հետ կոշտ կերպով կապված կոորդինատային համակարգը և ժամանակի հաշվարկման սարքը՝ ժամացույցը, միասին կազմում են հաշվարկման համակարգը, որի նկատմամբ էլ ուսումնասիրվում է մարմնի շարժումը; **բ)** Հետագիծ կոչվում է այն գիծը,

որի բոլոր կետերում շարժվող նյութական կետը հաջորդաբար գտնվել է; **զ)** Նյութական կետի $\vec{r}$ շառավիղ-վեկտոր կոչվում է հաշվարկման սկզբնկետն այդ կետին միացնող վեկտորը; **դ)** Դիտարկվող ժամանակամիջոցի ընթացքում մարմնի անցած ճանապարհը և տեղափոխության մոդուլը միշտ իրար հավասար են:

1.4. ա) Լուծել մեխանիկայի հիմնական խնդիրը նշանակում է գտնել մարմնի դիրքը որոշող մեծության (շառավիղ-վեկտորի կամ x, y, z կոորդինատների) կախումը t ժամանակից; **բ)** Մարմնի սկզբնական դիրքը վերջնական դիրքին միացնող վեկտորը կոչվում է տեղափոխություն; **գ)** Եթե դիտարկվող ժամանակամիջոցի ընթացքում մարմնի շարժման ուղիությունը չի փոխվում, ապա այդ ժամանակամիջոցում անցած հետագրծի երկարությունը կլինի մարմնի անցած ճանապարհը; **դ)** Դադարի վիճակից հաստատուն արագացումով ($\vec{a} = const$) շարժման դեպքում տեղափոխության մոդուլը միշտ հավասար է l ճանապարհին և $l = s = at^2/2$:

1.5. ա) Մարմնի շարժումը կոչվում է ուղղագիծ, եթե շարժման հետագիծը ուղիղ գիծ է; **բ)** Այն շարժումը, որի ընթացքում մարմինը ցանկացած հավասար ժամանակամիջոցներում կատարում է հավասար տեղափոխություններ, կոչվում է ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում; **գ)** Ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման արագություն կոչվում է այն ֆիզիկական մեծությունը, որը հավասար է ցանկացած ժամանակամիջոցում մարմնի կատարած տեղափոխության և այդ ժամանակամիջոցի հարաբերությամբ՝ $\vec{v} = \vec{s}/t$; **դ)** Անհավասարաչափ շարժման միջին ճանապարհային արագություն կոչվում է այն սկալյար մեծությունը, որը հավասար է անցած ճանապարհի և այդ ճանապարհն անցնելու ժամանակամիջոցի հարաբերությամբ՝ $\bar{v} = l/t$:

1.6. ա) Ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման դեպքում մեխանիկայի հիմնական խնդրի լուծումը՝ մարմնի շարժման օրենքը, վեկտորական ներկայացմամբ ունի հետևյալ տեսքը՝ $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t$, որտեղ $\vec{r}_0$ -ն մարմնի շառավիղ-վեկտորն է շարժման սկզբում ($t=0$ պահին), իսկ $\vec{r}$ -ը՝ t պահին: **բ)** Քանի որ ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման հետագիծն ուղիղ գիծ

է, և մարմինն այդ դեպքում շարժվում է միշտ նույն ուղղությամբ, ապա նրա տեղափոխության մոդուլը հավասար է անցած ճանապարհին՝ $|\vec{s}| = l$; **զ)** Մարմնի կոորդինատի կախումը ժամանակից պատկերող գրաֆիկին անվանում են շարժման գրաֆիկ; **դ)** Մարմնի արագության պրոյեկցիայի կախումը ժամանակից պատկերող գրաֆիկն անվանում են արագության գրաֆիկ:

1.7. ա) Արագության վեկտորի x պրոյեկցիան հավասար է միավոր ժամանակում մարմնի x կոորդինատի փոփոխությանը՝ $v_x = (x - x_0)/t$ (ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման դեպքում) կամ $v_x = \frac{dx}{dt}$ (կամայական շարժման դեպքում); **բ)** Մարմնի ճանապարհային արագության գրաֆիկի վրա $v(t)$ կորով և $t = t_1, t = t_2$ ուղիղներով կազմված պատկերի մակերեսը թվապես հավասար է $\Delta t = t_2 - t_1$ ժամանակամիջոցում անցած ճանապարհին; **գ)** Շարժման $x=x(t)$ գրաֆիկի որևէ կետին տարած շոշափողի և ժամանակի առանցքի հետ կազմած α անկյան սինուսը համեմատական է արագության համապատասխան պրոյեկցիային՝ $\sin \alpha \sim v_x$; **դ)** Երկրի պտույտն իր առանցքի շուրջը դիտարկելիս այն համարում են նյութական կետ:

1.8. ա) Ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման արագության գրաֆիկն ուղիղ գիծ է, որը զուգահեռ է ժամանակի առանցքին; **բ)** Անհավասարաչափ շարժման միջին արագությունը հավասար է այն հավասարաչափ շարժման արագությանը, որի դեպքում շարժվող մարմինը նույն $\vec{s}$ տեղափոխությունը կատարում է նույն t ժամանակում, ինչ որ անհավասարաչափ շարժման դեպքում; **գ)** Գետնի հետ կապված հաշվարկման համակարգում հորիզոնական ճանապարհով շարժվող ավտոմեքենայի անվաղողի յուրաքանչյուր կետ շարժվում է շրջանագծով; **դ)** Ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման դեպքում $x=x(t), y=y(t), z=z(t)$ շարժման գրաֆիկներն ուղիղ գիծ են:

1.9. ա) Ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման դեպքում մարմնի շարժման գրաֆիկները հանդիսանում են նաև մեխանիկայի հիմնական խնդրի լուծումը; **բ)** Մարմնի դիրքը նկարագրող կոորդինատները տարբեր հաշվարկման համակարգերի նկատմամբ ունեն տարբեր արժեքներ: Այս

իմաստով են հասկանում մարմնի դիրքի հարաբերական լինելը; **գ)** Մարմնի տեղափոխությունը հարաբերական մեծություն է, այսինքն տարբեր հաշվարկման համակարգերի նկատմամբ մարմնի տեղափոխություններն ունեն տարբեր արժեք; **դ)** Դադարի վիճակից հաստատուն արագացումով շարժումը ($\vec{a} = const$) միշտ ուղղագիծ շարժում է:

1.10. ա) Մարմնի կատարած $\vec{s}$ տեղափոխությունն անշարժ համակարգի նկատմամբ հավասար է շարժվող համակարգի նկատմամբ նրա կատարած $\vec{s}'$ տեղափոխության և անշարժ համակարգի նկատմամբ շարժվող համակարգի կատարած $\vec{s}_0$ տեղափոխության վեկտորական գումարին՝ $\vec{s} = \vec{s}' + \vec{s}_0$; **բ)** Մարմնի $\vec{v}$ արագությունն անշարժ համակարգի նկատմամբ հավասար է շարժվող համակարգի նկատմամբ մարմնի $\vec{v}'$ արագության և անշարժ համակարգի նկատմամբ շարժվող համակարգի $\vec{v}_0$ արագության վեկտորական գումարին՝ $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_0$; **գ)** Եթե մարմնի հավասարաչափ արագացող շարժման սկզբնական արագությունը՝ $\vec{v}_0 = 0$, ապա արագության կախումը ժամանակից կլինի $\vec{v} = \vec{a}t$, ինչը նշանակում է, որ մարմինը շարժվում է արագացման վեկտորի ուղղությամբ; **դ)** Եթե երկու մարմինների շարժման արագությունները միևնույն հաշվարկման համակարգի նկատմամբ համապատասխանաբար հավասար են $\vec{v}_1$ և $\vec{v}_2$ -ի, ապա երկրորդ մարմնի $\vec{v}_{21}$ արագությունը առաջինի նկատմամբ կլինի՝ $\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$, իսկ առաջին մարմնի $\vec{v}_{12}$ արագությունն երկրորդի նկատմամբ կլինի՝ $\vec{v}_{12} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$:

1.11. ա) Այն շարժումը, որի ընթացքում գոնե երկու հավասար ժամանակամիջոցներում մարմինը կատարում է անհավասար տեղափոխություններ, կոչվում է անհավասարաչափ կամ փոփոխական շարժում; **բ)** Մարմնի արագությունը ժամանակի տվյալ պահին կամ հետագծի տրվյալ կետում կոչվում է ակնթարթային արագություն; **գ)** Եթե մարմինն իր անցած ճանապարհի առաջին կեսն անցել է v_1 հաստատուն արագությամբ, իսկ երկրորդ կեսը՝ v_2 , ապա նրա շարժման միջին արագությունը կլինի՝ $\bar{v} = \frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}$; **դ)** Ուղղագիծ հավասարաչափ արագացող շարժման դեպքում արագության մոդուլն աճում է, եթե արագացումը շարժման գծի հետ կազմում է սուր անկյուն:

1.12. ա) Այն շարժումը, որի ժամանակ մարմնի արագությունը ցանկացած հավասար ժամանակամիջոցներում փոփոխվում է նույն չափով, կոչվում է հավասարաչափ փոփոխական շարժում; **բ)** Հավասարաչափ արագացող շարժման սահմանումից բխում է, որ Δt ժամանակամիջոցում արագության կրած $\Delta \vec{v}$ փոփոխության և այդ ժամանակամիջոցի հարաբերությունը հաստատուն մեծություն է՝ $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = const$, որն իրենից կներկայացնի միավոր ժամանակում արագության փոփոխությունը, դրան անվանում են արագացում՝ $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$; **գ)** Միմյանց նկատմամբ ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում կատարող բոլոր հաշվարկման համակարգերում մարմնի արագացումը նույնն է; **դ)** Եթե մարմնի շարժման Δt տևողությունը վերցվում է անվերջ մեծ, ապա նրա անցած Δl ճանապարհին էլ կլինի անվերջ մեծ, սակայն $\frac{\Delta l}{\Delta t}$ հարաբերության սահմանը կլինի վերջավոր, որը կլինի այդ մարմնի շարժման ակնթարթային արագությունը:

1.13. ա) Ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման արագության $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$ արտահայտությունից հետևում է, որ արագությունն ուղիղ համեմատական է $\vec{s}$ տեղափոխությանը և հակադարձ համեմատական է շարժման t տևողությանը; **բ)** Եթե հավասարաչափ արագացող շարժման դեպքում սկզբնական արագությունը եղել է $\vec{v}_0$, իսկ t պահին՝ $\vec{v}$, ապա $\Delta \vec{v} = \vec{v} - \vec{v}_0$, $\Delta t = t$ և արագացումը կլինի՝ $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$; **գ)** Եթե մարմինը շարժման ամբողջ ժամանակի առաջին կեսում շարժվում է v_1 հաստատուն արագությամբ, իսկ երկրորդ կեսում՝ v_2 հաստատուն արագությամբ, ապա այդ մարմնի շարժման միջին արագությունը կլինի՝ $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$; **դ)** Եթե դադարի վիճակից հաստատուն արագացումով շարժվող մարմինն իր անցած ճանապարհի մեջտեղում ունի v արագություն, ապա այդ ճանապարհի վերջում նրա արագությունը կլինի $2v$:

1.14. ա) $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$, $\vec{s} = \vec{v}_0 t + \vec{a} \frac{t^2}{2}$ բանաձևերը հանդիսանում են $\vec{v}_0$ սկզբնական արագությամբ հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմնի շարժման հիմնական հավասարումները; **բ)** Եթե շրջանագծով հավասարաչափ շարժվող մարմինը t վայրկյանում կատարում է N

պտույտ, ապա մեկ վայրկյանում կատարված պտույտների թիվը կլինի՝ $v=N/t$; **գ)** Դադարի վիճակից հաստատուն արագացումով շարժվող մարմնի վերջնական արագությունն արտահայտված անցած ճանապարհով և արագացմամբ ունի հետևյալ տեսքը՝ $v = \sqrt{2al}$; **դ)** Եթե հավասարաճափ շարժվող գնացքից անջատված վագրնը կատարի հավասարաչափ դանդաղող շարժում, ապա մինչև կանգ առնելը այն կանցնի երեք անգամ պակաս ճանապարհ, քան թե գնացքը նույն ժամանակամիջոցում:

1.15. ա) Հաստատուն արագացումով շարժվող մարմնի վերջնական արագությունն արտահայտված սկզբնական արագությունով, անցած ճանապարհով և արագացմամբ ունի հետևյալ տեսքը՝ $v = \sqrt{v_0^2 + 2al}$; **բ)** Եթե հաստատուն արագացումով շարժվող մարմնի սկզբնական դիրքի շառավիղ-վեկտորը եղել է $\vec{r}_0$, ապա t պահին նրա $\vec{r}$ շառավիղ-վեկտորը կլինի՝ $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$; **գ)** Փոփոխական շրջանագծային շարժման դեպքում հաստատուն չեն լինի գծային և անկյունային արագությունները, պտտման պարբերությունը և հաճախությունը; **դ)** Ուղղագիծ շարժման դեպքում մարմնի $\vec{v}_0$ սկզբնական արագության, $\vec{v}$ ակնթարթային արագության, $\vec{a}$ արագացման և $\vec{s}$ տեղափոխության վեկտորներն ուղղված են միևնույն ուղղի երկայնքով:

1.16. ա) Եթե մարմնի հավասարաչափ արագացող շարժումը կատարվում է OX առանցքով, ապա մարմնի $\vec{v}_0$ սկզբնական արագության, $\vec{v}$ ակնթարթային արագության, $\vec{a}$ արագացման և $\vec{s}$ տեղափոխության վեկտորներն ուղղված կլինեն այդ առանցքի երկայնքով և $v_x^2 - v_0^2 = 2a_x s_x$; **բ)** Փոփոխական շրջանագծային շարժման դեպքում ակնթարթային անկյունային արագությունը կլինի $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ միջին անկյունային արագության սահմանը, երբ Δt -ն ձգտում է զրոյի՝ $\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$; **գ)** Եթե մարմնի հավասարաչափ արագացող շարժումը կատարվում է OX առանցքով, ապա նրա կոորդինատի կախումը ժամանակից կլինի՝ $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$; **դ)** $\vec{v}_1$ և $\vec{v}_2$ արագություններով շարժվող ավտոմեքենաների հարաբերական արագությունների մոդուլն ընդունում է իր առավելագույն արժեքը, եթե դրանք շարժվում են նույն ուղղությամբ:

1.17. ա) Եթե մարմնի հավասարաչափ արագացող շարժումը կատարվում է OX առանցքով, ապա ակնթարթային արագության և տեղափոխության պրոյեկցիաները կլինեն՝ $v_x = v_{0x} + a_x t$, $s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$; **բ)** Եթե ժամանակի ինչ-որ t պահից սկսած Δt ժամանակամիջոցում մարմինը կատարում է $\Delta \vec{s}$ տեղափոխություն, ապա $\Delta \vec{s} / \Delta t$ հարաբերությունը կլինի միջին արագությունը տեղափոխության $\Delta \vec{s}$ տեղամասում, իսկ այդ արագության սահմանը, երբ Δt -ն ձգտում է զրոյի, կլինի ակնթարթային արագությունը պահին՝ $\vec{v}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} = \frac{d\vec{s}}{dt}$; **գ)** Ակնթարթային արագությունը միշտ ունի արագացման վեկտորի ուղղությունը; **դ)** Կորագիծ շարժման դեպքում արագության վեկտորն անընդհատ փոփոխվում է:

1.18.ա) Կորագիծ շարժման դեպքում ակնթարթային արագությունը հետագծի ցանկացած կետում ուղղված է այդ կետում հետագծին տարված շոշափողի երկայնքով; **բ)** Եթե կորագիծ շարժման արագությունն ինչ-որ պահի եղել է $\vec{v}_1$, իսկ փոքր Δt ժամանակ անց՝ $\vec{v}_2$, ապա արագության փոփոխությունը կլինի $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$, իսկ $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ -ն կտա միջին արագացումը; **գ)** Եթե ժամանակի ինչ-որ t պահից սկսած Δt ժամանակամիջոցում մարմնի արագության փոփոխությունը $\Delta \vec{v}$ է, ապա $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ կտա միջին արագացումը, իսկ այդ արագացման սահմանը, երբ Δt -ն ձգտում է զրոյի, կլինի ակնթարթային արագացումը՝ $\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$; **դ)** Եթե կորագիծ անհավասարաչափ շարժման դեպքում արագության մոդուլը նվազում է, ապա տանգենցիալ արագացումն ունի արագության հակառակ ուղղությունը:

1.19. ա) Եթե փոխվում է արագության վեկտորի մոդուլը, իսկ ուղղությունը մնում է նույնը, ապա մարմինը կատարում է ուղղագիծ անհավասարաչափ շարժում; **բ)** Եթե կորագիծ շարժում կատարող մարմնի արագության մոդուլը նվազում է, ապա արագության հետ արագացումը կկազմի բութ անկյուն; **գ)** Հորիզոնի նկատմամբ անկյան տակ նետված մարմնի շարժման նորմալ արագացումը միայն վերելքի ամենաբարձր կետում է հավասար զրոյի; **դ)** Եթե կորագիծ անհավասարաչափ շարժման դեպքում արագության մոդուլն աճում է, ապա տանգենցիալ արագացումն ունի արագության ուղղությունը:

1.20. ա) Եթե փոխվում է արագության վեկտորի ուղղությունը, իսկ մոդուլը մնում է հաստատուն, ապա մարմինը կատարում է կորագիծ հավասարաչափ շարժում; **բ)** Կորագիծ հավասարաչափ շարժման դեպքում արագացումը հետագծի ցանկացած կետում ուղղահայաց է արագությանը; **գ)** Քանի որ հավասարաչափ շրջանագծային շարժման դեպքում նյութական կետի գծային արագությունը՝ $v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$, իսկ $\Delta l = R\Delta\varphi$, ուստի $v=R\omega$; **դ)** Երբ տանիքից մեկը մյուսի ետևից ընկնում են ջրի երկու կաթիլ, ապա դրանցից ուշացումով ընկնողն առաջինի հետ կապված հաշվարկման համակարգում կգտնվի դադարի վիճակում: Օդի դիմադրությունն անտեսվում է:

1.21. ա) Կորագիծ անհավասարաչափ շարժման արագացման այն բաղադրիչը, որն ուղղված է արագության գծի երկայնքով, կոչվում է տանգենցիալ կամ շոշափող արագացում (Նկ.1.2); **բ)** Տանգենցիալ արագացումը բնութագրում է միայն արագության մոդուլի փոփոխությունը և հավասար միավոր ժամանակում արագության մոդուլի փոփոխությանը՝ $a_\tau = \frac{dv}{dt}$; **գ)** Նորմալ արագացման մոդուլը տվյալ կետում հավասար է արագության քառակուսին բաժանած այդ կետում հետագծի կորության շառավղին՝ $a_n = \frac{v^2}{R}$; **դ)** Դեպի ներքև ուղղված a արագացմամբ իջնող ուղղաթիռից պոկված մարմինն իր շարժումը գետնի նկատմամբ կշարունակի $a + g$ արագացմամբ:

1.22. ա) Կորագիծ անհավասարաչափ շարժման արագացման այն բաղադրիչը, որն ուղղված է արագությանն ուղղահայաց ուղղությամբ, կոչվում է նորմալ արագացում (Նկ.1.2); **բ)** Նորմալ կամ կենտրոնաձիգ արագացումը փոխում է միայն արագության ուղղությունը և բնութագրում է արագության ուղղության փոփոխման արագությունը; **գ)** Երբ հորիզոնի նկատմամբ անկյան տակ նետված մարմնի արագությունը, նրա բարձրանալու ժամանակ, հորիզոնական ուղղության հետ կազմում է β անկյուն, ապա այդ պահին մարմնի շարժման տանգենցիալ արագացումը կլինի՝ $a_\tau = -g\sin\alpha$; **դ)** Եթե կորագիծ անհավասարաչափ շարժման դեպքում արագության մոդուլը նվազում է, ապա նորմալ արագացումն արա-

գուրջան ուղղության հետ բութ անկյուն է կազմում:

1.23. ա) Եթե կորագիծ անհավասարաչափ շարժման դեպքում արագության մոդուլն աճում է, ապա նորմալ արագացումն արագության ուղղության հետ սուր անկյուն է կազմում; **բ)** Շրջանագծային հավասարաչափ դանդաղող շարժման պտույտի անկյան կախումը ժամանակից՝ $\varphi = \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}$, որտեղ ω_0 -ն սկզբնական անկյունային արագությունն է, իսկ ε -ը՝ անկյունային արագացումը; **գ)** Երբ հորիզոնի նկատմամբ անկյան տակ նետված մարմնի արագությունը հորիզոնական ուղղության հետ կազմում է β անկյուն, ապա այդ պահին մարմնի շարժման նորմալ արագացումը կլինի՝ $a_n = g \cos \beta$; **դ)** Կոր գծով հաստատուն արագացմամբ շարժումը կոչվում է կորագիծ հավասարաչափ արագացող շարժում:

1.24. ա) Եթե հավասարաչափ շրջանագծային շարժման դեպքում նյութական կետը շրջանագծի կենտրոնին միացնող շառավիղը Δt ժամանակի ընթացքում պտտվել է $\Delta \varphi$ անկյունով, ապա $\frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$ հարաբերությունը կտա այդ շառավղի պտտման անկյունը միավոր ժամանակում, դրան անվանում են անկյունային արագություն և նշանակում են ω -ով; **բ)** Նյութական կետի հավասարաչափ շրջանագծային շարժման դեպքում մարմնի արագացման տանգենցիալ բաղադրիչը հավասար է զրոյի՝ $a_\tau = 0$; **գ)** Շրջանագծային հավասարաչափ արագացող շարժման պտույտի անկյան կախումը ժամանակից՝ $\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$, որտեղ ω_0 -ն սկզբնական անկյունային արագությունն է, իսկ ε -ը՝ անկյունային արագացումը; **դ)** Հորիզոնի նկատմամբ անկյան տակ նետված մարմնի սկզբնական արագության երկու անգամ մեծացնելու դեպքում նրա թռիչքի հեռահարությունը ևս կմեծանա երկու անգամ:

1.25. ա) Այն ժամանակամիջոցը, որի ընթացքում շրջանագծային շարժում կատարող մարմինը կատարում է մեկ լրիվ պտույտ, կոչվում է պտտման պարբերություն և նշանակվում է T տառով; **բ)** Եթե փոփոխական շրջանագծային շարժման դեպքում մարմնի անկյունային արագությունը Δt ժամանակում փոփոխվել է $\Delta \omega$ -ով, ապա $\frac{\Delta \omega}{\Delta t}$ հարաբերությանը կտա միջին անկյունային արագացումը, իսկ դրա սահմանը, երբ Δt -ն ձգտում է զրոյի կլինի ակնթարթային անկյունային արագացումը՝ $\varepsilon(t) =$

$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}$; **զ)** Եթե դադարի վիճակից շարժվող մարմնի արագացումն ունի Նկ.1.19-ում բերված վարկը, ապա նրա արագությունը 1 կետում ունի առավելագույն արժեք; **դ)** Նույն սկզբնական արագությամբ հորիզոնի նկատմամբ α անկյան տակ նետված մարմնի թռիչքի հեռահարությունն ընդունում իր առավելագույն արժեքը, երբ $\alpha = 60^\circ$ - ի:

1.26. ա) H բարձրությունից առանց սկզբնական արագության ազատ ընկնող մարմինը գետնին ընկնելու պահին կունենա $v = \sqrt{2gH}$ արագություն; **բ)** Եթե փոփոխական շրջանագծային շարժման անկյունային արագացումը հաստատուն է՝ $\varepsilon = \text{const}$, ապա շարժումը կոչվում է շրջանագծային հավասարաչափ արագացող շարժում; **գ)** Մարմնի շարժման արագացման $a_x(t)$ պրոյեկցիայի ժամանակից կախումն արտահայտող գրաֆիկով $t=t_1$, $t=t_2$ ուղիղներով կազմված պատկերի մակերեսը թվապես հավասար է արագության v_x պրոյեկցիայի միջին արժեքին; **դ)** Շրջանագծային հավասարաչափ դանդաղող շարժման անկյունային արագացումն անկյունային արագության հետ բութ անկյուն է կազմում:

1.27. ա) Շրջանագծային հավասարաչափ արագացող շարժման անկյունային արագացումն անկյունային արագության հետ բութ անկյուն է կազմում; **բ)** Քանի որ մեկ պտույտի ընթացքում ($t=T$) նյութական կետի անցած ճանապարհը հավասար է շրջանագծի երկարությանը, ուստի հավասարաչափ շրջանագծային շարժման գծային արագությունը կլինի՝ $v = \frac{2\pi R}{T}$; **գ)** Նյութական կետի շրջանագծային շարժման անկյունային արագության վեկտորն ուղղված է պտտման առանցքով այնպես, որ այդ վեկտորի ծայրից նայելիս կետի պտույտը տեղի է ունենում ժամսլաքի պտույտի հակառակ ուղղությամբ; **դ)** Եթե շրջանագծով հավասարաչափ շարժվող մարմինը t վայրկյանում կատարում է N պտույտ, ապա պտըտման T պարբերությունը կլինի՝ $T = t/N$:

1.28. ա) Եթե H բարձրությունից $\vec{v}_0$ արագությամբ հորիզոնական ուղղությամբ նետված է մարմին, ապա նրա շարժման կինեմատիկական հավասարումները կլինեն՝ $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$, $\vec{s} = \vec{v}_0 t + \vec{g} \frac{t^2}{2}$; **բ)** Շրջանագծային շարժում կատարող մարմնի կատարած պտույտների թիվը մեկ վայրկյանում, կոչվում է պտտման հաճախություն և այն սովորաբար նշանակում են ν տառով; **գ)** Շրջանագծով հավասարաչափ շարժվող մարմնի արագության վեկտորի փոփոխությունը մեկ պտույտի ընթացքում ավելի մեծ է, քան՝ կես պտույտի; **դ)** Քանի որ մեկ պտույտի ընթացքում ($t=T$)

նյութական կետը շրջանագծի կենտրոնին միացնող շառավղի պտտման անկյունը 2π է, ուստի հավասարաչափ շրջանագծային շարժման ω անկյունային արագությունը կլինի $\omega = \frac{2\pi}{T}$:

1.29. ա) H բարձրությունից $\vec{v}_0$ արագությամբ հորիզոնական ուղղությամբ նետված մարմնի թռիչքի հեռահասություն անվանում են նետման տեղից հորիզոնական ուղղությամբ մարմնի անցած առավելագույն հեռավորությանը; **բ)** Շրջանագծային շարժման անկյունային արագության $\omega = 2\pi\nu$ բանաձևից հետևում է, որ այն թվապես հավասար է 2π վայրկյանում կատարված պտույտների թվին: Դա է պատճառը, որ անկյունային արագության անվանում են նաև շրջանային կամ ցիկլային հաճախություն; **գ)** Երբ ձեռքից մեկը մյուսի հետևից ուղղաձիգ ուղղությամբ բաց են թողնում երկու գնդիկ, ապա անկման ժամանակ դրանց միջև հեռավորությունը չի փոխվի: Օդի դիմադրությունն անտեսվում է; **դ)** Պտտման T պարբերության և ν հաճախության սահմանումներից հետևելով է, որ $\nu=1/T$:

1.30. ա) Շրջանագծային հավասարաչափ արագացող շարժման անկյունային արագության պրոյեկցիան պտտման առանցքի վրա ժամանակից կախված է $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$, օրենքով, որտեղ ω_0 -ն սկզբնական անկյունային արագությունն է; **բ)** Կենտրոնաձիգ արագացումը նյութական կետի պտտման պարբերության և հաճախության հետ կախված է $a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = 4\pi^2 \nu^2 R$ առնչությամբ; **գ)** Շրջանագծային շարժման $\vec{a}_\tau$ տանգենցիալ արագացման և $\vec{\varepsilon}$ անկյունային արագացման վեկտորական կապը հետևյալն է՝ $\vec{a}_\tau = \vec{\varepsilon} \times \vec{R}$ որտեղ $\vec{R}$ -ը շրջանագծի կենտրոնը շարժվող կետին միացնող շառավիղ-վեկտորն է; **դ)** Շրջանագծային շարժման $\vec{v}$ գծային և $\vec{\omega}$ անկյունային արագությունների վեկտորական կապը հանդիսանում է հետևյալը՝ $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{R}$, որտեղ $\vec{R}$ -ը շրջանագծի կենտրոնը շարժվող կետին միացնող շառավիղ-վեկտորն է:

§2. Նյութական կետի և պինդ մարմնի համընթաց շարժման դինամիկան

Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր

1. Նյութոտնի առաջին օրենքը.

Գոյություն ունեն հաշվարկման այնպիսի համակարգեր, որոնց նկատմամբ մարմինը գտնվում է դադարի վիճակում կամ կատարում է ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում, եթե դրա վրա այլ մարմիններ չեն ազդում կամ դրանց ազդեցություններն իրար համակշռում են:

Այդպիսի մարմնին համարում են ազատ մարմին, իսկ հաշվարկման համակարգին՝ հաշվարկման իներցիալ համակարգ(ՀԻՀ):

Փաստորեն Նյութոտնի առաջին օրենքը պնդում է հաշվարկման իներցիալ համակարգերի գոյությունը: Փորձերը ցույց են տալիս, որ այդ համակարգերը ևս պետք է գտնվեն դադարի վիճակում կամ կատարեն ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում:

Մարմնի այն հատկությունը, որի շնորհիվ այն պահպանում է իր դադարի կամ ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման վիճակը, կոչվում է իներտություն, իսկ այդ շարժումը՝ իներցիայով շարժում:

• Մարմնի զանգվածը և խտությունը.

Մարմնի իներտության չափը բնութագրում են մի սկալյար մեծությամբ, որին անվանում են զանգված և նշանակում m տառով:

Զանգվածի միավորը միավորների ՄՀ-ում 1կգ-ն է, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝ 1գ-ը: 1կգ=1000գ:

Մարմնի միավոր ծավալին բաժին ընկնող զանգվածին անվանում են խտություն և նշանակում են ρ տառով: Համասեռ մարմնի դեպքում

$\rho = \frac{m}{V} = \text{const}$, իսկ անհամասեռ մարմնի դեպքում

$$\rho(x, y, z) = \frac{dm}{dV}: \quad (2.1)$$

Խտության միավորը ՄՀ-ում 1կգ/մ³-ն է, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝

1գ/սմ³-ը: 1կգ/մ³ = 10⁻³գ/սմ³:

2. Նյութոտնի երկրորդ օրենքը.

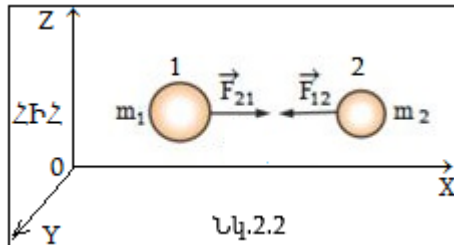
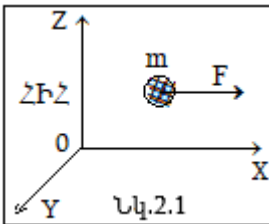
Երբ հաշվարկման ինտեգրիալ համակարգում գտնվող մարմնի վրա այլ մարմինների ազդեցություններն իրար չեն համակշռում, ապա դրանց ազդեցության չափը բնութագրող մեծությունը՝ $\vec{F}$ ուժը զրոյից տարբեր է, և մարմինը կշարժվի արագացումով (Նկ.2.1):

Նյուտոնի երկրորդ օրենքը պնդում է, որ

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad \text{կամ} \quad m\vec{a} = \vec{F}, \quad (2.2)$$

որտեղ m -ը մարմնի զանգվածն է, $\vec{a}$ -ն՝ արագացումը, $\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i$ -ը՝ մարմնի վրա ազդող ուժերի համագործը: Ուժի ազդեցությունը բնութագրվում է նրա կիրառման կետով, մեծությամբ և ուղղությամբ:

(2.2)-ից հետևում է, որ ուժի միավորը ՄՀ-ում $1\text{կգ}\cdot\text{մ}/\text{վ}^2$ -ն է, որին անվանում են 1նյուտոն ՝ $1\text{Ն}=1\text{կգ}\cdot\text{մ}/\text{վ}^2$, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝ 1դինը , $1\text{դինը} = 1\text{գ}\cdot\text{սմ}/\text{վ}^2$: $1\text{Ն}=10^5\text{դին}$: Կա նաև ուժի արտահամակարգային միավոր, դա 1կգ զանգվածով մարմնի ծանրության ուժն է, դրան անվանում են 1կԳ ուժ՝ $1\text{կԳ ուժը} = 9,8\text{Ն}$:



3. Նյուտոնի երրորդ օրենքը.

Երբ 1 մարմնի վրա 2 մարմնի կողմից ազդում է $\vec{F}_{21}$ ուժ, ապա դրա հետևանքով 2 մարմնի վրա 1 մարմնի կողմից կազդի նույն բնույթի $\vec{F}_{12}$ ուժ (Նկ.2.2): Նյուտոնի երրորդ օրենքը պնդում է, որ

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}, \quad |\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}|, \quad (2.3)$$

$\vec{F}_{21}$ և $\vec{F}_{12}$ ուժերին անվանում են ազդող և հակազդող ուժեր, դրանք գտնվում են նույն գծի վրա և իրար չեն հավասարակշռում, քանի որ կիրառված են տարբեր մարմինների վրա: Նյուտոնի օրենքները ճիշտ են միայն հաշվարկման ինտեգրիալ համակարգերում:

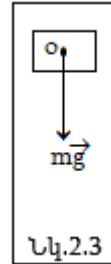
4. Մեխանիկայում հանդիպող ուժերը

• Ծանրության ուժ.

Այն ուժը, որով Երկիրը ձգում է մարմնին.

$$\vec{F} = m\vec{g}, \quad (2.4)$$

որտեղ $\vec{g}$ -ն ազատ անկման արագացումն է, իսկ m -ը՝ մարմնի զանգվածը: Ծանրության ուժն ուղղված է դեպի Երկրագնդի կենտրոնը, իսկ O կիրառման կետը (Նկ.2.3) կոչվում է ծանրության կենտրոն, այն հիմնականում համընկնում է մարմնի զանգվածների կենտրոնի հետ:



• Մարմնի դեֆորմացի, առաձգական դեֆորմացիա.

Արտաքին ուժի ազդեցության տակ մարմինը կարող է չարժվել, ձեռք չբերել արագացում, սակայն այս դեպքում կարող են փոխվել նրա ձևն ու չափերը: Արտաքին ուժի ազդեցության տակ մարմնի ձևի ու չափերի փոփոխությանն անվանում են դեֆորմացիա:

Դեֆորմացիան լինում է երկու տեսակի՝ առաձգական և ոչ առաձգական (պլաստիկ) դեֆորմացիա: Մարմնի դեֆորմացիան կոչվում է առաձգական, երբ այն ամբողջությամբ վերանում է (մարմինը վերականգնում է իր նախքին ձևն ու չափերը), երբ վերացվում է դեֆորմացիա ստեղծող ուժի ազդեցությունը:

• Առաձգականության ուժ.

Առաձգական դեֆորմացիայի դեպքում մարմնի ներսում առաջանում են ուժեր, որոնք մարմնի մասնիկներին վերադարձնում են իրենց սկզբնական դիրքերը (դեֆորմացիան վերացնում են), երբ վերացվում է դեֆորմացիա առաջացնող արտաքին ազդեցությունը: Այս ուժերին անվանում են առաձգականության ուժեր: Այն ուղիղ համեմատական է մարմնի մասնիկների $\vec{s}$ տեղափոխությանը և ուղղված է դրան հակառակ՝

$$\vec{F} = -k\vec{s}, \quad F_x = -kx, \quad (2.5)$$

որտեղ k -ն մարմնի առաձգականության (կոշտության) գործակիցն է, $\vec{s}$ -ը՝ հավասարակշռության դիրքից մասնիկի տեղափոխությունը, F_x -ը՝ առաձգականության ուժի պրոյեկցիան է OX առանցքի վրա, x -ը՝ կետի տեղափոխությունն OX առանցքի երկայնքով: (2.5) բանաձևին անվանում են Հուկի օրենք: Առաձգականության ուժ են հենարանի հակազդման N ուժը, թելի ձգման T ուժը, մարմնի P կշիռը: Նշված բոլոր ուժերն էլեկտրամագ-

նիսական բնույթի են: k -ի միավորը ՄՀ-ում 1Ն/մ -ն է, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝ 1դին/սմ : $1\text{Ն/մ} = 10^3\text{դին/սմ}$:

• Սահքի շփման ուժի մոդուլը.

Այն շփման ուժը, որն առաջանում է հավող մարմինների մակերեւոյթների սահմանին, նրանց հարաբերական շարժման դեպքում, կոչվում է սահքի շփման ուժ.

$$F_u = \mu N, \quad (2.6)$$

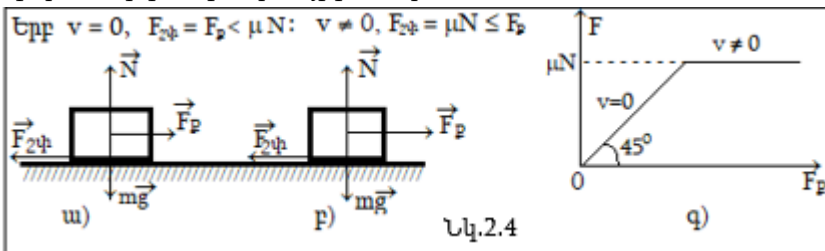
որտեղ μ -ն սահքի շփման գործակիցն է, N -ը՝ հենարանի հակազդման ուժի մոդուլը (Նկ.2.4բ):

• Դադարի շփման ուժը.

Այն շփման ուժը, որն առաջանում է հավող մարմինների մակերեւոյթների սահմանին, նրանց հարաբերական դադարի դեպքում, կոչվում է դադարի շփման ուժ (Նկ.2.4ա): Դադարի շփման $\vec{F}_{2\Phi}$ ուժի մոդուլը հավասար է մարմնի վրա ազդող ուժի այն $\vec{F}_p$ բաղադրիչի մոդուլին, որը ձգտում է մարմնին սահեցնել, սակայն բավարար չէ դրա համար ($F_p \leq \mu N$, Նկ.2.4ա).

$$\vec{F}_p = -\vec{F}_{2\Phi}, \quad (2.7)$$

Դադարի շփման ուժի առավելագույն արժեքը շատ մոտ է սահքի շփման ուժի արժեքին և որոշվում է (2.6) բանաձևով (Նկ.2.4գ): Շփման ուժերը էլեկտրամագնիսական բնույթի ուժեր են:



• Գլորման շփման ուժը.

$$F_{gl} = \frac{\mu_{gl} N}{R},$$

որտեղ μ_{gl} -ն գլորման շփման գործակիցն է, դա ունի չափողականություն՝ $1/\text{մ}$, իսկ R -ը գլորվող մարմնի (գլանի, գնդի) շառավիղը: Սովորաբար $\mu_{gl} \ll \mu_u$:

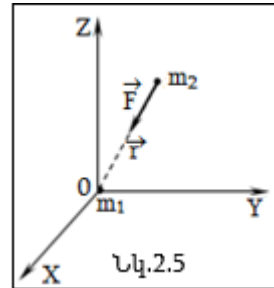
5. Տիեզերական ձգողության օրենքը

Ցանկացած երկու նյութական կետ իրար ձգում են այնպիսի ուժով, որի մոդուլն ուղիղ համեմատական է դրանց զանգվածների արտադրյալին և հակադարձ համեմատական դրանց միջև եղած հեռավորության քառակուսուն՝

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^3} \vec{r}; \quad F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (2.8)$$

որտեղ G -ն գրավիտացիոն հաստատունն է՝

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Ն} \cdot \text{մ}^2 / \text{կգ}^2$, $\vec{F}$ -ը՝ կոորդինատների սկզբնակետում գտնվող m_1 զանգվածով նյութական կետի կողմից՝ $\vec{r}$ շառավիղ-վեկտորով կետում գտնվող m_2 զանգվածով նյութական կետի վրա ազդող ուժն է (Նկ.2.5), r -ը՝ նյութական



կետերի միջև եղած հեռավորությունը: Օրենքը ճիշտ է նաև համասեռ գնդերի և այն անհամասեռ գնդերի համար, որոնցում զանգվածի խտությունը կախված է միայն գնդի կենտրոնից ունեցած հեռավորությունից: Այս դեպքում r -ը գնդերի կենտրոնների միջև եղած հեռավորությունն է:

G գրավիտացիոն հաստատունը թվապես հավասար է այն ուժին որով իրար ձգում են մեկական կգ զանգված ունեցող երկու համասեռ գնդիկներ, որոնց կենտրոնների միջև եղած հեռավորությունը հավասար է 1մ-ի: Այդ ուժը, այսինքն $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Ն} \cdot \text{մ}^2 / \text{կգ}^2$:

6. Ազատ անկման արագացումը

- Ազատ անկման արագացումը Երկրի մակերևույթից h բարձրության վրա (առանց հաշվի առնելու Երկրի պտույտն իր սեփական առանցքի

շուրջը).
$$g = \frac{F}{m} = \frac{G \frac{M_E m}{(R_E + h)^2}}{m} = G \frac{M_E}{(R_E + h)^2}, \quad (2.9)$$

որտեղ M_E -ը Երկրի զանգվածն է, իսկ $R_E \approx 64 \cdot 10^5$ մ՝ Երկրի շառավիղը:

- Ազատ անկման արագացումը Երկրի մակերևույթի մոտակայքում

($h \ll R_E$).
$$g = G \frac{M_E}{R_E^2} \approx 9,8 \text{ մ/վ}^2:$$

- Ազատ անկման արագացումը որևէ մոլորակի մակերևույթի մոտակայքում.

$$g_u = G \frac{M_u}{R_u^2}.$$

7. Տիեզերական արագությունները

• Առաջին տիեզերական արագությունը.

$$v_1 = \sqrt{gR_{\text{Ե}}} \approx 7900 \text{ մ/վ:} \quad (2.10)$$

Այս արագության դեպքում մարմինը $h \ll R_{\text{Ե}}$ բարձրության վրա Երկրի շուրջը կպտտվի շրջանագծով (Նկ.2.6):

• Երկրորդ տիեզերական արագությունը.

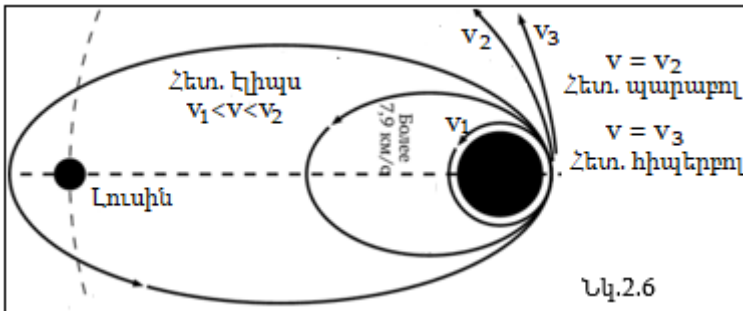
$$v_2 = \sqrt{2gR_{\text{Ե}}} \approx 11200 \text{ մ/վ:} \quad (2.11)$$

Այս արագության դեպքում մարմինը հաղթահարում է Երկրի ձգողության ուժը և դառնում է Արեգակի արհեստական արբանյակ: Հետագիծը պարաբոլ է:

• Երրորդ տիեզերական արագությունը.

$$v_3 = 16700 \text{ մ/վ:} \quad (2.12)$$

Այս արագության դեպքում մարմինը հաղթահարում է Արեգակի ձգողության ուժը և լքում է արեգակնային համակարգը:



8. Կեպլերի օրենքները.

• Կեպլերի առաջին օրենքը.

Երկիրը (Արեգակնային համակարգի մոլորակները) Արեգակի շուրջը պտտվում է էլիպսաձև հետագծով, որի կիզակետերից մեկում գտնվում է Արեգակը (Նկ.2.7ա):

• Կեպլերի երկրորդ օրենքը.

Մոլորակների շառավիղ-վեկտորները հավասար ժամանակներում գծում են հավասար մակերեսներ (Նկ.2.7բ).

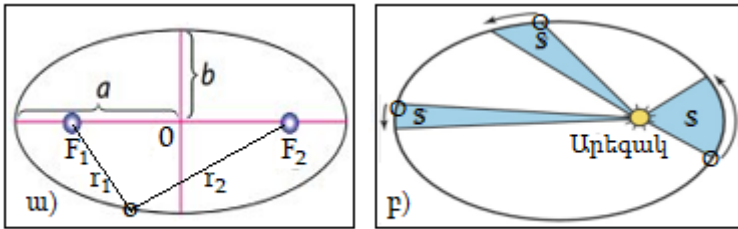
$$\frac{ds}{dt} = \text{const:} \quad (2.13)$$

• **Կեպլերի երրորդ օրենքը.**

Մոլորակների պտտման պարբերության քառակուսին համեմատական է ուղեծրի մեծ կիսաառանցքների խորանարդին.

$$T^2 \sim a^3 \quad \text{կամ} \quad \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}, \quad (2.14)$$

որտեղ T -ն մոլորակի ուղեծրով պտտվելու պարբերությունն է:



$$r_1 + r_2 = 2a$$

Նկ.2.7

9. Հուկի օրենքը

• **Հուկի օրենքը երկայնական դեֆորմացիայի դեպքում.**

$$\sigma = \varepsilon E, \quad (2.15)$$

որտեղ $\sigma = F/S$ -ը կոչվում է մեխանիկական լարում, դրա միավորը ՄՀ-ում $1\text{Ն/մ}^2 = 1\text{Պա}$, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝ 1դին/սմ^2 : $1\text{Ն/մ}^2 = 10\text{դին/սմ}^2$: $F = F_d = F_u = F_{\text{ան}}$ -ը՝ առաձգականության ուժն է, S -ը՝ ձողի լայնական հատույթի մակերեսը, $\varepsilon = x/l$ -ն՝ հարաբերական երկարացումը, l -ը՝ ձողի սկզբնական երկարությունը (Նկ.2.8ա), իսկ E -ն՝ Յունգի մոդուլը, դրա միավորը 1Ն/մ^2 -ն է:

• **Հուկի օրենքը սահքի դեֆորմացիայի դեպքում.**

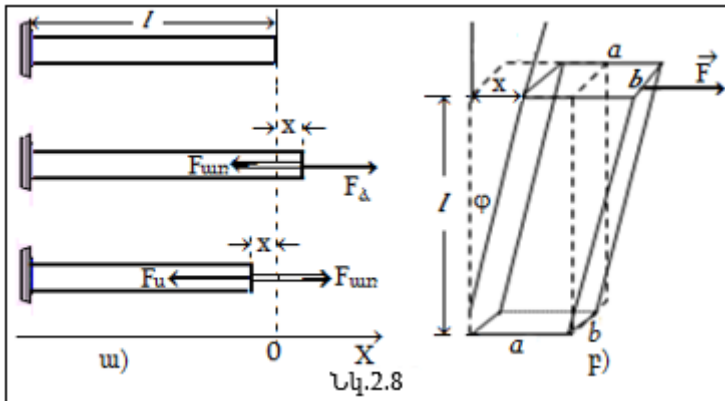
$$\sigma_\tau = G \frac{x}{l} = G\varphi, \quad (2.16)$$

որտեղ G հաստատունը կոչվում է սահքի մոդուլ, $\sigma_\tau = \frac{F}{ab}$ -ն կոչվում է տանգենցիալ լարում, φ -ն՝ սահքի անկյուն (Նկ.2.8բ): (2.15) և (2.16) բանաձևերը ճիշտ են առաձգական դեֆորմացիայի դեպքում (այս դեպքում φ -ն փոքր է՝ $\text{tg}\varphi \approx \varphi$):

• **Համասեռ ձողի կոշտությունը.**

$$k = E \frac{S}{l}, \quad (2.17)$$

որտեղ S -ը ձողի լայնական հատույթի մակերեսն է, l -ը՝ ձողի երկարությունը, E -ն՝ Յունգի մոդուլը:



10. Իներցիոն ուժեր

Սա հաշվարկման ոչ իներցիալ համակարգում գտնվող մարմնի վրա ազդող ուժ է, որը պայմանավորված չէ մեկ ուրիշ մարմնի հետ փոխազդեցությամբ:

• Համընթաց իներցիոն ուժ.

$$\vec{F} = -m\vec{a}_0, \quad (2.18)$$

որտեղ $\vec{a}_0$ -ն ոչ իներցիալ հաշվարկման համակարգի համընթաց շարժման արագացումն է հաշվարկման իներցիալ համակարգի նկատմամբ:

• Կենտրոնախույս իներցիոն ուժ.

$$\vec{F} = m\omega^2\vec{r}, \quad (2.19)$$

որտեղ ω -ն ոչ իներցիալ հաշվարկման համակարգի պտտման անկյունային արագությունն է, $\vec{r}$ -ը՝ նյութական կետին պտտման առանցքից տարած ուղղահայաց շառավիղ-վեկտորը:

• Կորիոլիսյան իներցիոն ուժ.

$$\vec{F} = 2m\vec{v}' \times \vec{\omega}, \quad (2.20)$$

որտեղ $\vec{v}'$ -ը նյութական կետի արագությունն է ոչ իներցիալ հաշվարկման համակարգի նկատմամբ: Մարմնի վրա իներցիոն ուժեր ազդում են միայն հաշվարկման ոչ իներցիալ համակարգերում և պայմանավորված

են դրանց առանձնահատկություններով: Իներցիոն ուժերը այլ մարմինների ազդեցություն չեն, ինչպես իրական ուժերը:

Խնդիրներ

Նյութաին երկրորդ օրենքը

○2.1. $F_1 = 6\text{Ն}$ և $F_2 = 8\text{Ն}$ երկու ուժեր կիրառված են մարմնի մի կետում, իրար նկատմամբ $\alpha = 150^\circ$ անկյան տակ: Որոշեք համագոր ուժի մեծությունը:

○2.2. F ուժը $m_1=1\text{կգ}$ զանգվածով մարմնին հաղորդում է a_1 , իսկ $m_2=1,5\text{կգ}$ զանգվածով մարմնին՝ a_2 արագացում: Ի՞նչ զանգվածով մարմնին դա կհաղորդի $a_1 + a_2$ արագացում:

○2.3. Դադարի վիճակում գտնվող $m = 400\text{գ}$ զանգվածով մարմինը $F=8\text{Ն}$ համագոր ուժի ազդեցության տակ ձեռք բերեց $v = 36\text{կմ/ժ}$ արագություն: Ի՞նչ ճանապարհ անցավ մարմինն այդ ընթացքում:

○2.4. $M = 1200\text{կգ}$ զանգվածով օդապարիկն իջնում է հաստատուն արագությամբ: Ի՞նչ m զանգվածով բեռ պետք է օդապարիկից դուրս գցել, որպեսզի այն սկսի բարձրանալ նույն արագությամբ: Օդապարիկի վրա ազդող վերամբարձ ուժը՝ $F = 9\text{կՆ}$ և հաստատուն է: Օդի դիմադրության ուժի մոդուլը երկու դեպքում էլ նույնն է:

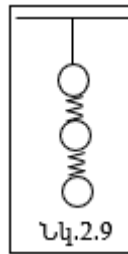
○2.5. $v_0 = 10\text{մ/վ}$ արագությամբ ուղղաձիգ դեպի վեր նետված մարմինը $t = 0,9\text{վ}$ անց հասնում է վերելքի ամենաբարձր կետին: Մարմնի զանգվածը՝ $m=0,9\text{կգ}$: Որքա՞ն էր մարմնի վրա ազդող օդի դիմադրության ուժի մոդուլը, եթե այն վերելքի ընթացքում համարվում է հաստատուն:

○2.6. Ուղղաձիգ դեպի վեր նետված m զանգվածով մարմինը վերադարձավ սկզբնական դիրքին: Որոշեք դրա վերելքի t_1 տևողության հարաբերությունը վայրէջքի t_2 տևողությանը, համարելով օդի դիմադրության F ուժի մոդուլը հաստատուն և երկու դեպքում էլ նույնը: Ո՞րն է մեծ, t_1 -ը, թե՞ t_2 -ը:

○2.7. m_1 և m_2 զանգվածներով երկու մարմին դադարի վիճակից ընկնում են միևնույն բարձրությունից: Որոշեք դրանց անկման t_1 և t_2 տևողությունների հարաբերությունը, համարելով օդի դիմադրության F ուժի մո-

դուրը հաստատուն և երկու դեպքում էլ նույնը: Ո՞րն է մեծ, t_1 -ը, թե՞ t_2 -ը, եթե $m_1 < m_2$:

▣2.8. Միատեսակ երեք գնդիկ միացած են իրար անկշիռ զսպանակներով և կախված են թելից (Նկ.2.9): Որքա՞ն կլինի յուրաքանչյուր գնդիկի արագացումը թելը կտրելուց անմիջապես հետո:



Տիեզերական ձգողության օրենքը

◉2.9. Որոշեք $d=1$ մ տրամագծով իրար կապած երկաթե երկու հոծ գնդերի փոխադարձ ձգողության F ուժը:

◉2.10. Որոշեք Երկրի կողմից Լուսնին ձգող F_1 ուժի հարաբերությունը Արեգակի կողմից Լուսնին ձգող F_2 ուժին:

◉2.11. Գիտենալով Երկրի զանգվածն ու շառավիղը, որոշեք՝ **ա)** ազատ անկման արագացումը Երկրի մակերևույթի մոտ; **բ)** առաջին տիեզերական արագությունը Երկրի մակերևույթի մոտ; **գ)** Երկրի զանգվածի միջին խտությունը: Երկրի օրական պտույտը անտեսեք:

◉2.12. Լուսնի շառավիղը $n_1 = 3,67$ անգամ փոքր է Երկրի շառավիղից, իսկ զանգվածը՝ $n_2 = 81$ անգամ է փոքր Երկրի զանգվածից: Քա՞նի անգամ է՝ **ա)** ազատ անկման արագացումը Երկրի մակերևույթի մոտ մեծ Լուսնի մակերևույթի մոտ ազատ անկման արագացումից; **բ)** առաջին տիեզերական արագությունը Երկրի մակերևույթի մոտ մեծ Լուսնի մակերևույթի մոտ առաջին տիեզերական արագությունից; **գ)** Երկրի զանգվածի միջին խտությունը մեծ Լուսնի զանգվածի միջին խտությունից:

◉2.13. Մի մոլորակի շառավիղը n անգամ մեծ է մեկ այլ մոլորակի շառավիղից: Համարելով մոլորակները միևնույն խտությամբ համասեռ գնդեր, որոշեք՝ **ա)** ազատ անկման արագացումների հարաբերությունը այդ մոլորակների մակերևույթի մոտ; **բ)** առաջին տիեզերական արագությունների հարաբերությունը այդ մոլորակների համար: Մոլորակների պտույտն իրենց սեփական առանցքի շուրջն անտեսեք:

◉2.14. Երկրի մակերևույթից h ՝նչ բարձրության վրա ազատ անկման ա-

քաղաքումը ավելի փոքր կլինի, քան Երկրի մակերևույթի մոտ՝ **ա)** $n=2$ անգամ, **բ)** $0,1$ տոկոսով: Երկրի R շառավիղն համարեք հայտնի:

▣**2.15.** Երկրի մակերևույթից h նշ h խորության վրա ազատ անկման արագացումը 1% -ով փոքր կլինի, քան ազատ անկման g_0 արագացումը Երկրի մակերևույթի վրա: Երկրի խտությունը համարեք հաստատուն:

■**2.16.** Չափումները ցույց տվին, որ մետաղական հանածոների պաշարների մոտ ազատ անկման արագացումն իր սովորական արժեքից մեծ է $0,1\%$ -ով: Հանածոների պաշարը համարելով $\rho_1=8 \cdot 10^3 \text{ կգ/մ}^3$ խտությամբ համասեռ գունդ, որոշեք դրա r շառավիղը: Երկիրը ընդունեք $\rho_2=5,5 \cdot 10^3 \text{ կգ/մ}^3$ խտությամբ և հայտնի R շառավիղով համասեռ գունդ:

▣**2.17.** Արհեստական արբանյակը պտտվում է շրջանագծային ուղեծրով հասարակածի հարթության մեջ այնպես, որ միշտ գտնվում է Երկրի միևնույն կետի գենիթում: Երկրի մակերևույթից h նշ բարձրության վրա է դուրս բերվել ստացիոնար համարվող այդ արբանյակը: Հայտնի համարեք Երկրի օրական պտույտի T պարբերությունը, M զանգվածը և Երկրի R շառավիղը:

○**2.18.** Լուսինն Երկրի շուրջ պտտվում է $T=27,3$ օր պարբերությամբ: Լուսնի հետագիծը համարելով շրջանագիծ, որոշեք՝ **ա)** դրա շառավիղը; **բ)** Լուսնի ուղեծրային շարժման արագությունը: Երկրի M զանգվածը համարեք հայտնի:

○**2.19.** Նեպտուն մոլորակի ուղեծրի շառավիղը $n=30$ անգամ մեծ է Երկրի ուղեծրի շառավիղից: Ի՞նչ պարբերությամբ է Նեպտունը պտտվում Արեգակի շուրջ:

○**2.20.** Երկրի երկու արհեստական արբանյակների շրջանագծային ուղեծրերի շառավիղների հարաբերությունը՝ $\frac{r_1}{r_2} = n = 3$: Որոշեք այդ արբանյակների՝ **ա)** պտտման պարբերությունների; **բ)** գծային արագությունների հարաբերությունը:

▣**2.21.** Իրար մոտ գտնվող m_1 և m_2 զանգվածներով երկու աստղերի միջև հեռավորությունը l է: Որոշեք այդ աստղերի պտտման T պարբերությունը իրենց ընդհանուր զանգվածի կենտրոնի շուրջը: Ուղեծրերը համարելով շրջանագծային, գտեք դրանց r_1 և r_2 շառավիղները:

▣**2.22.** Մոլորակը համարելով ρ խտություն ունեցող համասեռ գունդ, որոշեք դրա մակերևույթին մոտ գտնվող արհեստական արբանյակի պտտման T պարբերությունը:

■**2.23.** m զանգվածով արհեստական արբանյակը r շառավղով շրջանագրծային ուղեծրով, v արագությամբ շարժվում է Երկրի շուրջը՝ նրա մակերևույթից ոչ մեծ բարձրության վրա: Հաստատուն արգելակող F ուժի ազդեցության հետևանքով արբանյակը դանդաղ իջնում է (ուղեծրի շառավղիը դանդաղ նվազում է): Ելնելով դրանից, որոշեք արբանյակի իջնելու $v_r = \frac{dr}{dt}$ արագությունը:

■**2.24.** ρ խտությամբ համասեռ գնդի ներսում կա գնդային խոռոչ, որի կենտրոնը գնդի կենտրոնից շեղված է r' -ով: Գնդի գրավիտացիոն դաշտի կողմից ի՞նչ ուժ կազդի խոռոչում տեղադրած m զանգվածով մասնիկի վրա:

■**2.25.** $R = 20$ սմ շառավղով և $m_1 = 40$ գ զանգվածով բարակ համասեռ օղակի հարթությանն ուղղահայաց առանցքի վրա դրված է $m_2 = 1$ գ զանգվածով նյութական կետ: Որոշեք դրա վրա ազդող ուժի կախումը օղակի կենտրոնից ունեցած x հեռավորությունից: Ի՞նչ x_0 հեռավորության վրա այդ ուժը կլինի առավելագույնը և որքա՞ն դրա մեծությունը: Առանձին քննարկեք նաև $x \gg R$ դեպքը:

■**2.26.** R շառավղով և m_1 զանգվածով համասեռ սկավառակի հարթությանն ուղղահայաց առանցքի վրա դրված է m_2 զանգվածով նյութական կետ: Որոշեք դրա վրա ազդող ձգողության ուժի կախումը սկավառակի կենտրոնից ունեցած x հեռավորությունից: Առանձին քննարկեք $x \gg R$ և $x \ll R$ դեպքերը:

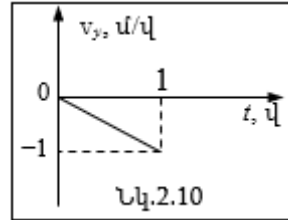
Մարմնի կշիռը

○**2.27.** $m = 150$ կգ զանգվածով բեռը, որը տեղավորված է դեպի ներքև շարժվող վերելակի հատակին և վերջինիս վրա ճնշում է $P = 1,8$ կՆ ուժով: Որոշեք վերելակի արագացման մեծությունը և ուղղությունը:

○**2.28.** $a = 1\text{մ/վ}^2$ արագացմամբ շարժվող վերելակում գտնվում է $m = 80$ կգ զանգվածով ուղևոր: Որոշեք ուղևորի կշիռը և այն համեմատեք նրա սովորական կշռի հետ, երբ արագացումն ուղղված է՝ ա) դեպի վերև; բ) դեպի ներքև:

○**2.29.** $m = 5$ կգ զանգվածով բեռը պարանի օգնությամբ իջեցվում է գետնին: Նկ.2.10-ում բերված է ուղղաձիգ դեպի վեր ուղղված առանցքի վրա այդ մարմնի արագության v_y պրոեկցիայի կախումը t ժամանակից:

Որոշեք մարմնի P կշիռը շարժման ընթացքում:



□2.30. Տիեզերանավի մեկնարկի ժամանակ ի՞նչ գերբեռնվածություն է գգում տիեզերագնացը, երբ հրթիռը սկսում է ուղղաձիգ դեպի վեր բարձրանալ այնպիսի հաստատուն արագացմամբ, որ $\tau = 4$ վ-ի ընթացքում զարգացնում է առաջին տիեզերական արագության $a = 0,03$ մասին հավասար արագություն: Երկրի R շառավիղը և ազատ անկման g_0 արագացումը համարեք հայտնի:

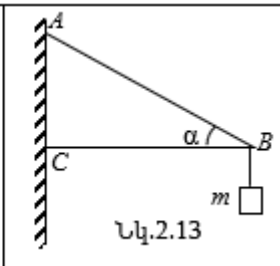
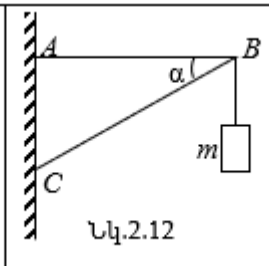
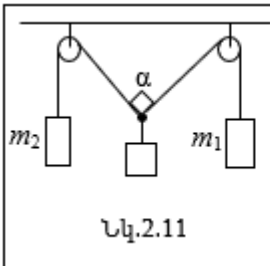
○2.31. Ճոպանը թույլ է տալիս բարձրացնել $m_1 = 90$ կգ զանգվածով բեռ ինչ-որ ամենամեծ արագացմամբ և իջեցնել $m_2 = 110$ կգ զանգվածով բեռ նույն արագացմամբ: Ի՞նչ ամենամեծ զանգվածով բեռ կարելի է հավասարաչափ բարձրացնել այդ ճոպանի օգնությամբ:

○2.32. $a = 2$ մ/վ² արագացումով շարժվող վագոնի առաստաղին ամրացված թելից կախված է $m = 1$ կգ զանգվածով գունդ: Որոշեք թելի ձգման ուժը և նրա կազմած անկյունը ուղղաձիգի հետ:

□2.33. m զանգվածով և l երկարությամբ օձը թռիչքի պատրաստվելիս իր մարմնի մի մասը հաստատուն v արագությամբ ուղղաձիգ վերև է բարձրացնում: Թռիչքի պահին օձը ի՞նչ ուժով է ճնշում գետնի վրա:

○2.34. Երկու անշարժ ճախարակներով անցկացված թելի ծայրերից (Նկ. 2.11) կախված են $m_1 = 4$ կգ և $m_2 = 3$ կգ զանգվածով երկու բեռ: Ի՞նչ զանգրվածով բեռ պետք է կախել թելի՝ երկու ճախարակների միջև ընկած կետից, որ բեռները հավասարակշռվեն, և թելերի կազմած անկյունը լինի $\alpha = 90^\circ$:

○2.35. $m = 60$ կգ զանգվածով բեռը կախված է ABC բարձակից (Նկ.2.12): AB և BC ձողերը կազմում են $\alpha = 30^\circ$ անկյուն: Որոշեք՝ ա) AB ձողի ձգման ուժը; բ) BC ձողի սեղման ուժը:



○**2.36.** $m = 12$ կգ զանգվածով բեռը կախված է ABC բարձակից (Նկ.2.13): AB և BC ձողերը կազմում են $\alpha = 30^\circ$ անկյուն: Որոշեք՝ **ա)** AB ձողի ձրգման ուժը; **բ)** BC ձողի սեղման ուժը:

Շարժում շրջանագծով

○**2.37.** Որոշեք ուռուցիկ կամրջի կորության R շառավիղը, եթե դրա վրա $v_1 = 90$ կմ/ժ հաստատուն արագությամբ շարժվող ավտոմեքենայի կշիռը վերին կետում երկու անգամ փոքր է սովորականից: Ի՞նչ արագության դեպքում կամրջի վերին կետում ավտոմեքենան կշիռ չի ունենա:

○**2.38.** $v = 360$ կմ/ժ արագությամբ շարժվող ինքնաթիռը կատարում է $R = 500$ մ շառավղով «մահվան օղակ»: Որոշեք 70 կգ զանգվածով օդաչուի կշիռը օղակի՝ **ա)** ներքևի; **բ)** վերևի; **գ)** մեջտեղի կետերում:

○**2.39.** $l = 0,9$ մ երկարությամբ թելից կապած ջրով լիքը դույլը պտտում են ուղղաձիգ հարթության մեջ: Ի՞նչ նվազագույն v արագությամբ պետք է պտտել դույլը, որպեսզի հետագծի վերին կետով անցնելիս ջուրը չթափվի:

○**2.40.** Որքա՞ն է m զանգվածով մարմնի կշիռը տեղանքի աշխարհագրական ϕ լայնության վրա: Որտե՞ղ և քանի՞ անգամ է մեծ կշիռը՝ բևեռում, թե՞ հասարակածում: Երկիրը համարեք համասեռ գունդ, որի M զանգվածը, R շառավիղը և օրական պտույտի T պարբերությունը հայտնի են:

○**2.41.** Ինչ-որ մոլորակի վրա մարմնի կշիռը բևեռում $n = 2$ անգամ մեծ է քան հասարակածում: Մոլորակը նյութի $\rho = 3 \cdot 10^3$ կգ/մ³ միջին խտությամբ գունդ է: Որոշեք դրա պտտման T պարբերությունն իր կենտրոնով անցնող առանցքի շուրջը:

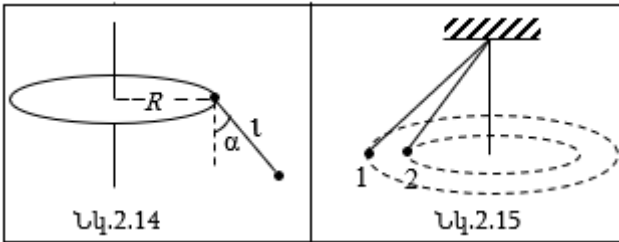
○**2.42.** Բարակ ամուր թելից ամրացված $m=200$ գ զանգվածով բեռը պտտվում է շրջանագծով հորիզոնական հարթության մեջ: Որոշեք թելի լարման ուժը, եթե այն ուղղաձիգի հետ կազմում է $\alpha = 60^\circ$ անկյուն:

○**2.43.** $R = 10$ սմ շառավղով հորիզոնական սկավառակի եզրագծին ամրացված կախցի թելն ունի $l = 8$ սմ երկարություն: Ի՞նչ ω անկյունային արագությամբ պետք է պտտել սկավառակը (Նկ.2.14), որպեսզի թելը ուղղաձիգի հետ կազմի $\alpha = 45^\circ$ անկյուն:

○**2.44.** Բարակ թելից կախված գնդիկը $T=2$ վ պարբերությամբ հավասարաչափ պտտվում է հորիզոնական հարթության մեջ (կոնական ճոճանակ): Որոշեք գնդիկի արագությունը և թելի երկարությունը, եթե այն ուղղաձիգի հետ կազմում է $\alpha = 30^\circ$ անկյուն:

2.45. $l = 60$ սմ երկարությամբ բարակ թելից կախված գնդիկը հորիզոնական հարթության մեջ հավասարաչափ պտտվում է այնպես, որ թելը ուղղաձիգի հետ կազմում է $\alpha = 60^\circ$ անկյուն: Որոշեք գնդիկի՝ **ա)** արագությունը; **բ)** պտտման պարբերությունը:

2.46. Միևնույն հորիզոնական հարթության մեջ հավասարաչափ պտտվում են նույն կետում բարակ թելերից կախված երկու միատեսակ գնդիկ (Նկ.2.15): Համեմատեք այդ գնդիկների՝ **ա)** արագացումները; **բ)** արագությունները; **գ)** պտտման պարբերությունները:



2.47. $v = 72$ կմ/ժ արագությամբ շարժվող գնացքը պետք է շրջադարձ կատարի՝ գծելով $R = 800$ մ կորության շառավղով աղեղ: Արտաքին ռելսը ներքինի նկատմամբ որքա՞ն բարձր լինի, որպեսզի հնարավորինս փոքր լինի անիվների և ռելսերի մաշվածությունը: Ռելսերի միջև հեռավորությունը՝ $l = 1,5$ մ:

2.48. $R = 2$ մ շառավղով ոլորտը $v = 30$ պտ/ր հաճախությամբ հավասարաչափ պտտվում է իր ուղղաձիգ տրամագծի շուրջը: Ոլորտի ներսում կա $m = 0,2$ կգ զանգվածով գնդիկ: Ոլորտի հատակից հաշված ի՞նչ հ բարձրության վրա գնդիկը կգտնվի հավասարակշռության մեջ և այդ կետում որքա՞ն է դրա վրա ազդող հակազդման N ուժը:

Սահքի շփում

2.49. Հարթ հորիզոնական մակերևույթով $v = 10$ մ/վ սկզբնական արագությամբ սահող մարմինն անցավ $l = 150$ մ և կանգ առավ: Որոշեք շրփման գործակիցը:

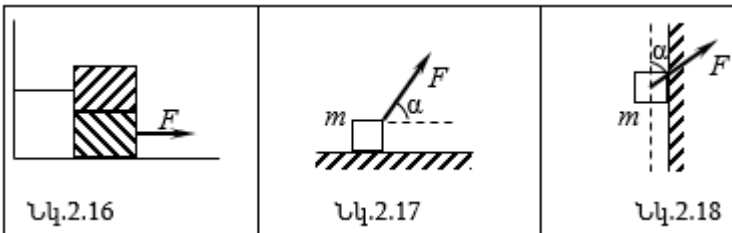
2.50. Յուրաքանչյուրը $m = 1$ կգ զանգվածով երկու փայտե չորսուներդված են տախտակի վրա (Նկ.2.16): Ի՞նչ նվազագույն ուժ պետք է կիրառել ներքին չորսուն վերինի տակից հանելու համար: Ներքին չորսուի երկու մակերևույթների վրա էլ շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,33$:

□2.51. Հորիզոնական հարթության վրա գտնվող $m = 1\text{կգ}$ զանգվածով մարմինը հորիզոնական ուղղության նկատմամբ $\alpha = 60^\circ$ անկյան տակ ազդող ուժի ազդեցությամբ շարժվում է ուղղագիծ հավասարաչափ (Նկ.2.17): Մարմնի և հարթության միջև շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,5$: Որոշեք F ուժի մեծությունը:

□2.52. Թելից կապված $m=1\text{կգ}$ զանգվածով մարմինը հորիզոնական հարթության վրայով քաշում են այնպես, որ դա շարժվի հավասարաչափ (Նկ.2.17): Շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,5$: Ի՞նչ α անկյան տակ պետք է ձգել, որպեսզի թելի լարման ուժը լինի նվազագույնը: Որոշեք ուժի այդ արժեքը:

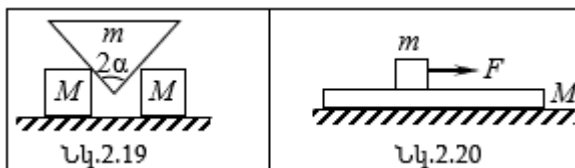
□2.53. $m=2\text{ կգ}$ զանգվածով մարմինը սահում է ուղղաձիգ պատով դեպի վեր՝ ուղղաձիգի նկատմամբ $\alpha=30^\circ$ անկյան տակ $F = 40\text{Ն}$ ուժի ազդեցությամբ (Նկ.2.18): Որոշեք մարմնի արագացումը, եթե շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,4$:

□2.54. Հորիզոնական տախտակի վրա տեղադրված են յուրաքանչյուրը M զանգվածով երկու միանման խորանարդ: Խորանարդների միջև տեղա-



դրվում է m զանգվածով իդեալական ողորկ սեփ, որի գագաթի անկյունը 2α է (Նկ.2.19): Ի՞նչ արագացմամբ կշարժվեն խորանարդները, եթե դրանց և տախտակի միջև շփման գործակիցը μ է:

□2.55. Ողորկ հորիզոնական հարթության վրա կա M զանգվածով տախտակ, որի վրա տեղադրված է m զանգվածով խորանարդ (Նկ.2.20): Դրա վրա սկսում է ազդել հորիզոնական F ուժ: Որքա՞ն ճանապարհ կանցնի խորանարդը տախտակի վրայով τ ժամանակում, եթե դրանց միջև շփման գործակիցը μ է:



Դադարի շփում

◦**2.56.** $m = 1$ կգ զանգվածով մարմինը գտնվում է հորիզոնական հարթության վրա: Շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,1$: Մարմնի վրա ազդում է հորիզոնի նկատմամբ $\alpha = 60^\circ$ անկյուն կազմող F ուժ: Որոշեք մարմնի վրա ազդող շփման ուժը, երբ՝ **ա)** $F=1$ Ն; **բ)** $F=3$ Ն: Դա դադարի, թե՞ սահքի շրջման ուժ է:

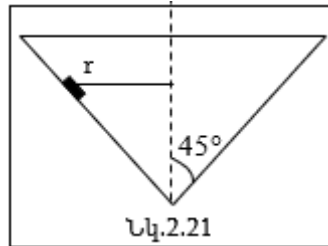
◦**2.57.** Վագոնը սկսում է արգելակվել և $t=5$ վ-ի ընթացքում դրա արագությունը հավասարապես նվազում է $v = 5$ մ/վ-ից մինչև՝ զրո: Ծանրոցի և տաղտակամածի միջև շփման μ գործակցի ի՞նչ արժեքի դեպքում ծանրոցը տաղտակամածով չի շարժվի:

◦**2.58.** Ի՞նչ զանգվածով երկաթուղային բեռնակազմ կարող է շարժման մեջ դնել $m = 180$ տ զանգված ունեցող էլեկտրաքարշը, եթե դրա անիվների և ռելսերի միջև սահքի շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,2$, իսկ գլորման դիմադրության գործակիցը՝ $k=0,006$:

◻**2.59.** v արագությամբ շարժվող ավտոմեքենայի արջև հայտնված պատի հեռավորությունը l է: Բախումից խուսափելու առավել ապահով տարբերակը ո՞րն է՝ արգելակումով շարունակել առաջ շարժվել, թե՞ առանց արագությունը նվազեցնելու՝ 90° -ի շրջադարձ կատարել:

◦**2.60.** Հորիզոնական սկավառակը պտտվում է իր կենտրոնով անցնող ուղղաձիգ առանցքի շուրջը $\nu = 30$ պտ/ր հաճախությամբ: Սկավառակի պտտման առանցքից ի՞նչ առավելագույն հեռավորության վրա կարող է պահվել դրա վրա գտնվող մարմինը, եթե շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,2$:

◻**2.61.** Մետաղադրամը գտնվում է $2\alpha = 90^\circ$ բացվածքի անկյամբ կոնական մակերևույթի ներսում, որը պտտվում է իր ուղղաձիգ առանցքի շուրջը (Նկ.2.21): Մետաղադրամի պտտման r շառավիղը հավասարակշռության դիրքում 40սմ է, իսկ կոնի հետ շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,33$: Որքա՞ն պետք է լինի կոնի պտտման ω անկյունային արագությունը, որպեսզի մետաղադրամը սկսի սահել՝ **ա)** դեպի ներքև; **բ)** դեպի վերև:



◻**2.62.** Ավտոմեքենան շարժվում է $R = 90$ մ

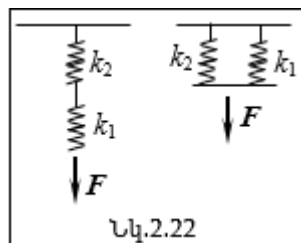
կորության շառավիղ ունեցող ուռուցիկ կամրջով: Ի՞նչ առավելագույն հորիզոնական արագացում կարող է զարգացնել ավտոմեքենան կամրջի ամենաբարձր կետում, եթե այդ կետում դրա արագությունը՝ $v=14$ մ/վ, իսկ անիվների և կարջի միջև շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,6$:

Հուկի օրենքը

○**2.63.** $m = 5$ կգ զանգվածով մարմինը $k=400$ Ն/մ կոշտությամբ զսպանակով քաշում են հորիզոնական ողորկ մակերևույթով՝ նրան զուգահեռ ուղղությամբ: Որոշեք մարմնի շարժման արագացումը:

○**2.64.** Հորիզոնական ողորկ մակերևույթին գտնվող $m = 0,2$ կգ զանգվածով մարմինը շարժվում է $a = 1$ մ/վ² արագացմամբ, երբ արագացում հաղորդելիս դրան կապված $k=5$ Ն/մ կոշտությամբ զսպանակի երկարությունը $l_1 = 15$ սմ: Որքա՞ն կլինի նույն զսպանակի l_2 երկարությունը, եթե այդ մարմինը հավասարաչափ շարժվի:

○**2.65.** Որոշեք $k_1 = 2$ կՆ/մ և $k_2 = 6$ կՆ/մ կոշտություններով երկու զսպանակների հաջորդական և զուգահեռ միացումներից առաջացած համակարգերի k կոշտությունները (Նկ.2.22):



○**2.66.** $m = 2$ տ զանգվածով մեքենան $a=0,5$ մ/վ² արագացումով քաշում են $k=100$ կՆ/մ

կոշտությամբ ճոպանով: Որոշեք դրա երկարացումը, եթե շփման գործակիցը $\mu = 0,05$:

○**2.67.** Ի՞նչ առավելագույն կշռով բեռ կարելի է կախել $d=$ մմ տրամագծով պողպատե լարից, որպեսզի դրա դեֆորմացիան դուրս չգա առաձգականության սահմանից՝ $\sigma_m = 300$ ՄՊա: Որքա՞ն է լարի ε հարաբերական երկարացումը այդ բեռնավորման դեպքում:

○**2.68.** Որոշեք աղյուսե շենքի առավելագույն բարձրությունը, եթե աղյուսի սեղման ամրության սահմանը՝ $\sigma_m = 20$ ՄՊա, խտությունը՝ $\rho = 1,8 \cdot 10^3$ կգ/մ³, իսկ անհրաժեշտ ամրության պաշարը՝ 6:

○**2.69.** Մետաղական լարը ուղղաձիգ դիրքով կախված է իր վերևի ծայրից: Որքա՞ն պետք է լինի լարի l առավելագույն երկարությունը, որպեսզի այն չխզվի իր ծանրության ուժի ազդեցությամբ: Հաշվարկը կատարեք՝ ա) կապարե; բ) պղնձե լարի համար:

○**2.70.** $l = 30$ մ երկարություն և $d = 2$ մմ տրամագծով պողպատե ձողից կախել են $m = 5$ տ զանգվածով բեռ: Որոշեք σ մեխանիկական լարումը ձողում, ինչպես նաև դրա ε հարաբերական և x բացարձակ երկարացումները:

□**2.71.** $l = 2$ մ երկարություն և $d=1$ մմ տրամագծով մետաղալարը հորիզոնական դիրքով ամրացված է իր երկու ծայրով: Երբ դրա մեջտեղից կախեցին $m = 1$ կգ բեռ՝ կախման կետին իջավ $h=1$ սմ-ով: Որոշեք այդ լարի

նյութի E Յունգի մոդուլը:

■2.72. R շառավիղ և m զանգված ունեցող օղակը գտնվում է հորիզոնական հարթության մեջ և պտտվում է իր կենտրոնով անցնող ուղղաձիգ առանցքի շուրջը: Օղակը պատրաստված է հաղորդալարից, որը կարող է դիմանալ F լարվածության ուժի: Ի՞նչ առավելագույն պտտման հաճախության դեպքում լարը կխզվի:

□2.73. $l = 1$ մ երկարությամբ պղնձե համասեռ ձողը պտտվում է հորիզոնական հարթության մեջ իր ծայրերից մեկով անցնող ուղղաձիգ առանցքի շուրջը: Ի՞նչ առավելագույն պտտման հաճախության դեպքում ձողը կխզվի:

Շարժումը թեք հարթությունով

○2.74. $l = 0,4$ մ երկարությամբ թեք հարթությունը հորիզոնի հետ կազմում է $\alpha = 30^\circ$ անկյուն: Դրա գագաթից մարմինը սկսում է սահել առանց սկզբնական արագության: Որքա՞ն ժամանակում և ի՞նչ արագությամբ դա կհասնի թեք հարթության հիմքին: Շշփման ուժն անտեսեք:

□2.75. Նախորդ խնդրում շփման գործակիցը վերցրեք $\mu = 0,25$ և որոշեք նույն մեծությունները:

□2.76. Երկու մարմնի հաղորդվել է նույն մեծության և հորիզոնի նկատմամբ նույն անկյան տակ ուղղված արագություններ: Առաջինը շարժվում է ազատ, իսկ մյուսը սահում է ուղիղ ճաղով: Դրացից ո՞րը մեծ բարձրության կհասնի, եթե շփումը և օդի դիմադրությունն անտեսվում է:

□2.77. Թեք հարթությունը հորիզոնի հետ կազմում է $\alpha = 60^\circ$ անկյուն: Դրա վրայով $v_0 = 20$ մ/վ արագությամբ դեպի վեր նետած մարմինը հասնելով ինչ-որ բարձրության, ետ է սահում նույն ճանապարհով: Շփման գործակիցը ($\mu = 0,5$: Որոշեք՝ ա) մարմնի a_1 և a_2 արագացումները, նրա բարձրանալուց և իջնելուց; բ) t ժամանակը, որի ընթացքում մարմինը վերադառնում է ելման դիրքին:

□2.78. Թեք հարթությունը հորիզոնի հետ կազմում է $\alpha = 30^\circ$ անկյուն: Դրա վրայով դեպի վեր նետած մարմինը հասնելով ինչ-որ բարձրության, հետ է սահում նույն ճանապարհով: Որոշեք մարմնի և հարթության միջև շփման գործակիցը, եթե իջնելու ժամանակը $n=2$ անգամ մեծ է բարձրանալու ժամանակից:

□2.79. Մարմինն առանց սկզբնական արագության սկսում է սահել հորիզոնի նկատմամբ է $\alpha = 30^\circ$ անկյուն կազմող թեք հարթությունով: Ներքևի կետում մարմինը բախվում է շարժմանն ուղղահայաց տեղավոր-

ված պատին: Հարվածը բացարձակ առաձգական է: Որոշեք շփման գործակիցը, եթե բախումից հետո մարմինը հասնում է սկզբնական բարձրությունից n անգամ փոքր բարձրության վրա:

Ը2.80. $m=10$ կգ զանգվածով մարմինը առանց սկզբնական արագության սկսում է սահել հորիզոնի նկատմամբ $\alpha=30^\circ$ անկյուն կազմող թեք հարթության գագաթից, որը վերացվում է հորիզոնական հարթության: Թեք հարթությունը ունի $l_1 = 2$ մ երկարություն: Մարմնի և հարթությունների միջև շփման գործակիցը՝ $\mu=0,2$: Որոշեք՝ **ա)** մարմնի a_1 և a_2 արագացումները թեք և հորիզոնական հարթություններում շարժվելուց, **բ)** ամբողջ շարժման ընթացքում մարմնի անցած l ճանապարհը:

Ը2.81. Մարմինը տեղադրված է թեք հարթության վրա, որի թեքման α անկյունը կարելի է փոփոխել: F -ն անկյան դեպքում մարմինը կսկսի սահել, եթե շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,5$:

Ը2.82. Մարմինը հորիզոնի նկատմամբ $\alpha = 30^\circ$ անկյուն ունեցող թեք հարթության վրա պահելու համար պետք է կիրառել թեք հարթության երկայնքով դեպի վեր ուղղված $F_1 = 1$ Ն ուժ, իսկ հավասարաչափ վեր քաշելու համար՝ $F_2 = 3$ Ն ուժ: Որոշեք շփման գործակիցը:

Ը2.83. Թեք հարթությունը հորիզոնի հետ կազմում է $\alpha = 30^\circ$ անկյուն: Շփման μ գործակցի ի՞նչ արժեքների դեպքում բեռը այդ հարթությամբ հավասարաչափ վեր քաշելն ավելի դժվար է, քան այն ուղղաձիգ հավասարաչափ վեր բարձրացնելը:

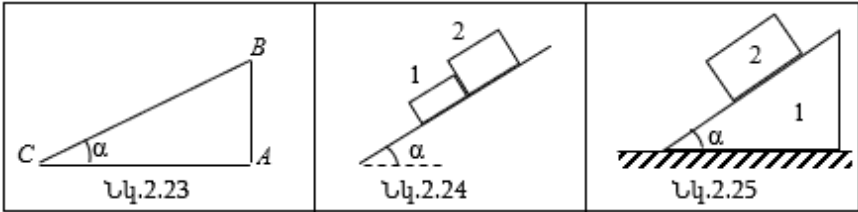
Ը2.84. Մարմինը առանց սկզբնական արագության սկսում է սահել հորիզոնի նկատմամբ β անկյուն կազմող թեք հարթության գագաթից, որի բարձրությունը h է: Որքա՞ն ժամանակում մարմինը կհասնի թեք հարթության հիմքին, եթե նա ավելի փոքր թեքման α անկյան դեպքում նույն հարթությամբ հավասարաչափ է սահում:

Ը2.85. Մարմինը առանց սկզբնական արագության սկսում է սահել հորիզոնի նկատմամբ α անկյուն կազմող թեք հարթության B կետից C կետը (Նկ.2.23): α անկյան ի՞նչ արժեքի դեպքում մարմնի իջնելու ժամանակը կլինի նվազագույնը: Շփումն անտեսեք:

Ը2.86. Նախորդ խնդրում շփման գործակիցը վերցրեք $\mu = 0,2$ և որոշեք նույն մեծությունը:

Ը2.87. Հորիզոնի նկատմամբ α անկյուն կազմող թեք հարթության վրա տեղադրել են m_1 և m_2 զանգվածներով երկու չորսու (Նկ.2.24): Չորսուների և թեք հարթության միջև շփման գործակիցները համապատասխանաբար μ_1 և μ_2 են, ընդ որում $\mu_1 > \mu_2$: Որոշեք չորսուներից մեկի ազ-

դեցության ուժը մյուսի վրա միասին սահելիս: α անկյան ի՞նչ արժեքների դեպքում չորսուները չեն սահի:



Ը2.88. M զանգվածով տախտակը կարող է առանց շփման շարժվել թեք հարթության վրայով, որը հորիզոնի հետ կազմում է α անկյուն: Ի՞նչ ուղղությամբ և ի՞նչ արագացմամբ պետք է վազի տախտակի վրայով m զանգվածով շունը, որպեսզի տախտակը թեք հարթությամբ չսահի:

Ը2.89. 1 պրիզմային, որի վրա գտնվում է 2 չորսուն, հաղորդեցին դեպի ձախ ուղղված հորիզոնական a արագացում (Նկ.2.25): Այդ արագացման ի՞նչ առավելագույն արժեքի դեպքում չորսուն՝ պրիզմայի նկատմամբ կմնա անշարժ: Շփման գործակիցը պրիզմայի և չորսուի միջև μ է:

Կապված մարմինների համակարգը

Ը2.90. Հորիզոնական հարթության վրա դրված են թելով կապված երկու չորսու՝ $m_1 = 1$ կգ և $m_2 = 4$ կգ զանգվածներով: Դրանցից մեկի վրա կիրառում են $F = 10$ Ն հորիզոնական ուժ: Որոշեք չորսուների արագացումը և թելի ձգման ուժը, եթե այդ ուժը կիրառել են՝ **ա)** առաջին չորսուին; **բ)** երկրորդ չորսուին: Շփումն անտեսեք:

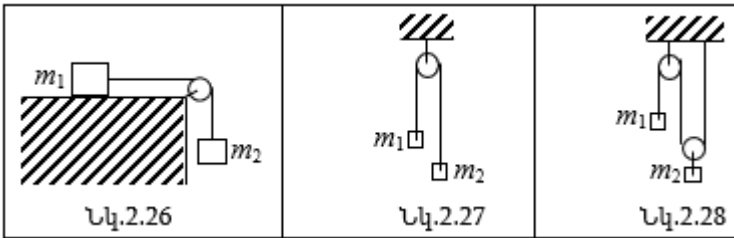
Ը2.91. Հորիզոնական հարթության վրա դրված են թելով կապված երկու չորսու՝ $m_1 = 2$ կգ և $m_2 = 3$ կգ զանգվածներով: Դրանցից առաջինի վրա կիրառում են $F = 5$ Ն ուժ, որը հորիզոնի հետ կազմում է $\alpha = 30^\circ$ անկյուն: Որոշեք թելի ձգման ուժը:

Ը2.92. $m_1 = 2$ կգ զանգվածով մարմինը սահում է ողորկ սեղանի վրայով, դրան ամրացրած ճախարակի վրայով զգված թելի ծայրից կախված $m_2 = 3$ կգ բեռի ազդեցությամբ (Նկ.2.26): Որոշեք մարմնի արագացումը և թելի ձգման ուժը: Շփումը և ճախարակի զանգվածն անտեսեք:

Ը2.93. Նախորդ խնդրում համարեք, որ կա շփում և $\mu = 0,25$: Որոշեք նույն մեծությունները:

Ը2.94. Անշարժ ճախարակի վրայով զգած թելի ծայրերից կախված են $m_1 = 0,3$ կգ և $m_2 = 0,2$ կգ զանգվածներով բեռներ (Նկ.2.27): Որոշեք հա-

մակարգի արագացումը և թելի ձգման ուժը: Շփումը և ճախարակի զանգրվածն անտեսեք:

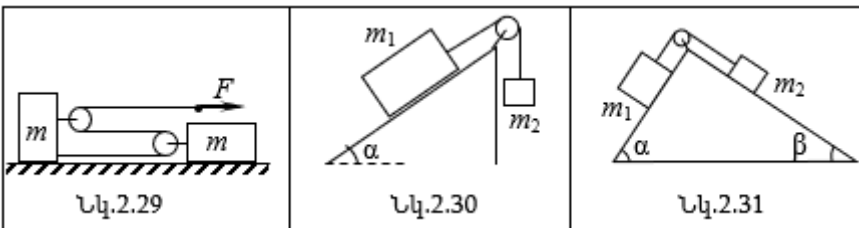


Ը2.95. Անշարժ ճախարակի վրայով գցած թելի ծայրերից կախված են $m_1 = m_2 = 0,1$ կգ զանգվածներով երկու մարմին (Նկ.2.27): Դրանցից մեկի վրա դրեցին $m = 0,01$ կգ զանգվածով փոքր բեռ: Որոշեք այն ուժը, որով այդ բեռը ճնշում է մարմնի վրա շարժման ընթացքում: Ճախարակի զանգվածն անտեսեք:

Ը2.96. m_1 և m_2 ($2m_1 > m_2$) զանգվածներով բեռները կախված են անշարժ և շարժական ճախարակներից կազմված համակարգից (Նկ.2.28): Որոշեք բեռների արագացումները և թելի ձգման ուժը: Շփումը և ճախարակների զանգվածներն անտեսեք

Ը2.97. Նկ.2.29-ում պատկերված համակարգում յուրաքանչյուրը m զանգրվածով երկու մարմին F ուժի ազդեցությամբ բերվում են համընթաց շարժման: Ի՞նչ արագացմամբ է շարժվում թելի ծայրը: Թելն համարեք անկշիռ և չձգվող: Շփումն ու ճախարակների զանգվածներն անտեսեք:

Ը2.98. Անշարժ ճախարակի վրայով գցած պարանի մի ծայրից կապված է



$m_1 = 50$ կգ զանգվածով բեռ: Մյուս ծայրից կախված $m_2 = 55$ կգ զանգվածով մարդը պարանը հավաքում է այնպես, որ միշտ մնում է հատակից նույն բարձրության վրա: Ի՞նչ արագացմամբ է բեռը բարձրանում:

Ը2.99. Թեք հարթության վրա գտնվող $m_1 = 6$ կգ զանգվածով մարմինը կապված է անշարժ ճախարակի վրայով գցված թելից, որի մյուս ծայրից

կախված է $m_2 = 2$ կգ զանգվածով մեկ ուրիշ մարմին (Նկ.2.30): Հարթության և մարմնի միջև շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,1$: Թեք հարթությունը հորիզոնի հետ կազմում է $\alpha = 30^\circ$ անկյուն: Որոշեք մարմինների արագացումների մեծությունը և ուղղությունը, ինչպես նաև թելի ձգման ուժը:

■ **2.100.** Նախորդ խնդրում որոշեք զանգվածների m_2/m_1 հարաբերությունը, որի դեպքում m_2 մարմինը կսկսի՝ ա) իջնել; բ) բարձրանալ:

■ **2.101.** Պրիզմայի նիստերը կազմում են α և β անկյուններ, իսկ դրա կողմնին ամրացված է անկշիռ ճախառակ, որի վրա գցված թելի ծայրերից կապված են m_1 և m_2 զանգվածներով բեռներ (Նկ.2.31): Որոշեք բեռերի արագացումները և թելի ձգման ուժը: Շփումն անտեսեք:

Ոչ իներցիալ հաշվարկման համակարգեր

- **2.102.** Հորիզոնական սկավառակը պտտվում է իր կենտրոնով անցնող ուղղաձիգ առանցքի շուրջը $\omega = 6$ ռադ/վ անկյունային արագությամբ: Սկավառակը շառավղի երկայնքով $v' = 50$ սմ/վ հաստատուն արագությամբ շարժվում է $m = 0,5$ կգ զանգվածով փոքր մարմին: Որոշեք սկավառակի կողմից այդ մարմնի վրա ազդող ուժն այն պահին, երբ դա կգտնվի պտտման առաջից $r = 30$ սմ-ի վրա:
- **2.103.** AB ողորկ ձողը պտտվում է հորիզոնական հարթության մեջ իր A ծայրով անցնող ուղղաձիգ առանցքի շուրջը $\omega = 2$ ռադ/վ անկյունային արագությամբ: Ձողի երկայնքով առանց շփման սահում է $m=0,5$ կգ զանգվածով օղակը, որը շարժվում է A կետից $v_0 = 1$ մ/վ սկզբնական արագությամբ: Որոշեք այդ օղակի վրա ազդող Կորիոլիսի ուժը (ձողի հետ կապված հաշվարկման համակարգում) այն պահին, երբ դա կգտնվի պտտման առաջից $r=50$ սմ-ի վրա:

Ժամանակից կախված ուժեր

- **2.104.** m զանգվածով մարմինը տեղադրված է հորիզոնական հարթության վրա: Շփման գործակիցը դրանց միջև μ է: $t = 0$ պահին մարմնի վրա կիրառեցին հորիզոնական ուժ, որը ժամանակից կախված է $F = bt$ օրենքով, որտեղ b -ն հաստատուն է: Որոշեք t ժամանակում մարմնի անցած ճանապարհը:
- **2.105.** Հորիզոնական ողորկ հարթության վրա գտնվող m զանգվածով մարմնի վրա, $t=0$ պահին սկսում է ազդել հորիզոնական ուղղության նկատմամբ α հաստատուն անկյուն կազմող ուժ (Նկ.2.10), որը t -ից կախված է $F = bt$ օրենքով, որտեղ b -ն հաստատուն է: Որոշեք մարմնի v արա-

գությունն ու անցած l ճանապարհն այն պահին, երբ նա կտրվում է հարթությունից:

■**2.106.** Դադարի վիճակում գտնվող m զանգվածով մարմնի վրա $t=0$ պահին սկսում է ազդել ուժ, որը ժամանակից կախված է $F = bt(\tau - t)$ օրենքով, որտեղ b -ն և τ -ն հաստատուններ են: Որոշեք մարմնի v արագությունն ու անցած l ճանապարհը ժամանակի τ պահին:

■**2.107.** m զանգվածով մասնիկը $t=0$ պահին սկսում է շարժվել $F=F_0 \cdot \sin \omega t$ ուժի ազդեցությամբ, որտեղ F_0 -ն և ω -ն հաստատուններ են: Որոշեք մասնիկի անցած l ճանապարհի կախումը t ժամանակից և պատկերեք դրա մոտավոր գրաֆիկը:

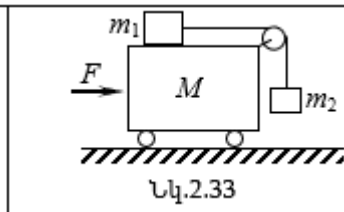
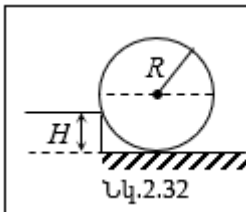
■**2.108.** m զանգվածով մասնիկը շարժվում է $x = A \sin \omega t$, $y = B \sin \omega t$ օրենքով: Որոշեք այդ մասնիկի վրա ազդող ուժի ուղղությունը և մեծությունը (որպես x, y կոորդինատներից ֆունկցիա):

■**2.109.** $m = 0,5$ կգ զանգվածով նավակի մակետին հաղորդեցին $v_0 = 10$ մ/վ արագություն: Դրա շարժման ընթացքում ջրի կողմից ազդող դիմադրության ուժի մոդուլը ուղիղ համեմատական է արագությանը՝ $F = rv$, որտեղ $r = 2$ կգ/վ: Որոշեք՝ ա) նավակի արագության կախումը ժամանակից; բ) նավակի արագության կախումը l ճանապարհից; գ) մինչև նավակի կանգ առնելն անցած l ճանապարհը և դրա տևողությունը:

Տարբեր խնդիրներ

■**2.110.** Հորիզոնական ռելսերով շարժվող L երկարությամբ գնացքը սկսում է իներցիայով բարձրանալ հորիզոնի նկատմամբ α անկյան թեքությամբ: Գնացքի կանգ առնելու պահին նրա մի մասը դեռ հորիզոնական ռելսերի վրա էր: Գնացքի բարձրանալուց մինչև կանգ առնելը որքա՞ն ժամանակ կանցնի: Շփումն անտեսեք:

□**2.111.** H բարձրությամբ հորիզոնական աստիճանին հենված է R շառավղով գլան՝ $R > H$ (Նկ.2.32): Որոշեք աստիճանի առավելագույն հորիզոնական արագացումը, որի դեպքում գլանը դեռ չի բարձրանա դրա վրա:



□2.112. m_1 զանգվածով և α անկյունով պրիզման գտնվում է հորիզոնական հարթության վրա, իսկ նրա վրա կա m_2 զանգվածով չորսու (Նկ. 2.25): Որոշեք պրիզմայի արագացումը, եթե շփման ուժերը բացակայում են:

□2.113. Մարզիկն առավելագույն արագացմամբ թափավազք անելով կատարում է թռիչքերկարություն: Որքա՞ն է թռիչքի l երկարությունը, եթե նրա թռիչքի բաժրությունը h է: Շփման գործակիցը μ է, իսկ շփման ուժի ազդեցությամբ թափավազքի տևողությունը τ է: Օդի դիմադրությունը և մարզիկի չափսերն անտեսեք:

□2.114. Ի՞նչ հաստատուն հորիզոնական ուժով պետք է ազդել Նկ.2.33-ում պատկերված M զանգվածով սայլակի վրա, որպեսզի m_1 և m_2 զանգվածներով բեռները սայլակի նկատմամբ մնան անշարժ: Շփումը և ճախարակի զանգվածն անտեսեք:

□2.115. m զանգվածով և l երկարությամբ համասեռ պարանը զցած է ոչ մեծ ճախարակի վրա այնպես, որ նա սկզբում գտնվում է հավասարակշռության վիճակում: Պարանը սկսում է առանց շփման սահել: Ի՞նչ ուժով դա կազդի ճախարակի վրա այն պահին, երբ պարանի երկարությունը ճախարակի մի կողմում հավասարվի $l/3$ -ի:

□2.116. Ջրով լցված անոթը հորիզոնական ուղղությամբ շարժվում է հաստատուն a արագացմամբ: Ի՞նչ տեսք ունի ջրի մակերևույթը շարժման ընթացքում:

□2.117. Ջրով լցված անոթը սահում է հորիզոնի նկատմամբ $\alpha = 30^\circ$ անկյունով թեքված հարթությամբ: Դրանց միջև շփման գործակիցը μ է: Հորիզոնի հետ ի՞նչ β անկյուն կկազմի ջրի մակերևույթը շարժման ընթացքում, եթե՝ ա) $\mu = 0$; բ) $\mu = 0,2$; գ) $\mu = \operatorname{tg} \alpha = \sqrt{3}/3$:

■2.118. Հորիզոնական ողորկ սկավառակը պտտվում է իր կենտրոնով անցնող ուղղաձիգ առանցքի շուրջը $\omega = 5 \text{ րադ/վ}$ անկյունային արագությամբ: Սկավառակի կենտրոնում տեղադրեցին $m = 60 \text{ գ}$ զանգվածով օղակ և դրան հաղորդեցն $v_0 = 2,6 \text{ մ/վ}$ հորիզոնական արագություն: Որոշեք այդ օղակի վրա ազդող Կորիոլիսի ուժը (սկավառակի հետ կապված հաշվարկման համակարգում) դրա շարժումից $t = 0,5 \text{ վ}$ անց:

■2.119. m զանգվածով մարմինը գտնվում է հորիզոնական սկավառակի վրա, նրա առանցքից R -ով հեռու կետում: Սկավառակը սկսում է պտտվել ε հաստատուն անկյունային արագացմամբ: Ի՞նչ ω անկյունային արագության դեպքում մարմինը կսկսի սահել, եթե դրա և սկավառակի միջև շփման գործակիցը μ է:

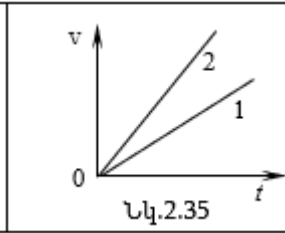
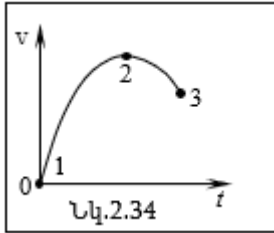
□2.120. Երկրի մակերևույթի նկատմամբ ի՞նչ u արագություն պետք է հա-

դորդվի արհեստական արբանյակին, որպեսզի այն շրջանագծային ուղե-
ծըրով պտտվի հասարակածային հարթության մեջ Երկրի մակերևույթից
 $h = 1600$ կմ բարձրության վրա:

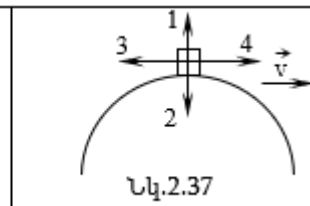
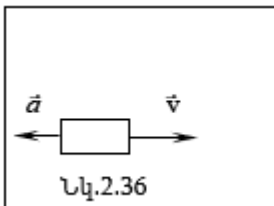
Հարցեր

- 1. Բնության մեջ ի՞նչ հիմնարար փոխազդեցություններ կան:
- 2. Ո՞ր ֆիզիկական մեծությանն են անվանում զանգված և ո՞րն է դրա միավորը ՄՀ-ում:
- 3. Ջանգվածի գաուսյան համակարգի միավորը ինչպե՞ս է կապված ՄՀ-ի նույն մեծության միավորի հետ:
- 4. Նկարագրեք մարմնի զանգվածը չափելու երկու եղանակ:
- 5. Ո՞ր ֆիզիկական մեծությանն են անվանում մարմնի խտություն և ի՞նչ է դա ցույց տալիս:
- 6. Ո՞րն է խտության չափման միավորը ՄՀ-ում:
- 7. Խտության գաուսյան համակարգի միավորը ինչպե՞ս է կապված ՄՀ-ի նույն մեծության միավորի հետ:
- 8. Ինչո՞վ է առանձնահատուկ գրավիտացիոն փոխազդեցությունը:
- 9. Ո՞րն է կոչվում ուժ: Ի՞նչ ազդեցություններ դա ունի:
- 10. Ի՞նչ միավորով է չափվում ուժը միավորների ՄՀ-ում: Ո՞րն է այդ միավորի ֆիզիկական իմաստը: Ինչպե՞ս է այն արտահայտվում ՄՀ-ի հիմնական միավորներով:
- 11. Ի՞նչ միավորով է չափվում ուժը միավորների գաուսյան համակարգում և ինչպե՞ս է դա կապված ՄՀ-ի նույն մեծության միավորի հետ:
- 12. Ձևակեպեք Նյուտոնի առաջին օրենքը:
- 13. Հաշվարկման ո՞ր համակարգերն են կոչվում իներցիալ: Հանդիսա-
նու՞մ է արդյոք իներցիալ Երկրի մակերևույթին ամրացված հաշ-
վարկման համակարգը:
- 14. Ո՞ր մարմինն է կոչվում ազատ: Տվեք իներցիալի օրենքի Գալիլեյի
ձևակերպումը:
- 15. Երկրաշարժի ժամանակ ո՞րն է ավերվածությունների հիմնական
պատճառը:
- 16. Ինչո՞ւ է ավտոբուսի ուղևորը թեքվում առաջ, երբ վերջինս արգելա-
կում է:
- 17. Ձևակեպեք Նյուտոնի երկրորդ օրենքը:

- 18. Նկարագրեք ուժը չափելու երկու եղանակ:
- 19. Նկ.2.34-ում բերված է ուղղագիծ շարժվող մարմնի արագության կախումը ժամանակից: Ժամանակի n° ր պահին է մարմնի վրա ազդում՝ **ա)** առավելագույն ուժ; **բ)** նվազագույն ուժ:



- 20. Ելնելով $m = F/a$ արտահայտությունից, կարելի՞ է արդյոք պնդել, որ մարմնի զանգվածն ուղիղ համեմատական է նրա վրա ազդող ուժին և հակադարձ համեմատական է արագացմանը:
- 21. Նկ.2.35-ում բերված է նույն ուժի ազդեցությանը շարժվող երկու տարբեր մարմնի արագության մոդուլի կախումը ժամանակից: Ո՞ր մարմնի զանգվածն է մեծ:
- 22. Ո՞ր ուժն է կոչվում համազոր ուժ: Ինչպե՞ս է ուղղված մարմնի վրա ազդող ուժերի համազորը:
- 23. Ճի՞շտ է արդյոք այն պնդումը, ու մարմինը միշտ շարժվում է նրա վրա ազդող համազոր ուժի ուղղությամբ:
- 24. Նկ.2.36-ում պատկերված է մարմնի արագության և արագացման վեկտորները: Ինչպե՞ս է ուղղված մարմնի վրա ազդող ուժերի համազորը:
- 25. Ավտոմեքենան հավասարաչափ շարժվում է ուռուցիկ կամրջով (Նկ.2.37): Ո՞ր համարն է ճիշտ նշում ավտոմեքենայի վրա ազդող

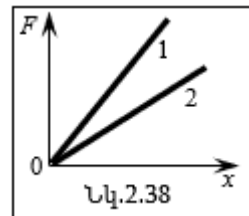


համագոր ուժի ուղղությունը:

- 26. Ինչպե՞ս որոշենք մարմնի վրա ազդող երկու և ավել ուժերի համագորը:
- 27. Ձևակերպեք նյութական կետի հավասարակշռության պայմանը:
- 28. Ձևակերպեք Նյուտոնի երրորդ օրենքը:
- 29. Համակշռու՞մ են արդյոք իրար երկու մարմինների փոխազդեցության ուժերը:
- 30. Ձևակերպեք տիեզերական ձգողության օրենքը և գրեք համապատասխան բանաձևը:
- 31. Տիեզերական ձգողության օրենքն արտահայտող բանաձևը գրեք վեկտորական տեսքով:
- 32. Ո՞ր մարմինների համար է ճիշտ տիեզերական ձգողության օրենքը:
- 33. Ո՞րն է տիեզերական ձգողության հաստատունի ֆիզիկական իմաստը:
- 34. Արտահայտեք տիեզերական ձգողության հաստատունի չափման միավորը ՄՀ-ի հիմնական միավորներով:
- 35. Ո՞րն է կոչվում ծանրության ուժ և ինչպե՞ս է այն ուղղված:
- 36. Ի՞նչ է գրավիտացիոն շեղումը:
- 37. Ինչպե՞ս կփոխվի ձգողության ուժը, եթե մարմինը տեղադրենք խորը հորի հատակին:
- 38. Արեգակը Երկրին ձգում է 175 անգամ մեծ ուժով, քան Լուսինը: Սակայն Լուսինը մոտ երկու անգամ ուժեղ մակնթացություններ է ստեղծում: Ինչու՞:
- 39. Ի՞նչ բանաձևով է որոշվում ազատ անկման g արագացումը Երկրի մակերևույթի մոտ և նրանից h բարձրության վրա:
- 40. Հայտնի է, որ ազատ անկման g արագացումը կախված չէ մարմնի զանգվածից: Դա չի՞ հակասում արդյոք Նյուտոնի երկրորդ օրենքին:
- 41. Ինչպե՞ս է ուղղված և ինչի՞ g է կախված ազատ անկման g արագացումը:
- 42. Ո՞ր արագությունն է կոչվում առաջին տիեզերական արագություն և ինչպե՞ս են այն հաշվում:
- 43. Ի՞նչ հետազոտվ է շարժվում առաջին տիեզերական արագությամբ

օժտված մարմինը:

- **44.** Ո՞ր արագությունն է կոչվում երկրորդ տիեզերական արագություն և ինչպե՞ս են այն հաշվում: Ի՞նչ հետազոտվ է շարժվում երկրորդ տիեզերական արագությամբ օժտված մարմինը:
- **45.** XIX դարի վերջին աստղագիտական դիտումները ցույց տվեցին, որ Սատուրնի օղակների արտաքին մասերը պտտվում են ավելի դանդաղ՝ քան ներքին: Դրա հիման վրա ի՞նչ եզրակացություն կարելի է անել օղակների բնույթի մասին՝ դրանք համասեռ մարմիններ են, թե փոքր արբանյակների կուտակումներ:
- **46.** Դեֆորմացիայի ի՞նչ տեսակներ կան: Ո՞ր դեֆորմացիան է կոչվում առաձգական, որը՝ ոչ առաձգական:
- **47.** Ո՞ր դեպքում են իիայտ գալիս առաձգական ուժերը և ի՞նչ բնույթ ունեն:
- **48.** Ձևակեպեք Հուկի օրենքը: Ո՞ր դեպքում է ճիշտ այդ օրենքը:
- **49.** Ո՞րն է կոշտության միավորը ՄՀ-ում և ինչպե՞ս է դա կապված գաուսյան համակարգի նույն մեծության միավորի հետ:
- **50.** Մարմնի ո՞ր հատկություններից է կախված նրա կոշտությունը:
- **51.** Գլանային ձողի կոշտությունը ինչպե՞ս է կախված իր երկարությունից և լայնական հատույթի մակերեսից:
- **52.** Նկ.2.38-ում բերված է առաձգական ուժի մոդուլի կախումը բացարձակ երկարացումից, երկու տարբեր մետաղալարերի համար: Ո՞ր մետաղի կոշտությունն է մեծ:
- **53.** Լարի կոշտությունը k է: Որքա՞ն է այդ լարի կեսի կոշտությունը:
- **54.** Ձևակեպեք Հուկի օրենքի դիֆերենցիալ տեսքը:
- **55.** Ո՞րն է կոչվում մեխանիկական լարում:
- **56.** Ո՞րն է կոչվում մարմնի կշիռ և ինչի՞ց է այն կախված:
- **57.** Մարմինն արդյոք մի՞շտ է օժտված՝ ա) ծանրության ուժով: **բ)** կշռով:
- **58.** Համեմատեք մարմնի կշիռն ու ծանրության ուժը հետևյալ դեպքերի համար՝ **ա)**

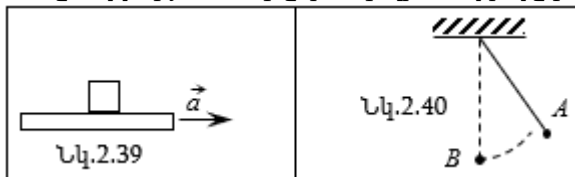


մարմինն անշարժ է; **բ)** մարմինը շարժվում է ուղղագիծ հավասարաչափ; **գ)** մարմինը շարժվում է ուղղաձիգ դեպի վեր ուղղված արագացմամբ; **դ)** արմինը շարժվում է ուղղաձիգ դեպի ներքև ուղղված արագացմամբ:

- **59.** Ո՞ր երևույթն են անվանում անկշռություն: Բերեք դրա երկու օրինակ: Ինչպե՞ս կարող եք գոնե մի պահ լինել անկշիռ:
- **60.** Լուցքու տուփը գցել են ուղղաձիգ դեպի վեր: Հետագծի ո՞ր տեղամասում են հատիկները մեծ ճնշում գործադրում տուփի պատերին՝ բարձրանալու՞ ց, իջնելու՞ ց, թե՞ ամենաբարձր կետում: Օդի դիմադրությունն անտեսվում է:
- **61.** Փակ արկղը, որում կա թռչուն, տեղադրել են լծակավոր կշեռքի նժարին: Երբ թռչունը նստած է հատակին՝ արկղը հավասարակշռում են: Կիսախտվի՞ արդյոք կշեռքի հավասարակշռությունը, եթե թռչունը տեղից թռչի և թափահարելով թևերն, իրեն օդում պահի:
- **62.** Արագ շարժվող ավտոմեքենան կտրուկ արգելակելիս, նրա առջևի մասը ցած է իջնում: Ինչու՞ է դա տեղի ունենում:
- **63.** Ո՞րն է շփման ուժը և ի՞նչ բնույթ ունի: Բերեք օրինակներ, որոնցում շփումը դրական կամ բացասական դեր է կատարում:
- **64.** Ո՞ր դեպքում է հանդես գալիս դադարի շփման ուժը և ինչի՞ է այն հավասար:
- **65.** Դադարի շփման առավելագույն ուժն ինչպե՞ս է կախված ճնշման ուժից և ի՞նչ ուղղություն ունի:
- **66.** Ո՞րն է սահքի շփումը: Ի՞նչ բանաձևով են հաշվում սահքի շփման ուժի մոդուլը և ինչպե՞ս է այն ուղղված:
- **67.** Հորիզոնական տեղամասում շրջադարձ կատարելիս ո՞ր ուժն է ավտոմեքենային կենտրոնաձիգ արագացում հաղորդում:
- **68.** Շփումը փոքրացնելու նպատակով օգտագործում են տարբեր քսուկներ: Ինչու՞ է քսուկը փոքրացնում շփումը:
- **69.** Համարվում է, որ սահքի շփման գործակիցը փոքրացնելու համար պետք է մեծացվի մակերևույթի ողորկությունը: Մակայն հայելային ողորկություն ունեցող մետաղական սալիկները միմյանց վրա

սահում են մեծ շփման ուժով: Ի՞նչու:

- 70. Ինչո՞ւ բիզը անցքի մեջ հեշտ մտցնելու համար այն միաժամանակ պտտում են սեփական առանցքի շուրջը:
- 71. Ինչո՞ւ մեխը պատից հեշտ հանելու համար, այն պետք է նաև պտտել իր սեփական առանցքի շուրջը:
- 72. Մի՞շտ է արդյոք հանգստի վիճակում գտնվող մարմնի վրա դադարի շփման ուժ ազդում:
- 73. Ո՞ր դեպքում է հանդես գալիս գլորման շփումը և ո՞րն է դրա հանդես գալու պատճառը:
- 74. Ի՞նչ միավորներով է չափվում գլորման շփման գործակիցը: Ինչպե՞ս է այն կախված անիվի շառավղից և նրա ու ճանապարհի ամրությունից:
- 75. Ձին քաշում է սայլակը: Համաձայն Նյուտոնի երրորդ օրենքի, նույն ուժով սայլակը ազդում է ձիու վրա (նրան ետ է քաշում): Այդ դեպքում ինչպե՞ս է, որ ձի սայլակ համակարգը առաջ է շարժվում:
- 76. Պտտելով ոտնակները հոծանվորողը շարժվում է արագացումով: Ինչպե՞ս են ուղղված հեծանվի առջևի և հետևի անիվների վրա ազդող շփման ուժերը: Դրանք գլորմա՞ն, սահքի՞, թե՞ դադարի շփման ուժ են:
- 77. $\vec{a}$ արագացմամբ հավասարաչափ արագացումով շարժվող պատվանդանի վրա կա պատվանդանի նկատմամբ անշարժ չորսու (Նկ.2.39): Ի՞նչ ուղղություն ունի չորսուի վրա ազդող շփման ուժը:



- 78. Թելից կախված գնդիկը ճռվում է (Նկ.2.40): Ի՞նչ ուղղություն ունի գնդիկի արագացումը վերին A և ներքին B կետերում:
- 79. Հորիզոնի նկատմամբ α անկյուն կազմող թեք հարթության վրա տեղադրված մարմինը գտնվում է անշարժ վիճակում: Կփռիվի՞

արդյոք դադարի շփման ուժը, եթե փոփոխենք α անկյունը:

- **80.** Ի՞նչ իներցիոն ուժեր գիտեք: Ինչպե՞ս են դրանց հաշվում: Ինչո՞վ են դրանք տարբերվում սովորական (ծանրության, շփման, առաձգականության) ուժերից:
- **81.** Արևադարձային գոտիներից դեպի հասարակած փչող պասսատային քամին միշտ շեղվում է դեպի արևմուտք: Բացատրեք դա:
- **82.** Հայտնի է, որ պտուտափողմում (ցիկլոնում) օդային հոսքը պտտվում է միշտ նույն ուղղությամբ, ընդ որում հյուսիսային կիսագնդում՝ ժամսլաքի ուղղությամբ, իսկ հարավայինում՝ դրան հակառակ: Ինչպե՞ս բացատրել այդ երևույթը:
- **83.** Երբ փակ լապտերը, որում գտնվում է վառվող մոմ, պտտենք իր ուղղաձիգ առանցքի շուրջ, ապա բոցը կշեղվի դեպի պտտման առանցքը: Ինչո՞ւ:
- **84.** Փակ լապտերում գտնվող վառվող մոմը համընթաց տեղաշարժելիս սկզբում նրա բոցը տեղաշարժվում է դեպի առաջ, իսկ վերջում՝ դեպի ետ: Ինչո՞ւ:
- **85.** Գլանային անոթը լցված է ջրով, իսկ դրա հատակի կենտրոնից դուրս կետում ամրացված է խցանի կտոր: Անոթը իր առանցքի շուրջը հավասարաչափ պտտելու ժամանակ խցանը պոկվում է հատակից և սկսում բարձրանալ: Բարձրանալու ընթացքում խցանը կմոտենա՞, թե՞ կհեռանա անոթի պատերից:

Հիմնավորեք պնդումների ճիշտ և սխալ լինելը

2.1. ա) Այն մարմինը, որի վրա այլ մարմինների ազդեցություններ չկան, կոչվում է ազատ մարմին: **բ)** Մարմնի այն հատկությունը, որի շնորհիվ այն ձգտում է իր արագությունը հաստատուն պահել, կոչվում է իներտություն: **գ)** Ազատ մարմինը ցանկացած հաշվարկման համակարգի նկատմամբ գտնվում է դադարի վիճակում կամ կատարում ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում: **դ)** Մարմնի իներտության չափը բնութագրող ֆիզիկական մեծությանն անվանում են զանգված:

2.2. ա) Եթե մարմնի վրա այլ մարմինների ազդեցություններն իրար հա-

մակշռում են, ապա դա կունենա նույն հատկությունները, ինչ-որ ազատ մարմինը; **բ)** Որպես զանգվածի չափանմուշ ընդունված է պլատինի և իրիդիումի համաձուլվածքից հատուկ պատրաստված մոտավորապես 39մմ տրամագծով և նույնքան բարձրությամբ գլանի զանգվածը, որին անվանում են մեկ կիլոգրամ՝ 1կգ; **գ)** Մեխանիկայում մարմնի զանգվածը համարվում է աղետիվ մեծություն, այսինքն այն հավասար է իր մասերի զանգվածների գումարին; **դ)** Ազատ մարմինը ցանկացած հաշվարկման համակարգի նկատմամբ գտնվում է դադարի վիճակում կամ կատարում է ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում:

2.3. ա) Գոյություն ունեն այնպիսի հաշվարկման համակարգեր, որոնցում ազատ մարմինը պահպանում է դադարի կամ ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման վիճակը (Նյուտոնի առաջին օրենքը); **բ)** Միավորների միջազգային համակարգի (ՄՀ) հիմնական միավորներն են՝ 1կգ (զանգվածի միավորը), 1մ (երկարության միավորը), 1վ (ժամանակի միավորը); **գ)** Ազատ մարմնի $\vec{r}$ շառավիղ-վեկտորը կամայական հաշվարկման համակարգի նկատմամբ t ժամանակից կախված է գծային օրենքով; **դ)** Երկրի վրա ընթացող բոլոր երևույթներում Երկրի հետ կապված հաշվարկման համակարգը կարելի է համարել հաշվարկման իներցիալ համակարգ:

2.4. ա) Հաշվարկման այն համակարգերը, որոնցում ազատ մարմինը գտվում է դադարի վիճակում կամ կատարում է ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում, կոչվում են հաշվարկման իներցիալ համակարգեր; **բ)** Միավորների գաուսյան համակարգի հիմնական միավորներն են՝ 1գ (զանգվածի միավորը), 1սմ (երկարության միավորը), 1վ (ժամանակի միավորը); **գ)** Մարմնին արագացում հաղորդող կամ դեֆորմացիա առաջացնող այլ մարմինների ազդեցությունը բնութագրող ֆիզիկական մեծությանն անվանում են ուժ; **դ)** Հաշվարկման իներցիալ համակարգում կամայական մարմնի բոլոր կետերի x, y, z կոորդինատները t ժամանակից կախված են գծային օրենքով:

2.5. ա) Միևնույն ուժի ազդեցությամբ երկու տարբեր մարմինների ձեռք բերած արագացման մոդուլները հակադարձ համեմատական են այդ

մարմինների զանգվածներին՝ $a_1/a_2 = m_2/m_1$; **բ**) Եթե m զանգվածով համասեռ մարմինն ունի V ծավալ, ապա m/V հարաբերությունը կտա միավոր ծավալի նյութի զանգվածը, որը կոչվում է խտություն՝ $\rho = \frac{m}{V}$; **գ**) Ուժի ազդեցությամբ մարմնի ձեռք բերած արագացումն ուղիղ համեմատական է այդ ուժին, ունի դրա ուղղությունը և հակադարձ համեմատական է մարմնի զանգվածին (Նյուտոնի երկրորդ օրենքը)՝ $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$; **դ**) Նյուտոնի երկրորդ օրենքից հետևում է, որ $m = F/a$, ինչը նշանակում է, որ մարմնի զանգվածն ուղիղ համեմատական է մարմնի վրա ազդող ուժին և հակադարձ համեմատական է արագացմանը:

2.6. ա) Ուժը շարժման պատճառ չի հանդիսանում, այն շարժման արագության փոփոխության պատճառ է; **բ**) Նյուտոնի երկրորդ օրենքում՝ $\vec{a} = k \frac{\vec{F}}{m}$, k համեմատականության գործակիցը վերցվում է հավասար մեկի, որպեսզի սահմանվի ուժի միավորը; **գ**) Ազատ անկում կատարող մարմնի հետ կապված հաշվարկման համակարգը կարելի է համարել հաշվարկման իներցիալ համակարգ, եթե անտեսվի օդի դիմադրության ուժը; **դ**) Եթե հաշվարկման իներցիալ համակարգում գտնվող մարմնի վրա ուժ չի ազդում, ապա նա կարող է գտնվել միայն դադարի վիճակում:

2.7. ա) Այն անկախ կոորդինատները, որոնք միարժեքորեն որոշում են համախմբի դիրքը տարածության մեջ, կոչվում են ազատության աստիճաններ; **բ**) Եթե մարմինը համասեռ չէ, ապա նրա ΔV ծավալում պարունակվող Δm զանգվածի հարաբերությունը այդ ծավալին կտա զանգվածի միջին խտությունը՝ $\bar{\rho} = \frac{\Delta m}{\Delta V}$, իսկ $\rho(x, y, z) = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{dm}{dV}$ -ն՝ մարմնի զանգվածի խտությունը (x, y, z) կետում; **գ**) Եթե նյութական կետի վրա միաժամանակ ազդում են մի քանի ուժեր՝ $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$, ապա այդ ուժերի համագործի կողմից մարմնին հաղորդած արագացումը միշտ մեծ կլինի այդ ուժերից որևէ մեկի կողմից հաղորդած արագացումից; **դ**) Նյուտոնի երկրորդ օրենքի $F = ma$ բանաձևից հետևում է, որ միավորների ՄՀ-ում ուժի միավոր է հանդիսանում այն ուժը, որը 1կգ զանգվածով մարմնին հաղորդում է 1մ/վ^2 արագացում: Ուժի այդ միավորին անվանում են նյուտոն՝ $1\text{Ն} = 1\text{կգ.մ/վ}^2$:

2.8. ա) Այն $\vec{F}$ ուժը, որը մարմնին հաղորդում է նույն արագացումը, ինչ-որ մի քանի $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ ուժեր միասին վերցված, կոչվում է համագոր ուժ: Համագոր ուժը հավասար է մարմնի վրա ազդող բոլոր ուժերի վեկտորական գումարին՝ $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$; **բ)** Նյուտոնի երկրորդ օրենքի $F = ma$ բանաձևից հետևում է, որ միավորների գաուսյան համակարգում ուժի միավոր է հանդիսանում այն ուժը, որը 1գ զանգվածով մարմնին հաղորդում է 1սմ/վ^2 արագացում: Ուժի այդ միավորին անվանում են դին՝ $1\text{դին}=1\text{գ.սմ/վ}^2$, $1\text{Ն}=10^5\text{դին}$; **գ)** Քանի որ ճանապարհը դրական սկալյար մեծություն է, ուստի հաշվարկման մի ինտեգրալ համակարգից մյուսին անցնելիս այն չի փոխվում; **դ)** Նույն ուժի ազդեցության հետևանքով երկու մարմիններից քիչ իներտ մարմնի արագության փոփոխությունը միավոր ժամանակում կլինի ավելի փոքր, քան մեծ իներտությամբ մարմնինը:

2.9. ա) Ցանկացած երկու մարմին իրար հետ փոխազդում են մոդուլով հավասար, ուղղությամբ հակադիր ուժերով, որոնք նույն բնույթի են և գտնվում են մի գծի վրա (Նյուտոնի երրորդ օրենքը)՝ $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$, որտեղ $\vec{F}_{12}$ -ն այն ուժն է, որով երկրորդ մարմինը ազդում է առաջինի վրա, իսկ $\vec{F}_{21}$ -ը՝ առաջին մարմնի կողմից երկրորդի վրա ազդող ուժն է; **բ)** Եթե հաշվարկման ինտեգրալ համակարգում գտնվող մարմնի վրա ազդում է մոդուլով հաստատուն մեկ ուժ, ապա այդ ուժի ազդեցությամբ նա չի կարող շրջանագծով շարժվել; **գ)** Եթե N նյութական կետերից կազմված համախմբի մասնիկների որոշ տեղաշարժեր արգելված են (կա f թվով կապեր), ապա նրա ազատության աստիճանների թիվը կլինի $3N - f$; **դ)** Նյուտոնի երրորդ օրենքը ճիշտ է կամայական հաշվարկման համակարգերի նկատմամբ:

2.10. ա) Երկու մարմինների փոխազդեցության ժամանակ առաջացած ազդող և հակազդող ուժերը մոդուլով իրար հավասար են, ուղղությամբ՝ հակադիր, բայց դրանք իրար չեն կարող հավասարակշռել, քանի որ ազդում են տարբեր մարմինների վրա; **բ)** Համակարգը, որի վրա արտաքին ուժեր չեն ազդում կամ արտաքին ուժերի ազդեցություններն իրար համակշռում են, կոչվում է փակ համակարգ; **գ)** Մարմինը տեղից շարժելու

համար նպատակահարմար է, որ նրա վրա ազդի կարճատև ուժ: Մա է պատճառը, որ մոլախոտը քաղհանելիս այն կտրուկ քաշում են հողից; **դ)** Նյուտոնի երկրորդ օրենքը գրված $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = m\vec{a}$ տեսքով համարժեք է հետյալ երեք սկալյար հավասարումների՝ $F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = m a_x$, $F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = m a_y$, $F_{1z} + F_{2z} + \dots + F_{nz} = m a_z$:

2.11.ա) Արտաքին ուժի ազդեցության հետևանքով մարմնի ձևի և չափերի փոփոխությունը կոչվում է դեֆորմացիա; **բ)** Հավող պինդ մարմինների մակերևույթների միջև դրանց հարաբերական դադարի կամ շարժման դեպքում առաջանում են ուժեր, որոնք զուգահեռ են այդ մակերևույթներին: Այդ ուժերին անվանում են շփման ուժեր, իսկ շփմանը՝ չոր շփում; **գ)** Էլիպսաձև ուղեծրով շարժվող Երկրի արհեստական արբանյակի գծային արագությունն իր նվազագույն արժեքին հասնում է հետագրծի ամենամոտ կետում՝ պերիգեյում; **դ)** Հաշվարկման ոչ իներցիալ համակարգում գտնվող մարմնի վրա ազդող իներցիալ ուժը հանդիսանում է որպես արտաքին ուժ:

2.12. ա) Բացարձակ պինդ մարմնի դիրքը տարածության մեջ միարժեքորեն որոշված կլինի, եթե տրվեն մեկ ուղղի վրա չգտնվող երեք կետերի կոորդինատները, որոնց թիվն ինն է: Քանի որ այդ կետերն իրար կապված են երեք կապերով, ուստի Բացարձակ պինդ մարմնի ազատության աստիճանների թիվը կլինի վեցը; **բ)** Առաձգական դեֆորմացիայի դեպքում մարմնի ներսում առաջանում են ուժեր, որոնք մարմնի մասնիկներին վերադարձնում են իրենց սկզբնական դիրքերը (դեֆորմացիան վերանում է), երբ վերացվում է դեֆորմացիա առաջացնող արտաքին ազդեցությունը: Այս ուժերին անվանում են առաձգականության ուժեր; **գ)** Առաձգական հատկություններով օժտված են միայն պինդ նյութերը; **դ)** Եթե l_0 երկարությամբ համասեռ ձողի (գսպանակի) երկայնքով ազդում է ուժ, ապա նրա երկարությունը կդառնա l և երկարության փոփոխությունը կլինի՝ $x = l - l_0$: $|x| = |l - l_0| \ll l_0$ դեպքում դեֆորմացիան կոչվում է փոքր և այդ դեֆորմացիան սովորաբար առաձգական է:

2.13. ա) Առաձգականության ուժն ուղիղ համեմատական է հավասարակշռության դիրքից մարմնի մասնիկների $\vec{r}$ տեղափոխությանը և ուղղոր-

ված է այդ տեղափոխությանը հակառակ ուղղությամբ՝ $\vec{F} = -k\vec{S}$, որտեղ k -ին անվանում են մարմնի առաձգականության (կոշտության) գործակից; **բ)** Այն շփման ուժը, որն առաջանում է հպվող մարմինների մակերևույթների սահմանին, նրանց հարաբերական դադարի դեպքում, կոչվում է դադարի շփման ուժ; **գ)** Եթե կորագիծ անհավասարաչափ շարժման դեպքում արագության մոդուլն աճում է, ապա նրա վրա ազդող համագոր ուժն ուղղահայաց է հետագծի կորության շառավղին; **դ)** Նյութական կետի վրա ազդող ուժերը կոչվում են կենտրոնական, եթե դրանց ազդման գծերը հաստվում են մի կետում, որին անվանում են ուժային կենտրոն, իսկ այդ ուժերի մոդուլները կախված են միայն նյութական կետի և ուժային կենտրոնի ունեցած հեռավորությունից:

2.14. ա) Այն շփման ուժը, որն առաջանում է հպվող մարմինների մակերևույթների սահմանին, նրանց հարաբերական շարժման դեպքում, կոչվում է սահքի շփման ուժ; **բ)** Դադարի շփման $\vec{F}$ ուժի մոդուլը հավասար է մարմնի վրա ազդող ուժի այն $\vec{F}_\tau$ բաղադրիչի մոդուլին, որը ձգտում է մարմնին սահեցնել, սակայն բավարար չէ դրա համար: Դադարի շփման ուժը և $\vec{F}_\tau$ -ն ունեն իրար հակառակ ուղղություններ՝ $\vec{F} = -\vec{F}_\tau$; **գ)** Մեկական կիլոգրամ զանգված ունեցող համասեռ գնդիկներ իրար ձգում են $6,67 \cdot 10^{-11}$ Ն ուժով, եթե դրանց կենտրոնների միջև եղած հեռավորությունը հավասար է 1մ-ի; **դ)** Երկրի մակերևույթից $h \ll R$ բարձրության վրա

գտնվող ցանկացած զանգվածով մարմնին, եթե հաղորդվի $v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2Rg}$ բանաձևով որոշվող, հորիզոնական ուղղությամբ արագություն, ապա այն կհաղթահարի Երկրի ձգողությունը և կդառնա Արեգակի արբանյակ: Այս արագությանն անվանում են երկրորդ տիեզերական արագություն, իսկ դրա մեծությունը հավասար է $v_2 \approx 11,2$ կմ/վ:

2.15. ա) Մարմնի վրա ազդող դադարի շփման ուժի մոդուլի առավելագույն արժեքն ուղիղ համեմատական է հենարանի N հակազդեցության ուժի մոդուլին՝ $F_{max} = \mu_n N$, որտեղ μ_n -ը կոչվում է դադարի շփման գործակից, որը փոքր չափով մեծ է սահքի շփման գործակցից, սակայն այդ տարբերությունը սովորաբար անտեսվում է՝ $\mu_n = \mu$; **բ)** Նյութական կետն

ունի երեք ազատության աստիճան, դրանք մասնիկի x, y, z կոորդինատներն են; **զ)** Մեկական կիլոգրամ զանգված ունեցող համասեռ գնդիկներ իրար ձգում են $9 \cdot 10^9$ ուժով, եթե դրանց կենտրոնների միջև եղած հեռավորությունը հավասար է 1մ-ի; **դ)** Կեպլերի առաջին օրենքը պնդում է, որ յուրաքանչյուր մոլորակ շարժվում է էլիպսաձև ուղեծրով, որի կիզակետերից մեկում գտնվում է Արեգակը:

2.16. ա) Մարմնի վրա ազդող սահքի շփման ուժի F մոդուլն ուղիղ համեմատական է հենարանի N հակազդեցության ուժի մոդուլին՝ $F = \mu N$, որտեղ μ -ն կոչվում է սահքի շփման գործակից: Սահքի շփման ուժը միշտ ուղղված է մարմնի շարժման արագության վեկտորին հակառակ ուղղությամբ; **բ)** Եթե $\vec{r}_{12}$ -ը m_1 զանգվածով նյութական կետը m_2 զանգվածով նյութական կետին միացնող վեկտորն է, ապա m_1 -ի կողմից m_2 -ին ձգող $\vec{F}_{12}$ ուժը կլինի՝ $\vec{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^3} \vec{r}_{12}$: Սա իրենից ներկայացնում է տիեզերական ձգողության օրենքն արտահայտող բանաձևի վեկտորական տեսքը; **գ)** Տիեզերական ձգողության օրենքը գրելուց Նյուտոնն օգտվել է Կուլոնի օրենքից; **դ)** Կեպլերի երկրորդ օրենքը պնդում է, որ մոլորակն Արեգակին միացնող շառավիղ-վեկտորը հավասար ժամանակներում գծում է հավասար մակերեսներ (մոլորակների սեկտորային արագությունը հաստատուն է):

2.17. ա) Եթե հաստատուն S լայնական հատույթի մակերես ունեցող ձողի երկայնքով ազդում է F ուժ (առաջանում է F առաձգականության ուժ), ապա $\sigma = \frac{F}{S}$ հարաբերությանն անվանում են ուժի լարում կամ մեխանիկական լարում և դրա առավելագույն արժեքը, որից հետո ձողի դեֆորմացիան դառնում է ոչ առաձգական, կոչվում է առաձգականության սահման; **բ)** Եթե Երկրի մակերևույթին գտնվող մարմինը տեղադրենք Երկրի կենտրոնին բավականին մոտ գտնվող հորի հատակին, ապա նրա ծանրության ուժը կմեծանա; **գ)** Կեպլերը մոլորակների շարժման օրենքները գրելուց օգտվել է Նյուտոնի կողմից հայտնաբերած տիեզերական ձգողության օրենքից; **դ)** Կեպլերի երրորդ օրենքը պնդում է, որ մոլորակների Արեգակի շուրջը պտտվելու T պարբերության քառակուսիների հարաբերությունը հավասար է դրանց էլիպսաձև հետագծերի a մեծ կի-

սառանգքների խորանարդների հարաբերությանը՝ $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$ ։

2.18. ա) Շփման և առաձգականության ուժերն՝ էլեկտրամագնիսական բնույթի ուժեր են; **բ)** Մարմինների միջև գրավիտացիոն փոխազդեցությունն իրականանում է գրավիտացիոն դաշտի միջոցով՝ մարմիններն իրենց շուրջը ստեղծում են գրավիտացիոն դաշտ և մեկի դաշտի կողմից մյուսի վրա ազդում է ուժ, որն այդ մարմինների ձգողության ուժն է; **գ)** Մարմնի առաձգականության սահմանը կախված է մարմնի չափերից; **դ)** Եթե S լայնական հատույթի մակերես և l_0 սկզբնական երկարություն ունեցող ձողի (գապանակի) երկայնքով ազդում է F ուժ (առաջանում է F առաձգականության ուժ), ապա $\frac{l-l_0}{l_0} = \frac{x}{l_0} = \varepsilon$ ձողի հարաբերական երկարացման (դեֆորմացիայի) մոդուլն ուղիղ համեմատական է ուժի լարմանը՝ $|\varepsilon| = \frac{\sigma}{E}$, որտեղ E -ն կոչվում է առաձգականությամբ գործակից կամ Յունգի մոդուլ, $\sigma = \frac{F}{S}$ -ն ուժի մեխանիկական լարումն է, իսկ l -ը՝ ձողի վերջնական երկարությունը։

2.19. ա) l երկարություն և S լայնական հատույթի մակերես ունեցող ձողի k կոշտությունը կամ առաձգականության գործակիցը տրվում է $k = \frac{S}{l} E$ առնչությամբ, որտեղ E -ն Յունգի մոդուլն է; **բ)** Նյութոնի երրորդ օրենքը ճշգրիտ կերպով գործում է, եթե փոխազդեցությունը տեղի է ունենում ակնթարթորեն, իսկ փոխազդեցության տարածման վերջավոր արագության դեպքում այդ օրենքը կարող է խախտվել; **գ)** Քանի որ երկրագունդը բևեռներում մի փոքր <<սեղմված>> է պտտման առանցքի ուղղությամբ, ուստի ազատ անկման արագացումը բևեռներում ավելի փոքր է, քան հասարակածում; **դ)** Եթե անտեսվի Երկրի պտույտն իր սեփական առանցքի շուրջը, ապա m զանգվածով մարմնի ծանրության ուժը հավասար կլինի Երկրի ձգողության ուժին՝ $P = G \frac{Mm}{(R+h)^2}$, որտեղ M -ը Երկրի զանգվածն է, R -ը՝ շառավիղը, իսկ h -ը՝ Երկրի մակերևույթից մարմնի ունեցած բարձրությունը։

2.20. ա) Միայն ծանրության ուժի ազդեցությամբ մարմնի շարժմանն անվանում են ազատ անկում։ Այս սահմանումից հետևում է, որ ազատ անկման արագացումը Երկրի մակերևույթից h բարձրության վրա կըվո-

րոշվի $g=G \frac{M}{(R+h)^2}$ արտահայտությամբ, որտեղ M -ը Երկրի զանգվածն է, իսկ R -ը՝ դրա շառավիղը; **բ)** Երկրի օրական պտույտի հետևանքով ազատ անկման արագացումը երկրագնդի բևեռներում ավելի փոքր է, քան հասարակածում; **գ)** Մարմնի կշիռ կոչվում է այն ուժը, որով մարմինը Երկրի ձգողության հետևանքով ազդում է հորիզոնական հենարանի կամ ուղղաձիգ կախոցի վրա; **դ)** Այն միներալ արագությունը, որը պետք է հաղորդել Երկրի մակերևույթից՝ Երկրի շառավղին հավասար ($h=R$) բարձրության վրա գտնվող մարմնին, որպեսզի այն դառնա Երկրի արհեստական արբանյակ, կոչվում է առաջին տիեզերական արագություն:

2.21. ա) Եթե m զանգվածով մարմնի $\vec{a}$ արագացումն ուղղված է ուղղաձիգ դեպի վեր, ապա մարմնի կշիռը կլինի՝ $P=m(g+a)$, այսինքն մարմնի կշիռը մեծ է նրա վրա ազդող ծանրության ուժից; **բ)** Դադարի վիճակում գտնվող մարմնի կշիռը հավասար է նրա վրա ազդող ծանրության ուժին; **գ)** Եթե կենտրոնական ուժային դաշտի կենտրոնը վերցվի որպես հաշվարկման սկիզբ, ապա կենտրոնական ուժը կներկայացվի հետևյալ բանաձևով՝ $\vec{F} = F_r(r) \frac{\vec{r}}{r}$, որտեղ $\vec{r}$ -ը դիտարկվող կետի շառավիղ-վեկտորն է, իսկ $F_r(r)$ -ը $\vec{F}(r)$ ուժի պրոյեկցիան է $\vec{r}$ շառավիղ-վեկտորի վրա: Ձգող ուժերի համար $F_r(r) < 0$, իսկ վանող ուժերի համար՝ $F_r(r) > 0$; **դ)** Հաշվարկման բոլոր իներցիալ համակարգերը մեխանիկական շարժման ուսումնասիրման համար համարժեք են և ոչ մի մեխանիկական փորձով հնարավոր չէ պարզել, իներցիալ համակարգը շարժվում է, թե՞ գտնվում է դադարի վիճակում:

2.22. ա) Եթե մարմինը հենարանի (կախոցի) հետ միասին կատարում է ազատ անկում՝ $a = g$, ապա մարմնի կշիռը հավասար է զրոյի; **բ)** Երկրի մակերևույթից h բարձրության վրա շարժվող տիեզերանավի արագությունը որոշվում է $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$, որտեղ M -ը Երկրի զանգվածն է, իսկ R -ը՝ նրա շառավիղը; **գ)** Մեխանիկայի ուղիղ խնդիրն է՝ մասնիկի տրված $\vec{r} = \vec{r}(t)$ շարժման օրենքով նրա վրա ազդող ուժերի որոշելը: Այս խնդրի լուծման համար պետք է հաշվել $\vec{r} = \vec{r}(t)$ ֆունկցիայի առաջին կարգի

ածանցյալը և ստացված արդյունքը բազմապատկել մասնիկի զանգվածով՝ $\vec{F} = m \frac{d\vec{r}}{dt} = m\vec{r}'$; **դ)** Առաջին տիեզերական արագության կրկնապատիկին՝ $v_2 = 2v_1$, անվանում են երկրորդ տիեզերական արագություն:

2.23. ա) Գնդի գլորման շփման ուժը միշտ մեծ է նրա սահքի շփման ուժից; **բ)** Եթե K' հաշվարկման իներցիալ համակարգը K հաշվարկման իներցիալ համակարգի նկատմամբ շարժվում է $\vec{v}$ հաստատուն արագությամբ, ապա մասնիկի շառավիղ-վեկտորները և ժամանակի ընթացքն այդ համակարգերում իրար հետ կապված են Գալիլեյի ձևափոխություններով՝ $\vec{r} = \vec{r}' + \vec{v}t$ և $t = t'$; **գ)** Երկու մարմինների փոխազդեցության դեպքում $\ll$ ազդող $\gg$ և $\ll$ հակազդող $\gg$ ուժերն առաջանում և վերանում են միաժամանակ: Այսինքն այդ ուժերի միջև չկա պատճառա-հետևանքային կապ; **դ)** Առաջին տիեզերական արագության եռապատիկին՝ $v_3 = 3v_1$, անվանում են երրորդ տիեզերական արագություն:

2.24. ա) Մեխանիկայի հակադարձ խնդիրն է, մասնիկի վրա ազդող հայտընի ուժերով նրա շարժման օրենքի որոշելը: Այս խնդրի լուծման միարժեքությունն ապահովելու համար անհրաժեշտ է տալ շարժման սկզբնական պայմանները՝ $\vec{r}(t=0) = \vec{r}_0$ և $\vec{v}(t=0) = \vec{v}_0$; **բ)** Մեխանիկայի հիմնական հավասարումներն ինվարիանտ են $\vec{r} = \vec{r}' + \vec{v}t$ և $t = t'$ Գալիլեյի ձևափոխությունների նկատմամբ, այս ինվարիանտությանն ընդունված է անվանել $\ll$ Գալիլեյի հարաբերականության սկզբունք $\gg$; **գ)** Իներցիալ ուժը չի հանդիսանում կոնկրետ մարմինների փոխազդեցության արդյունք և դրանց համար կիրառելի չէ Նյուտոնի երրորդ օրենքը; **դ)** Երբ փակ լապտերը, որում գտնվում է վառվող մոմ, պտտենք իր ուղղաձիգ առանցքի շուրջ, ապա բոցը կշեղվի դեպի պտտման առանցքը:

§3. Պահպանման օրենքները

Հիմնական հասկացությունները և բանաձևերը

1. Իմպուլս

Մարմնի զանգվածի և արագության արտադրյալը կոչվում է մարմնի իմպուլս:

- Մարմնի իմպուլսը.

$$\vec{p} = m\vec{v}: \quad (3.1)$$

Իմպուլսի միավորը ՄՀ-ում 1կգմ/վ, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝ 1գսմ/վ: 1կգմ/վ = 10^5 գսմ/վ :

- Մարմինների համակարգի իմպուլսը.

$$\vec{p} = \sum_i m_i \vec{v}_i = \sum_i \vec{p}_i, \quad (3.2)$$

որտեղ m_i -ն՝ համակարգի i -րդ մարմնի զանգվածն է, $\vec{v}_i$ -ն՝ դրա արագությունը:

2. Ուժի իմպուլսը

Ուժի իմպուլս կոչվում է ուժի և իր ազդման տևողության արտադրյալը:

- Հաստատուն ուժի իմպուլսը.

$$\vec{I} = \vec{F}t, \quad (3.3)$$

որտեղ t -ն ուժի ազդման տևողությունն է: Ուժի իմպուլսի միավորը ՄՀ-ում 1Նվ: 1Նվ = 10^5 դինվ:

- Փոփոխական ուժի իմպուլսը.

$$\vec{I} = \int_0^t \vec{F}dt: \quad (3.4)$$

- Նյութական կետի իմպուլսի և նրա վրա ազդող ուժի կապը.

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}; \quad \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \int_0^t \vec{F}dt: \quad (3.5)$$

(3.5) բանաձևերը կարելի է կիրառել ոչ միայն իներցիալ, այլ նաև ոչ իներցիալ հաշվարկման համակարգերում, եթե հաշվի առնվի իներցիոն ուժերը:

3. Իմպուլսի պահպանման օրենքը

Փակ համակարգ կազմող մարմինների իմպուլսների վեկտորական գումարը մնում է հաստատուն այդ համակարգի մարմինների ցանկացած փոխազդեցության դեպքում.

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i = \text{const}, \quad (3.6)$$

որտեղ $\vec{p}_i$ -ն i -րդ մարմնի իմպուլսն է:

Փակ համակարգ կոչվում է մարմինների այնպիսի համախումբը, որոնց վրա արտաքին ուժեր չեն ազդում (կամ այդ ուժերն իրար համակըշտում են): Խնդիրներ լուծելիս առավել հարմար է գրել $\vec{p}_1 = \vec{p}_2$, որտեղ $\vec{p}_1$ և $\vec{p}_2$ -ը փակ համակարգ կազմող մարմինների ընդհանուր իմպուլսներն են ժամանակի t_1 և t_2 պահերին: (3.6) օրենքը ճիշտ է միայն հաշվարկման իներցիալ համակարգերում: Իմպուլսի պահպանման օրենքը կարելի է կիրառել նաև ոչ փակ համակարգերի համար, եթե տեղի ունի հետևյալ պայմաններից մեկը՝ ա) համակարգում ընթացող պրոցեսն այնքան կարճատև է, որ արտաքին ուժերը չեն հասցնում նկատելիորեն փոխել համակարգի իմպուլսը; բ) արտաքին ուժերի համագործի պրոյեկցիան որևէ առանցքի վրա հավասար է զրոյի: Այս դեպքում պահպանվում է իմպուլսի պրոյեկցիան այդ առանցքի վրա ($p_{1x} = p_{2x}$), թեկուզ համակարգի իմպուլսը չի պահպանվի:

Իմպուլսի պահպանման օրենքը հանդիսանում է տարածության համասեռության հետևանք, ինչը նշանակում է, որ փակ համակարգի հատկությունները կախված չեն հաշվարկման իներցիալ համակարգի սկզբնականետի ընտրությունից:

4. Չանգվածների կենտրոն և դրա հետ կապված համակարգը

• **Չանգվածների կենտրոնի (իներցիալի կենտրոնի) շառավիղ-վեկտորը և կոորդինատները.**

$$\vec{r}_c = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{\sum_i m_i}, \quad x_c = \frac{\sum_i m_i x_i}{\sum_i m_i}, \quad y_c = \frac{\sum_i m_i y_i}{\sum_i m_i}, \quad z_c = \frac{\sum_i m_i z_i}{\sum_i m_i}, \quad (3.7)$$

որտեղ x_i , y_i , z_i -ն՝ նյութական կետերի կոորդինատներն են:

Ծանրության ուժի համասեռ դաշտում չանգվածների կենտրոնը և ծանրության կենտրոնը համընկնում են:

• **Չանգվածների կենտրոնի արագությունը.**

$$\vec{v}_c = \frac{\sum_i m_i \vec{v}_i}{\sum_i m_i} = \frac{\vec{p}}{m}, \quad (3.8)$$

որտեղ $\vec{p}$ -ն նյութական կետերի համակարգի իմպուլսն է, m -ը՝ դրա զանգվածը: (3.8)-ից հետևում է, որ հաշվարկման ինտերցիալ համակարգերի նկատմամբ նյութական կետերի փակ համակարգի զանգվածների կենտրոնը կատարում է ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում:

- **Զանգվածների կենտրոնի շարժման դինամիկական հավասարումը.**

$$m \frac{d\vec{v}_c}{dt} = \vec{F}, \quad (3.9)$$

որտեղ $\vec{F}$ -ը համակարգի վրա ազդող արտաքին ուժերի վեկտորական գումարն է:

- **Զանգվածների կենտրոնի համակարգը (ԶԿՀ)-ը՝** հաշվարկման համակարգ է, որը կապված է նյութական կետերի համակարգի զանգվածների կենտրոնի հետ: (ԶԿՀ)-ում զանգվածների կենտրոնը գտնվում է դադարի վիճակում և նյութական կետերի համակարգի իմպուլսը՝ $\vec{p} = 0$: Փակ համակարգի համար ԶԿՀ-ը հանդիսանում է հաշվարկման ինտերցիալ համակարգ:

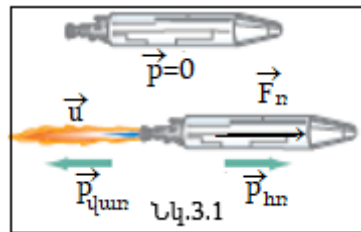
5. Ռեակտիվ շարժում

Ռեակտիվ կոչվում է մարմնի այն շարժումը, որը պայմանավորված է մարմնի մի մասի ինչ-որ հարաբերական արագությամբ անջատման (միացման) հետևանքով: Ռեակտիվ շարժման հիմքում ընկած է երկու մարմինների փոխազդեցությունը, որոնք սկզբում մի ամբողջություն են կազմում և ապա, փոխազդեցության հետևանքով ձեռք են բերում մոդուլով հավասար և հակադիր ուղղված իմպուլսներ:

- **Ռեակտիվ ուժ.**

$$\vec{F}_n = \mu \vec{u}, \quad (3.10)$$

որտեղ $\mu = \frac{dm}{dt}$ -ն զանգվածի փոփոխությունն է միավոր ժամանակում, $\vec{u}$ -ն՝ տվյալ մարմնի նկատմամբ անջատվող (կամ միացող) նյութի արագությունն է: Եթե նյութը անջատվում է մարմնից,



օրինակ գազային շիթը (Նկ.3.1), ապա $\mu < 0$, և հետևաբար $\vec{F} \uparrow \downarrow \vec{u}$:

- **Մեջքերսկու հավասարումը.**

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{u} \frac{dm}{dt} + \vec{F} = \vec{F}_n + \vec{F},$$

որտեղ $\vec{F}$ -ը մարմնի վրա ազդող արտաքին ուժերի վեկտորական գումարն է:

• **Ցիակոմպակտ քանաձևը.**

$$v - v_0 = uln \frac{m_0}{m}, \quad (3.11)$$

որտեղ m_0 -ը և v_0 -ն՝ մարմնի սկզբնական զանգվածն ու արագությունն են, իսկ m -ը, v -ն՝ մարմնի զանգվածը և արագությունը ժամանակի հաջորդ կամայական պահին:

6. Աշխատանք և հզորություն

• Կամայական հետագծով շարժվող մարմնի վրա ազդող հաստատուն $\vec{F}$ ուժի կատարած աշխատանք $\vec{s}$ տեղափոխության վրա կոչվում է ուժի և տեղափոխության սկալյար արտադրյալը

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = Fs \cos \alpha: \quad (3.12)$$

որտեղ F -ը ուժի մոդուլն է, s -ը՝ ուժի կիրառման կետի տեղափոխության մոդուլը, α -ն՝ ուժի և տեղափոխության վեկտորների կազմած անկյունը: Աշխատանքի միավորը ՄՀ-ում 1ջոուլն է՝ $1\Omega = 1\text{Ն}\cdot\text{մ}$, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝ 1էրգը, 1էրգ = 1դինսմ: $1\Omega = 10^7$ էրգ:

Երբ $\alpha = 0^\circ$, $A = Fs = F_p s > 0$, այս ուժին անվանում են քարշի ուժ: Երբ $0^\circ < \alpha < 90^\circ$, $A = Fs \cos \alpha > 0$, երբ $\alpha = 90^\circ$, ապա $A = 0$, այսինքն շարժման ուղղության նկատմամբ ուղղահայաց ազդող ուժը աշխատանք չի կատարում: Երբ $270^\circ > \alpha > 90^\circ$, ապա $A = Fs \cos \alpha < 0$:

Ուղղությամբ և մեծությամբ հաստատուն ուժի աշխատանքը կախված չէ հետագծի ձևից, այլ կախված է միայն տեղափոխվող մարմնի սկզբնական և վերջնական դիրքերից, հետևաբար փակ կոնտուրով տեղափոխելու այդ ուժի աշխատանքը հավասար կլինի զրոյի, քանի որ այս դեպքում $\vec{s} = 0$:

• **Կամայական ուժի աշխատանքը՝**

$$A = \int_1^2 \vec{F} d\vec{l}, \quad (3.13)$$

որտեղ ինտեգրումը կատարվում է սկզբնական 1 կետը վերջնական 2 կետին միացնող կամայական գծով:

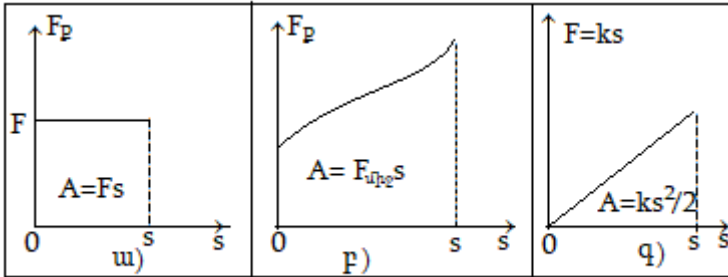
• **Մարմնի շարժման գծով ազդող փոփոխական ուժի աշխատանքը.**

$$A = F_{\text{սիլ}} \cdot s: \quad (3.13\text{ա})$$

Նկ3.2-ում բերված է քարշի ուժի աշխատանքի գրաֆիկական պատկերումը: Նկ.3.2ա-ում հաստատուն քարշի ուժի աշխատանքը հավասար բերված ուղղանկյան մակերեսին, Նկ.3.2բ-ում՝ փոփոխական քարշի ուժի

աշխատանքը հավասար է բերված կորագիծ սեղանի մակերեսին, իսկ Նկ.3.2գ-ում՝ ճանապարհից գծայնորեն կախված քարշի ուժի աշխատանքը հավասար է նշված եռանկյան մակերեսին:

Մասնավորապես առաձգականության ուժի աշխատանքի մոդուլը կլի-նի՝ $kx^2/2$:



Նկ.3.2

• Ուժի միջին հզորությունը.

Ուժի միջին հզորությունը կոչվում է ուժի կատարած A աշխատանքի հարաբերությունը, այդ աշխատանքը կատարելու t ժամանակամիջոցի վրա.

$$N_{\text{միջ}} = \overline{N} = \frac{A}{t}. \quad (3.14)$$

Հզորության միավորը ՄՀ-ում 1վատն է՝ $1\text{Վտ}=1\text{Ջ/վ}$, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝ 1էրգ/վ : $1\text{Վտ}=10^7\text{ էրգ/վ}$: Կա նաև հզորության արտասիստեմային միավոր, որին անվանում են 1 ձիաուժ, սա այն հզորությունն է, որը զարգացնում է $F_p=75\text{կԳ}$ ուժը՝ մարմնին $v=1\text{մ/վ}$ արագությամբ տեղափոխելու համար: $1\text{ձիաուժ}=75\text{կԳ}\cdot\text{մ/վ}=75\cdot9,8\text{ Ն}\cdot\text{մ/վ}\approx730\text{Վտ}$:

• Ուժի ակնթարթային հզորությունը՝

$$N = \frac{dA}{dt} = Fv \cos \alpha = F_p v = \vec{F} \cdot \vec{v}, \quad (3.15)$$

որտեղ α -ն ուժի և արագության վեկտորների կազմած անկյունն է:

• Օգտակար գործողության գործակից (ՕԳԳ)՝

$$\eta = \frac{A_{\text{og}}}{A_L} = N_{\text{og}}/N_L, \quad (3.16)$$

որտեղ A_{og} և A_L -ն օգտակար և լրիվ աշխատանքներն են, N_{og} և N_L -ը՝ օգտակար և լրիվ հզորությունները:

7. Էներգիա, մեխանիկական էներգիա

Էներգիան ֆիզիկական մեծություն է, որը բնութագրում է մարմնի աշ-

խատանք կատարելու ունակությունը: Որքան մեծ աշխատանք կարող է կատարել մարմինը, այնքան մեծ էներգիայով է այն օժտված:

Սովորաբար էներգիան նշանակում են E կամ W տառով: Էներգիայի միավորը նույնն է, ինչ որ աշխատանքինը, այսինքն 1 Ջոուլը:

Կան տարբեր տիպի էներգիաներ՝ ջերմային, լուսային, էլեկտրական, մագնիսական, մեխանիկական և այլ էներգիաներ:

Մեխանիկայում ուսումնասիրվում է մեխանիկական էներգիան, որը պայմանավորված մարմինների շարժումով ու փոխազդեցությամբ:

Մարմնի մեխանիկական էներգիայի փոփոխության մոդուլը հավասար է կատարված աշխատանքին՝ $|\Delta W| = A$:

• Կինետիկ էներգիա

Մարմնի շարժումով պայմանավորված էներգիային անվանում են կինետիկ էներգիա.

$$W_{\text{կ}} = \frac{mv^2}{2}: \quad (3.17)$$

• Պոտենցիալ էներգիա

Մարմնի կամ մարմնի մասերի փոխազդեցությամբ պայմանավորված էներգիային անվանում են պոտենցիալ էներգիա:

• Ծանրության ուժի համասեռ դաշտում գտնվող նյութական կետի պոտենցիալ էներգիան՝

$$W_{\text{պ}} = mgh, \quad (3.18)$$

որտեղ h -ը նյութական կետի ունեցած բարձրությունն է այն մակարդակից, որը համարվում է պոտենցիալ էներգիայի զրոյական մակարդակ:

• Երկու նյութական կետերի գրավիտացիոն փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիան՝

$$W_{\text{պ}} = -G \frac{m_1 m_2}{r}, \quad (3.19)$$

որտեղ m_1 -ը և m_2 -ը նյութական կետերի զանգվածներն են, r -ը՝ դրանց միջև եղած հեռավորությունը: (3.19) բանաձևը ճիշտ է նաև համասեռ գնդերի համար:

8. Առաձգականորեն սեղմված կամ ձգված ձողի պոտենցիալ էներգիան՝

$$W_{\text{պ}} = \frac{kx^2}{2} = \frac{E\varepsilon^2}{2} V, \quad (3.20)$$

որտեղ k -ն կոշտությունն (առաձգականության գործակիցն) է, x -ը՝ դե-

ֆորմացիայի մեծությունը, E -ն Յունգի մոդուլը, ε -ը՝ հարաբերական դեֆորմացիան, V -ն՝ ձողի ծավալը:

• **Նյութական կետի վրա ազդող ուժի և նրա պոտենցիալ էներգիայի կապը՝**

$$F_x = -\frac{\partial W}{\partial x}; F_y = -\frac{\partial W}{\partial y}; F_z = -\frac{\partial W}{\partial z}; \vec{F} = -\text{grad}W, \quad (3.21)$$

որտեղ $\text{grad}W$ -ն պոտենցիալ էներգիայի գրադիենտն է՝ $\text{grad}W = \hat{i} \frac{\partial W}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial W}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial W}{\partial z}$, որտեղ $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ -ն X, Y և Z առանցքներով ուղղված միավոր վեկտորներ են: (3.21) բանաձևերը ճիշտ են կոնսերվատիվ (պոտենցիալային) ուժերի համար, այնպիսի ուժերի՝ որոնց աշխատանքը կախված չէ սկզբնական կետը վերջնականին միացնող հետագծի ձևից: Հետևաբար կոնսերվատիվ ուժերի աշխատանքը փակ հետագծով հավասար է զրոյի: Կոնսերվատիվ ուժերի օրինակ են հանդիսանում գրավիտացիոն և առաձգականության ուժերը:

9. Գրավիտացիոն դաշտի լարվածությունը և պոտենցիալը.

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}; \quad \varphi = W_{\text{պ}}/m, \quad (3.22)$$

որտեղ $\vec{F}$ -ը՝ m զանգվածով նյութական կետի վրա ազդող ուժն է, $W_{\text{պ}}$ -ը՝ դրա պոտենցիալ էներգիան: Երկրի գրավիտացիոն դաշտի լարվածությունը համընկնում է ազատ անկման արագացման հետ:

• **Նյութական կետի ստեղծած դաշտի լարվածությունը և պոտենցիալը.**

$$\vec{g} = G \frac{M}{r^2}; \quad \varphi = -G \frac{M}{r}, \quad (3.23)$$

որտեղ r -ը դիտման կետից մինչև M նյութական կետը եղած հեռավորությունն է:

• **Դաշտի լարվածության և պոտենցիալի կապը.**

$$\vec{g} = -\text{grad}\varphi; \quad \varphi_1 - \varphi_2 = \int_1^2 \vec{g} d\vec{l}, \quad (3.24)$$

որտեղ ինտեգրումը կատարվում է սկզբնական 1 կետը վերջնական 2 կետին միացնող կամայական գծով:

• **Դաշտերի վերադրման սկզբունքը.**

$$\vec{g} = \sum_i \vec{g}_i; \quad \varphi = \sum_i \varphi_i, \quad (3.25)$$

որտեղ $\vec{g}_i$ -ին և φ_i -ն տվյալ կետում i -րդ մարմնի կողմից ստեղծած գրավիտացիոն դաշտի լարվածությունն ու պոտենցիալն են, իսկ $\vec{g}$ -ն և φ -ն՝ այդ կետում արդյունաբար դաշտի լարվածությունը և պոտենցիալը:

10. Էներգիայի և աշխատանքի կապը

• Կինետիկ էներգիայի թեորեմը.

Մարմնի (համակարգի) վրա ազդող համագոր ուժի աշխատանքը հավասար է մարմնի կինետիկ էներգիայի փոփոխությանը՝

$$A = \Delta W_{\text{կ}}, \quad (3.26)$$

որտեղ A -ն մարմնի կամ համակարգի վրա ազդող բոլոր ուժերի համագործի աշխատանքն է, իսկ $\Delta W_{\text{կ}} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$: (3.26) բանաձևը կարելի է օգտագործել նաև ոչ իներցիալ հաշվարկման համակարգերի համար, եթե հաշվի առնվի իներցիալ ուժերի աշխատանքը:

• Պոտենցիալ էներգիայի թեորեմը.

Մարմնի (համակարգի) վրա ազդող կոնսերվատիվ ուժերի համագործի աշխատանքը հավասար է մարմնի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությանը՝ հակառակ նշանով.

$$A_{\text{կոնս}} = - \Delta W_{\text{պ}}, \quad (3.27)$$

որտեղ $A_{\text{կոնս}}$ -ն՝ մարմնի կամ համակարգի վրա ազդող բոլոր կոնսերվատիվ ուժերի աշխատանքների գումարն է: Մեխանիկայում սովորաբար

$$\Delta W_{\text{պ}} = (mgh_2 - mgh_1) \text{ կամ } \Delta W_{\text{պ}} = \left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right):$$

• Մեխանիկական էներգիայի փոփոխությունը.

$$\Delta W_{\text{մեխ}} = A + A_{\text{նշկ}}, \quad (3.28)$$

որտեղ $W_{\text{մեխ}} = W_{\text{կին}} + W_{\text{պոտ}}$ -ն մարմնի կամ մարմինների համակարգի մեխանիկական էներգիան է, A -ն՝ արտաքին ուժերի աշխատանքը, $A_{\text{նշկ}}$ -ն՝ ոչ կոնսերվատիվ ուժերի աշխատանքը: Ոչ կոնսերվատիվ ուժերի օրինակ են հանդիսանում, մասնավորապես, շփման և դիմադրության ուժերը: Կամայական էներգիայի միավորը ՄՀ-ում 1Ջ-ն է, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝ 1էրգ-ը: 1Ջ=10⁷ էրգ:

• Մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքը.

Ոչ կոնսերվատիվ ուժերի բացակայության դեպքում փակ համակարգի լրիվ մեխանիկական էներգիան պահպանվում է.

$$W_{\text{մեխ}} = W_{\text{կին}} + W_{\text{պոտ}} = \text{const}: \quad (3.29)$$

(3.29)-ը ճիշտ է նաև մարմինների ոչ փակ համակարգի համար, որտեղ

մարմինների վրա ազդող արտաքին ուժերը կոնսերվատիվ են: Այս դեպքում W -ն պետք է ընդգրկի նաև արտաքին կոնսերվատիվ ուժերի դաշտի հետ համակարգի մարմինների փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիան: Խնդիրներ լուծելիս հարմար է օգտագործել $W_{\text{կ1}} + W_{\text{պ1}} = W_{\text{կ2}} + W_{\text{պ2}}$ գրառումը, որտեղ 1 և 2 նշիչները վերաբերվում են ժամանակի t_1 և t_2 պահերին:

- **էներգիայի պահպանման և փոխակերպման հիմնարար օրենքը.**

էներգիան ոչնչից չի ստեղծվում և չի անհետանում, այն հավասար չափով կարող է մի ձևից փոխակերպվել մեկ այլ ձևի, կամ մի մարմնից անցնել մյուսին:

Բացի մեխանիկականից, էներգիան իր մեջ ընդգրկում է ջերմային, բիմիական, միջուկային և այլ ձևի էներգիաներ:

11. Երկու մարմինների բախումը

- **Երկու մարմինների արագությունը բացարձակ ոչ առաձգական բախումից հետո.**

$$\vec{v} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}, \quad (3.30)$$

որտեղ $\vec{v}_1$ -ը և $\vec{v}_2$ -ը մարմինների արագություններն են մինչև բախվելը, իսկ m_1 -ը և m_2 -ը մարմինների զանգվածները:

- **Կիներտիկ էներգիայի կորուստը բացարձակ ոչ առաձգական բախման դեպքում.**

$$W_{\text{կ1}} - W_{\text{կ2}} = \frac{1}{2} \mu (\vec{v}_1 - \vec{v}_2)^2: \quad (3.31)$$

որտեղ $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ բերված զանգվածն է:

- **Երկու գնդերի արագությունները դրանց կենտրոնական (ճակատային) բացարձակ առաձգական բախումից հետո (Նկ.3.3).**

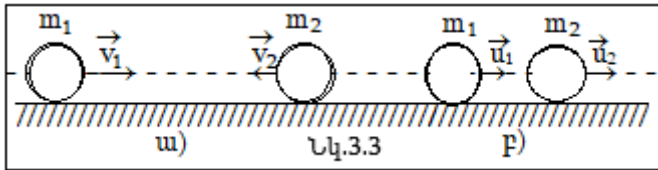
$$\vec{u}_1 = \frac{(m_1 - m_2) \vec{v}_1 + 2m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}, \quad \vec{u}_2 = \frac{(m_2 - m_1) \vec{v}_2 + 2m_1 \vec{v}_1}{m_1 + m_2}: \quad (3.32)$$

Դրանց ոչ կենտրոնական բացարձակ առաձգական բախման դեպքում $\vec{u}_1$ -ի և $\vec{u}_2$ -ի հաշվարկը բավականին բարդ խնդիր է: Դրա լուծման համար սովորաբար կիրառում են վեկտորական դիագրամներ:

Մասնավորապես՝

1. Եթե $m_1 = m_2$, ապա $\vec{u}_1 = \vec{v}_2$, $\vec{u}_2 = \vec{v}_1$;
2. Եթե $\vec{v}_2 = 0$ և $m_1 = m_2$, ապա $\vec{u}_1 = 0$, $\vec{u}_2 = \vec{v}_1$, այսինքն, հարվածից

հետո 1 գնդիկը կանգ է առնում, իսկ 2 գնդիկը ձեռք է բերում 1-ի ունեցած արագությունը:



Դրանց ոչ կենտրոնական բացարձակ առաձգական բախման դեպքում $\vec{u}_1$ -ի և $\vec{u}_2$ -ի հաշվարկը բավականին բարդանում է:

Խնդիրներ

Մարմնի իմպուլսը

○**3.1.** $m = 0,2$ կգ զանգվածով նյութական կետի շարժումը նկարագրվում է $x = 30 + t - 0,2t^2$ հավասարումով, որտեղ բոլոր մեծությունները բերված են միավորների ՄՀ-ում: Որոշեք մարմնի իմպուլսը շարժումը սկսելուց $t_1 = 2$ վ և $t_2 = 4$ վ անց: Ի՞նչ մեծության ուժ է ազդում մարմնի վրա:

○**3.2.** $m=0,1$ կգ զանգվածով նյութական կետը $v=10$ մ/վ արագությամբ հավասարաչափ շարժվում է շրջանագծով: Որոշեք իմպուլսի փոփոխության մոդուլը և իմպուլսի մոդուլի փոփոխությունը՝ **ա)** $1/3$ պարբերության ընթացքում; **բ)** քառորդ պարբերության ընթացքում:

○**3.3.** $m = 0,1$ կգ զանգված և $v = 10$ մ/վ արագություն ունեցող գնդակը հարվածում է պատին: Գնդակի շարժման ուղղությունը պատի հարթության հետ կազմում է $\alpha = 60^\circ$ անկյուն: Որոշեք հարվածի հետևանքով պատի կողմից գնդակի վրա ազդող ուժի իմպուլսի մոդուլը և ուղղությունը, եթե նրա արագության մոդուլը հարվածից առաջ և հետո մնացել է նույնը: Ի՞նչ մեծության ուժ է ազդում գնդակի վրա հարվածի հետևանքով, եթե հարվածը տևել է $t = 0,01$ վ:

○**3.4.** Ինքնաձիգը գնդակներն արձակում է $n = 600$ ր⁻¹ հաճախությամբ: Յուրաքանչյուր գնդակի զանգվածը՝ $m = 8$ գ, իսկ սկզբնական արագությունը $v=700$ մ/վ: Որոշեք ինքնաձիգի հետհարվածի միջին ուժը կրակելու ընթացքում:

■**3.5.** m զանգված և l երկարություն ունեցող շղթան մի ծայրից կախված է թելից այնպես, որ մյուս ծայրը շփվում է սեղանի մակերեսի հետ: Թելը

կտրում են: Որոշեք շղթայի կողմից սեղանի վրա ազդող F ճնշման ուժի կախվածությունը դրա դեռ չընկած մասի x երկարությունից: Գտեք նաև շղթայի կողմից սեղանին փոխանցած լրիվ իմպուլսը:

□3.6. $m_1 = 100$ կգ և $m_2 = 50$ կգ զանգվածներով երկու չմշկորդ բռնած են երկար պարանի ծայրերից և սառույցի վրա իրար դեմ կանգնած են անշարժ: Դրանցից մեկը ձգելով պարանը, այն հավաքում է $v = 1$ մ/վ արագությամբ: Ի՞նչ u_1 և u_2 արագությամբ կշարժվեն չմշկորդները: Շփումն անտեսեք:

□3.7. $m_1 = 70$ կգ զանգվածով մարդը վազում է $v_1 = 7$ մ/վ արագությամբ և հասնելով սայլակին, որի զանգվածը՝ $m_2 = 100$ կգ, իսկ արագությունը՝ $v_2 = 3$ մ/վ, ցատկում է նրա վրա: Ի՞նչ արագությամբ կսկսի շարժվել սայլակը դրանից հետո: Որոշեք նաև մարդու և սայլակի իմպուլսների փոփոխության մոդուլները:

□3.8. $m_1 = 300$ կգ զանգվածով լաստանավը ափից հեռանում է $v_1 = 1$ մ/վ արագությամբ, որն ափի հետ կազմում է $\alpha = 30^\circ$ անկյուն: Ափից նավակի վրա է ցատկում $m_2 = 60$ կգ զանգվածով մարդը: Մարդու արագության հորիզոնական v_2 բաղադրիչն ուղղահայաց է ափին և $v_2 = 4$ մ/վ: Որոշեք նավակի արագությունը մարդու հետ միասին և այն անկյունը, որը դա կազմում է ափի հետ:

□3.9. $m = 60$ կգ զանգվածով զանգվածով մարդը կանգնած է հորիզոնական հարթության վրա գտնվող $M = 90$ կգ զանգվածով սայլակի վրա: Ի՞նչ արագությամբ սայլակը կշարժվի Երկրի նակատմամբ, եթե մարդը սայլակի նկատմամբ շարժվի $v = 2$ մ/վ արագությամբ: Շփումն անտեսեք:

□3.10. Հանդարտ ջրում գտնվող անշարժ նավակում մարդը սկզբնամամասից տեղափոխվում է վերջնամաս: Ափի հետ ամրացված հաշվարկման համակարգի նկատմամբ որքա՞ն տեղափոխվեց նավակը, եթե մարդու զանգվածը $m = 60$ կգ, նավակինը՝ $M = 120$ կգ, իսկ դրա երկարությունը $L = 3$ մ: Ջրի դիմադրությունն անտեսեք:

□3.11. Հորիզոնական ուղղությամբ $v = 600$ մ/վ արագությամբ թռչող արկը բաժանվում է $m_1 = 30$ կգ և $m_2 = 10$ կգ զանգվածներով երկու բեկորի: Մեծ զանգվածով բեկորը $v_1 = 900$ մ/վ արագությամբ շարունակում է շարժվել նախկին ուղղությամբ: Որոշեք փոքր բեկորի արագության ուղղությունն ու մոդուլը: Օդի դիմադրությունն անտեսեք:

□3.12. $m_1 = 100$ կգ զանգվածով և $v_1 = 1800$ կմ/ժ արագությամբ ռելսերի երկայնքով թռչող արկը բախվում է $m_2 = 10$ տ զանգվածով ավազով լի վագոնին և խրվում նրա մեջ: Ի՞նչ արագությամբ կշարժվի վագոնը դրա-

նից հետո, եթե մինչ այդ այն շարժվում էր $v_2 = 36 \text{ կմ/ժ}$ արագությամբ՝ **ա)** արկի ուղղությամբ; **բ)** արկին ընդառաջ:

Ճ3.13. Հորիզոնական ուղղությամբ $v = 200 \text{ մ/վ}$ արագությամբ շարժվող արկը հարվածում է դադարի վիճակում գտնվող չորսուին և մխրճվում դրա մեջ: Չորսուի զանգվածը $m=100$ անգամ մեծ է արկի զանգվածից: Ի՞նչ ճանապարհի կանցնի չորսուն հորիզոնական ուղղությամբ հարվածից հետո, եթե շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,1$:

Ճ3.14. $v=200 \text{ մ/վ}$ արագությամբ շարժվող արկը հարվածում է դադարի վիճակում գտնվող չորսուին և մխրճվում դրա մեջ: Չորսուի զանգվածը $m=100$ անգամ մեծ է արկի զանգվածից: Հարվածի պահին գնդակի արագությունը ուղղաձիգի հետ կազմում է α անկյուն: Որքա՞ն պետք է լինի այդ անկյունը, որպեսզի չորսուն մնա անշարժ:

Ճ3.15. Հորիզոնական ուղղությամբ թռչող արկը մխրճվելով թելից կախված նույն զանգվածով մարմնի մեջ, հաղորդում է նրան v_1 արագություն: Մարմնի զանգվածը $m=2$ անգամ մեծացնելու դեպքում, այդ նույն գնդակը, նույն պայմանների դեպքում, դրան հաղորդում է v_2 արագություն: Որո՞շեք v_1/v_2 հարաբերությունը:

Ճ3.16. Միևնույն $m=50 \text{ կգ}$ զանգվածով երկու տղա կանգնած են դադարի վիճակում գտնվող և $M = 150 \text{ կգ}$ զանգվածով սայլակի ծայրին: Որոշեք սայլակի արագությունը գետնի նկատմամբ այն բանից հետո, երբ տղաները հորիզոնական արագությամբ կցատկեն սայլակից՝ նրա նկատմամբ միևնույն $v=5 \text{ մ/վ}$ արագությամբ: Դիտարկեք երկու դեպք՝ **ա)** տղաները ցատկում են միաժամանակ; **բ)** տղաները ցատկում են մեկը մյուսից հետո: Շփումն անտեսեք:

Ճ3.17. Հորիզոնական ճանապարհով $v=8 \text{ մ/վ}$ արագությամբ շարժվող $M = 150 \text{ կգ}$ զանգվածով սայլակի վրա վերնից գցում են $m=50 \text{ կգ}$ զանգվածով պարկ: Որոշեք պարկով սայլակի արագությունը:

Ճ3.18. Սառույցի վրա կանգնած չմշկորդը, որի զանգվածը $m_1 = 60 \text{ կգ}$, հորիզոնական ուղղությամբ $v_2 = 8 \text{ մ/վ}$ արագությամբ նետում է $m_2 = 3 \text{ կգ}$ զանգվածով քարը: Ի՞նչ ճանապարհի կանցնի չմշկորդը սառույցի վրայով՝ մինչև կանգ առնելը, եթե չմուշկների սառույցի հետ շփման գործակիցը $\mu = 0,02$:

Ճ3.19. Հրանոթը ամրացված է երկաթուղային շարժահարթակին և միասին ունեն $M = 20$ տ զանգված: Հրանոթից կատարվում է կրակոց երկաթգծի երկայնքով՝ հորիզոնի նկատմամբ $\alpha=30^\circ$ անկյան տակ: Ի՞նչ v_1 արագությամբ կսկսի շարժվել շարժահարթակը, եթե մինչ կրակոցը նա գտնւ-

վում էր դադարի վիճակում, իսկ $m = 40$ կգ զանգվածով արկը հրանոթից դուրս է թռչում $v_2 = 700$ մ/վ արագությամբ:

Ճ3.20. Հորիզոնի նկատմամբ անկյան տակ արձակած արկը պայթում է հետագծի ամենաբարձր կետում, որը հրանոթից (հորիզոնական ուղղությամբ) գտնվում է L հեռավորության վրա: Պայթյունի հետևանքով արկը բաժանվում է երկու հավասար բեկորի, որոնցից մեկը ետ է վերադառնում արկի հետագծով և ընկնում հրանոթի մոտ: Հրանոթից ի՞նչ հեռավորության վրա է ընկնում մյուս բեկորը: Օդի դիմադրությունն անտեսեք:

Ճ3.21. $p = 10$ կգ/մ³ իմպուլսով մարմինը տրոհվեց $p_1 = p_2 = 20$ կգ/մ³ իմպուլսներով երկու բեկորի: Որոշեք բեկորների իմպուլսների կազմած անկյունը:

Ճ3.22. m զանգվածով գորտը նստած է L երկարություն և M զանգված ունեցող տախտակի ծայրին: Տախտակը լողում է ջրի մակերևույթին: Գորտը հորիզոնի նկատմամբ α անկյան տակ ցատկում է տախտակի երկայնքով: Որքա՞ն պետք է լինի գորտի սկզբնական v_0 արագություն, որպեսզի թռիչքից հետո նա հայտնվի տախտակի մյուս ծայրին: Օդի և ջրի դիմադրություններն անտեսեք:

Ճ3.23. M զանգվածով տախտակը v արագությամբ հավասարաչափ շարժում է կատարում ողորկ հորիզոնական մակերևույթի վրայով: Տախտակի վրա վերևից տեղադրեցին աղյուս, որի զանգվածը $n = 2$ անգամ փոքր է տախտակի զանգվածից: Տախտակի նկատմամբ ի՞նչ հեռավորություն կանցնի աղյուսը իր սահելու ընթացքում: Աղյուսի և տախտակի միջև շփման գործակիցը μ է:

Ռեակտիվ շարժում

■3.24. Հրթիռի շաժիչից այրման գազերը հրթիռի նկատմամբ արտահոսում են $u = 4$ կմ/վ արագությամբ: Հրթիռի սկզբնական արագությունը հավասար է զրոյի: Որոշ ժամանակ անց, վառելիքի այրման հետևանքով, հրթիռի ընդհանուր զանգվածը փոքրացավ $n = 20$ անգամ: Որոշեք՝ **ա)** հրթիռի արագությունն այդ պահին; **բ)** այն արագությունը, որը կունենար հրթիռը, եթե վառելանյութը այրման հետևանքով հեռանար նրանից նույն արագությամբ, բայց՝ ակնթարտորեն:

■3.25. Հրթիռի զանգվածը (վառելանյութի հետ միասին)՝ $m_0 = 1000$ տ: Որքա՞ն վառելանյութ կծախսվի մինչև հրթիռը ձեռք կբերի $v = 8$ կմ/վ առաջին տիեզերական արագությունը, եթե այրման գազերը հրթիռի նկատմամբ արտահոսում են $u = 4$ կմ/վ արագությամբ: Օդի դիմադրությունը և

ծանրության ուժն անտեսեք:

■**3.26.** Հրթիռը մեկնարկի պահին ունի $m_0 = 300$ տ զանգված: $t=10$ վ շարժիչի անընդհատ աշխատանքի դեպքում հրթիռը Երկրի ծանրության դաշտում ուղղաձիգ վերև է շարժվում $v = 50$ մ/վ արագությամբ: Որոշեք հրթիռի զանգվածն այդ պահին, եթե շարժիչից այրման գազերը հրթիռի նկատմամբ արտահոսում են $u = 4$ կմ/վ հաստատուն արագությամբ: Համարեք ազատ անկման g արագացումը հաստատուն: Օդի դիմադրությունն անտեսեք:

Աշխատանք և հզորություն

○**3.27.** Հաստատուն ուժի ազդեցությամբ շարժվող սայլակը անցնելով $l = 5$ մ ճանապարհի ձեռք բերեց $v=2$ մ/վ արագություն: Որոշեք այդ ուժի և շփման ուժի աշխատանքները, եթե սայլակի զանգվածը $m=400$ կգ, իսկ շփման գործակիցը $\mu = 0,01$:

○**3.28.** Որոշեք այն հաստատուն ուժի աշխատանքը, որը $m=200$ կգ զանգվածով մարմնին, $t=2$ վ-ի ընթացքում բարձրացնում է $h=4$ մ-ով: Այդ ընթացքում ինչքա՞ն է ծանրության ուժի աշխատանքը:

□**3.29.** Ի՞նչ աշխատանք պետք է կատարել $h=5$ մ խորությամբ ջրհորից շղթայով կապված $m=20$ կգ զանգված ունեցող ջրով դույլը հավասարաչափ բարձրացնելու համար, եթե շղթայի յուրաքանչյուր $l_0=1$ մ-ի զանգվածը $m_0 = 2,4$ կգ:

□**3.30.** $m=400$ կգ զանգվածով բեռը, թեք տախտակամածի օգնությամբ, հավասարաչափ բարձրացվում է $h=2$ մ-ի վրա: Տախտակամածը հորիզոնականի նկատմամբ թեքված է $\alpha = 30^\circ$ անկյունով, իսկ դրա և մարմնի միջև շփման գործակիցը $\mu = 0,3$: Որոշեք բարձրացնելու աշխատանքը և տախտակամածի ՕԳԳ-ն:

○**3.31.** Երկու հորիզոնական $F_1 = 30$ Ն և $F_2 = 40$ Ն փոխուղղահայաց ուժերի ազդեցության տակ մարմինը սկսում է շարժվել և տեղափոխվում է $l = 10$ մ-ով: Որոշեք այդ ուժերից յուրաքանչյուրի և այդ ուժերի համագործի կատարած աշխատանքները:

●**3.32.** $\vec{F} = 5\vec{i} + 6\vec{j}$ հաստատուն ուժի ազդեցության տակ մասնիկը $\vec{r}_1 = 2\vec{i} + 4\vec{j}$ շառավիղ-վեկտորով կետից տեղափոխվեց $\vec{r}_2 = 3\vec{i} - 5\vec{j}$ շառավիղ-վեկտորով կետը: Որոշեք այդ ուժի աշխատանքը: Բոլոր մեծությունները տրված են միավորների ՄՀ-ում:

○**3.33.** $N=30$ կՎտ քարշային հզորությամբ տրակտորը ի՞նչ արագությամբ կարող է տեղափոխել $m=2,5$ տ զանգվածով կցանը, եթե շփման գործա-

կիցը՝ $\mu = 0,4$:

▣3.34. Հաստատուն արագացմամբ թափավազքի ընթացքում ինքնաթիռի շարժիչը, գետնից պոկվելու պահին, զարգացնում է $N=20$ ՄՎտ հզորություն: Ինքնաթիռի զանգվածը՝ $m=20$ տ: Թափավազքն սկսելուց քանի՞վայրկյան անց ինքնաթիռը ձեռք կբերի գետնից պոկվելու համար անհրաժեշտ $v=200$ մ/վ արագությունը, եթե ճակատային դիմադրության ուժը կազմում է ինքնաթիռի ծանրության ուժի $k=0,1$ մասը:

○3.35. $m=5$ տ զանգվածով բեռնատար մեքենան, որի շարժիչը զարգացնում է $N=500$ կՎտ հզորություն, սարնիվեր բարձրանում է $v=10$ մ/վ արագությամբ: Որոշեք սարալանջի թեքության անկյունը հորիզոնի նկատմամբ, եթե մեքենան նույն հաստատուն արագությամբ էլ իջնում է անջատած շարժիչով:

○3.36. m զանգվածով ավտոմեքենան հաստատուն v արագությամբ շարժվում էր հորիզոնական ուղիղ ճանապարհով: Այնուհետև արգելակելով՝ կանգ առավ: Որոշեք շփման ուժի միջին հզորությունը, եթե սահքի շփման գործակիցը μ է:

○3.37. Հանգստի վիճակում գտնվող m զանգվածով մարմինը ինչ-որ ուժի ազդեցության տակ սկսում է շարժվել հաստատուն արագացմամբ և l ճանապարհի վերջում ձեռք է բերում v արագություն: Որոշեք այդ ուժի հզորությունը ճանապարհի վերջում:

○3.38. m զանգվածով մարմինը v_0 արագությամբ նետված է հորիզոնի նկատմամբ α անկյան տակ: Որոշեք մարմնի ծանրության ուժի հզորությունը՝ ա) նետման սկզբնական պահին; բ) գետնին ընկնելու պահին: Օդի դիմադրությունն անտեսեք:

▣3.39. $l = 3$ կմ երկարությամբ ճանապարհի հորիզոնական տեղամասում գնացքի արագությունը մեծացավ $v_1 = 36$ կմ/ժ-ից մինչև $v_2 = 72$ կմ/ժ: Որքան է ջերմաքարշի կատարած աշխատանքը և զարգացրած միջին հզորությունը այդ տեղամասում: Գնացքի զանգվածը՝ $m=900$ տ, իսկ շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,005$:

▣3.40. Ինչ-որ ժամանակի ընթացքում մի ավտոմեքենա իր արագությունը մեծացրեց $v_1 = 0$ -ից մինչև $v_2 = 30$ կմ/ժ, իսկ մյուսը՝ $v_3 = 30$ կմ/ժ-ից մինչև $v_4 = 60$ կմ/ժ: Որոշեք դրանց շարժիչների զարգացրած միջին հզորությունների հարաբերությունը: Շարժման դիմադրող ուժն անտեսեք:

▣3.41. Թելից կախած $m=5$ կգ զանգվածով բեռը հաստատուն արագացմամբ $t=5$ վ-ի ընթացքում իջեցվում $h=10$ մ բարձրությունից: Որոշեք բեռի վրա ազդող թելի լարման ուժի $\overline{N}_1$ միջին հզորությունը ամբողջ շարժման

ընթացքում և բեռի ծանրության ուժի ակնթարթային N_2 հզորությունը գետնին հարվածելու պահին:

○3.42. Էլեկտրագնացքը $v=72\text{կմ/ժ}$ արագությամբ շարժվելիս նրա շարժիչը ցանցից ծախսում է $P=200\text{կՎտ}$ հզորություն: Էլեկտրաքարշի ուժային սարքավորման ՕԳԳ-ն՝ $\eta=90\%$, շարժման դիմադրության գործակիցը՝ $k=0,005$: Ինչքա՞ն է գնացքի զանգվածը:

Կինետիկ էներգիա

○3.43. $m=6\text{ կգ}$ զանգվածով մարմնի p իմպուլսը 15 կգմ/վ է: Որոշեք դրա կինետիկ էներգիան:

○3.44. $m_1 = 20\text{տ}$ զանգվածով հրանոթից արձակած արկը հորիզոնական ուղղությամբ դուրս թռավ $W_{k2} = 20\text{ՄՋ}$ կինետիկ էներգիայով: Արկի զանգվածը՝ $m_2 = 100\text{կգ}$: Որոշեք հրանոթի կինետիկ էներգիան կրակելուց հետո:

○3.45. $m=2\text{կգ}$ զանգվածով մարմինը շարժվում է համաձայն $x=10+3t$ հավասարման, որտեղ բոլոր մեծությունները տրված են միավորների ՄՀ-ում: Որոշեք մարմնի կինետիկ էներգիան:

○3.46. Նյութական կետը շարժվում է շրջանագծով: Գիտենալով դրա ω անկյունային արագությունը, p իմպուլսը և a_n նորմալ արագացումը, որոշեք դրա կինետիկ էներգիան:

○3.47. $m=4\text{ կգ}$ զանգվածով մարմինը գտնվում է Երկրի մակերևույթի վրա: Դրա վրա սկսեց ազդել ուղղաձիգ դեպի վեր ուղղված $F=50\text{Ն}$ ուժ: Որոշեք այդ մարմնի կինետիկ էներգիան այն պահին, երբ նա հասնում է $h=10\text{մ}$ բարձրության:

○3.48. Լուծեք 2.49. խնդիրը, օգտագործելով կինետիկ էներգիայի թեորեմը:

○3.49. $m=1\text{կգ}$ զանգվածով մարմինը ընկնելով $h_1 = 1\text{մ}$ բարձրությունից՝ $h_2 = 20\text{սմ}$ -ով խրվեց ձյան մեջ: Ինչի՞նչ է հավասար ձյան կողմից ցույց տրված դիմադրության միջին ուժը:

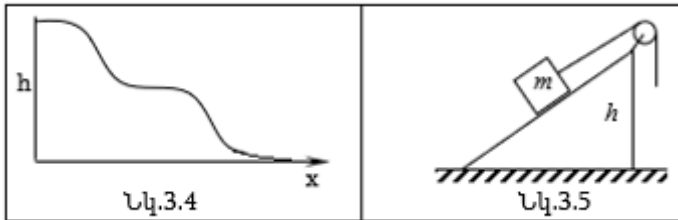
○3.50. $m=100\text{ գ}$ զանգվածով մարմինը Երկրի մակերևույթից ուղղաձիգ դեպի վեր է նետվել $v_0 = 10\text{մ/վ}$ արագությամբ: Որոշեք թռիչքի առավելագույն բարձրությունը, եթե օդի դիմադրության ուժերը մարմնի վերելքի ընթացքում կատարել են $A=-1\text{Ջ}$ աշխատանք:

○3.51. Երկրի մակերևույթից $v_0 = 10\text{մ/վ}$ սկզբնական արագությամբ նետված $m=1\text{կգ}$ զանգվածով մարմինը գետնին ընկավ $v=8\text{մ/վ}$ արագությամբ: Որոշեք օդի դիմադրության ուժի կատարած աշխատանքը մարմնի ամ-

բողջ շարժման ընթացքում և մարմնի վերելքի բարձրությունը:

▣3.52. Սառույցի վրա կանգնած $m_2 = 80$ կգ զանգված ունեցող չմշկորդը հորիզոնական ուղղությամբ $v_1 = 5$ մ/վ արագությամբ նետում է $m_1 = 8$ կգ զանգվածով քար: Որոշեք քարը նետելու վրա չմշկորդի կատարած աշխատանքը:

▣3.53. m զանգվածով մարմինը սկսում է սահել h բարձրությամբ բլրակից և հորիզոնական տեղամասով անցնելով որոշ ճանապարհ՝ կանգ է առնում (Նկ.3.4): Շփման գործակիցը տարբեր տեղամասերում կարող է լինել տարբեր, սակայն այն կախված չէ մարմնի շարժման ուղղությունից և արագությունից: Ի՞նչ մինիմալ աշխատանք պետք է կատարվի, որպեսզի մարմինը նույն ճանապարհով բարձրացվի բլրակի վրա:



▣3.54. Անշարժ ճախարակի վրայով գցված թելից կախված m զանգվածով մարմինը թեք հարթությունով դանդաղ բարձրացվում է մինչև h բարձրություն (Նկ.3.5): Ի՞նչ արագություն մարմինը ձեռք կբերի թեք հարթության հիմքի մոտ, եթե այդ բարձրության վրա թելը կտրվի: Մարմինը բարձրացնելու վրա արտաքին ուժերի աշխատանքը եղել է A : Շփումը հաշվի է առնվում:

▣3.55. Հորիզոնական ուղղությամբ $v_1 = 700$ մ/վ արագությամբ շարժվող $m = 10$ գ զանգվածով գնդիկը ծակում է հարթ սեղանի վրա գտնվող $l = 25$ սմ երկարությամբ փայտե չորսուն և նրանից դուրս է գալիս $v_2 = 500$ մ/վ արագությամբ: Որոշեք գնդիկի վրա ազդող դիմադրության միջին ուժը չորսուի ներսում շարժվելու ընթացքում:

▣3.56. v_0 արագությամբ թռչող գնդակը ծակում անցնում է իրար հետևից կոշտ կերպով ամրացրած տախտակները: Որերորդ ղո տախտակում գրնդիկը կանգ կառնի, եթե առաջին տախտակը ծակելուց հետո նրա արագությունը դառնում է $v_1 = \alpha v_0$, որտեղ $\alpha = 0,83$: Համարեք, որ փայտի դիմադրության ուժը կախված չէ գնդակի արագությունից:

▣3.57. Հորիզոնական ուղղությամբ $v_1 = 500$ մ/վ արագությամբ շարժվող $m=10$ գ զանգվածով գնդիկը ծակում է հարթ սեղանի վրա դադարի վիճակում գտնվող $M=0,5$ կգ զանգվածով չորսուն և նրանից դուրս է գալիս $v_2 = 100$ մ/վ արագությամբ: Որոշեք՝ **ա)** չորսուի արագությունը, նրանից գնդակը դուրս թռնելուց հետո; **բ)** չորսուի նկատմամբ գնդակի կատարած աշխատանքը; **գ)** գնդակի նկատմամբ չորսուի կատարած աշխատանքը:

Պոտենցիալ էներգիա

▣3.58. Մարմինը նետել են հորիզոնի նկատմամբ $\alpha = 60^\circ$ անկյան տակ՝ $W_{y0} = 20$ Ջ սկզբնական կինետիկ էներգիայով: Որոշեք մարմնի կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաները նրա հետագծի առավելագույն բարձրության վրա: Օղի դիմադրությունն անտեսեք:

▣3.59. Ավտոմեքենան շարժվում էր սարնիվեր: Որոշ ճանապարհ անցնելուց հետո պարզվեց, որ այդ ընթացքում քարշի ուժը կատարել է $A_1 = 120$ կՋ, ծանրության ուժը՝ $A_2 = -50$ կՋ, իսկ շփման ուժերը $A_3 = -50$ կՋ աշխատանք: Որոշեք ավտոմեքենայի կինետիկ, պոտենցիալ և լրիվ մեխանիկական էներգիայի փոփոխությունները:

▣3.60. Ի՞նչ աշխատանք է պահանջվում կատարել $m=200$ կգ զանգվածով և $l = 3$ մ երկարությամբ համասեռ ձողը հորիզոնական դիրքից ուղղաձիգ կանգնեցնելու համար:

▣3.61. Խորանարդաձև արկղը տեղափոխում են ինչ-որ հեռավորությամբ՝ մեկ անգամ քաշելով, մյուս անգամ՝ կողի վրայով գլորելով: Ո՞ր դեպքում քիչ աշխատանք կպահանջվի կատարել: Շփման գործակցի ի՞նչ արժեքի դեպքում կատարած աշխատանքները կլինեն իրար հավասար:

▣3.62. Հորիզոնական հարթակի ձախ եզրից հաշվված՝ նրա երկարության $n=0,25$ մասին հավասար հեռավորությամբ տեղադրված է քար, որի զանգվածը $k=2$ անգամ մեծ է հարթակի զանգվածից: Քարը նույն բարձրությամբ վեր հանելու համար տղան ուժ է կիրառում սկզբից հարթակի մի ծայրին, ապա՝ մյուս ծայրին: Մի դեպքում կատարվող աշխատանքը քանի՞ անգամ է մեծ մյուս դեպքում կատարվող աշխատանքից:

▣3.63. $F_0 = 40$ Ն ուժի համար նախատեսված ուժաչափի զսպանակի կոշտությունը՝ $k=500$ Ն/մ: Ի՞նչ աշխատանք պետք է կատարվի, որպեսզի զս-

պանակը ձգվի՝ **ա**) սկզբից միջև սանդղակի կենտրոնը; **բ**) սանդղակի կենտրոնից մինչև վերջին բաժանմունքը:

○**3.64.** Ռետինե քուղից $m=1$ կգ բեռ կախելու հետևանքով այն երկարացել է $x=10$ սմ-ով: Ի՞նչպես փոխվեց՝ **ա**) քուղի պոտենցիալ էներգիան; **բ**) բեռի պոտենցիալ էներգիան:

○**3.65.** $m=1$ կգ զանգվածով չորսուն գտնվում է հորիզոնական հարթության վրա՝ դադարի վիճակում: Ի՞նչ նվազագույն աշխատանք պետք է կատարել չորսունի ամրացված զսպանակով նրան $l = 1$ մ-ով տեղափոխելու համար, եթե $k=20$ Ն/մ կոշտությամբ զսպանակը ձգվում է հորիզոնական ուղղությամբ: Չորսուի և հարթության միջև եղած շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,2$: Զսպանակի զանգվածն անտեսեք:

○**3.66.** Սեղանին դրված $m=1$ կգ զանգվածով բեռը նրան ամրացրած $k=10$ Ն/մ կոշտությամբ ռետինե քուղի օգնությամբ բարձրացվում է $h=1$ մ: Ի՞նչ նվազագույն աշխատանք է պահանջվում այդ գործողության համար: Սկզբնական վիճակում քուղը դեֆորմացված չէ: Քուղի զանգվածն անտեսեք:

■**3.67.** Ուժային դաշտում գտնվող մասնիկի պոտենցիալ էներգիան ունի $W_{պ}(r) = \frac{a}{r^2} - \frac{b}{r}$ տեսքը, a -ն և b -ն դրական հաստատուններ են, r -ը՝ դաշտի կենտրոնի հեռավորությունն է: Որքա՞ն է r -ի այն r_0 արժեքը, որի դեպքում մասնիկը հավասարակշռության վիճակում կլինի: Ինչպիսի՞ն է այդ հավասարակշռությունը՝ կայուն, թե՞ անկայուն: Որոշեք նաև ձգողության ուժի առավելագույն արժեքը և դրան համապատասխանող r -ը:

Մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքը

○**3.68.** Մարմինն առանց սկզբնական արագությամբ ազատ անկում է կատարում Երկրի մակերևույթից $h=5$ մ բարձրությունից: Ի՞նչ արագություն կունենա մարմինն անկման վերջում:

○**3.69.** Լուծեք 1.53 խնդիրը, օգտագործելով մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքը:

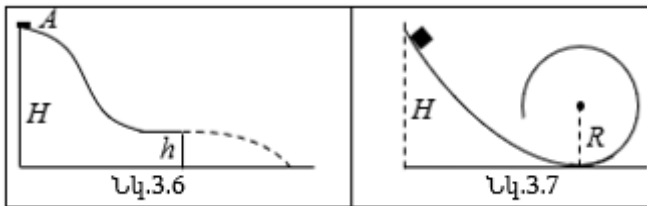
□**3.70.** 1.55 խնդրում որոշեք բարձրությունը, օգտագործելով մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքը:

○**3.71.** Մարմինը նետված է ուղղաձիգ դեպի վերև $v_0 = 20$ մ/վ արագու-

թյամբ: Ի՞նչ բարձրության վրա նրա կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաներն իրար հավասար կլինեն: Օղի դիմադրությունն անտեսեք:

◻3.72. Մարմինն առանց սկզբնական արագության ազատ անկում է կատարում $h=60$ մ բարձրությունից: Երկրի մակերևույթից ի՞նչ h_1 բարձրության վրա մարմնի կինետիկ էներգիան $n=5$ անգամ մեծ կլինի նրա պոտենցիալ էներգիայից: Օղի դիմադրությունն անտեսեք:

◻3.73. Ոչ մեծ A մարմինը առանց սկզբնական արագության սահում է H բարձրությամբ ողորկ բլուրի գագաթից, որը վերջանում է h բարձրությամբ ցատկահարթակով (Նկ.3.6): Հորիզոնական ուղղությամբ ի՞նչ հեռավորություն կանցնի մարմինը ցատկահարթակից հետո: Ցատկահարթակի ի՞նչ բարձրության դեպքում այդ հեռավորությունը կլինի առավելագույնը տրված H -ի համար: Ինչի՞նչ է այն հավասար: Օղի դիմադրությունն անտեսեք:

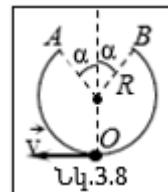


◻3.74. Գնդիկը կախված է՝ α l երկարության անկշիռ կոշտ ձողից:

բ) նույն երկարության թելից: Գնդիկը հորիզոնական ուղղությամբ հրելուց հետո այն ուղղաձիգ հարթությունում կատարում է լրիվ պտույտ: Դրա համար ի՞նչ մինիմալ սկզբնական արագություն պետք է հաղորդել գնդիկին: Օղի դիմադրությունն անտեսեք:

◻3.75. Ոչ մեծ մարմինն առանց շփման ցած է սահում $H = 70$ սմ բարձրությամբ թեք ճոռով, որը վերածվում է $R = 40$ սմ շառավիղ ունեցող մահվան օղակի (Նկ.3.7): Ի՞նչ բարձրության վրա մարմինը կպոկվի օղակից: Որքա՞ն պետք է լինի այն նվազագույն H_{min} բարձրությունը, որից սահելիս մարմինը կարողանա կատարել լրիվ պտույտ՝ առանց օղակից պոկվելու:

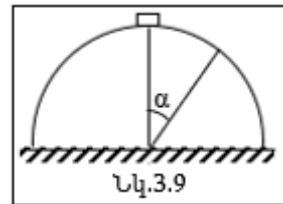
◻3.76. Մետաղալարն ուղղաձիգ հարթության մեջ ծոված է R շառավիղ ունեցող շրջանագծի աղեղի տեսքով (Նկ.3.8): Նրան հազցված է մի փոքրիկ ուլունք,



որը կարող է մետաղալարով տեղաշարժվել առանց շփման: Սկզբնական պահին ուլունքը գտնվում է O կետում: Ի՞նչ հորիզոնական արագություն պետք է հաղորդել ուլունքին, որպեսզի այն, անցնելով AB տեղամասն օդով, B կետում նորից ընկնի մետաղալարի վրա: Օդի դիմադրությունն անտեսեք:

▣3.77. Թելից կախված m զանգվածով գնդիկը շեղում են այնպես, որ թելն ուղղաձիգի հետ կազմում է α_0 անկյուն, և բաց թողնում: Որոշեք թելի T ձգման ուժի կախվածությունը թելի և ուղղաձիգի կազմած α անկյունից: Օդի դիմադրությունն անտեսեք:

▣3.78. $m=1$ կգ զանգվածով գնդիկը կախված է $l=2$ մ երկարությամբ բարակ չձգվող թելից: Ի՞նչ առավելագույն բարձրությամբ կարելի է շեղելով գնդիկը, որպեսզի հետագա տատանումների ժամանակ թելը չկտրվի: Թելը կտրվում է $T=20$ Ն լարման ուժի դեպքում:



Օդի դիմադրությունն անտեսեք:

▣3.79. Ոչ մեծ մարմինը առանց շփման ցած է սահում կիսագնդի զագաթից (Նկ.3.9): Որոշեք α անկյունը, որի դեպքում մարմինը կպոկվի կիսագնդից:

▣3.80. Նախորդ խնդրում, զագաթին գտնվող մարմնին հաղորդվում է v_0 հորիզոնական արագություն: Ի՞նչ բարձրության վրա մարմինը կպոկվի կիսագնդից, եթե դրա շառավիղը R է: Որոշեք նաև պոկման բարձրության փոփոխման տիրույթը v_0 -ի տարբեր արժեքների համար:

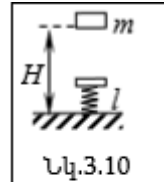
▣3.81. Ի՞նչ v արագությամբ էր շարժվում $m=20$ տ զանգվածով վագոնը, եթե պատին հարվածելիս նրա երկու բախարգելքն էլ սեղմվեցին $l=10$ սմ-ով: Յուրաքանչյուր բախարգելքի զսպանակի կոշտությունը՝ $k=1$ ՄՆ/մ:

▣3.82. Բեռը կշեռքի նժարի վրա դնելուց սկսեց տատանվել և երբ տատանումները վերացան, կշեռքի սլակը կանգնեց $x=5$ բաժանմունքի վրա: Քանի՞ բաժանմունք էր ցույց տվել սլակը իր սկզբնական շեղման ժամանակ:

▣3.83. $m=900$ գ զանգվածով գնդիկը կախված է $k=10$ Ն/մ կոշտությամբ անկշիռ զսպանակից: Ուղղաձիգ դեպի վեր ուղղված ի՞նչ սկզբնական v արագություն հաղորդենք գնդիկին, որ դա առաջին անգամ կանգ առնի զսպանակի չդեֆորմացված դիրքում:

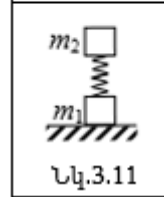
■3.84. k կոշտություն և l երկարություն ունեցող անկշիռ զսպանակը ուղղաձիգ դիրքով դրված է հատակին: Որոշեք զսպանակի կոդմից հա-

տակի վրա ազդող ճնշման ուժի առավելագույն արժեքը այն բանից հետո, երբ զսպանակի վրա H բարձրությունից ընկնի m զանգվածով մարմին (Նկ.3.10):



Նկ.3.10

■**3.85.** Ի՞նչ նվազագույն ուժով պետք է ճնշել m_2 զանգվածով վերնի բեռին (Նկ.3.11), որպեսզի այդ ուժի ազդեցությունը վերացնելուց հետո m_1 զանգվածով բեռը պոկվի հենարանից:



Նկ.3.11

■**3.86.** Որոշեք երկրորդ տիեզերական արագության արժեքը, եթե հայտնի է ազատ անկման g արագացումը Երկրի մակերևույթի մոտ և Երկրի R շառավիղը: Քանի՞

անգամ այդ արագությունը մեծ $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = 7,9 \text{ կմ/վ}$ առա-

ջին տիեզերական արագությունից: Օդի դիմադրությունն անտեսեք:

■**3.87.** Համարելով հայտնի Երկրի R շառավիղը և ազատ անկման արագացումը Երկրի մակերևույթի մոտ, որոշեք այն բարձրությունը որին կհասնի բևեռից ուղղաձիգ դեպի վեր՝ $v = 8 \text{ կմ/վ}$ արագությամբ արձակած արկը: Օդի դիմադրությունն անտեսեք:

Ոչ առաձգական բախումներ

■**3.88.** Ինչքանո՞վ կնվազի մեխանիկական էներգիան 3.12. խնդրի պայմաններում: Ինչի՞ վրա է այն ծախսվել:

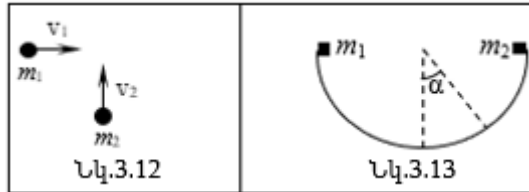
■**3.89.** $m_1 = 3 \text{ կգ}$ զանգված ունեցող գունդը $v_1 = 4 \text{ մ/վ}$ արագությամբ բախվում է նույն զանգվածով անշարժ գնդին: Ինչքա՞ն մեխանիկական էներգիա վերածվեց ջերմության, եթե բախումը կենտրոնական էր և բացարձակ ոչ առաձգական: Առաջին գնդի կինետիկ էներգիայի ո՞ր մասը փոխակերպվեց ներքին էներգիայի:

■**3.90.** $m = 1 \text{ տ}$ զանգվածով մուրճով հարվածում են գնդանին, որի զանգվածը՝ $M = 20 \text{ տ}$: Որոշեք հարվածի ՕԳԳ-ն, եթե հարվածը բացարձակ ոչ առաձգական է:

■**3.91.** $M = 1 \text{ կգ}$ զանգված ունեցող մուրճով մեխում են $m = 50 \text{ գ}$ զանգվածով մեխը: Որոշեք հարվածի ՕԳԳ-ն, եթե հարվածը բացարձակ ոչ առաձգական է:

■**3.92.** $m_1 = 1 \text{ կգ}$ և $m_2 = 2 \text{ կգ}$ զանգվածներով ոչ առաձգական գնդեր հորիզոնական ուղղի երկայնքով շարժվում են իրար ընդառաջ՝ համապատասխանաբար $v_1 = 3 \text{ մ/վ}$ և $v_2 = 2 \text{ մ/վ}$ արագություններով: Բախման հետևանքով որքանո՞վ փոխվեց այդ համակարգի մեխանիկական էներգիան:

Ճ3.93. $m_1 = 1$ կգ և $m_2 = 2$ կգ զանգվածներով ոչ առաձգական գնդեր շարժվում են փոխադրահայաց ուղղություններով՝ համապատասխանաբար $v_1 = 3$ մ/վ և $v_2 = 2$ մ/վ արագություններով (Նկ.3.12): Դրանց բախման հետևանքով որքանով նվազեց այդ համակարգի մեխանիկական էներգիան: Ծանրության ուժն անտեսեք:



Ճ3.94. m_1 և m_2 զանգվածներով երկու ոչ մեծ մարմին միաժամանակ սկսում են առանց շփման սահել կիսաուղորտի եզրերից (Նկ.3.13): Այդ մարմինները բախվելուց հետո շարժվում են միասին և ուղղաձիգի նկատմամբ շեղվում են $\alpha = 41^\circ$ անկյունով: Որոշեք այդ մարմինների զանգվածների հարաբերությունը:

Ճ3.95. $m_1 = 0,2$ կգ և $m_2 = 0,3$ կգ զանգվածներով գնդերը միևնույն երկարությամբ թելերով կախված են նույն կետից: Գնդերի տրամագծերը շատ փոքր են թելերի երկարությունից: Առաջին գունդը շեղում են $h_0 = 50$ սմ բարձրությամբ և բաց թողնում: Ի՞նչ բարձրության կհասնեն գնդերը հարվածից հետո, եթե հարվածը՝ **ա)** բացարձակ ոչ առաձգական է; **բ)** բացարձակ առաձգական է: Օղի դիմադրությունն անտեսեք:

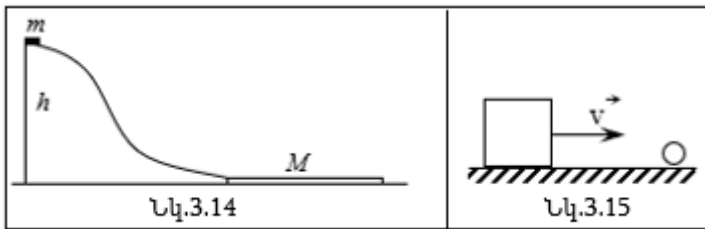
Ճ3.96. $m=10$ գ զանգված ունեցող մանրագնդակը, թռչելով հորիզոնական ուղղությամբ $v_0 = 600$ մ/վ արագությամբ, բախվեց երկար թելից կախված $M=1$ կգ զանգվածով չորսուին: Գնդակը ծակում է չորսուն և նրանից դուրս գալիս $v_1 = 400$ մ/վ արագությամբ: Գնդիկի կորցրած կինետիկ էներգիայի n ը մասը վերացվեց՝ **ա)** չորսուի կինետիկ էներգիայի; **բ)** ոչ մեխանիկական տեսակի էներգիայի: Օղի դիմադրությունն անտեսեք:

Ճ3.97. m զանգված ունեցող մանրագնդակը թռչելով v արագությամբ՝ ծակում է առաջին տուփը և կանգ առնում երկրորդի ներսում: Որոշեք առաջին տուփում անջատված Q_1 ջերմաքանակը, եթե երկրորդում անջատվածը Q_2 է:

• Ճ3.98. $\vec{v}_1 = 3\vec{i} + 4\vec{j}$ մ/վ արագությամբ շարժվող $m_1=2$ կգ զանգվածով մարմինը բախվեց $\vec{v}_2 = -2\vec{i} + 3\vec{j}$ մ/վ արագությամբ շարժվող $m_2=3$ կգ զանգվածով մարմնի հետ: Որոշեք դրանց արագությունները բախումից հետո, եթե այն բացարձակ ոչ առաձգական է: Ծանրության ուժն անտեսեք:

■3.99. $m_1=2$ կգ զանգվածով մարմինը, որը շարժվում էր $\vec{v}_1=3\vec{i} + 2\vec{j} - \vec{k}$ մ/վ արագությամբ, բացարձակ ոչ առաձգականորեն բախվեց $m_2=3$ կգ զանգված և $\vec{v}_2=-2\vec{i}+2\vec{j} + 4\vec{k}$ մ/վ արագությամբ շարժվող մարմնի հետ: Արագությունները տրված են հաշվարկման լաբորատոր համակարգում: Որոշեք մարմինների կինետիկ էներգիաները և արագության մոդուլները մինչև բախվելը և դրանց ընդհանուր կինետիկ էներգիան բախումից հետո՝ **ա**) հաշվարկման լաբորատոր համակարգի նկատմամբ, **բ**) զանգվածների կենտրոնի համակարգի նկատմամբ: Ծանրության ուժն անտեսեք:

□3.100. m զանգվածով տափողակն առանց սկզբնական արագության սահում է h բարձրության ողորկ բլրի գագաթից և ընկնում է բլրի հիմքում գտնվող M զանգվածով հորիզոնական հարթ տախտակի վրա (Նկ.3.14): Ինչ-որ պահից սկսած, տափողակը և տախտակը շարժվում են միևնույն արագությամբ: Որոշեք տափողակի և տախտակի միջև գործող շփման ուժերի աշխատանքը:



Առաձգական բախումներ

□3.101. Մեծ զանգվածով մարմինը v արագությամբ շարժվելով հորիզոնական հարթությունում, առաձգականորեն բախվում է դադարի վիճակում գտնվող գնդիկի հետ (Նկ.3.15): Ի՞նչ արագություն ձեռք կբերի գնդիկը բախումից հետո, եթե դրա զանգվածը շատ փոքր է մարմնի զանգվածից:

□3.102. Լուծեք նախորդ խնդիրը այն դեպքի համար, երբ մեծ զանգվածով մարմնի արագությունը $3v$ է, իսկ գնդիկինը՝ v , և ունեն նույն ուղղություն:

□3.103. $v_1 = 10$ մ/վ արագությամբ օժտված գնդակը բախվում է շարժվող մարմնի հետ: Ի՞նչ մեծություն և ուղղություն պետք է ունենա մարմնի արագությունը, որպեսզի գնդակը դրան հարվածելուց կանգ առնի: Համարեք բախումը բացարձակ առաձգական, իսկ գնդակի զանգվածը շատ փոքր մարմնի զանգվածից: Ծանրության ուժն անտեսեք:

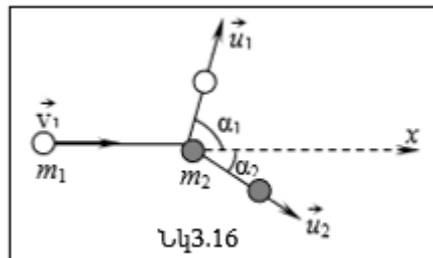
ժ3.104. m զանգվածով գնդիկը բացարձակ առաձգականորեն բախվում է դադարի վիճակում գտնվող M զանգվածով գնդի հետ: Կենտրոնական հարվածի հետևանքով առաջին գնդիկը կորցրեց իր կինետիկ էներգիայի $n = \frac{\Delta W_k}{W_k}$ մասը: Որոշեք գնդիկների զանգվածների հարաբերությունը, երբ՝

ա) $n=0,1$; **բ)** $n=1$: Ծանրության ուժն անտեսեք:

ժ3.105. m զանգվածով գնդիկը բացարձակ առաձգականորեն բախվում է դադարի վիճակում գտնվող M զանգվածով գնդի հետ: Հայտնի է դրանց զանգվածների հարաբերությունը՝ $k = \frac{M}{m}$: Կենտրոնական հարվածի հետևանքով առաջին գնդիկը իր կինետիկ էներգիայի n և p մասը կորցրեց: k -ի ի՞նչ արժեքի դեպքում n -ը կլինի՝ **ա)** առավելագույնը; **բ)** նվազագույնը: Ինչպիսի՞ն է $n(k)$ կախվածության մոտավոր գրաֆիկը: Ծանրության ուժն անտեսեք:

ժ3.106. m զանգվածով մասնիկը, թռչելով v արագությամբ, բացարձակ առաձգականորեն բախվում է դադարի վիճակում գտնվող M զանգվածով միջուկի հետ: Բախման հետևանքով մասնիկն իր սկզբնական շարժման ուղղությունից շեղվում է $\alpha = 90^\circ$ անկյունով: Որոշեք մասնիկի և միջուկի արագությունների մոդուլները բախումից հետո, ինչպես նաև միջուկի արագության կազմած անկունը մասնիկի սկզբնական արագության ուղղության հետ: Զանգվածների M/m հարաբերությունը վերցրեք հավասար 20-ի:

ժ3.107. m_1 զանգվածով մասնիկը թռչում է $m_2 = nm_1$ զանգվածով դադարի վիճակում գտնվող մասնիկի վրա: Դրանց միջև տեղի է ունենում բացարձակ առաձգական հարված, որից հետո երկրորդ մասնիկը շարժվում է $\alpha_2 =$



$= 45^\circ$ անկյան տակ առաջին մասնիկի սկզբնական արագության ուղղության նկատմամբ (Նկ.3.16): Որոշեք առաջին մասնիկի շեղման α_1 անկյունն ու մասնիկների u_1 և u_2 արագությունների մոդուլները: Հաշվարկը կատարեք $n=10$ -ի համար: Ծանրության ուժն անտեսեք:

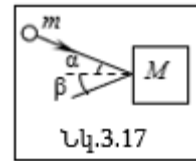
ժ3.108. Երկու միատեսակ մասնիկների միջև, որոնք շարժվում էին v_1 և v_2 արագություններով, տեղի ունեցավ բացարձակ առաձգական հարված: Մինչև բախվելը դրանց արագությունները կազմում էին α անկյուն: Բախվելուց հետո մասնիկների արագությունները եղան u_1 և u_2 : Որոշեք

բախումից հետո մասնիկների արագությունների կազմած անկյունը: Ծանրության ուժն անտեսել:

Տարբեր խնդիրներ

ՈՅ.109. Հորիզոնի նկատմամբ $\alpha = 60^\circ$ անկյան տակ արձակած արկը, որն ունի $v_0 = 100$ մ/վ արագություն, հետագծի ամենաբարձր կետում պայթյուն է երկու հավասար բեկորի: Բեկորներից մեկն ուղղաձիգով ընկնում է գետնին $v_1 = 80$ մ/վ արագությամբ: Ի՞նչ արագությամբ գետնին ընկավ մյուս բեկորը: Օդի դիմադրությունն անտեսել:

ՈՅ.110. m զանգվածով մասնիկը հարվածում է դադարի վիճակում գտնվող M զանգվածով չորսուին, նրա նորմալի նկատմամբ α անկյան տակ (Նկ.3.17): Որոշեք մասնիկի անդրադարձման անկյունը, երե հարվածը բացարձակ առաձգական է: Առանձին քննարկեք այն դեպքը, երբ $M \gg m$: Ծանրության ուժն անտեսել:



ՈՅ.111. $m=0,9$ կգ զանգված և $l = 1,5$ մ երկարություն ունեցող շղթան գտնվում է սեղանի անողորկ մակերևույթին այնպես, որ նրա մի ծայրը կախվում է եզրից: Երբ կախված մասի երկարությունը կազմում է շղթայի երկարության $n=1/3$ -ը՝ շղթան սկսում է սահել: Որոշեք շփման գործակիցը սեղանի և շղթայի միջև: Ի՞նչ աշխատանք կկատարի շղթայի վրա ազդող շփման ուժը, երբ ամբողջ շղթան սեղանից ընկնի:

ՈՅ.112. Դադարի վիճակում գտնվող M զանգվածով մարմնին հարվածում է v արագությամբ թռչող m զանգվածով մարմինը: Այդ մարմինների փոխազդեցության ուժը τ ժամանակամիջոցում գծայնորեն աճում է զրոյից մինչև F_0 արժեքը, այնուհետև նույն τ ժամանակամիջոցում գծայնորեն նվազում է մինչև զրո արժեքը: Որոշեք այդ մարմինների արագությունները փոխազդեցությունից հետո, եթե դրանց բախումը կենտրոնական է:

ՈՅ.113. $v=30$ մ/վ արագությամբ թռչող նռնակը պայթեց երկու բեկորի: Բեկորը, որի զանգվածը կազմում էր ամբողջ նռնակի զանգվածի $n=0,6$ մասը, սկսեց շարժվել $u_1 = 250$ մ/վ արագությամբ՝ նախքին ուղղության նկատմամբ $\alpha = 30^\circ$ անկյան տակ: Որոշեք՝ ա) փոքր բեկորի արագության մեծությունը և ուղղությունը; բ) բեկորների ընդհանուր կինետիկ էներգիայի հարաբերությունը նռնակի կինետիկ էներգիային: Ծանրության ուժն անտեսել:

ՈՅ.114. m զանգվածով գնացքը սկսում է շարժվել կայարանից այնպես, որ նրա արագությունը փոխվում է $v = \beta\sqrt{l}$ օրենքով, որտեղ β -ն հաս-

տատուն է, իսկ l -ը՝ անցած ճանապարհը: Որոշեք գնացքի կինետիկ էներգիան շարժումն սկսելուց t ժամանակ անց:

■3.115. R շառավիղ ունեցող շրջանագծով շարժվող մասնիկի կինետիկ էներգիան անցած l ճանապարհից ունի $W = \beta \cdot l$ կախվածությունը, որտեղ β -ն հաստատուն է: Որոշեք մասնիկի վրա ազդող ուժի մոդուլի կախումը l -ից:

■3.116. Երկրի շուրջ արբանյակը պտտվում է $r=nR$ շառավղով շրջանագծային ուղեծրով, որտեղ R -ը Երկրի շառավիղն է: Համեմատեք արբանյակի կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաները: Պոտենցիալ էներգիայի զրոյական մակարդակը համարեք Երկրի մակերևույթը: Հաշվարկը կատարեք, երբ՝ ա) $n=1,1$; բ) $n=2$:

■3.117. Սկզբում մարմինը $R/2$ խորությամբ հորից բարձրացրին Երկրի մակերևույթ, այնուհետև Երկրի մակերևույթից բարձրացրին $R/2$ բարձրության վրա (R -ը Երկրի շառավիղն է): Ո՞ր դեպքում շատ աշխատանք կատարվեց և քանի՞ անգամ:

■3.118. Որոշեք M զանգված և R շառավիղ ունեցող համասեռ գնդի գրավիտացիոն դաշտի լարվածության և պոտենցիալի ախվածությունը դրա կենտրոնից ունեցած r հեռավորությունից:

■3.119. Որոշեք M զանգված և R շառավիղ ունեցող համասեռ գնդոլորտի գրավիտացիոն դաշտի լարվածության և պոտենցիալի կախվածությունը դրա կենտրոնից ունեցած r հեռավորությունից:

■3.120. Նույն զանգվածով շարժվող և դադարի վիճակում գտնվող երկու գնդերի միջև տեղի ունեցավ կենտրոնական բացարձակ առաձգական հարված: Ապացուցեք, որ դրանց արագությունները բախումից հետո միշտ իրար ուղղահայաց են: Ծանրության ուժն անտեսեք:

Հարցեր

- 1. Ի՞նչն է կոչվում մարմնի իմպուլս: Ո՞րն է դրա միավորը ՄՀ-ում: Դա արտահայտեք ՄՀ-ի հիմնական միավորներով:
- 2. Ի՞նչն է կոչվում ուժի իմպուլս: Ո՞րն է դրա միավորը ՄՀ-ում: Դա արտահայտեք ՄՀ-ի հիմնական միավորներով:
- 3. Ո՞ր ուժերն են կոչվում ներքին, ո՞րը արտաքին: Դրանցից ո՞րն է ընդունակ փոփոխելու համակարգի իմպուլսը:
- 4. Ո՞րն է կոչվում մարմինների փակ համակարգ: Բերեք փակ համակարգ կազմող մարմինների օրինակ:
- 5. Ձևակերպեք իմպուլսի պահպանման օրենքը:

- 6. Ո՞ր դեպքերում է պահպանվում ոչ փակ համակարգի իմպուլսը:
- 7. Դադարի վիճակում գտնվող նռնակը պայթեց երկու բեկորի: Այդ բեկորների արագությունները միմյանց նկատմամբ ի՞նչ անկյուն կարող են կազմել: Եթե $m_1 > m_2$, ապա ո՞ր բեկորի իմպուլսն է մեծ, ո՞ր բեկորի՝ արագության մոդուլը:
- 8. Դադարի վիճակում տնվող նռնակը պայթեց երեք բեկորի: Բեկորներից երկուսի արագություններն ունեն OX և OY առանցքների ուղղությունը: Ինչպե՞ս կարող է ուղղված լինել երրորդ բեկորի արագությունը:
- 9. Երկու մարմին շարժվելով իրար նկատմամբ $\alpha = 120^\circ$ անկյան տակ՝ բախվում են: Այդ բախման հետևանքով կարո՞ղ են արդյոք դրանք կանգ առնեն:
- 10. m_1 և m_2 , զանգվածներով մարմինները շարժվում են համապատասխանաբար v_1 և v_2 , արագություններով: Ինչի՞նչ է հավասար դրանց իմպուլսները՝ իրենց զանգվածների կենտրոնի հետ ամրացված հաշվարկման համակարգի նկատմամբ:
- 11. Անշարժ ճախարակի վրա գցված պարանի ծայրերից բռնած նույն զանգվածով երկու կապիկ՝ միաժամանակ սկսում են պարանով վերև բարձրանալ: Կապիկներից մեկը պարանն ավելի արագ է հավաքում, քան մյուսը: Դրանցից ո՞ր մեկը շուտ կհասնի ճախարակին: Ճախարակի և պարանի զանգվածներն անտեսեք:
- 12. Անշարժ ճախարակի վրա գցված պարանի ծայրերից բռնած տարբեր զանգվածով երկու կապիկ՝ միաժամանակ սկսում են պարանով վերև բարձրանալ: Դրանցից ո՞ր մեկը շուտ կհասնի ճախարակին: Ճախարակի և պարանի զանգվածներն անտեսեք:
- 13. Ավազով բարձած վազոնը շարժվում էր հորիզոնական ռելսերով: Վազոնի հատակի անցքից սկսեց ավազ թափվել: Կփոխվի՞ արդյոք վազոնի արագությունը: Շփումն անտեսեք:
- 14. Ինչու՞ են ձգտում հրանոթի զանգվածը՝ արկի զանգվածից շատ անգամ մեծ անել: Ինչի՞ կբերեր այդ պայմանի խախտումը:
- 15. Քարը հորիզոնի նկատմամբ նույն անկյան տակ, միևնույն արագությամբ, նետել են երկու անգամ: Մի դեպքում նավամատույցից, մյուս դեպքում՝ լճում դադարի վիճակում գտնվող թեթև նավակից: Ո՞ր դեպքում քարի թռիչքի հեռահասությունը կլինի մեծ և ինչու՞:
- 16. Հաշվարկման n ր համակարգն է կոչվում զանգվածների կենտրոնի (իներցիայի կենտրոնի) համակարգ:

- 17. Ո՞ր դեպքում է զանգվածների կենտրոնի համակարգը համարվում իներցիալ համակարգ:
- 18. Միևնույն զանգվածով երկու չմշկորդ բռնած են երկար պարանի ծայրերից և սառույցի վրա անշարժ կանգնած են իրար դեմ: Դրանք ձգելով պարանը, այն հավաքում են տարբեր արագություններով: Կշարժվի՞ արդյոք դրանց զանգվածների կենտրոնը:
- 19. Դադարի վիճակում գտնվող $m_1 > m_2$ զանգվածներով երկու մարմին սկսում են միմյանց ձգել: Կշարժվի՞ արդյոք դրանց զանգվածների կենտրոնը: Ուրիշ մարմինների ազդեցությունը բացակայում է:
- 20. Տիեզերանավի արձակման համար ի՞նչ առավելություն ունի բազմաստիճանային հրթիռը միաստիճանայինի նկատմամբ:
- 21. Ո՞րն է կոչվում մեխանիկական աշխատանք: Ի՞նչ միավորներով այն չափվում միավորների ՄՀ և գաուսյան համակարգերում: Ո՞րն է այդ միավորների ֆիզիկական իմաստը: Այն արտահայտեք ՄՀ-ի հիմնական միավորներով:
- 22. Գրեք հաստատուն ուժի աշխատանքի բանաձևը:
- 23. Աշխատանքի 1կՎտ-ժ արտասխստեմային միավորը արտահայտեք ՄՀ-ի միավորով:
- 24. Ո՞ր դեպքում է մարմնի վրա ազդող հաստատուն ուժի աշխատանքը՝ **ա)** դրական; **բ)** բացասական; **գ)** հավասար զրոյի: Բերեք օրինակներ:
- 25. Կախվա՞ծ է արդյոք ուժի աշխատանքը հաշվարկման համակարգի ընտրությունից:
- 26. Գրեք փոփոխական ուժի աշխատանքի բանաձևը:
- 27. Մարմինը թեք հարթությամբ բարձրացվում է դեպի վեր: Ի՞նչ նշան ունեն՝ **ա)** ծանրության ուժի; **բ)** շփման ուժի; **գ)** հենարանի հակազդման ուժի աշխատանքները:
- 28. Ո՞ր մեծություններին են անվանում միջին և ակընթարթային հզորություններ: Ե՞րբ է միջին հզորությունը հավասար ակընթարթային:
- 29. Ի՞նչ միավորով են արտահայտում հզորությունը միավորների ՄՀ-ում: Դա արտահայտեք ՄՀ-ի հիմնական միավորներով:
- 30. Ո՞րն է հզորության միավորը գաուսյան համակարգում և ինչպե՞ս է դա կապված ՄՀ-ի համապատասխան միավորի հետ:
- 31. Կախվա՞ծ է արդյոք ուժի հզորությունը հաշվարկման համակարգի

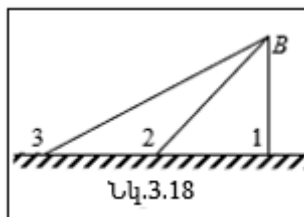
ընտրությունից:

- 32. Ինչպե՞ս է կախված հավասարաչափ շարժվող հրթիռի հզորությունը նրա արագությունից, եթե օդի դիմադրության ուժի մոդուլն ուղիղ համեմատական է հրթիռի արագության քառակուսուն՝ $F_d = kv^2$:
- 33. Ո՞րն է կոչվում օգտակար գործողության գործակից (ՕԳԳ): Ինչպե՞ս կարելի է որոշել թեք հարթության ՕԳԳ-ն:
- 34. Ո՞րն է կոչվում կինետիկ էներգիա: Այն արտահայտեք մարմնի՝
ա) զանգվածով և արագությամբ; **բ)** իմպուլսով և զանգվածով:
- 35. Կարո՞ղ է արդյոք կինետիկ էներգիան լինել բացասական:
- 36. Ի՞նչ միավորով է արտահայտվում կինետիկ էներգիան միավորների ՄՇ-ում: Ո՞րն է այդ միավորի ֆիզիկական իմաստը:
- 37. Կախվա՞ծ է արդյոք կինետիկ էներգիայի արժեքը և նշանը՝ **ա)** մարմնի շարժման ուղղությունից; **բ)** հաշվարկման համակարգի ընտրությունից:
- 38. Ո՞րն է կոչվում պոտենցիալ էներգիա: Կարո՞ղ է արդյոք դա լինել բացասական:
- 39. Ո՞րն է կոչվում պոտենցիալ էներգիայի զրոյական մակարդակ: Կախվա՞ծ է արդյոք պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությունը զրոյական մակարդակի ընտրությունից:
- 40. Ընդունելով Երկրի մակերևույթը որպես պոտենցիալ էներգիայի զրոյական մակարդակ, գրեք մարմնի ծանրության ուժով պայմանավորված պոտենցիալ էներգիայի բանաձևը: Կարո՞ղ է այդ էներգիան լինել բացասական:
- 41. Գրեք երկու նյութական կետերի գրավիտացիոն փոխազդեցությամբ պայմանավորված պոտենցիալ էներգիայի բանաձևը: Ի՞նչ ֆիզիկական իմաստ ունի այդ բանաձևի միևուս նշանը:
- 42. Հորիզոնական հարթության վրա կա խորանարդ և նույն նյութից, նույն զանգվածով ու բարձրությամբ, կանգնած զլան: Դրանցից որի՞նք ուժով է շրջել:
- 43. Ինչպե՞ս հաշվել կանգնած մարդու պոտենցիալ էներգիան: Ինչպե՞ս կփոխվի այդ էներգիան, եթե մարդը նստի հատակին:
- 44. Ինչի՞ հաշվին է մեծանում բարձրացող օդապարիկի պոտենցիալ էներգիան, որը լցված է հելիումով:
- 45. Գրեք առաձգականորեն դեֆորմացված մարմնի պոտենցիալ էներգիայի բանաձևը:
- 46. Գրեք մարմնի վրա ազդող կոնսերվատիվ ուժի և մարմնի պոտեն-

ցիալ էներգիայի միջև կապը արտահայտող բանաձևը:

- **47.** Ինչու՞մ է կայանում պոտենցիալ էներգիայի մինիմումի սկզբունքը: Օգտագործելով պոտենցիալ էներգիայի գաղափարը, ձևակերպեք կայուն և անկայուն հավասարակշռության վիճակների տարբերությունը:
- **48.** Պոտենցիալ էներգիայի աճման, թե՞ նվազման ուղղությունն ունի կոնսերվատիվ ուժը:
- **49.** Ո՞րն է կոչվում գրավիտացիոն դաշտի պոտենցիալ: Ի՞նչ միավորով է այն չափվում ՄՀ-ում:
- **50.** Գրեք նյութական կետի (համասեռ գնդի) գրավիտացիոն դաշտի պոտենցիալի բանաձևը:
- **51.** Ո՞րն է կոչվում գրավիտացիոն դաշտի լարվածություն: Ի՞նչ միավորով է այն չափվում ՄՀ-ում:
- **52.** Ինչպե՞ս է գրավիտացիոն դաշտի լարվածությունը կապված ազատ անկման արագացման հետ:
- **53.** Ձևակերպեք կինետիկ էներգիայի մասին թեորեմը:
- **54.** Ինչպե՞ս է փոփոխվում մարմնի կինետիկ էներգիան, եթե նրա վրա ազդող ուժերի համագործը կատարում է՝ **ա)** դրական աշխատանք; **բ)** բացասական աշխատանք:
- **55.** Կարո՞ղ է արդյոք տվյալ հաշվարկման համակարգում մարմնի կինետիկ էներգիան մնալ անփոփոխ, եթե նրա վրա ազդող ուժերի համագործը հավասար չէ զրոյի:
- **56.** Ձևակերպեք պոտենցիալ էներգիայի մասին թեորեմը:
- **57.** Թվարկեք ուժեր, որոնց աշխատանքը կախված չէ մարմնի շարժման հետագծի ձևից: Ինչպե՞ս են անվանում այդ ուժերին: Ինչի՞ է հավասար այդ ուժերի աշխատանքը, եթե մարմինը շարժվելով փակ հետագծով, վերադառնում է ելման դիրքին:
- **58.** Թվարկեք ուժեր, որոնց աշխատանքը կախված է մարմնի շարժման հետագծի ձևից: Ինչպե՞ս են անվանում այդ ուժերին:
- **59.** Ի՞նչ նշան ունի առաձգական դեֆորմացիա առաջացնող ուժի կատարած աշխատանքը՝ **ա)** զսպանակի ձգման; **բ)** սեղման ժամանակ:
- **60.** Ինչպե՞ս է փոփոխվում առաձգականորեն դեֆորմացիված զսպանակի պոտենցիալ էներգիան, ե՞րբ է առաձգականության ուժը կատարում՝ **ա)** դրական աշխատանք; **բ)** բացասական աշխատանք:
- **61.** Պղնձե և երկաթե երկու զսպանակ ձգվել են միևնույն չափով: Դրանցից որի՞ ձգման դեպքում մեծ աշխատանք կատարվեց:

- 62. Զսպանակի երկարացումը նախ զրոյից դարձավ x_0 , այնուհետև x_0 -ից՝ $2x_0$: Ո՞ր դեպքում է առաձգականության ուժի կատարած աշխատանքը ըստ մոդուլի ավելի մեծ և քանի՞ անգամ:
- 63. Տվեք լրիվ մեխանիկական էներգիայի սահմանումը:
- 64. Կախված է արդյոք լրիվ մեխանիկական էներգիան հաշվարկման համակարգի ընտրությունից:
- 65. Կարո՞ղ է արդյոք տվյալ հաշվարկման համակարգում մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիան լինել բացասական:
- 66. Ձևակերպեք լրիվ մեխանիկական էներգիայի փոփոխության թեորեմը:
- 67. Ո՞ր դեպքում է պահպանվում փակ համակարգի լրիվ մեխանիկական էներգիան:
- 68. Ո՞ր ուժերն են կոչվում կոնսերվատիվ (պոտենցիալային): Բերեք այդպիսի ուժերի օրինակներ:
- 69. Երեք տարբեր հարթություններով մարմինը B կետից առանց շփման սահում է դեպի 1, 2 և 3 կետերը (Նկ.3.18): Համեմատեք մարմնի կինետիկ էներգիաներն այդ կետերում: Մարմինը ո՞ր կետին շուտ կհասնի:
- 70. Միևնույն զանգվածով մի քանի արբանյակներ շարժվում են Երկրի շուրջը տարբեր շառավիղներ ունեցող շրջանային ուղեծրերով: Ինչպե՞ս է կախված ուղեծրի շառավիղից՝ **ա)** արբանյակի կինետիկ էներգիան; **բ)** պոտենցիալ էներգիան; **գ)** լրիվ մեխանիկական էներգիան:
- 71. Երկրի արբանյակը շարժվում է էլիպսաձև ուղեծրով: Ուղեծրի ո՞ր կետում է նրա արագությունը մեծ՝ ամենահեռու՞ (ապոգեյում), թե՞ ամենամոտ (պերիգեյում):
- 72. Մարմինների ինչպիսի՞ բախումն է կոչվում բացարձակ ոչ առաձգական: Ո՞ր մեծություններն են պահպանվում այդպիսի բախման ժամանակ:
- 73. Ինչպե՞ս է փոխվում երկու մարմինների համակարգի մեխանիկական էներգիան դրանց ոչ առաձգական բախման ժամանակ:
- 74. Մարմինների ինչպիսի՞ բախումն է կոչվում բացարձակ առաձգական: Ո՞ր մեծություններն են պահպանվում այդպիսի բախման



Ժամանակ:

- **75.** Հորիզոնական ուղղությամբ թռչող մանրագնդակը հարվածում է թելից կախված մարմնին: Հնարավոր է երեք տարբերակ՝ **ա)** գնդիկը մարմնին ծակում անցնում է, ունենալով որոշակի արագություն; **բ)** գնդիկը մնում է մարմնի ներսում; **գ)** գնդիկը անդրադառնում է մարմնից: Դիտարկվող դեպքերից որի՞ ժամանակ մարմինը կշեղվի՝ **ա)** ամենամեծ անկյունով; **բ)** ամենափոքր անկյունով:
- **76.** Որպեսզի նեյտրոններին դանդաղեցնեն, դրանց անցկացնում են միջավայրի շերտով: Նույն հաստությամբ պարաֆինի, թե՞ կապարի շերտը շատ կդանդաղեցնի նեյտրոններին: Պարաֆինը կազմված է ածխածնի և ջրածնի ատոմներից:
- **77.** Ինչու՞ մամլման համար գնդանի զանգվածը շատ մեծ պետք է լինի մուրճի զանգվածից:
- **78.** Ինչու՞ մեխելու համար ձգտում են օգտվել այնպիսի մուրճից, որի զանգվածը շատ մեծ է մեխի զանգվածից:
- **79.** Կարո՞ղ արդյոք երկու գնդերի արագությունները բացարձակ առաձգական հարվածից հետո լինեն իրար հավասար:

Հիմնավորեք պնդումների ճիշտ և սխալ լինելը

3.1. ա) Համակարգի ներքին ուժեր են կոչվում այն ուժերը, որոնք պայմանավորված են համակարգը կազմող մասնիկների միմյանց հետ փոխազդեցությամբ; **բ)** Փակ համակարգի իմպուլսը պահպանվում է, եթե համակարգի ներսում գործում են միայն կոնսերվատիվ ուժեր; **գ)** Կամայական հետազոծով շարժվող մարմնի վրա ազդող հաստատուն $\vec{F}$ ուժի կատարած աշխատանք $\vec{s}$ տեղափոխության վրա կոչվում է ուժի և տեղափոխության սկալյար արտադրյալը՝ $A = \vec{F} \cdot \vec{s} = F \cos \alpha$; **դ)** Ամբողջ հետազոծի երկայնքով հաստատուն ուժի աշխատանքը հավասար է հետազոծի առանձին տեղամասերում այդ ուժի աշխատանքների գումարին:

3.2. ա) Եթե մարմնի վրա ազդում է ժամանակի ընթացքում փոփոխվող ուժ, ապա այդ ուժի իմպուլսը վերջավոր t ժամանակում կորոշվի $\vec{I} = \int_0^t \vec{F} dt$ արտահայտությամբ; **բ)** Մարմինը Երկրի մակերևույթից h_1 բարձրության վրա գտնվող կետից h_2 բարձրության վրա գտնվող կետ տեղափոխվելիս ծանրության ուժի աշխատանքը կախված չէ հետազոծի ձևից և հավասար է $A = mgh_1 - mgh_2$; **գ)** M զանգվածով անշարժ նյութա-

կան կետի ստեղծած գրավիտացիոն դաշտի լարվածությունն այդ կետից r հեռավորության վրա գտնվող կետում տրվում է $g = G \frac{M}{r^2}$ արտահայտությամբ; **դ)** Հնարավոր չէ ընտրել այնպիսի հաշվարկման համակարգ, որին կատամարք քարշի ուժերի աշխատանքը լինի բացասական:

3.3. ա) Աշխատանքի միավորը միավորների ՄՇ-ում հանդիսանում է ջոուլը՝ $1\Omega = 1\text{Ն}\cdot\text{մ}$, իսկ միավորների Գաուսյան համակարգում աշխատանքի միավորը 1էրգ-ն է, 1էրգ=1դին-սմ: $1\Omega = 10^7$ էրգ; **բ)** Հաստատուն վանողական ուժի աշխատանքը կամայական փակ հետագծով միշտ բացասական է; **գ)** Մարմնի վրա ազդող կամայական ուժի աշխատանքը հավասար է այդ մարմնի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությանը հակառակ նշանով՝ $A = -(mgh_2 - mgh_1) = -\Delta W_{\text{պ}}$; **դ)** Մարմնի վրա ազդող $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$ համագոր ուժի աշխատանքը հավասար է բաղադրիչ ուժերի աշխատանքների հանրահաշվական գումարին՝ $A = A_1 + A_2 + \dots + A_n = \sum_{i=1}^n A_i$:

3.4. ա) Եթե մարմնի վրա ազդող ուժը հետագծի տարբեր կետերում ունի տարբեր արժեք, ապա այդ ուժի աշխատանքը հաշվելու համար հետագիծը բաժանվում է անվերջ թվով հավասար մասերի, այս դեպքում յուրաքանչյուր $d\vec{l}$ մասում $\vec{F}$ ուժի աշխատանքը կլինի $dA = \vec{F}d\vec{l}$, իսկ վերջավոր տեղափոխման աշխատանքը կլինի՝ $A = \int_1^2 \vec{F}d\vec{l}$; **բ)** Երկու մարմինների համախմբի բերված զանգված կոչվում է այն մեծությունը, որը հավասար է այդ մարմինների զանգվածների արտադրյալը բաժանած զանգվածների գումարին՝ $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$; **գ)** Քանի որ տարբեր հաշվարկման իներցիալ համակարգերում մարմնի վրա ազդող ուժը նույնն է, ուստի այդ ուժի աշխատանքը ևս կլինի նույնը; **դ)** M զանգվածով անշարժ նյութական կետի գրավիտացիոն դաշտում գտնվող m զանգվածով նյութական կետի պոտենցիալ էներգիան, ուժային կենտրոնից r հեռավորության վրա տրվում է $W_{\text{պ}}(r) = -G \frac{Mm}{r} + C$ արտահայտությամբ, որտեղ C -ն անորոշ հաստատուն է;

3.5. ա) Եթե Δt ժամանակի ընթացքում կատարվել է ΔA աշխատանք, ապա $\Delta A/\Delta t$ հարաբերությունը կտա միավոր ժամանակում կատարված աշխատանքը միջինով հաշված, որին անվանում են միջին հզորություն՝ $\overline{N} = \Delta A/\Delta t$; **բ)** Օգտակար գործողության գործակից (ՕԳԳ) կոչվում է $\eta =$

$= \frac{A_{0q}}{A} = \frac{N_{0q}}{N}$ արտահայտությունը, որտեղ A_{0q} -ն և A -ն օգտակար և ծախսած աշխատանքներն են, իսկ N_{0q} -ն և N -ը՝ օգտակար և ծախսած հզորությունները; **զ)** Եթե $\vec{F} = -k\vec{x}$ առաձգականության ուժի ազդեցությամբ մարմինն այդ ուժի ուղղությամբ կատարել է dx տեղափոխություն, ապա dA տարրական աշխատանքը կլինի $dA=Fdx$, իսկ վերջավոր տեղափոխման աշխատանքը՝ $A = \int_{x_1}^{x_2} Fdx = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right)$; **դ)** Եթե մարմինը կամ համակարգը կարող է մեխանիկական աշխատանք կատարել, ապա այն օժտված է մեխանիկական էներգիայով և կատարված աշխատանքը կբնութագրի էներգիայի փոփոխության քանակական չափը:

3.6. ա) Մարմնի վրա ազդող միայն պոտենցիալային ուժերի աշխատանքն է հավասար մարմնի կինետիկ էներգիայի փոփոխությանը՝ $A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = W_{k2} - W_{k1} = \Delta W_k$; **բ)** Այն ուժերը, որոնց կատարած աշխատանքը կախված է միայն նրա կիրառման կետի սկզբնական ու վերջնական դիրքերից և կախված չէ հետագծի տեսքից, կոչվում են պոտենցիալային կամ կոնսերվատիվ ուժեր: Ծանրության, առաձգականության և կուլոնյան ուժերը պոտենցիալային ուժեր են; **գ)** Հնարավոր չէ ընտրել այնպիսի հաշվարկման համակարգ, որի նկատմամբ դիմադրության ուժերի աշխատանքը լինի դրական; **դ)** $\overline{N} = \Delta A / \Delta t$ միջին հզորության սահմանը, երբ Δt -ն ձգտում է զրոյի, կոչվում է ակնթարթային հզորություն՝ $N(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta A / \Delta t = \frac{dA}{dt}$:

3.7. ա) Միվորների ՄՀ-ում հզորության միավորը 1Վտ-ն է: Հզորությունը հավասար է 1Վտ-ի, եթե 1Ջ աշխատանքը կատարվում է 1վ-ում: Միավորների Գաուսյան համակարգում հզորության միավորը 1էրգ/վ, 1Վտ = 10^7 էրգ/վ; **բ)** Կամայական փակ հետագծով մասնիկի տեղափոխման վրա դաշտի ուժերի աշխատանքի զրո լինելն ուժադաշտի պոտենցիալության անհրաժեշտ և բավարար պայմանն է; **գ)** Քանի որ ոչ կոնսերվատիվ ուժերի բացակայության դեպքում մասնիկի լրիվ մեխանիկական էներգիան պահպանվում է՝ $W = W_k + W_{պ} = const$, իսկ կինետիկ էներգիան էլ դրական է, ուստի միշտ $W \geq W_{պ}$: Այս առնչությունը որոշում է տարածության այն տիրույթները, որոնցում կարող է գտնվել տրված էներ-

գիայով մասնիկը; **դ)** Մարմինը կարող է աշխատանք կատարել ինչպես իր շարժման, այնպես էլ այլ մարմինների հետ փոխազդեցության շնորհիվ, ուստի մեխանիկայում տարբերում են երկու տեսակի էներգիա՝ կինետիկ և պոտենցիալ:

3.8. ա) m զանգված և v արագություն ունեցող մարմնի կինետիկ էներգիան տրվում է $W_k = \frac{mv^2}{2}$ արտահայտությամբ, դա հավասար է այն աշխատանքին, որը կարող է կատարել շարժվող մարմինը մինչև կանգ առնելը; **բ)** Եթե դեֆորմացված զսպանակի առաձգականության ուժը կատարի դրական աշխատանք, ապա զսպանակի դեֆորմացիան կրմեծանա; **գ)** Մարմնի վրա ազդող համագոր ուժի աշխատանքը հավասար է մարմնի կինետիկ էներգիայի փոփոխությանը՝ $A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = W_{k2} - W_{k1} = \Delta W_k$ (կինետիկ էներգիայի թեորեմ); **դ)** Մարմինների փոխազդեցությամբ պայմանավորված էներգիան կոչվում է պոտենցիալ էներգիա: Պոտենցիալ էներգիան չափվում է այն աշխատանքով, որը կարող է կատարել մարմինն առանց արագությունը փոփոխելու մի դիրքից մյուսը տեղափոխվելիս:

3.9. ա) Մարմնի զանգվածի և արագության արտադրյալին անվանում են մարմնի իմպուլս՝ $\vec{p} = m\vec{v}$; **բ)** Եթե համակարգի վրա ազդող արտաքին ուժերի համագորը հավասար է զրոյի (փակ համակարգ), ապա անկախ նրանում գործող ներքին փոխազդեցությունների ձևից և բնույթից, համակարգի լրիվ իմպուլսը պահպանվում է՝ $\vec{P} = \sum m_i \vec{v}_i = \text{const}$; **գ)** Պոտենցիալային ուժի ազդեցությանն ենթարկվող մարմնի պոտենցիալ էներգիան տվյալ դիրքում հավասար է այդ դիրքից զրոյական մակարդակ տեղափոխվելիս պոտենցիալային ուժի աշխատանքին; **դ)** Եթե գրավիտացիոն դաշտի տվյալ կետում տեղադրված m զանգվածով նյութական կետի վրա դաշտի կողմից ազդող ուժը հավասար է $\vec{F}$ -ի, ապա $\vec{F}/m$ հարաբերությունը տալիս է այդ կետում տեղադրված միավոր զանգվածով նյութական կետի վրա ազդող ուժը, դրան անվանում են գրավիտացիոն դաշտի լարվածություն՝ $\vec{g} = \vec{F}/m$: Գրավիտացիոն դաշտի լարվածությունը համընկնում է այդ կետում տեղադրած, նյութական կետի ազատ անկ-

ման արագացման հետ:

3.10. ա) Համակարգին չպատկանող մարմինների ազդեցությունները համակարգի մասնիկների վրա, կոչվում են արտաքին ուժեր; **բ)** Փակ համակարգի իմպուլսը չի պահպանվում, եթե համախմբի ներսում գործում են ոչ կոնսերվատիվ ուժեր; **գ)** Կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաների սահմանումներից հետևում է, որ դրանց միավորը ՄՀ-ում կլինի 1Ջ-ը, իսկ գառույան համակարգում՝ 1էրգ-ը; **դ)** Եթե համակարգը փակ չէ, ապա համակարգի իմպուլսը կարող է պահպանվել որոշ ուղղություններով (այդ ուղղությամբ արտաքին ուժերի համագործի պրոյեկցիան հավասար է զրոյի) և փոփոխվել այլ ուղղություններով:

3.11. ա) Մարմնի վրա Δt ժամանակամիջոցում ազդող է $\vec{F}$ հաստատուն ուժի և այդ ժամանակամիջոցի արտադրյալը կոչվում է ուժի իմպուլս՝ $\vec{I} = \vec{F}\Delta t$; **բ)** Եթե մասնիկի $W_{\text{պ}}(x)$ պոտենցիալ էներգիան բացասական է x -ի փոփոխման ամբողջ տիրույթում՝ $W_{\text{պ}}(x) < 0$, $x \in (-\infty; +\infty)$, և x առանցքը հանդիսանում է $W_{\text{պ}}(x)$ կորի ասիմպտոտը, ապա մարմնի շարժումը կլինի ինֆինիտ, եթե դրա լրիվ մեխանիկական էներգիան լինի բացասական; **գ)** Կենտրոնական ուժի տարրական աշխատանքն ունի հետևյալ տեսքը՝ $dA = F_r(r)dr$, իսկ ուժային կենտրոնից r_1 հեռավորության վրա գտնվող կետից r_2 հեռավորության վրա գտնվող կետը տեղափոխելու աշխատանքը կլինի՝ $A = \int_{r_1}^{r_2} F(r)dr = W_2(r) - W_1(r)$, որտեղ $W(r)$ -ը $F_r(r)$ ուժային ֆունկցիայի նախնական ֆունկցիան է և կախված միայն r -ից; **դ)** Փակ համակարգի համար իմպուլսի պահպանման օրենքը հանդիսանում է տարածության համասեռության հետևանք, ինչը նշանակում է, որ փակ համակարգի հատկությունները կախված չեն հաշվարկման իներցիալ համակարգի սկզբնականի ընտրությունից:

3.12. ա) Ցանկացած համակարգի ներքին ուժերի վեկտորական գումարը հավասար է զրոյի; **բ)** Պոտենցիալ էներգիայով օժտված են այն մարմինները, որոնք փոխազդում են պոտենցիալային ուժերով, օրինակ Երկրի մակերևութից h բարձրության վրա գտնվող մարմինն օժտված է mgh պոտենցիալ էներգիայով, եթե Երկրի մակերևութի վրա այն վերցվում է հավասար զրոյի; **գ)** Եթե $\vec{v}$ արագությամբ շարժվող և m զանգված ունեցող

գնդիկը բացարձակ ոչ առաձգական կերպով բախվի նույն զանգվածով անշարժ գնդիկի հետ, ապա մակրոսկոպիկ շարժման կինետիկ էներգիայի կորուստը կլինի $\frac{mv^2}{2}$; **դ)** Ռեակտիվ կոչվում է մարմնի այն շարժումը, որը պայմանավորված է մարմնի մի մասի ինչ-որ հարաբերական արագությամբ աջատման հետևանքով: Ռեակտիվ շարժման հիմքում ընկած է երկու մարմինների փոխազդեցությունը, որոնք սկզբում մի ամբողջություն են կազմում և ապա, փոխազդեցության հետևանքով, ձեռք են բերում մոդուլով հավասար և հակադիր ուղղված իմպուլսներ:

3.13. ա) Եթե մասնիկի $W_{\text{կ}}(x)$ պոտենցիալ էներգիան բացասական է x -ի փոփոխման ամբողջ տիրույթում՝ $W_{\text{կ}}(x) < 0$, $x \in (-\infty; +\infty)$, և x առանցքը հանդիսանում է $W_{\text{կ}}(x)$ կորի ասիմպտոտը, ապա մարմնի շարժումը կլինի ֆինիտ, եթե դրա լրիվ մեխանիկական էներգիան լինի դրական; **բ)** Արտաքին $\vec{F}$ ուժի ազդեցության տակ փոփոխական զանգվածով մարմնի շարժման դինամիկական հավասարումը տրվում է $m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} + \vec{u} \frac{dm}{dt}$ Մեշերսկու բանաձևով, որտեղ $\vec{u}$ -ն՝ տվյալ մարմնի նկատմամբ անջատվող (կամ միացող) նյութի արագությունն է; **գ)** Մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքից հետևում է, որ տարբեր հաշվարկման իներցիալ համակարգերի նկատմամբ այն ընդունում է նույն արժեքը; **դ)** Մարմինների բախումը կոչվում է բացարձակ առաձգական, եթե բախման հետևանքով մեխանիկական էներգիայի կորուստ տեղի չի ունենում և բախվող մարմինների ներքին էներգիան մնում է անփոփոխ:

3.14. ա) Ծանրության ուժի աշխատանքը հավասար է մարմնի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությանը՝ $A = (mgh_2 - mgh_1) = \Delta W_{\text{կ}}$; **բ)** Փակ համակարգի իմպուլսի պահպանման օրենքը հանդիսանում է ժամանակի համասեռության հետևանքը, ինչը նշանակում է, որ փակ համակարգի շարժման օրենքները կախված չեն ժամանակի զրոյական պահի ընտրությունից; **գ)** Իրար դեմ շարժվող m_1 և m_2 զանգվածներով երկու գնդերի բացարձակ ոչ առաձգական բախման դեպքում համակարգի իմպուլսի փոփոխությունը կլինի $m_1 \vec{v}_1 - m_2 \vec{v}_2$, որտեղ $\vec{v}_1$ -ը և $\vec{v}_2$ -ը գնդերի արագություններն են մինչև բախվելը; **դ)** Եթե մարմնի վրա արտաքին ուժ չի ազ-

դում, ապա այն իր արագությունը կարող է փոխել միայն $\vec{F} = \mu \vec{u}$ ռեակտիվ ուժի ազդեցությամբ, որտեղ $\mu = \frac{dm}{dt}$ -ն զանգվածի փոփոխությունն է միավոր ժամանակում, $\vec{u}$ -ն՝ տվյալ մարմնի նկատմամբ անջատվող (միացող) նյութի արագությունը: Եթե նյութն անջատվում է մարմնից, օրինակ գազային շիթը, ապա $\mu < 0$, և հետևաբար $\vec{F} \uparrow \downarrow \vec{u}$:

3.15. ա) Զանգվածների կենտրոնի արագությունը՝ $\vec{v}_c = \frac{\sum_i m_i \vec{v}_i}{\sum_i m_i} = \frac{\vec{p}}{m}$, այսինքն իներցիայի կենտրոնի արագությունը հավասար է համակարգի լրիվ իմպուլսի հարաբերությանը՝ նրա լրիվ զանգվածին; **բ)** Փակ համակարգի մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքը հանդիսանում է ժամանակի համասեռության հետևանքը, ինչը նշանակում է, որ փակ համախմբի շարժման օրենքները կախված չեն ժամանակի զրոյական պահի ընտրությունից; **գ)** Եթե հայտնի է գրավիտացիոն դաշտի $\vec{g}$ լարվածությունը, ապա այդ դաշտի երկու կետերի պոտենցիալների տարբերությունը կորոշվի $\varphi_1 - \varphi_2 = \int_1^2 \vec{g} d\vec{l}$ արտահայտությամբ, որտեղ ինտեգրալը հաշվվում է սկզբնական 1 կետը վերջնական 2 կետին միացնող կամայական գծով; **դ)** Միայն ռեակտիվ ուժի ազդեցության տակ շարժվող հրթիռի շարժման արագությունը տրվում է Ցիալկովսկու բանաձևով $v - v_0 = u \ln \frac{m_0}{m}$, որտեղ m_0 -ն և v_0 -ն հրթիռի սկզբնական զանգվածը և արագությունն են, m -ը և v -ն՝ հրթիռի զանգվածը և արագությունը ժամանակի $t > 0$ կամայական պահին, իսկ u -ն՝ հրթիռի նկատմամբ վառելիքի անջատման արագությունն է:

3.16. ա) Եթե դադարի վիճակում գտնվող նռնակը պայթի երկու տարբեր զանգվածներով բեկորների, ապա մեծ զանգվածով բեկորի իմպուլսը մեծ կլինի փոքր զանգվածովի իմպուլսից; **բ)** m_1 և m_2 զանգվածներով երկու գնդերի բացարձակ ոչ առաձգական բախման դեպքում մակրոսկոպիկ շարժման կինետիկ էներգիայի կորուստը հավասար է $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ բերված զանգվածի կեսը բազմապատկած դրանց հարաբերական արագության քառակուսով՝ $W_{q1} - W_{q2} = \frac{\mu(\vec{v}_1 - \vec{v}_2)^2}{2}$; **գ)** M զանգվածով անշարժ նյութական կետի գրավիտացիոն ուժի աշխատանքը m զանգվածով կետի տարական տեղափոխության դեպքում ունի հետևյալ տեսքը՝ $dA = -G \frac{Mm}{r^2} dr$,

իսկ այդ ուժային կենտրոնից r_1 հեռավորության վրա գտնվող կետից r_2 հեռավորության վրա գտնվող կետը տեղափոխելու աշխատանքը կլինի $A = - \int_{r_1}^{r_2} G \frac{Mm}{r^2} dr = G \frac{Mm}{r_2} - G \frac{Mm}{r_1}$; **դ)** Մարմնի վրա ազդող կոնսերվատիվ ուժն ունի պոտենցիալ էներգիայի աճման ուղղությունը:

3.17. ա) Համակարգը կազմող մարմինների (մասնիկների) ծանրության ուժերի համագործի կիրառման կետը կոչվում է ծանրության կենտրոն; **բ)** Առաձգականության ուժի աշխատանքը հավասար է մարմնի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությանը՝ հակառակ նշանով՝ $A = - \left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2} \right) = -\Delta W_{\text{պ}}$; **դ)** Երբ շարժվող m_1 և անշարժ m_2 զանգվածներով երկու գնդերի միջև տեղի է ունենում բացարձակ առաձգական ճակատային հարված, ապա բախումից հետո առաջին գունդը կշարժվի իր նախկին շարժման հակառակ ուղղությամբ, եթե $m_1 < m_2$; **դ)** Համախմբի իներգիայի կենտրոնի հետ կապված հաշվարկման համակարգը կոչվում է իներգիայի կենտրոնի համակարգ:

3.18. ա) Փակ համակարգի իներգիայի կենտրոնի հետ ամրացված հաշվարկման համակարգը հանդիսանում է հաշվարկման իներգիալ համակարգ; **բ)** Եթե նկատի ունենանք, որ պոտենցիալային ուժերի աշխատանքը հավասար է պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությանը՝ հակառակ նշանով, ապա կարող ենք գրել, որ $\vec{F} d\vec{l} = -dW_{\text{պ}}$ կամ $F_x dx + F_y dy + F_z dz = - \left(\frac{\partial W_{\text{պ}}}{\partial x} dx + \frac{\partial W_{\text{պ}}}{\partial y} dy + \frac{\partial W_{\text{պ}}}{\partial z} dz \right)$, որտեղից հետևում է $F_x = - \frac{\partial W_{\text{պ}}}{\partial x}$, $F_y = - \frac{\partial W_{\text{պ}}}{\partial y}$, $F_z = - \frac{\partial W_{\text{պ}}}{\partial z}$; **գ)** Մարմինների բախումը կոչվում է բացարձակ ոչ առաձգական, եթե միմյանց հետ բախվելուց հետո մարմինները միանում են իրար՝ այնուհետև շարժվում են որպես մի ամբողջություն; **դ)** Երբ շարժվող m_1 և անշարժ m_2 զանգվածներով երկու գնդերի միջև տեղի է ունենում բացարձակ առաձգական ճակատային հարված, ապա բախումից հետո առաջին գունդը կանց կառնի, իսկ երկրորդը կշարժվի առաջին գնդի նախկին արագությամբ, եթե $m_2 = m_1$:

3.19. ա) Մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիայի փոփոխությունը հավասար է նրա վրա ազդող ոչ պոտենցիալային ուժի կատարած աշխատանքին՝ $A = W_2 - W_1$; **բ)** Եթե մարմնի վրա ազդող կոնսերվատիվ ուժը

կատարում է դրական աշխատանք, ապա մարմնի պոտենցիալ էներգիան կմեծանա; **զ)** Եթե գրավիտացիոն դաշտի տվյալ կետում տեղադրված m զանգվածով նյութական կետն օժտված է $W_{պ}$ պոտենցիալ էներգիայով, ապա $W_{պ}/m$ հարաբերությունը տալիս է այդ կետում տեղադրված միավոր զանգվածով նյութական կետի պոտենցիալ էներգիան, դրան անվանում են գրավիտացիոն դաշտի պոտենցիալ՝ $\varphi = \frac{W_{պ}}{m}$; **դ)** Երկու նյութական կետերի գրավիտացիոն փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիան տրվում է $W_{պ} = -G \frac{m_1 m_2}{r}$ արտահայտությամբ, որտեղ m_1 -ը և m_2 -ը նյութական կետերի զանգվածներն են, իսկ r -ը՝ դրանց միջև հեռավորությունը:

3.20. ա) Եթե համակարգում գործող ոչ պոտենցիալային ուժերի հետ մեկտեղ համակարգի վրա արտաքինից ազդող ուժերի գումարը տարբեր է զրոյից, ապա համակարգի լրիվ մեխանիկական էներգիայի փոփոխությունը հավասար է այդ ուժերի և ոչ պոտենցիալային ուժերի գումարային աշխատանքին՝ $A = W_2 - W_1$; **բ)** Եթե $N = \frac{dA}{dt}$ ակնթարթային հզորության բանաձևում տեղադրենք աշխատանքի բանաձևը, ապա կունենանք $N = Fv \cos \alpha = \vec{F} \cdot \vec{v}$; **գ)** Կամայական ուժերով իրար հետ փոխազդող մարմինների փակ համախմբի լրիվ մեխանիկական էներգիան պահպանվում է՝ $W = W_k + W_{պ} = \text{const}$; **դ)** Ոչ փակ համակարգի իմպուլսը կարող է պահպանվել, երբ նրանում ընթացող պրոցեսներն այնքան կարճատև են, որ արտաքին ուժերը չեն հասցնում նկատելիորեն փոխել համակարգի իմպուլսը, իսկ այդ դեպքերում համակարգում գործող ներքին ուժերը շատ անգամ գերազանցում են արտաքին ուժերին: Օրինակ՝ դեպի վեր արձակված ռումբի պայթման պրոցեսում դրա ծանրության ուժն անտեսվում է և ռումբը համարվում է փակ համակարգ:

§4. Պինդ մարմնի դինամիկան

Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր

1. Ստատիկա.

Ստատիկայի հիմնական խնդիրն է պարզել, թե ինչ պայմաններում մարմինը կըզտնվի հավասարակշռության վիճակում:

• Համագոր ուժ.

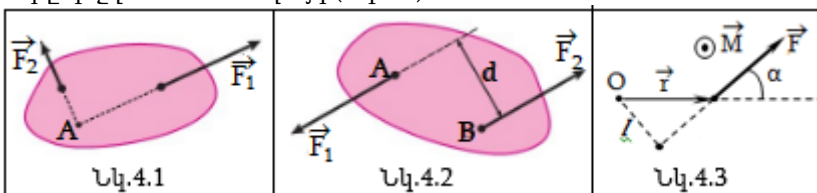
Այն ուժը, որը մարմնի վրա թողնում է նույն ազդեցությունը, ինչ որ մի-քանի ուժեր միասին վերցրաց, կոչվում է համագոր ուժ, իսկ այն ուժերը, որոնք փոխարինվում են համագոր ուժով կոչվում են բաղադրիչ ուժեր՝

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots : \quad (4.1)$$

Պինդ մարմնի տարբեր կետերում կիրառված ուժերը գումարելուց օգտվում են այն պնդումից, համաձայն որի՝ ուժի կիրառման կետը կարելի է տեղափոխել ուժի կիրառման գծի երկայնքով (Նկ.4.1):

Եթե պինդ մարմնի վրա ազդող համագոր ուժի ազդման գիծը անցնում է մարմնի զանգվածերի կենտրոնով, ապա այն կկատարի համընթաց շարժում: Եթե այդ համագոր ուժի ազդեցությամբ մարմինը գտնվում է դադարի վիճակում կամ կատարում ուղադիծ հավասարաչափ համընթաց շարժում, ապա այդ վիճակը կլինի հասարակշռված վիճակ:

Եթե պինդ մարմնի վրա ազդող համագոր ուժի ազդման գիծը չի անցնում է մարմնի զանգվածերի կենտրոնով, ապա այն կկատարի պտտական շարժում: Մարմինը պտտական շարժում կկատարի նաև այն դեպքում, երբ նրա երկու տարբեր կետերին կիրառված են իրար հավասար, բայց հակադիր ուղղված ուժեր, որոնց համագորը հավասար է զրոյի: Այդ ուժերը կոչվում են ուժագույյգ (Նկ.4.2):



Ուժի պտտական ազդեցությունը բնութագրում են մի մեծությամբ, որին անվանում են ուժի մոմենտ:

Պտտական շարժման դեպքում հավասարակշռության վիճակ է համարվում դադարի կամ հաստատուն անկյունային արարագությամբ պտտական շարժումը:

2. Ուժի մոմենտ.

Ուժի մոմենտի մոդուլ կոչվում է ուժի և իր բազուկի արտադրյալը:

• Ուժի մոմենտը OZ առանցքի նկատմամբ (այն Նկ.4.3-ի դեպքում ուղղված է նկարի հարթությանն ուղղահայաց՝ դեպի դիտորդը, իսկ ուժն ուղղահայաց է այդ առանցքին).

$$M_z = \pm Fl, \quad (4.2)$$

որտեղ F -ը ուժի մոդուլն է, l -ը՝ ուժի բազուկը, որն ուժի ազդման գծից մինչև OZ առանցքը եղած ամենակարճ հեռավորությունն է (Նկ.4.3): Ուժի մոմենտի միավորը ՄՀ-ում 1Նմ-ն է, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝ 1դինսմ: (4.2) բանաձևում նշանը կախված է ուժի ուղղության և OZ առանցքի նկատմամբ նրա կիրառման կետի դիրքից: Տվյալ դեպքում ուժի մոմենտը դրական է, ունի OZ առանցքի դրական ուղղությունը, ինչպես ցույց է տրված նկարում:

• **Ուժի մոմենտը O կետի նկատմամբ.**

Ուժի մոմենտը վեկտորական մեծություն է՝

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}, \quad (4.3)$$

որտեղ $\vec{r}$ -ը ուժի կիրառման կետի շառավիղ-վեկտորն է:

Եթե $\vec{M}$ վեկտորի պրոյեկցիան է OZ առանցքի նկատմամբ հավասար է M_z -ի, ապա M_z -ի արժեքը կախված չէ OZ առանցքի վրա O կետի ընտրությունից:

• **Ուժագույգի մոմենտը:**

Մարմնի տարբեր կետերին ազդող երկու ուժ կոչվում են ուժագույգ, եթե նրանք մեծությամբ հավասար են, իսկ ուղղությամբ հակադիր (Նկ.4.2).

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2, \quad \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0; \quad (4.4)$$

$$M = F_1 d = F_2 d: \quad (4.6)$$

3. Ծանրության կենտրոն

Մարմնի բոլոր մասերի վրա ազդող ծանրության ուժերի համագործի կիրառման կետը կոչվում է ծանրության կենտրոն:

Ծանրության կենտրոնի նկատմամբ մարմնի բոլոր մասերի վրա ազդող ծանրության ուժերի մոմենտների վեկտորական գումարը հավասար է զրոյի: Եթե մարմինը գտնվում է համասեռ գրավիտաիոն դաշտում, ապա նրա ծանրության կենտրոնը կհամընկնի զանգվածների կենտրոնի հետ:

4. Պինդ մարմնի հավասարակշռության պայմանը

Կամայական պինդ մարմին կգտվի հավասարառության վիճակում, եթե միաժամանակ տեղի ունենան հետևյալ պայմանները՝

$$\sum_i \vec{F}_i = 0; \quad (4.6)$$

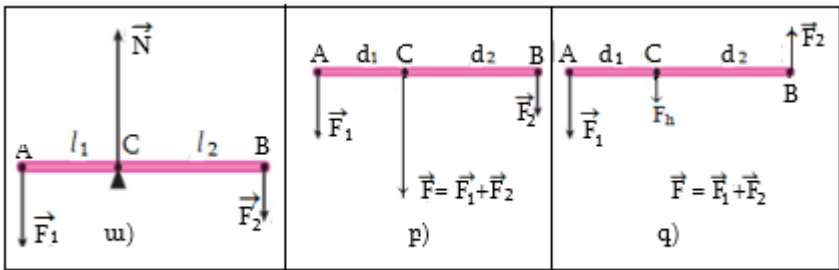
$$\sum_i \vec{M}_i = 0, \quad (4.7)$$

որտեղ $\sum_i \vec{F}_i$ -ին մարմնի վրա ազդող բոլոր արտաքին ուժերի համագործակցություն է, իսկ $\sum_i \vec{M}_i$ -ին՝ բոլոր արտաքին ուժերի համագործակցությունը կամայական առանցքի նկատմամբ: Եթե մարմինն օժտված է սկզբնական պատմական առանցքով, ապա (4.6) պայմանը կարելի է չօգտագործել, իսկ (4.7)-ում որպես առանցք վերցնել պատմական առանցքը:

• Լծակի կանոնը Նկ.4.4ա).

Եթե անկշիռ ձողի ծայրերին կիրառված են ձողին ուղղահայաց նույն ուղղության $\vec{F}_1$ և $\vec{F}_2$ ուժեր, ապա ձողը կգտնվի հավասարակշռության մեջ, եթե կետային հենարանը դրվի այնպիսի C կետում, որը կբավարարի $F_1 l_1 = F_2 l_2$ պայմանին: Այս պայմանն արտահայտում է լծակի կանոնը: Այս դեպքում հենարանի հակազդման ուժը կլինի՝ $N = F_1 + F_2$:

• Մարմնի տարբեր կետերում կիրառված են երկու զուգահեռ ուժեր, որի ազդեցության տակ մարմինը կատարում է համընթաց շարժում.



Նկ.4.4

Եթե անտեսվում է մարմնի ծանրության ուժը, ապա միևնույն կողմն ուղղված երկու զուգահեռ ուժերի համագործակցությունը հավասար է բաղադրիչ ուժերի մոդուլների գումարին (Նկ.4.4բ, համագործակցության կիրառման կետը AB հատվածը բաժանում է բաղադրիչ ուժերի մոդուլների նկատմամբ հակադարձ համեմատական մասերի՝

$$F_h = F_1 + F_2, \quad \frac{d_1}{d_2} = \frac{F_2}{F_1} \text{ կամ } F_1 d_1 = F_2 d_2:$$

Եթե բաղադրիչ ուժերն ունեն հակադիր ուղղություններ (Նկ.4.4գ), ապա համագործակցությունը հավասար կլինի մեծ բաղադրիչ ուժի մոդուլին և

փոքր բաղադրիչ ուժի մոդուլի տարբերությանը, իսկ համագործի կիրառման կետը որոշվում է նախորդ ձևով՝

$$F_h = F_1 - F_2, \quad \frac{d_1}{d_2} = \frac{F_2}{F_1} \quad \text{կամ} \quad F_1 d_1 = F_2 d_2: \quad (4.8)$$

Եթե մարմինն օժտված է ծանրության ուժով, իսկ $\vec{F}_1$ և $\vec{F}_2$ ուժերը գտնվելով ծանրության ուժի հետ միևնույն հարթության մեջ և լինելով դրան զուգահեռ կամ հակազուգահեռ, ապա դրանց համագործի մեծությունը կորոշվի նախորդ ձևով, սակայն արդեն C կիրառման կետը պետք է համընկնի մարմնի ծանրության ուժի կիրառման կետի (ծանրության կենտրոնի) հետ:

5. Մարմնի իներցիայի մոմենտ

Մարմնի իներցիայի մոմենտը բնութագրում է պտտական շարժում կատարող մարմնի իներտության չափը:

- **Նյութական կետի իներցիայի մոմենտն առանցքի նկատմամբ.**

$$I = mr^2, \quad (4.9)$$

որտեղ m -ը նյութական կետի զանգվածն է, իսկ r -ը՝ դրա հեռավորությունը առանցքից: Իներցիայի մոմենտի միավորը ՄՀ-ում $1 \text{ կգ} \cdot \text{մ}^2$ է, իսկ ԳՀ-ում՝ $1 \text{ գ} \cdot \text{սմ}^2$: $1 \text{ կգ} \cdot \text{մ}^2 = 10^7 \text{ գ} \cdot \text{սմ}^2$:

- **Մարմնի իներցիայի մոմենտն առանցքի նկատմամբ.**

$$I = \int r^2 dm = \int r^2 \rho dV, \quad (4.10)$$

որտեղ ρ -ն մարմնի նյութի խտությունն է: Ինտեգրումը կատարվում է մարմնի ամբողջ ծավալով:

- **Հոծ գլանի (սկավառակի) իներցիայի մոմենտն իր համաչափության առանցքի նկատմամբ.**

$$I = mR^2/2: \quad (4.11)$$

Այստեղ և մյուս բանաձևերում m -ը մարմնի զանգվածն է, իսկ R -ը՝ դրա շառավիղը: Բոլոր մարմինները համարվում են համասեռ:

- **Բարակ պատերով գլանային մակերևույթի կամ օղակի իներցիայի մոմենտն իր համաչափության առանցքի նկատմամբ.**

$$I = mR^2: \quad (4.12)$$

- **Հոծ գնդի իներցիայի մոմենտն իր կենտրոնով անցնող առանցքի նկատմամբ.**

$$I = 2mR^2/5: \quad (4.13)$$

- **Բարակ պատերով գնդաձևի իներցիայի մոմենտն իր կենտրոնով անցնող առանցքի նկատմամբ.**

$$I = 2mR^2/3; \quad (4.14)$$

- Բարակ ձողի իներցիայի մոմենտը իր կենտրոնով անցնող և ձողին ուղղահայաց առանցքի նկատմամբ.

$$I = ml^2/12, \quad (4.15)$$

որտեղ l -ը ձողի երկարությունն է:

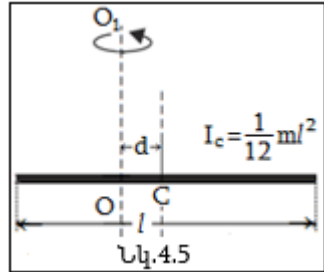
- Շտեռնի թեորեմը.

$$I = I_c + md^2, \quad (4.16)$$

որտեղ I -ն մարմնի իներցիայի մոմենտն է կամայական OO_1 առանցքի նկատմամբ,

I_c -ն մարմնի իներցիայի մոմենտն է մեկ ուրիշ առանցքի նկատմամբ, որը զուգահեռ է OZ առանցքին և անցնում է մարմնի իներցիայի (զանգվածների)

կենտրոնով, իսկ d -ն՝ այդ առանցքների միջև եղած հեռավորությունն է (Նկ.4.5):



Եթե դեկարտյան կոորդինատային համակարգում մարմնի իներցիայի մոմենտը OX առանցքի նկատմամբ I_x է, OY -ի նկատմամբ՝ I_y , OZ -ի նկատմամբ՝ I_z , ապա այդ մարմնի իներցիայի մոմենտը O սկզբնակետի նկատմամբ կլինի՝ $I = \frac{1}{2}(I_x + I_y + I_z)$:

6. Անշարժ պտտման առանցք ունեցող պինդ մարմնի պտտական շարժման դինամիկայի հիմնական հավասարումը

$$I\varepsilon_z = M_z, \quad (4.17)$$

որտեղ I -ն մարմնի իներցիայի մոմենտն է անշարժ առանցքի նկատմամբ, ε_z -ը՝ անկյունային արագացման պրոյեկցիան է այդ առանցքի վրա, իսկ $M_z = \sum_i M_i$ -ն՝ արտաքին ուժերի համագործ մոմենտն է այդ առանցքի նկատմամբ:

7. Պինդ մարմնի շարժման հավասարումը (ընդհանուր դեպք)

$$m\vec{a}_c = \vec{F}, \quad (4.18)$$

որտեղ $\vec{a}_c$ -ն մարմնի զանգվածների կենտրոնի արագացումն է, $\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i$ -ն՝ մարմնի վրա ազդող արտաքին ուժերի համագործը:

Եթե ընտրված OZ առանցքը շարժվում է $\vec{a}$ արագացմամբ, ապա քննարկվող մարմնի հետ կապված հաշվարկման համակարգը ոչ իներցիալ է, և արդեն պետք է հաշվի առնել $-m\vec{a}$ իներցիալ ուժի մոմենտը: Իներցիալ ուժը կիրառված է մարմնի զանգվածների կենտրոնին, իսկ այդ

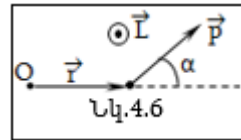
ուծի մոմենտը որոշվում է OZ առանցքի նկատմամբ: Հարմարության համար OZ առանցքը կապում են մարմնի զանգվածների կենտրոնի հետ, քանի որ այս դեպքում իներցիալ ուծի մոմենտը հավասարվում է զրոյի:

8. Իմպուլսի մոմենտ

- Նյութական կետի իմպուլսի մոմենտն O կետի նկատմամբ.

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}, \quad (4.19)$$

որտեղ $\vec{r}$ -ը նյութական կետի շառավիղ-վեկտորն է, իսկ $\vec{p}$ -ն՝ դրա իմպուլսը: Նկ.4.6-ում O կետի նկատմամբ $\vec{L}$ իմպուլսի մոմենտն ուղղված է դեպի մեզ: OZ առանցքի վրա $\vec{L}$ իմպուլսի մոմենտի L_z պրոյեկցիային անվանում են իմպուլսի մոմենտ այդ առանցքի վրա գտնվող կամայական O կետի նկատմամբ: L_z -ի արժեքը կախված չէ OZ առանցքի վրա O կետի ընտրությունից: Իմպուլսի մոմենտի միավորը ՄՀ-ում $1\text{կգ}\cdot\text{մ}^2/\text{վ}$, իսկ ԳՀ-ում՝ $1\text{գ}\cdot\text{սմ}^2/\text{վ}$:



- Անշարժ առանցքի շուրջը պտտվող պինդ մարմնի իմպուլսի մոմենտը.

$$L = I\omega, \quad (4.20)$$

որտեղ I-ն մարմնի իներցիայի մոմենտն է այդ առանցքի նկատմամբ, իսկ ω -ն՝ մարմնի անկյունային արագությունը:

- Մարմնի իմպուլսի մոմենտի կապը նրա վրա ազդող ուծի մոմենտի հետ (մոմենտների հավասարումը).

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}; \quad M_z = \frac{dL_z}{dt}. \quad (4.21)$$

9. Իմպուլսի մոմենտի պահպանման օրենքը

Փակ համակարգի իմպուլսի մոմենտը կամայական անշարժ կետի նկատմամբ ժամանակի ընթացքում չի փոփոխվում՝

$$\vec{L} = \text{const}, \quad (4.22)$$

որտեղ $\vec{L}$ -ը փակ համակարգի իմպուլսի մոմենտն է կամայական կետի նկատմամբ: Խնդիրների լուծման համար հարմար է օգտվել $\vec{L}_1 = \vec{L}_2$ գրելաձևից, որտեղ $\vec{L}_1$ -ը համակարգի իմպուլսի մոմենտն է ժամանակի t_1 պահին, իսկ $\vec{L}_2$ -ը՝ t_2 պահին: (4.22) օրենքը ճիշտ է միայն հաշվարկման իներցիալ համակարգերում: Ոչ փակ համակարգի համար այդ օրենքը կարելի է կիրառել, եթե տեղի ունի հետևյալ պայմաններից մեկը՝ ա) արտաքին ուժերի համագործակցությունը հավասար է զրոյի կամ այնքան փոքր է, որ կարելի է դրա ազդեցությունն անտեսել; բ) արտաքին ուժերի

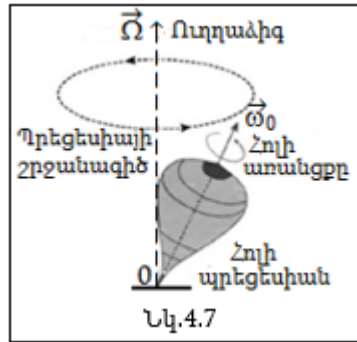
համագոր մոմենտը որևէ առանցքի նկատմամբ հավասար է գրոյի: Այս դեպքում համախմբի իմպուլսը պահպանվում է այդ առանցքի նկատմամբ; **գ)** համակարգը գտնվում է կենտրոնական ուժերի դաշտում:

• **Հոլի կոնապտույտը (պրեցեսիան).**

Երբ իր համաչափության առանցքի շուրջը ω_0 անկյունային արագությամբ պտտվող հոլի վրա ազդում է $\vec{M} = \vec{\Omega} \times \vec{L}$ ուժի մոմենտ, որտեղ $\vec{L}$ -ը հոլի իմպուլսի մոմենտն է այդ առանցքի նկատմամբ, ապա դրա շարժման հավասարումը կլինի՝

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\Omega} \times \vec{L} : \quad (4.23)$$

(4.23) հավասարումը նշանակում է, որ հոլի համաչափության առանցքը ուղղաձիգ առանցքի շուրջը պտտվում է $\vec{\Omega}$ անկյունային արագությամբ (Նկ.4.7): Հոլի այս շարժմանն անվանում են կոնապտույտ (պրեցեսիա):



10. Մարմինն առանցքի շուրջը պտտելու արտաքին ուժերի աշխատանքը

$$A = \int M_z d\varphi : \quad (4.24)$$

11. Պտտվող մարմնի կինետիկ էներգիան

• **Անշարժ առանցքի շուրջը պտտվող մարմնի կինետիկ էներգիան.**

$$W_{\text{կ}} = \frac{I\omega^2}{2} : \quad (4.25)$$

• **Միաժամանակ համընթաց և պտտական շարժում կատարող մարմնի կինետիկ էներգիան.**

$$W_{\text{կ}} = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{I_c\omega^2}{2}, \quad (4.26)$$

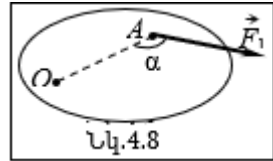
որտեղ v_c -ն մարմնի զանգվածների կենտրոնի արագությունն է, իսկ I_c - ն՝ մարմնի իներցիայի մոմենտը զանգվածների կենտրոնով անցնող պտտման առանցքի նկատմամբ:

Խնդիրներ

Ուժի մոմենտ: Ծանրության կենտրոն

◦4.1. Որոշեք $F = 2\text{ Ն}$ ուժի մոմենտի մոդուլը O կետի նկատմամբ, եթե $OA = 1\text{ սմ}$, $\alpha = 150^\circ$ (Նկ.4.8) :

◦4.2. $l = 1\text{ մ}$ երկարությամբ անկշիռ ձողի ծայրերին ամրացված են $m_1 = 1\text{ կգ}$ և $m_2 = 2\text{ կգ}$ զանգվածներով փոքր ծանրոցներ: Ձողի կենտրոնից ի՞նչ հեռավորության վրա է գտնվում այդ համակարգի ծանրության կենտրոնը:



◦4.3. $l = 1\text{ մ}$ երկարություն և $m_1 = 1\text{ կգ}$ զանգված ունեցող ձողի ծայրերին ամրացված են $m_2 = 1\text{ կգ}$ և $m_3 = 2\text{ կգ}$ զանգվածներով փոքր ծանրոցներ: Ձողի կենտրոնից ի՞նչ հեռավորության վրա է գտնվում այդ համակարգի ծանրության կենտրոնը:

◻4.4. $l = 1\text{ մ}$ երկարությամբ գլանաձև ձողի մի կեսը կազմված է ալյումինումից, իսկ մյուս կեսը՝ պողպատից: Ձողի կենտրոնից ի՞նչ հեռավորության վրա է գտնվում այդ համակարգի ծանրության կենտրոնը: Մետաղների խտություններն համարել հայտնի:

◻4.5. Միևնույն նյութից պատրաստված երկու գլաններ միացրել են իրար այնպես, որ դրանց առանցքները կազմել են մի գիծ: Առաջին գլանն ունի $h_1 = 20\text{ սմ}$ բարձրություն և $S_1 = 9\text{ սմ}^2$ լայնական հատույթի մակերես, երկրորդը՝ $h_2 = 12\text{ սմ}$ բարձրություն և $S_2 = 15\text{ սմ}^2$ հատույթի մակերես: Գլանների միացման կետից ի՞նչ հեռավորության վրա է գտնվում այդ համակարգի ծանրության կենտրոնը:

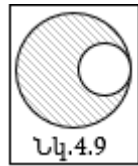
◻4.6. Հավասարակողմ եռանկյան երկու գագաթներից յուրաքանչյուրում ամրացրել են m զանգվածով գնդիկ, իսկ երրորդում՝ $2m$ զանգվածով: Եռանկյան կենտրոնից ի՞նչ հեռավորության վրա է գտնվում այդ համակարգի ծանրության կենտրոնը, եթե եռանկյան կողմի երկարությունը՝ $a = 12\text{ սմ}$:

●4.7. m , $2m$, $3m$, $4m$ զանգվածներով գնդիկները ամրացրել են $l = 1\text{ մ}$ կողմի երկարություն ունեցող քառաքուսու գագաթներին այնպես, որ m և $3m$ զանգվածներով գնդիկները գտնվում են տրամագծորեն հակադիր կողմերում: Որոշեք այդ համակարգի ծանրության կենտրոնի կոորդինատները, եթե O կետը համընկնում է m գնդիկի հետ, OX առանցքը անցնում է $4m$ գնդիկով, իսկ OY առանցքը՝ $2m$ գնդիկով:

◻4.8. Գլանային բարակ պատերով բաժակն ունի $h=10\text{ սմ}$ բարձրություն և $r=3\text{ սմ}$ շառավիղ: Բաժակի հատակից ի՞նչ հեռավորության վրա է գտնվում

վում ծանրության կենտրոնը, եթե պատի ու հատակի հաստությունները նույնն են: Ինչպե՞ս կտեղաշարժվի ծանրության կենտրոնը, եթե բաժակն ամբողջությամբ լցվի հեղուկով:

□4.9. $R=12$ սմ շառավիղ ունեցող համասեռ շրջանաձև թիթեղից կտրել են երկու անգամ ավելի փոքր շառավիղ ունեցող շրջան, որը շոշափում է առաջին շրջանը (Նկ.4.9): Շրջանաձև թիթեղի երկրաչափական կենտրոնից ի՞նչ հեռավորության վրա է գտնվում ստացված թիթեղի ծանրության կենտրոնը:

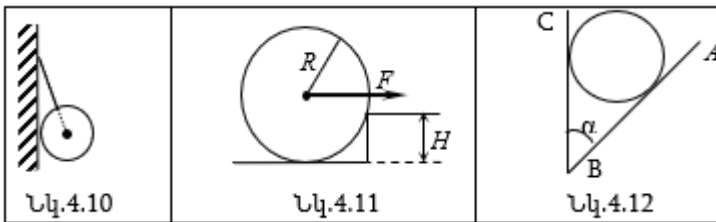


□4.10. $R=14$ սմ շառավղով համասեռ գնդի ներսում ստեղծել են գնդային խոռոչ, որի մակերևույթը շոշափում է գնդին և անցնում է դրա կենտրոնով: Գնդի երկրաչափական կենտրոնից ի՞նչ հեռավորության վրա է գտնվում ստացված մարմնի ծանրության կենտրոնը:

Ստատիկա

□4.11. l երկարությամբ թելի մի ծայրն ամրացրել են m զանգված և R շառավիղ ունեցող գնդի մակերևույթին, իսկ մյուս ծայրը՝ ուղղահիգ պատին (Նկ.4.10): Որոշեք այն ուժը, որով գունդը ճնշում է պատի վրա: Շփումն անտեսեք:

□4.12. m զանգվածով ծանր գունդը պետք է բարձրացնել H բարձրությամբ աստիճանի վրա (Նկ.4.11): Որոշեք այն նվազագույն հորիզոնական ուժը, որն անհրաժեշտ է կիրառել գնդի կենտրոնի վրա, եթե գնդի շառավիղն R է ($R > H$):



□4.13. m զանգվածով գունդը հենված է երկու հարթություններով կազմված ABC երկնիստ անկյան վրա, որի կողը գտնվում է հորիզոնական հարթության մեջ (Նկ.4.12): Հարթություններով կազմված անկյունը հավասար է α -ի: Որոշեք AB և BC պատերի վրա գնդի կողմից ազդող ճնշման ուժերը: Շփումն անտեսեք:

□4.14. Մարմնի զանգվածը որոշում են անհավասարաբազուկ լծակավոր

կշեռքով: Երբ մարմինը գտնվում է ձախ նժարի վրա, կշեռքը հավասարակշռելու համար աջ նժարի վրա տեղադրում են $m_1 = 2,5$ կգ զանգվածով ծանրոց: Երբ մարմինը գտնվում է աջ նժարի վրա, ապա ձախ նժարի վրա տեղադրում են $m_2 = 4,1$ կգ զանգվածով ծանրոց: Ինչքա՞ն է մարմնի զանգվածը: Լծակների և նժարների զանգվածներն անտեսեք:

○4.15. Գետնի վրա գտնվում է $m=100$ կգ զանգվածով գլանաձև գերան: Գերանի ծայրին ի՞նչ ուժ պետք է կիրառել, որպեսզի այն պոկվի գետնից:

○4.16. $m=100$ կգ զանգված ունեցող տախտակին նեցուկ է տրված նրա երկարության $n=0,4$ մասի վրա: Տախտակին ուղղահայաց ի՞նչ ուժ պետք է կիրառել նրա կարճ հատվածի ծայրին, որպեսզի տախտակը պահվի հավասարակշռության մեջ:

○4.17. Նույն հասակի երկու մարդ իրենց ուսերին են պահել $m=100$ կգ զանգվածով խողովակը: Դրանցից մեկը խողովակը պահում է ծայրից, իսկ երկրորդը՝ մյուս ծայրից, խողովակի երկարության $n=1/3$ -ի վրա: Ի՞նչ ուժով է խողովակը ճնշում մարդկանցից յուրաքանչյուրի ուսին:

□4.18. Հորիզոնական դիրքում գտնվող անկշիռ ձողը ծայրերով կախված է երկու ուղղաձիգ թելերից: Ձողին ամրացվաց են $m_1 = 1$ կգ և $m_2 = 2$ կգ զանգվածներով ծանրոցներ, որոնք իրարից և ծայրերից գտնվում են նույն l հեռավորության վրա (Նկ.4.13): Որոշեք թելերից յուրաքանչյուրի ձգման ուժը:

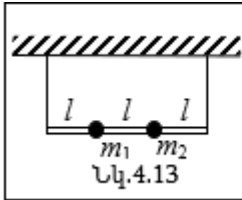
□4.19. Ուղղաձիգ դիրքում գտնվող, միևնույն երկարությամբ երկու զրուպանակներից հորիզոնական դիրքով կախված է $L=10$ սմ երկարությամբ անկշիռ ձող: Զսպանակների առաձգականության գործակիցներն են՝ $k_1 = 2$ Ն/մ և $k_2 = 3$ Ն/մ: Առաջին զսպանակից ի՞նչ հեռավորության վրա պետք է կախել ծանրոցը, որպեսզի ձողի հորիզոնականությունը չխախտըվի:

□4.20. Իդեալական ողորկ և հարթ պատին հենած սանդուղքը ուղղաձիգի նկատմամբ ի՞նչ ամենամեծ α անկյան տակ կարող է հավասարակշռության մեջ գտնվել, եթե սանդուղքի և հատակի միջև շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,3$: Այդ դեպքում աստիճանի վրա ազդող համագոր ուժը ի՞նչ անկյուն է կազմում ուղղաձիգի հետ: Սանդուղքը ծանրության կենտրոնը գտնվում է նրա մեջտեղում:

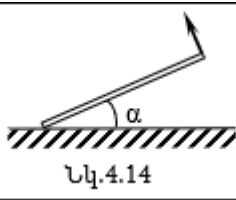
□4.21. Տախտակի ծայրը պահել են այնպես, որ այն հորիզոնական ուղղության հետ կազմում է $\alpha = 30^\circ$ անկյուն (Նկ.4.14): Տախտակի և հատակի միջև շփման գործակիցի ի՞նչ արժեքի դեպքում տախտակը կգտնվի հավասարակշռության վիճակում, եթե կիրառված ուժն ուղղահայաց է

տախտակին:

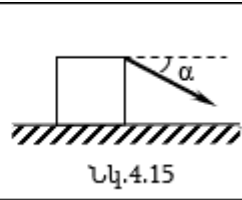
□4.22. Գետնին գտնվող $l = 1$ մ երկարությամբ տախտակի վրա դրված է համասեռ գլան, որի բարձրությունը $n=3$ անգամ մեծ է հիմքի տրամագրծից: Ի՞նչ առավելագույն բարձրության կարելի է հասցնել տախտակի ծայրերից մեկը, որպեսզի գլանը չըջվի:



Նկ.4.13



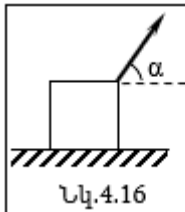
Նկ.4.14



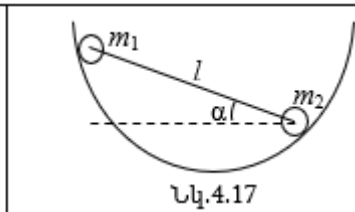
Նկ.4.15

□4.23. m զանգվածով խորանարդը գտնվում է հորիզոնական հարթության վրա: Ի՞նչ նվազագույն ուժով և հորիզոնի նկատմամբ ի՞նչ անկյան տակ պետք է քաշել խորանարդի վերին կողից, որպեսզի այն առանց սահելու շրջվի (Նկ.4.15): Շփման գործակիցը հավասար է μ -ի:

□4.24. Խորանարդային արկղի վերին կողից կապաց պարանի օգնությամբ, նրան հավասարաչափ տեղափոխում են հորիզոնական հարթության վրայով (Նկ.4.16): Հարթության և արկղի միջև շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,5$: Հորիզոնի նկատմամբ ի՞նչ նվազագույն անկյան դեպքում արկղը կսկսի պոկվել հարթությունից:



Նկ.4.16



Նկ.4.17

□4.25. m_1 և m_2 ($m_2 > m_1$) զանգվածներով գնդիկներն իրար են միացած l երկարությամբ անկշիռ կոշտ ձողով և դադարի վիճակում են գտնվում R շառավղով գնդային խոռոչում (Նկ.4.17): Հորիզոնի նկատմամբ ի՞նչ անկյան տակ է դիրքավորվում ձողը: Շփումն անտեսել:

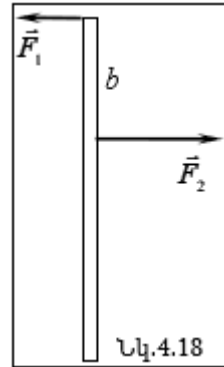
Հաշվարկման ոչինեքցիալ համակարգեր

□ 4.26. $m=1$ կգ զանգվածով և $l = 1$ մ երկարությամբ բարակ ձողը F_1 և F_2 ուժերի ազդեցությամբ համընթաց շարժում է կատարում $a = 2$ մ/վ² արագացմամբ (Նկ.4.18): b հեռավորությունը հավասար է 20 սմ-ի: Որոշեք այդ

ուժերը:

□4.27. Ի՞նչ առավելագույն արագությամբ կարող է մոտոցիկլավարը հորիզոնական հարթության վրա գծել $R=100$ մ շառավղով աղեղ, եթե սահքի շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,4$: Այդ դեպքում ուղղաձիգի նկատմամբ ի՞նչ անկյունով այն պետք է թեքվի:

□4.28. Մոտոցիկլավարը շարժվում է $R=100$ մ շառավղի ունեցող ուղղաձիգ գլանի ներքին մակերևույթով հորիզոնական հարթության մեջ գտնվող փակ շրջանագծով: Ի՞նչ նվազագույն արագություն պետք է ունենա մոտոցիկլավարը, եթե մակերևույթի և անիվների միջև սահքի շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,4$: Այդ դեպքում ուղղաձիգի նկատմամբ ի՞նչ անկյունով այն պետք է թեքվի:



Իներցիայի մոմենտ

●4.29. Որոշեք Երկրի իներցիայի մոմենտն իր առանցքի նկատմամբ:

■4.30. Յուրաքանչյուրը $m=10$ գ զանգվածով երեք գնդիկ տեղադրված են $l = 20$ սմ կողմի երկարությամբ կանոնավոր եռանկյան գագաթներին: Գնդիկներն իրար հետ ամրացված են բարակ, անկշիռ կոշտ ձողերով: Որոշեք այդ համակարգի իներցիայի մոմենտն այն առանցքի նկատմամբ, որն՝ **ա)** ուղղահայաց է եռանկյան հարթությանը և անցնում է նրա կենտրոնով; **բ)** ընկած է եռանկյան հարթության մեջ և անցնում է նրա միջնագծերից մեկով:

■4.31. Որոշեք a կողմ և m զանգված ունեցող մետաղալարից պատրաստված քառակուսու իներցիայի մոմենտն այն առանցքի նկատմամբ, որն՝ **ա)** ուղղահայաց է քառաքուսու հարթությանը և անցնում է նրա կենտրոնով; **բ)** ընկած է քառակուսու հարթության մեջ և անցնում է հակադիր կողմերի միջնակետերով: Յուրաքանչյուր դեպքում քանի՞ անգամ կփոխվի իներցիայի մոմենտը, եթե քառակուսին ձևափոխվի նույն պարագծով շրջանաղծի:

■4.32. R շառավղի և m զանգված ունեցող համասեռ շրջանաձև թիթեղից կտրել են երկու անգամ ավելի փոքր շառավղի ունեցող շրջան, որը շոշափում է առաջին շրջանը (Նկ.4.9): Որոշեք թիթեղի իներցիայի մոմենտն այն առանցքի նկատմամբ, որն ուղղահայաց է թիթեղի հարթությանը և անցնում է արտաքին շրջանի կենտրոնով:

■4.33. Որոշեք a և b կողմեր և m զանգված ունեցող համասեռ հարթ ուղ-

դանկյուն թիթեղի իներցիայի մոմենտն այն առանցքի նկատմամբ, որն՝ **ա)** ուղղահայաց է ուղղանկյան հարթությանը և անցնում է նրա կենտրոնով; **բ)** ընկած է ուղղանկյան հարթության մեջ և անցնում է a երկարություն ունեցող հակադիր կողմերի միջնակետերով:

■**4.34.** Որոշեք R շառավիղ և m զանգված ունեցող բարակ օղակի իներցիայի մոմենտն իր տրամագծով անցնող առանցքի նկատմամբ:

Պտտական շարժման դինամիկայի հիմնական Հավասարումը

●**4.35.** $m=12$ կգ զանգվածով և $R=0,2$ մ շառավղով բարակ օղակը պտտվում է իր հարթությանն ուղղահասակ և կենտրոնով անցնող առանցքի շուրջն այնպես, որ պտտման անկյունը ժամանակից կախված փոխվում է $\varphi = 4\pi - 2\pi t + 0,2t^2$ (ռադ) օրենքով: Որոշեք օղակի վրա ազդող ուժի մոմենտը $t=4$ վ պահին:

●**4.36.** $R=5$ սմ շառավղով $m=100$ կգ զանգվածով լիսեռը պտտվում էր իներցիայով $v=480$ ր⁻¹ հաստատուն հաճախությամբ: Դրա գլանային մակերևույթին փայտե չորսուի օգնությամբ սեղմեցին $F=40$ Ն հաստատուն ուժով, որի հետևանքով $t=10$ վ անց լիսեռը կանգ առավ: Որոշեք շփման գործակիցը:

●**4.37.** $R=0,2$ մ շառավղով համասեռ սկավառակի եզրին, շոշափողով ազդում է $F=100$ Ն հաստատուն ուժ: Բացի այդ, սկավառակի պտտման ժամանակ նրա վրա ազդում $M_{\eta} = 10$ Ն·մ դիմադրության ուժի մոմենտ: Որոշեք սկավառակի զանգվածը, եթե դրա անկյունային արագացումը $\varepsilon=100$ ռադ/վ²:

●**4.38.** $R=0,3$ մ շառավղով և $m=4$ կգ զանգվածով համասեռ սկավառակի եզրին, շոշափողով ազդում է $F=20$ Ն հաստատուն ուժ: Ինչքա՞ն կլինի սկավառակի պտտման հաճախությունը ուժի ազդման սկզբից $t=10$ վ անց:

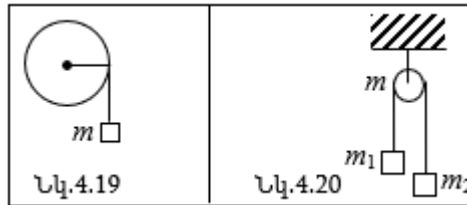
●**4.39.** $I=60$ կգ·մ² իներցիայի մոմենտով թափանիվը պտտվում էր իներցիայով $\omega_0 = 30$ ռադ/վ հաստատուն անկյունային արագությամբ, այնուհետև նրա վրա սկսեց ազդել արգելակող ուժ: Ինչքի՞ է հավասար այդ ուժի մոմենտը, եթե թափանիվը $t=20$ վ անց կանգ առավ: Թափանիվն այդ ընթացքում քանի՞ պտույտ կատարեց:

●**4.40.** $I=240$ կգ·մ² իներցիայի մոմենտով թափանիվը պտտվում է $v_0 = 20$ վ⁻¹ հաճախությամբ: Պտտող մոմենտի ազդեցությունը դադարեցնելուց հետո թափանիվը, կատարելով $N=1000$ պտույտ, կանգ առավ: Ինչքա՞ն ժամանակ դա տևեց: Ինչի՞ է հավասար շփման ուժի մոմենտը:

●**4.41.** $l = 1\text{մ}$ երկարությամբ և $m=0,5\text{կգ}$ զանգվածով համասեռ ձողը հորիզոնական հարթության մեջ պտտվում է իր ծայրերից մեկով անցնող ուղղահայթ առանցքի շուրջը: Ի՞նչ անկյունային արագացմամբ է պտըտվում ձողը, եթե դրա մյուս ծայրին ազդում է $F=10\text{Ն}$ շոշափող ուժ:

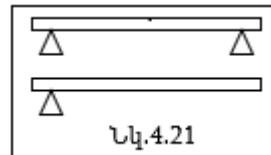
●**4.42.** $M=8\text{կգ}$ զանգված ունեցող համասեռ սկավառակի եզրը փաթաթված է թելով, որի ծայրից կախված է $m=1\text{կգ}$ զանգվածով ծանրոց (Նկ.4.19): Որոշեք ծանրոցի իջնելու արագացումը և թելի ձգման ուժը:

■**4.43.** $I=10\text{ կգ}\cdot\text{մ}^2$ իներցիայի մոմենտով և $R=0,5\text{մ}$ շառավղով թափանիվը փաթաթված է թելով, որի ծայրից կախված է $m=6\text{կգ}$ զանգվածով բեռ (Նկ. 4.19): Որոշեք բեռի արագացումը: Ինչքա՞ն է թափանիվի պտտման հաճախությունը այն պահին, երբ բեռը շարժման սկզբից հաշված իջնում է $h=2\text{մ}$ -ով:



■**4.44.** $m=0,5\text{ կգ}$ զանգվածով անշարժ ճախարակի վրայով գցած թելի ծայրերից կախված են $m_1 = 2\text{կգ}$ և $m_2 = 0,25\text{կգ}$ զանգվածներով ծանրոցներ (Նկ.4.20): Որոշեք ծանրոցների արագացումներն ու թելերի ձգման ուժերի հարաբերությունը: Ճախարակը համարել համասեռ սկավառակ, իսկ թելը՝ անկշիռ և չձգվող:

■**4.45.** m զանգվածով համասեռ գերանն իր ծայրերով տեղադրված է երկու հենարանների վրա: Հենարաններից մեկը հարվածով հեռացվում է (Նկ.4.21): Այդ բանից անմիջապես հետո ի՞նչ ճնշման ուժ կազդի մյուս հենարանի վրա:



■**4.46.** 4.18. խնդրում որոշեք ձախ թելի ձգման ուժը այն բանից անմիջապես հետո, երբ կտրվում է աջ թելը:

■**4.47.** Հորիզոնական հարթության վրա ընկած գլանն ունի $m=200\text{կգ}$ զանգված և գտնվում է դադարի վիճակում: Գլանի կենտրոնին կիրառեցին $F=1,2\text{կՆ}$ հաստատուն հորիզոնական ուժ: Որոշեք գլանի կենտրոնի արագացումը և շփման ուժը, եթե գլանը՝ ա) հոծ է; բ) սնամեջ է: Մահքի շփման գործակիցը համարեք բավականին մեծ, իսկ գլորման շփումն անտեսեք:

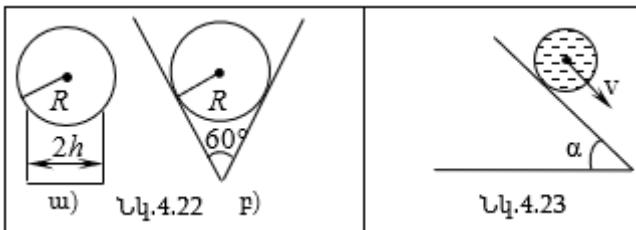
■4.48. Սկավառակը առանց սահքի գլորվում է թեք հարթությամբ, որը հորիզոնի նկատմամբ թեքված է $\alpha = 30^\circ$ անկյունով: Որոշեք սկավառակի կենտրոնի արագացումը: Դա համեմատեք թեք հարթությամբ առանց շփման սահող մարմնի արագացման հետ:

■4.49. Լուծեք նախորդ խնդիրը, սկավառակը փոխարինելով՝ ա) համասեռ օղակով; բ) համասեռ գնդով:

■4.50. Այսպես կոչված «Մաքսվելի ճոճանակը» պատրաստում են հետևյալ կերպ. $r=1$ սմ շառավղով առանցքի կենտրոնում ամրացվում է $R=10$ սմ շառավղով սկավառակ: Ճոճանակի առանցքը երկու կողմերից փաթաթում են թելեր, որոնց ազատ ծայրերից կախելուց այն ընդունում է հորիզոնական դիրք: Երբ սկավառակը բաց ենք թողնում, թելերը քանդվում են և սկավառակը արագացումով իջնում է ներքև, այնուհետև թելերը սկսում են փաթաթվել առանցքին և սկավառակը սկսում է վերև բարձրանալ: Արդյունքում սկավառակը ուղղաձիգ հարթությունում տատանումներ է կատարում: Որոշեք սկավառակի կենտրոնի իջնելու արագացումը: Առանցքի զանգվածը համարեք շատ փոքր սկավառակի զանգվածից:

■4.51. m զանգվածով, R շառավղով և իր համաչափության առանցքի նկատմամբ I իներցիայի մոմենտով օժտված պտտվող մարմինը գլորվում է թեք հարթությունով: Մարմնի և հարթության միջև սահքի շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,3$: Ի՞նչ պայմանի պետք է բավարարի հարթության թեքության անկյունը, որպեսզի մարմինն առանց սահքի գլորվի: Քննարկեք օղակի, սկավառակի և գնդի մասնավոր դեպքերը:

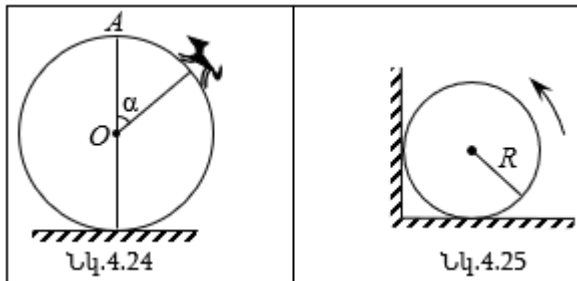
■4.52. Գունդն առանց սահքի գլորվում է հորիզոնի նկատմամբ α թեքությամբ ակոսով: Ակոսի լայնական հաթույտի տեսքը բերված է Նկ.4.22-ի ա)-ում և բ)-ում: Որոշեք գնդի կենտրոնի արագացումը:



■4.53. M սեփական զանգված և R շառավղի ունեցող տակաոն ամբողջությամբ լցված է m զանգվածով հեղուկով: Ի՞նչ արագացմամբ է տակաոն առանց սահքի գլորվում α թեքությամբ հարթությունով (Նկ.4.23): Տակա-

ոի պատերի և հեղուկի միջև շփումն անտեսեք: Տակաոր համարեք բարակ պատերով գլան, իսկ ճակատային պատերի զանգվածն անտեսեք:

■4.54. Հորիզոնական հարթության վրա գտնվող $M=50\text{կգ}$ զանգվածով սնամեջ գլանի մակերևույթով դեպի A կետ սկսում է վազել $m=5\text{կգ}$ զանգվածով շունն այնպես, որ նա այդ կետից միշտ գտնվում է նույն հեռավորության վրա, որին համապատասխանում է $\alpha = 60^\circ$ անկյուն (Նկ.4.24): Դրա արդյունքում գլանը սկսում է առանց սահքի գլորվել: Որոշեք՝ ա) գլանի գծային արագացումը; բ) շան կողմից զարգացրած քարշի ուժը:



■4.55. $R=0,1$ մ շառավղով համասեռ գլանին $v=10\text{մ/վ}^{-1}$ պտտման հաճախություն հաղորդելուց հետո հենել են ուղիղ անկյուն կազմող պատին (Նկ. 4.25): Գլանի և պատերի միջև սահքի շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,2$: Քանի՞ պտույտ կկատարի այն մինչև կանգ առնելը:

■4.56. R շառավղով բարակ անվառական իր առանցքի շուրջը մինչև ω անկյունային արագությունը պտտելուց հետո տեղադրել են հորիզոնական հարթության վրա: Որքա՞ն ժամանակ անց անվառակը կանգ կառնի, եթե անվառակի և հարթության միջև սահքի շփման գործակիցը μ է: Այդ ընթացքում քանի՞ պտույտ այն կկատարի:

■4.57. Նախորդ խնդիրը լուծեք սկավառակի համար:

Կինետիկ էներգիա և աշխատանք

●4.58. $m=1$ կգ զանգվածով համասեռ սկավառակը առանց սահքի $v=2$ մ/վ արագությամբ գլորվում է հորիզոնական հարթությամբ: Որոշեք դրա կինետիկ էներգիան:

●4.59. Նախորդ խնդրում սկավառակը փոխարինեք՝ ա) անվազոտիով; բ) հոծ գնդով:

●4.60. $m=5$ կգ զանգվածով սկավառակի եզրագծի շոշափողով ազդում է $F=20\text{Ն}$ հաստատուն ուժ: Որոշեք սկավառակի կինետիկ էներգիան ուժի

ազդման սկզբից $t=5$ վ անց:

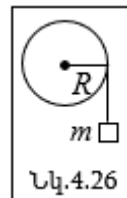
●**4.61.** Պտտվող թափանիվն ունի $W_1 = 1$ կՋ կինետիկ էներգիա: Արգելակող հաստատուն մոմենտի ազդեցության տակ թափանվի պտույտը սկսեց դանդաղել և կատարելով $N=80$ պտույտ՝ կանգ առավ: Որոշեք արգելակող ուժի մոմենտը:

●**4.62.** Թափանիվը սկսեց պտտվել $\varepsilon=0,5$ ռադ/վ² անկյունային արագացմամբ և պտտվելու սկզբից $t=20$ վ անց ձեռք բերեց $W_1 = 500$ Ջ կինետիկ էներգիա: Որոշեք թափանիվի իմպուլսի մոմենտն այդ պահին և դրա վրա ազդող ուժի մոմենտը:

■**4.63.** $I=2$ կգ·մ² իներցիայի մոմենտով անիվը պտտվելով հավասարաչափ դանդաղումով, $t=1$ րոպեի ընթացքում պտտման հաճախությունը $\nu_1 = 300$ ր⁻¹ արժեքից փոքրացրեց մինչև $\nu_2 = 120$ ր⁻¹ արժեքը: Որոշեք արգելակող ուժի մոմենտը, արգելակող ուժի աշխատանքը, անկյունային արագացումը և այդ ընթացքում կատարված պտույտների թիվը:

●**4.64.** Էլեկտրաշարժիչը զարգացնում է $N=500$ Վտ հզորություն, իսկ նրա խարիսխը պտտվում է $\nu=1500$ ր⁻¹ հաճախությամբ: Որոշեք խարիսխի վրա ազդող պտտող մոմենտը:

■**4.65.** Թափանվին ամրացրած, $R=9$ սմ շառավղով փոկանիվը փաթաթված է թելով, որի ծայրից կախված է $m=0,1$ կգ զանգվածով բեռ (Նկ.4.26): Սկզբում թափանիվը և բեռը դադարի վիճակում են: Երբ բեռն իջնում է $h_1 = 1$ մ հեռավորությամբ, այն հասնում է իր ամենացածր կետին և թելն աբողջությամբ քանդվում է: Դրանից հետո թափանիվն իներցիայով շարունակում է պտտվել, որի հետևանքով թելը սկսում է փաթաթվել փոկանվին և բեռը բարձրացնում է մինչև $h_2 = 0,8$ մ բարձրության վրա: Թափանվի վրա ազդող շփման ուժի մոմենտը համարելով հաստատուն, որոշեք դրա մեծությունը:



Իմպուլսի մոմենտ

●**4.66.** Որոշեք Երկրի իմպուլսի մոմենտը և կինետիկ էներգիան, այն արտահայտելով համապատասխան պտտման պարբերություններով՝ **ա)** Երկրի օրական պտույտի համար; **բ)** Երկրի տարեկան պտույտի համար:

●**4.67.** $m_1 = 60$ կգ զանգվածով մարդը կանգնած է $m_2 = 200$ կգ զանգված և $R=1,5$ մ շառավղի ունեցող անշարժ կառամատույցի եզրին, որը կարող է պտտվել իր կենտրոնով անցնող ուղղաձիգ առանցքի շուրջը: Կառամատույցի եզրագծով մարդը դրա նկատմամբ սկսեց շարժվել $v=4$ մ/վ արա-

գության: Ի՞նչ հաճախությամբ կսկսի պտտվել կառամատույցը: Ի՞նչ անկյունով կպտտվի կառամատույցն այն ժամանակի ընթացքում, երբ մարդը շրջանցելով դրա եզրագիծը վերադառնում է իր ելման դիրքին: Կառամատույցը համարեք համասեռ սկավառակ, իսկ մարդու չափսերն անտեսեք:

●**4.68.** $m_2 = 60$ կգ զանգվածով մարդը կանգնած է $m_1 = 200$ կգ զանգված ունեցող և իր կենտրոնով անցնող ուղղաձիգ առանցքի շուրջը $\nu_1 = 15$ պտ/րոպ հաճախությամբ պտտվող կառամատույցի եզրին: Ի՞նչ հաճախությամբ կսկսի պտտվել կառամատույցը, եթե մարդը եզրից տեղափոխվի դրա կենտրոնը: Կառամատույցը համարեք համասեռ սկավառակ, իսկ մարդու չափսերն անտեսեք:

●**4.69.** Նախորդ խնդրում որոշեք, թե քանի՞ անգամ և որքանո՞վ կմեծանա համակարգի մեխանիկական էներգիան: Կառամատույցի շառավիղը $R = 1,5$ մ:

Պահպանման օրենքների կիրառումը

●**4.70.** Սկավառակն առանց սահքի սկսեց գլորվել $h=1$ մ բարձրությամբ թեք հարթության գագաթից (h -ը էապես մեծ է սկավառակի շառավղից): Որոշեք սկավառակի կենտրոնի արագությունը թեք հարթության հիմքի մոտ: Այդ արագությունը համեմատեք, նույն հարթությունից առանց շրփման սահող մարմնի ձեռք բերած արագության հետ:

●**4.71.** Լուծեք նախորդ խնդիրը, սկավառակը փոխարինելով՝ ա) անվազոտիով; բ) հոծ գնդով:

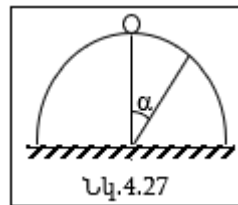
●**4.72.** Սեղանին ուղղաձիգ դիրքով տեղադրված $l = 30$ սմ երկարությամբ մատիտը ընկավ սեղանի վրա այնպես, որ նրա ներքնի ծայրը մնաց տեղում: Որոշեք մատիտի վերին ծայրի գծային և անկյունային արագությունները սեղանին ընկնելու պահին: Ստացված արդյունքը համեմատեք այն արդյունքի հետ, որը կստացվեր նյութական կետի համար, եթե այն ամրացված լիներ նույն երկարության անկշիռ ձողի վերին ծայրին:

■**4.73.** $l = 15$ սմ երկարություն ունեցող բարակ ձողը մի ծայրից կախված է հորիզոնական առանցքից, որի շուրջն այն առանց շփման կարող է պտտվել: Ի՞նչ արագություն պետք է հաղորդել ձողի ներքնի ծայրին, որպեսզի այն ուղղաձիգի նկատմամբ շեղվի $\varphi = 60^\circ$ անկյունով: Ստացված արդյունքը համեմատեք այն արդյունքի հետ, որը կստացվեր նույն երկարության անկշիռ թելից կախված նյութական կետի համար:

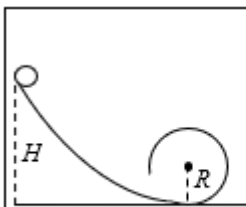
■**4.74.** Գնդիկն դադարի վիճակից առանց սահքի գլորվում է կիսագնդի մակերևույթի վերին կետից (Նկ.4.27): Որոշեք α անկյունը, որի դեպքում այն կպոկվի կիսագնդի մակերևույթից: Քննարկեք հետևյալ դեպքերը՝

ա) գնդիկը հոծ է; բ) գնդիկը սնամեջ է:

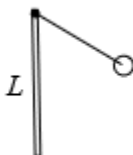
■4.75. Դադարի վիճակում գտնվող գնդիկն առանց սահքի սկսում է գլորվել $H=70$ սմ բարձրությամբ թեք ձուռով, որը վերածվում է $R=40$ սմ շառավիղ ունեցող «մահական օղակի» (Նկ.4.28): Ի՞նչ բարձրության վրա գնդիկը կպնկվի օղակից: Որքա՞ն պետք է լինի այն նվազագույն H_{min} բարձրությունը, որից գլորվելիս գնդիկը կարողանա կատարել լրիվ պտույտ՝ առանց օղակից պոկվելու:



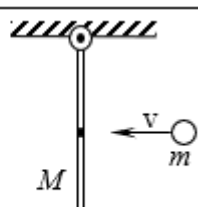
Նկ.4.27



Նկ.4.28



Նկ.4.29



Նկ.4.30

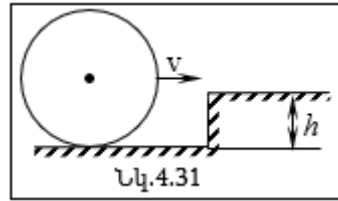
■4.76. $L=1$ մ երկարության ձողը և թելից ամրացված գնդիկը կախված են նույն առանցքից (Նկ.4.29): Դրանց զանգվածներն իրար հավասար են: Գնդիկը շեղել են ինչ-որ անկյունով և բաց թողել: Ինչքա՞ն է թելի երկարությունը, եթե գնդիկը ձողի հետ բացարձակ առաձգականորեն բախվելուց հետո անմիջապես կանգ է առնում:

■4.77. M զանգված և l երկարություն ունեցող համասեռ ձողը կախված է շփում չունեցող հողակապից: Չյութից պատրաստված m զանգվածով փոքրիկ գնդիկը, հորիզոնական ուղղությամբ թռչելով v արագությամբ, հարվածում է ձողին կենտրոնին և կպնվում նրա վրա (Նկ.4.30): Ուղղաձիգի նկատմամբ ի՞նչ առավելագույն անկյունով կշեղվի ձողը:

■4.78. $l = 1,5$ մ երկարություն և $M = 10$ կգ զանգված ունեցող համասեռ ձողն ուղղաձիգ դիրքով իր մի ծայրից կախված է հորիզոնական առանցքից, որի շուրջն առանց շփման կարող է պտտվել: Ձողի ներքին ծայրին հարվածում է, հորիզոնական ուղղությամբ $v_0 = 600$ մ/վ արագությամբ շարժվող, $m=10$ գ զանգվածով գնդակը: Ծակելով ձողը, գնդակը շարունակում է իր շարժումը: Որոշեք գնդակի արագությունը ձողը ծակելուց հետո, եթե դրա հետևանքում ձողը ուղղաձիգի նկատմամբ շեղվում է $\alpha = 10^\circ$ անկյունով:

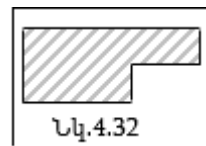
■4.79. Որոշեք R շառավիղով անվագոտու տոխչի բարձրությունը, եթե նա v հորիզոնական արագությամբ բախվում է $h < R$ բարձրությամբ աստիճա-

նին (Նկ.4.31): Քննարկեք բախման հետևյալ դեպքերը՝ ա) առանց շփման; բ) շփման առկայությամբ, սակայն առանց սահքի: Բախման պահին անվագոտին չի պտտվում:



Հարցեր

- 1. Ուժի ո՞ր ազդեցությունն է բնութագրում ուժի մոմենտը:
- 2. Ուժի մոմենտի արտահայտությունը կետի նկատմամբ գրեք վեկտորական տեսքով: Ինչպե՞ս են որոշում ուժի մոմենտի ուղղությունը:
- 3. Ո՞րն է ուժի մոմենտի միավորը միավորների ՄՀ-ում: Այդ միավորն արտահայտեք ՄՀ-ի հիմնական միավորներով:
- 4. Ո՞րն է կոչվում ուժի բազուկ:
- 5. Ինչու՞ են ժամացույցի մասերի առանցքների ծայրերը հնարավորինս սուր անում:
- 6. Ո՞ր կետին են անվանում մարմնի ծանրության կենտրոն:
- 7. Բերեք մարմնի օրինակ, որի ծանրության կենտրոնը գտնվում է այդ մարմնի սահմաններից դուրս:
- 8. Ո՞ր կետին են անվանում մարմնի զանգվածների կենտրոն: Ե՞րբ է մարմնի զանգվածների կենտրոնը համընկնում ծանրության կենտրոնի հետ:
- 9. Ինչպե՞ս գտնել մարմնի ծանրության կենտրոնը, եթե նրա առանձին մասերի ծանրության կենտրոնների դիրքերը հայտնի են:
- 10. Փորձնականորեն ինչպե՞ս կարելի է որոշել կամայական ձևի հարթ մարմնի ծանրության կենտրոնը:
- 11. Համասեռ ձողի ծայրից ինչքա՞ն պետք է կտրել, որպեսզի նրա ծանրության կենտրոնը տեղա շարժվի 1սմ-ով:
- 12. Օգտվելով միայն քանոնից և չկատարելով ոչ մի հաշվարկ, կառուցման միջոցով որոշեք Նկ.4.32-ում պատկերված համասեռ թիթեղի ծանրության կենտրոնի դիրքը:
- 13. Ձողը մատի վրա պետք է պահվի ուղղաձիգ

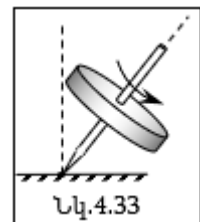


դիրքով: Ձողը ծանրության կենտրոնը տեղա-
շարժված է դեպի մի ծայրը: Ինչպե՞ս է հեշտ դա իրականացնել՝
ծանր ծայրով դեպի ներքև, թե՞ վերև:

- 14. Ճոպանի վրայով քայլելիս մարդն իր հավասարակշռությունը հեշտ է պահում, եթե նա հորիզոնական դիրքում ձեռքերով պահում է ծանր ձող: Ինչու՞:
- 15. Նշեք հավասարակշռության երեք հիմնական տեսակները և տվեք դրանց սահմանումներն: Ինչպե՞ս կարելի է բնութագրել հավասարակշռության այդ տեսակները մարմնի պոտենցիալ էներգիայի միջոցով:
- 16. Ինչու՞ գուգահեռանիստի տեսքով մարմինը (օրինակ, աղյուսը) շրջելու նկատմամբ ավելի կայուն է, եթե այն տեղադրված է լայն հիմքի վրա:
- 17. Ինչու՞ ավտոբուսում կանգնած մարդը, որը ձեռքերով ծանր պայուսակներ է բռնած, ավելի կայուն է ավտոբուսի արագացման կամ արգելակման նկատմամբ:
- 18. Ձևակերպեք լծակի հավասարակշռության պայմանը:
- 19. Ինչու՞ աթոռին նստաց մարդը կանգնելու համար թեքվում է առաջ:
- 20. Մանդուլքը հենված է ուղղաձիգ պատին: Կարո՞ղ է արդյոք սանդուղքը գտնվել հավասարակշռության մեջ, եթե նրա ու պատի միջև շփման ուժ կա, իսկ հատակն իդեալական ողորկ է:
- 21. Ինչու՞ երկար ձողը հորիզոնական դիրքում հեշտ է պահել մեջտեղից բռնելով, քան թե ծայրերից մեկից:
- 22. Մարմնի վրա ազդող ուժերի համագործը հավասար է զրոյի: Նշանակու՞մ է արդյոք, որ տվյալ մարմինը գտնվում է հավասարակշռության վիճակում:
- 23. Ինչպե՞ս իրեն կպահի մարմինը, եթե նրա վրա ազդող համագործ ուժի ազդման գիծը՝ **ա)** չի անցնում զանգվածների կենտրոնով; **բ)** անցնում է զանգվածների կենտրոնով:
- 24. Պինդ մարմնի n° ր շարժումն է կոչվում համընթաց: Բերեք համընթաց շարժման օրինակներ:
- 25. Ո՞րն է կոչվում պտտման ակնթարթային առանցք: Որտե՞ղ է

գտնվում գլորվող անվի ակնթարթային առանցքը:

- 26. Ո՞րն է կոչվում իներցիայի մոմենտ: Ի՞նչ միավորներով է այն չափվում միավորների ՄՀ-ում:
- 27. Ընդհանուր դեպքում ինչպե՞ս են հաշվում մարմնի իներցիայի մոմենտը:
- 28. Իներցիայի մոմենտի համանմանը ո՞րն է հանդիսանում մարմնի համընթաց շարժման ժամանակ:
- 29. Կախվա՞ծ է արդյոք մարմնի իներցիայի մոմենտը իր պտտման արագությունից:
- 30. Գրեք պտտական շարժման դինամիկայի հիմնական հավասարումը:
- 31. Ինչու՞ մն է կայանում պտտական և համընթաց շարժումները նկարագրող բանաձևերի ձևական համանմանությունը:
- 32. Ինչպե՞ս իրեն կպահի մարմինը, եթե պտտման անկյունային արագությունը և դրա վրա ազդող ուժի մոմենտն ունեն` **ա)** նույն ուղղություն: **բ)** հակադիր ուղղություն:
- 33. Հոծ գլանը, սնամեջ գլանը և հոծ գունդը առանց սահքի միաժամանակ սկսում են գլորվել թեք հարթության նույն մակարդակից: Դրանցից ո՞րն ավելի շուտ կհասնի թեք հարթության հիմքին: Ազդող մ են արդյոք դրանց իջնելու ժամանակի վրա մարմնի զանգվածը և շառավիղը:
- 34. Ավտոմեքենան կտրուկ տեղից շարժվելուց ինչու՞ է «սեղմվում» ետևի անիվներին, իսկ արգելակման դեպքում՝ առջևի:
- 35. Ինչու՞ թեք դիրքով գլորվող մետաղադրամը կատարում է կորագիծ շարժում: Ո՞ր ուժն է նրան ստիպում մի կողմի թեքվել:
- 36. Ո՞րն է կոչվում պրեցեսիա (կոնապտույտ):
- 37. Ինչու՞ հորիզոնական հարթության վրա տեղադրված պտտվող հողը (ի տարբերություն չպտտվողի) չի ընկնում:
- 38. Հողի պտտման ուղղությունը բերված է Նկ.4.33-ում: Ո՞ր ուղղությամբ պրեցեսիա կկատարի հողը:
- 39. Նավերին, ինքնաթիռներին և տիեզերական սարքավորումներին տարածականորեն կողմ նորոշելու համար օգտագործում են հոլակ-



ներ՝ մասիվ մարմիններ, որոնք մեծ արագությամբ պտտվում են իրենց համաչափության առանցքի շուրջը: Ի՞նչ սկզբունքի վրա է հիմնված հոլակների կիրառությունը:

- 40. Գնդակը պատին հարվածում է նորմալի նկատմամբ α անկյան տակ և անդրադառնում՝ β անկյան տակ: Անդրադարձման β անկյունը համեմատեք անկման α անկյան հետ, եթե՝ **ա)** շփում չկա և գնդակը չի պտտվում; **բ)** գնդակը չի պտտվում, սակայն պատի և գնդակի միջև կա շփման ուժ; **գ)** գնդակը պտտվում է և կա շփման ուժ:
- 41. Ո՞րն է կոչվում իմպուլսի մոմենտ: Գրեք իմպուլսի մոմենտի վեկտորական արտահայտությունը:
- 42. Ո՞րն է իմպուլսի մոմենտի միավորը միավորների ՄՀ-ում: Այդ միավորն արտահայտեք ՄՀ-ի հիմնական միավորներով:
- 43. Պտտվող մարմնի համար գրեք այն բանաձևը, որը կապ է հաստատում իմպուլսի և իներցիայի մոմենտների միջև:
- 44. Հաշվարկման n ՝ համակարգում է մարմինների համակարգի իմպուլսի մոմենտը կախված չէ այն կետի ընտրությունից, որի նկատմամբ այն որոշվում է:
- 45. Ձևակերպեք իմպուլսի մոմենտի պահպանման օրենքը:
- 46. Հատակին գտնվող փոշեկուլը միացման առաջին պահին պտտվում է ոչ մեծ անկյունով: Ինչու՞ է դա տեղի ունենում:
- 47. Ուղղաթիռները բացի հորիզոնական հարթության մեջ գտնվող տանող պտուտակից, հետնամասում ունեն փոքր պտուտակ, որը պտտվում է ուղղաձիգ հարթության մեջ: Ո՞րն է դրա նշանակությունը:
- 48. Ոտքերն ու ձեռքերը սեղմած մարդը նստած է պտտվող բազկաթոռին: Ինչպե՞ս կփոխվի բազկաթոռի պտտման արագությունը, եթե մարդը ձեռքերը կողմ պարզի:
- 49. Սառույցի վրա, իր ուղղաձիգ առանցքի շուրջը պտտվող չմշկորդը, ձեռքերի օգնությամբ ինչպե՞ս է կարողանում մեծացնել կամ փոքրացնել պտտման արագությունը:
- 50. Հայտնի, որ կամայական դիրքից ընկնող կատուն միշտ թաթերի

վրա է գետնին հասնում: Ինչպե՞ս է կարողանում դա իրականացնել
և իմպուլսի մոմենտի պահպանման օրենքի հիման վրա, ինչպե՞ս
բացատրել կատվի այդ գործողությունը:

- 51. Ի՞նչ բանաձևով են հաշվում մարմնի պտտելու աշխատանքը:
- 52. Գրեք պտտվող մարմնի կինետիկ էներգիայի բանաձևը:

Հիմնավորեք պնդումների ճիշտ և սխալ լինելը

4.1. ա) Ուժի պտտող (ռոտորո) ազդեցությունը բնութագրող մեծությանն անվանում են ուժի մոմենտ; **բ)** Ուժի մոմենտը որևէ կետի նկատմամբ հանդիսանում է վեկտորական մեծություն, իսկ ուժի մոմենտը որևէ առանցքի նկատմամբ՝ սկալյար մեծություն; **գ)** Եռանկյան տեսք ունեցող համասեռ թիթեղի ծանրության կենտրոնը գտնվում է այդ եռանկյան բարձրությունների հատման կետում; **դ)** Եթե պինդ մարմնի որևէ կետի վրա միաժամանակ կիրառված են $\vec{F}_1$ և $\vec{F}_2$ ուժեր, որոնք իրար հետ սուր անկյուն են կազմում, ապա դրանց $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ համագոր ուժի մոմենտը կամայական O կետի նկատմամբ մեծ է բաղադրիչ ուժերի մոմենտների վեկտորական գումարից՝ $\vec{M} > \vec{r} \times \vec{F}_1 + \vec{r} \times \vec{F}_2$, որտեղ $\vec{r}$ -ը համագոր ուժի կիրառման կետի շառավիղ-վեկտորն է O կետի նկատմամբ:

4.2. ա) Ուժի բազուկ որևէ առանցքի նկատմամբ կոչվում է այդ առանցքից մինչև ուժի ազդման գիծը եղած ամենակարճ հեռավորությունը; **բ)** Ուժի մոմենտը OZ առանցքի նկատմամբ, երբ ուժն ուղղահայաց է այդ առանցքին, կոչվում է $M_z = Fl$ սկալյար մեծությունը, որտեղ l -ը F ուժի բազուկն է; **գ)** Եթե պտտվող հարթակի վրա կանգնած մարդը հարթակի եզրից շարժվի դեպի հարթակի կենտրոնը, ապա հարթակի անկյունային արագությունը կնվազի; **դ)** Եթե $\vec{F}_1$ և $\vec{F}_2$ տաբեր ուժերի համար $F_1 l_1 = F_2 l_2$, որտեղ l_1 -ը և l_2 -ը այդ ուժերի բազուկներն են, ապա դրանց համատեղ ազդեցությունը պտույտ չի կարող առաջացնել:

4.3. ա) OZ առանցքի նկատմամբ $M_z = Fl$ ուժի մոմենտը համարվում է բացասական, եթե այդ առանցքի դրական ուղղությունից նայելիս այդ մոմենտի ստեղծած պտույտը տեղի է ունենում ժամսլաքի շարժման ուղղությամբ; **բ)** Միավորների ՄՀ-ում ուժի մոմենտի միավորը $1\text{Ն}\cdot\text{մ}$ է, իսկ

գառուսյան համակարգում՝ $1\text{դին.սմ-ը: } 1\text{Նմ} = 10^7\text{դին-սմ; } \mathbf{q)}$ Եթե պինդ մարմինն OZ առանցքի շուրջը հաստատուն M_z արտաքին ուժի մոմենտի ազդեցությամբ պտտվել է φ անկյունով, ապա այդ պտտման աշխատանքը կլինի $M_z \cdot \varphi$; $\mathbf{r)}$ Ուժի մոմենտ կամայական O կետի նկատմամբ կոչվում է $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ վեկտորական մեծությունը, որտեղ $\vec{r}$ -ը F ուժի կիրառման կետի շառավիղ-վեկտորն է O կետի նկատմամբ:

4.4. ա) Եռանկյան տեսք ունեցող համասեռ թիթեղի ծանրության կենտրոնը գտնվում է այդ եռանկյան միջնագծերի հատման կետում; **բ)** Ուժի մոմենտի սահմանումից հետևում է, որ դրա արժեքը որևէ առանցքի նկատմամբ չի փոխվի, եթե ուժի կիրառման կետը տեղափոխվի ուժի ազդման գծի երկայնքով; **գ)** OZ առանցքի նկատմամբ $M_z = Fl$ ուժի մոմենտը հանդիսանում է O կետի նկատմամբ $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ ուժի մոմենտի պրոյեկցիան այդ առանցքի վրա, որտեղ $\vec{r}$ -ը F ուժի կիրառման կետի շառավիղ-վեկտորն է հաշված O կետից; **դ)** Եթե մասնիկների համախմբի վրա ազդող ուժի մոմենտը հանդիսանում է $\vec{M} = M_x \vec{j} + M_z \vec{k}$ -ն, ապա կպահպանվի այդ համախմբի $\vec{L}$ իմպուլսի մոմենտի L_y բաղադրիչը:

4.5. ա) Համակարգի ներքին ուժերի մոմենտների վեկտորական գումարը կամայական O կետի նկատմամբ հավասար է զրոյի; **բ)** Նյութական կետի իմպուլսի մոմենտ կամայական O կետի նկատմամբ կոչվում է $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ մեծությունը, որտեղ $\vec{r}$ -ը նյութական կետի շառավիղ-վեկտորն է, իսկ $\vec{p}$ -ն՝ դրա իմպուլսը; **գ)** Կամայական առանցքի նկատմամբ մարմնի իներցիայի մոմենտը հավասար է մարմնի իներցիայի կենտրոնով անցնող գուգահեռ առանցքի նկատմամբ I_c իներցիայի մոմենտին, գումարած այդ առանցքների միջև եղած l հեռավորության քառակուսու և մարմնի m զանգվածի արտադրյալը՝ $I = I_c + ml^2$; **դ)** Իմպուլսի մոմենտն OZ առանցքի նկատմամբ, երբ նյութական կետի իմպուլսն ուղղահայաց է այդ առանցքին, համարվում է $L_z = pl$ մեծությունը, որտեղ l -ը առանցքից մինչև նյութական կետը եղած ամենակարճ հեռավորությունն է:

4.6. ա) Պինդ մարմնի պտտական շարժման դեպքում նրա իներտության քանակական չափը բնութագրվում է իներցիայի մոմենտով և ոչ թե զանգվածով; **բ)** Համակարգի $\vec{L}$ իմպուլսի մոմենտը կամայական O կետի

նկատմամբ հավասար է համակարգի մեջ մտնող բոլոր մարմինների այդ նույն կետի նկատմամբ իմպուլսի մոմենտների վեկտորական գումարին՝ $\vec{L} = \sum \vec{L}_i$; **զ)** Նյութական կետի իներցիայի մոմենտը պտտման առանցքի նկատմամբ կոչվում է $I = mr^2$ սկալյար մեծությունը, որտեղ m -ը նյութական կետի զանգվածն է, իսկ r -ը՝ դրա հեռավորությունն է առանցքից; **դ)** Եթե պտտվող հարթակի վրա կանգնած մարդը հարթակի եզրից շարժվի դեպի հարթակի կենտրոնը, ապա համախմբի իմպուլսի մոմենտը կփոքրանա:

4.7. ա) Օ անշարժ կետի նկատմամբ մարմնի իմպուլսի մոմենտի ածանցյալն ըստ ժամանակի հավասար է այդ կետի նկատմամբ մարմնի վրա ազդող ուժի մոմենտին՝ $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$: Այս առնչությանն անվանում են պտտական շարժման դինամիկայի հիմնական հավասարում կամ մոմենտների հավասարում; **բ)** Եթե մասնիկների համախմբի վրա ազդող ուժի մոմենտը հանդիսանում է $\vec{M} = M_x \vec{j} + M_z \vec{k}$ -ն, ապա կպահպանվի այդ համախմբի $\vec{L}$ իմպուլսի մոմենտի L_x կամ L_z բաղադրիչը; **գ)** Եթե պինդ մարմինը պտտվում է OX անշարժ առանցքի շուրջը, ապա $M_x = \frac{dL_x}{dt}$ առնչությանն անվանում են մոմենտների հավասարում OX առանցքի նկատմամբ; **դ)** Եթե m զանգված ունեցող պինդ մարմնի իմպուլսի մոմենտը O կետի նկատմամբ հավասար է $\vec{L}$ -ի, ապա O' կետի նկատմամբ, որն O -ի նկատմամբ շեղված է $\vec{a} = \overrightarrow{OO'}$ -ով, կլինի $\vec{L}' = \vec{L} + \vec{a} \times m\vec{v}_C$, որտեղ $\vec{v}_C$ -ն մարմնի զանգվածների կենտրոնի արագությունն է O կետի նկատմամբ:

4.8. ա) OZ առանցքի նկատմամբ $L_z = pl$ իմպուլսի մոմենտը հանդիսանում է O կետի նկատմամբ $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ իմպուլսի մոմենտի պրոյեկցիան այդ առանցքի վրա, որտեղ $\vec{p}$ -ն նյութական կետի իմպուլսն է, իսկ $\vec{r}$ -ը դրա շառավիղվեկտորը հաշված O կետից; **բ)** Եթե մարմնի վրա ազդող ուժերի համագործի ազդման գիծը չի անցնում դրա ծանրության կենտրոնով, ապա այն կկատարի համընթաց արագացող շարժում; **գ)** $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$ մոմենտների հավասարումից հետևում է, որ եթե համախմբի վրա ազդող արտաքին ուժերի մոմենտների վեկտորական գումարը ինչ-որ անշարժ O կետի նկատմամբ հավասար է զրոյի, ապա համախմբի իմպուլսի մո-

մենտն այդ կետի նկատմամբ ժամանակի ընթացքում կմնա հաստատուն; **դ)** Գնդային հոլակի իմպուլսի մոմենտի վեկտորն անկյունային արագության վեկտորի հետ կազմում է սուր անկյուն:

4.9. ա) Եթե պինդ մարմինը պտտվում է իր համաչափության առանցքներից մեկի շուրջը, ապա այդ առանցքի նկատմամբ մարմնի իմպուլսի $\vec{L}$ մոմենտը պտտման $\vec{\omega}$ անկյունային արագության հետ կապված է $\vec{L} = I\vec{\omega}$ առնչությամբ, որտեղ I -ն մարմնի իներցիայի մոմենտն է այդ առանցքի նկատմամբ; **բ)** Եթե պինդ մարմինը պտտվում է իր զանգվածների կենտրոնով անցնող առանցքի շուրջը, ապա դրա իմպուլսի մոմենտն այդ առանցքի բոլոր կետերի նկատմամբ ունի նույն արժեքը; **գ)** Իպուլսի պահպանման օրենքը պնդում է, որ եթե համախմբի վրա ազդող արտաքին ուժերի մոմենտների վեկտորական գումարն ինչ-որ անշարժ O կետի նկատմամբ հավասար է զրոյի, ապա համախմբի իմպուլսն այդ կետի նկատմամբ ժամանակի ընթացքում կմնա հաստատուն՝ երբ $\vec{M} = 0$, ապա $\vec{p} = const$; **դ)** Եթե պինդ մարմինը ω_z անկյունային արագությամբ պտտվում է իներցիայի գլխավոր առանցք հանդիսացող OZ անշարժ առանցքի շուրջը, ապա դրա պտտական շարժման կինետիկ էներգիան կլինի՝

$$W_{կշ} = \frac{I_z \omega_z^2}{2} :$$

4.10. ա) Ակնթարթային պտտման առանցքը ժամանակի տվյալ պահին պտտվող պինդ մարմնի այն կետերի երկրաչափական տեղն է, որոնք տվյալ պահին գտնվում են դադարի վիճակում: Այդ պահին պինդ մարմնում կետերի ակնթարթային արագությունների բաշխումը կտրվի $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$ բանաձևով; **բ)** Եթե քննարկենք պինդ մարմնի իներցիայի մոմենտն իր իներցիայի կենտրոնով (զանգվածների կենտրոնով) անցնող բոլոր առանցքների նկատմամբ, ապա ինչ-որ ուղղություն ունեցող առանցքներից մեկի նկատմամբ իներցիայի մոմենտը կընդունի մաքսիմալ արժեք, իսկ մեկ այլ առանցքի նկատմամբ՝ մինիմալ արժեք: Այս առանցքներն իրար ուղղահայաց են և հաղիսանում են իներցիայի գլխավոր առանցքներից երկուսը: Իներցիայի երրորդ գլխավոր առանցքը կլինի դրանց ուղղահայաց առանցքը; **գ)** Գնդային համաչափությամբ օժտված մարմնին անվանում են գնդային հոլ, եթե դրա իներցիայի կենտրո-

նով անցնող ցանկացած առանցք հանդիսանում է իներցիայի գլխավոր առանցք: Գնդային հովի իներցիայի գլխավոր մոմենտներն իրար հավասար են՝ $I_x = I_y = I_z = I$ և իմպուլսի մոմենտն ունի անկյունային արագության ուղղությունը՝ $\vec{L} = I \vec{\omega}$; **դ)** Քանի որ m զանգված և R շառավիղ ունեցող համասեռ գլանի իներցիայի մոմենտը գլանի առանցքի նկատմամբ հավասար է $0,5mR^2$ -ի, ուստի դրա իներցիայի մոմենտը ծնորդի նկատմամբ կլինի՝ $1,5mR^2$:

4.11. ա) Ցանկացած պինդ մարմին ունի իր զանգվածների կենտրոնով անցնող և իրար փոխուղղահայաց երեք ազատ առանցքներ, որոնց անվանում են մարմնի իներցիայի գլխավոր առանցքներ; **բ)** Եթե պինդ մարմինն ω_z անկյունային արագությամբ պտտվում է իներցիայի գլխավոր առանցք հանդիսացող OZ առանցքի շուրջը, ապա իմպուլսի մոմենտը ևս ուղղված կլինի այդ առանցքով և $L_z = I_z \omega_z$; **գ)** Անշարժ պտտման OZ առանցք ունեցող պինդ մարմնի պտտական շարժման դինամիկայի հիմնական հավասարումը հանդիսանում է $I \varepsilon_z = M_z$ առնչությունը, որտեղ I -ն մարմնի իներցիայի մոմենտն է OZ առանցքի նկատմամբ, ε_z -ը՝ անկյունային արագացման պրոյեկցիան է այդ առանցքի վրա, իսկ $M_z = \sum_i M_i$ -ն՝ արտաքին ուժերի համագործ մոմենտն է այդ առանցքի նկատմամբ; **դ)** Եթե պտտվող հարթակի վրա կանգնած մարդը հարթակի եզրից շարժվի դեպի հարթակի կենտրոնը, ապա համախմբի իներցիայի մոմենտը կմեծանա:

4.12. ա) Եթե ուղղանկյուն դեկարտյան կոորդինատական համակարգի OX առանցքի նկատմամբ մարմինն ունի I_x իներցիայի մոմենտ, OY առանցքի նկատմամբ՝ I_y , OZ առանցքի նկատմամբ՝ I_z , իսկ O կետի նկատմամբ՝ I_0 , ապա $I_x + I_y + I_z = 2I_0$; **բ)** Համասեռ ուղիղ զուգահեռանիստի իներցիայի գլխավոր առանցքներն անցնում են դրա հանդիպական ճիստերի կենտրոններով; **գ)** Միայն գնդային հովակի ($I_x = I_y = I_z = I_0$) պտտման կինետիկ էներգիան է տրվում $W_k = \frac{I_0 \omega^2}{2} = \frac{L^2}{2I_0}$ բանաձևով, որտեղ I_0 -ն հովակի իներցիայի մոմենտն է զանգվածների կենտրոնով անցնող կամայական առանցքի նկատմամբ, L -ը հովակի իմպուլսի մոմենտն է, իսկ ω -ն՝ պտտման անկյունային արագությունը; **դ)** Տեղից կտրուկ

շարժվելիս ավտոմեքենայի ծանրության ուժն այնպիսի մոմենտ է ստեղծում, որի հետևանքով այն <<սեղմվում>> է առջևի անիվների վրա:

4.13. ա) Եթե մարմինն $\vec{\omega}$ անկյունային արագությամբ պտտվում է կամայական անշարժ առանցքի շուրջը, ապա այդ պտույտը կարելի է համարել երեք պտույտների արդյունք՝ իներցիայի գլխավոր առանցք հանդիսացող OX, OY և OZ առանցքների նկատմամբ և այդ մարմնի պտտական շարժման կինետիկ էներգիան կլինի՝ $W_k = \frac{I_x\omega_x^2 + I_y\omega_y^2 + I_z\omega_z^2}{2}$, որտեղ I_x , I_y և I_z -ը իներցիայի մոմենտներն են իներցիայի գլխավոր առանցքների նկատմամբ; **բ)** Համաչափ հոլ անվանում են այն մարմինն, որի համար իներցիայի գլխավոր մոմենտներից երկուսն իրար հետ համընկնում են՝ $I_x = I_y \neq I_z$: Բոլոր պտտման մարմինները հանդիսանում են համաչափ հոլ; **գ)** Քանի որ պինդ մարմնի մասնիկների միջև եղած փոխազդեցությունը չի կարելի անտեսել, ուստի պինդ մարմնի $\vec{L}$ իմպուլսի մոմենտը կամայական O կետի նկատմամբ կտարբերվի նրա բոլոր մասնիկների այդ նույն կետի նկատմամբ իմպուլսի մոմենտների վեկտորական գումարից՝ $\vec{L} \neq \sum_i \vec{L}_i$; **դ)** Եթե համաչափ հոլակն ($I_x = I_y = I$, $I_z \neq I$) ազատ պտտվում է ($\vec{M} = 0$) իր գլխավոր առանցքներից մեկի՝ OZ-ի շուրջը (Նկ. 4.33), ապա կպահպանվի իմպուլսի մոմենտը և կինետիկ էներգիան՝ $\vec{L} = \text{const}$, $W_k = \text{const}$:

4.14. ա) Եթե մարմինն $\vec{\omega}$ անկյունային արագությամբ պտտվում է կամայական անշարժ առանցքի շուրջը, ապա այդ պտույտը կարելի է համարել երեք պտույտների արդյունք՝ իներցիայի գլխավոր առանցք հանդիսացող OX, OY և OZ առանցքների նկատմամբ և այդ մարմնի պտտական շարժման կինետիկ էներգիան կլինի՝ $W_k = \frac{I_x\omega_x + I_y\omega_y + I_z\omega_z}{2} = \frac{\vec{L} \cdot \vec{\omega}}{2}$; **բ)** Այն պինդ մարմինը, որի իներցիայի գլխավոր մոմենտներն իրարից տարբեր են՝ $I_x \neq I_y \neq I_z$, կոչվում է անհամաչափ հոլ; **գ)** Եթե պինդ մարմինը պտտական շարժում է կատարում արտաքին ուժերի բացակայության պայմանում, ապա նրա իմպուլսի մոմենտը և կինետիկ էներգիան կպահպանվեն՝ $\vec{L} = \text{const}$, $W_k = \frac{\vec{L} \cdot \vec{\omega}}{2} = \text{const}$, իսկ պտտման անկյունային արագությունը կարող է փոխվել; **դ)** Համախումբը կգտնվի հավասարակշռության վիճակում, եթե դրա պոտենցիալ էներգիան ընդունել է իր էքստրեմումի՝ մինիմալ կամ մաքսիմալ արժեքները:

4.15. ա) Պինդ մարմնի միայն պտտական շարժմամբ պայմանավորված կինետիկ էներգիան հավասար է մարմնի $\vec{L}$ իմպուլսի մոմենտի և պտըտ-

ման $\vec{\omega}$ անկյունային արագության վեկտորների սկալյար արտադրյալի կեսին՝ $W_k = \frac{\vec{L} \cdot \vec{\omega}}{2}$; **բ**) Եթե պինդ մարմնի երկու կետերում ազդում են $\vec{F}_1$ և $\vec{F}_2$ ուժագույքը, որոնց ազդման գծերը գտնվում են միմյանցից l հեռավորության վրա, ապա այդ ուժերի մոմենտների վեկտորական գումարի մոդուլը կամայական կետի նկատմամբ կունենա $F_1 l$ կամ $F_2 l$ արժեք; **գ**) Թեք հարթությունից առանց սահքի գլորվող գնդի արագացումը մեծ է նույն հարթությունից առանց շփման սահող մարմնի արագացումից; **դ**) Պինդ մարմնի հավասարակշռության վիճակի սահմանումից հետևում է, որ մարմնի վրա ազդող արտաքին ուժերի համագործի և դրանց ստեղծած արդյունարար մոմենտի զրո լինելը՝ $\sum_i \vec{F}_i = 0$, $\sum_i \vec{M}_i = 0$ մարմնի հավասարակշռության անհրաժեշտ, բայց ոչ բավարար պայմաններ են: Հավասարակշռության բավարար պայմանն այն է, որ ընտրված հաշվարկման իներցիալ համակարգում մարմինը ժամանակի սկզբնական պահին պետք գտնվի դադարի վիճակում՝ $\vec{v}_C(0) = 0$, $\vec{\omega}(0) = 0$:

4.16. ա) Եթե մարմինն $\vec{\omega}$ անկյունային արագությամբ պտտվում է կամայական առանցքի շուրջը, ապա այդ պտույտը կարելի է համարել երեք պտույտների արդյունք՝ իներցիայի գլխավոր առանցք հանդիսացող OX, OY և OZ առանցքների շուրջը և իմպուլսի մոմենտն այդ առանցքի նկատմամբ կլինի՝ $\vec{L} = I_x \omega_x \vec{i} + I_y \omega_y \vec{j} + I_z \omega_z \vec{k} \neq I \vec{\omega}$; **բ**) Մարմնի զանգվածների կենտրոնը հանդիսանում է այն ուղիղների հատման կետը, որոնց երկայնքով ազդող ուժերը մարմնին հաղորդում են միայն համընթաց շարժում; **գ**) Թեք հարթությունից առանց սահքի գլորվող գնդի կենտրոնի արագացումը հավասար է նույն մակարդակից առանց շփման սահող մարմնի արագացմանը; **դ**) Նյութական կետի շրջանագծային շարժման $\vec{\omega}$ անկյունային արագության վեկտորն ուղղված է պտտման առանցքով այնպես, որ այդ վեկտորի ծայրից նայելիս կետի պտույտը տեղի է ունենում ժամսլաքի պտույտի հակառակ ուղղությամբ:

4.17. ա) Մարմնի հավասարակշռությունը կոչվում է անտարբեր, եթե հավասարակշռության դիրքից շեղման դեպքում մարմինը նոր դիրքում էլ կգտնվի հավասարակշռության մեջ; **բ**) Կամայական մարմնի իներցիայի մոմենտը պտտման առանցքի նկատմամբ որոշվում է $I = \int r^2 dm = \int r^2 \rho dV$ արտահայտությամբ, որտեղ ρ -ն մարմնի խտությունն է, իսկ ինտեգրումը կատարվում է մարմնի ամբողջ ծավալով; **գ**) Ծանրության ուժի դաշտում գտնվող անշարժ հենման կետ ունեցող համաչափ հոլակի (Նկ. 4.33) սեփական պտույտի $W_k = \frac{I_z \omega_z^2}{2}$ կինետիկ և $mg l \cos \theta$ պոտենցիալ

Էներգիաների գումարը հաստատուն է՝ $W = \frac{I_z \omega_z^2}{2} + mgl \cos \theta = \text{const}$, որտեղ m -ը հոլակի զանգվածն է, l -ը՝ հոլակի զանգվածների կենտրոնից մինչև հենման կետը եղած հեռավորությունը, I_z -ը՝ հոլակի իներցիայի մոմենտն է իր առանցքի նկատմամբ, ω_z -ը՝ պտույտի անկյունային արագությունը, g -ն՝ ազատ անկման արագացումը, իսկ θ -ն՝ հոլակի առանցքի և ծանրության ուժի կազմած անկյունը; **դ)** Եթե ազատ համաչափ ($I_x = I_y = I$, $I_z \neq I$) հոլակը $\omega_z = \frac{L \cos \theta}{I_z}$ հաստատուն անկյունային արագությամբ պտտվում է իր առանցքի շուրջը, որտեղ θ -ն $\vec{L}$ վեկտորի և հոլակի առանցքի կազմած անկյունն է, ապա այդ առանցքն էլ $\Omega = \frac{L}{I}$ հաստատուն անկյունային արագությամբ կպտտվի իմպուլսի մոմենտի $\vec{L}$ վեկտորի շուրջը:

4.18. ա) Հենարանի վրա գտնվող մարմինը կգտնվի հավասարակշռության մեջ, եթե ծանրության կենտրոնից տարված ուղղաձիգը կհատի մարմնի հենման մակերևույթը; **բ)** Համախումբը կգտնվի կայուն հավասարակշռության վիճակում, եթե դրա պոտենցիալ էներգիան ընդունել է իր մինիմալ արժեքը; **գ)** Երկրի կողմից մարմինների վրա ազդող կենտրոնախույս ուժը, որը պայմանավորված իր սեփական առանցքի շուրջն Երկրի պտույտով, առավել մեծ արժեք ունի երկրագնդի հասարակածի մոտ; **դ)** Եթե $\vec{L}$ իմպուլսի մոմենտ ունեցող համաչափ հոլակի ($I_x = I_y = I$, $I_z \neq I$) վրա ազդում է արտաքին ուժի $\vec{M}$ մոմենտ, ապա հոլակի պտտման առանցքի պրեցեսիայի $\vec{\Omega}$ անկյունային արագությունը կորոշվի $\vec{M} = \vec{\Omega} \times \vec{L}$ կամ $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\Omega} \times \vec{L}$ հավասարումից, ինչը նշանակում է, որ հոլակի առանցքը $\vec{\Omega}$ անկյունային արագությամբ պտտվում է $\vec{L}$ վեկտորի շուրջը:

4.19. ա) Պտտվող ազատ համաչափ հոլակի իմպուլսի մոմենտի $\vec{L}$ վեկտորն ուղղված է ուղղաձիգ դեպի վերն (Նկ.4.28), իսկ $\vec{\omega}$ անկյունային արագության վեկտորը գտնվում է այդ ուղղաձիգի և հոլի առանցքի միջև; **բ)** Քանի որ պտտվող ազատ համաչափ հոլակի ($I_x = I_y = I$, $I_z \neq I$) $\vec{L}$ իմպուլսի մոմենտը և դրա $L_z = I_z \omega_z$ պրոյեկցիան հոլի առանցքի վրա պահպանվում են, ուստի պահպանվում է $\vec{\omega}$ անկյունային արագության ω_z պրոյեկցիան: Այսինքն, ազատ համաչափ հոլակն իր առանցքի շուրջը պտտվում է ω_z հաստատուն արագությամբ; **գ)** Եթե ծանրության ուժի դաշտում գտնվող անշարժ հենման կետ ունեցող համաչափ հոլակի սեփական պտույտի $W_{\text{կ}} = \frac{I_z \omega_z^2}{2}$ կինետիկ էներգիան շատ մեծ է հոլակի պո-

տենցիալ էներգիայից, ապա հոլակի սեփական պտույտի ω_z անկյունային արագության փոփոխությունը կարելի է անտեսել; **դ)** Եթե թափանիվը պտտվում է իր համաչափության առանցքի շուրջն այնպես, որ նրա պտտման անկյունային արագությունը ժամանակից կախված է $\omega = 2 + 3t + 0,5t^2$ օրենքով, իսկ այդ առանցքի նկատմամբ թափանիվի իներցիայի մոմենտը հավասար է $10 \text{ կգ}\cdot\text{մ}^2$, ապա ժամանակի $t=2\text{վ}$ պահին դրա վրա ազդող ուժի մոմենտը կլինի $50\text{Ն}\cdot\text{մ}$:

4.20. ա) Եթե անշարժ հենման կետը ունեցող համաչափ հոլակն իր առանցքի շուրջը պտտվի ω_z անկյունային արագությամբ, որը շատ մեծ է հոլակի առանցքի պրեցեսիայի Ω անկյունային արագությունից՝ $\omega_z \gg \Omega$, ապա ծանրության ուժի մոմենտով պայմանավորված պրեցեսիայի $\vec{\Omega}$ անկյունային արագությունը կորոշվի $\vec{\Omega} = -\frac{l m \vec{g}}{L_z}$ արտահայտությամբ, որտեղ m -ը հոլակի զանգվածն է, l -ը՝ հոլակի զանգվածների կենտրոնից մինչև հենման կետը եղած հեռավորությունը, L_z -ը՝ հոլակի իմպուլսի մոմենտի պրոյեկցիան է հոլակի առանցքի վրա, իսկ $\vec{g}$ -ն՝ ազատ անկման արագացումը; **բ)** Եթե ծանրության ուժի դաշտում գտնվող անշարժ հենման կետ ունեցող համաչափ հոլակի սեփական պտույտի $W_{\text{կ}} = \frac{I_z \omega_z^2}{2}$ կինետիկ էներգիան շատ մեծ է հոլակի պոտենցիալ էներգիայից, ապա հոլակի սեփական պտույտի ω_z անկյունային արագության փոփոխությունը կարելի է անտեսել; **գ)** Քանի որ գնդային հոլակի պտտման կինետիկ էներգիան տրվում է $W_{\text{կ}} = \frac{L\omega}{2}$ բանաձևով, որտեղ L -ը հոլակի իմպուլսի մոմենտն է, իսկ ω -ն՝ պտտման անկյունային արագությունը, ապա կարելի է պնդել, որ պտտական շարժման կինետիկ էներգիան մարմնի L իմպուլսի մոմենտից կախված է գծային օրենքով; **դ)** Եթե $\vec{r} = \vec{j}$ շառավիղ-վեկտոր ունեցող մասնիկի իմպուլսը տրվում է $\vec{p} = 2\vec{i} + 3\vec{j}$ արտահայտությամբ, ապա այդ մասնիկի իմպուլսի մոմենտի մոդուլը կլինի $2\text{կգ}\cdot\text{մ}^2/\text{վ}$ և այն կլինի զուգահեռ առանցքին:

§5. Մեխանիկական տատանումներ և ալիքներ

Հիմնական հասկացություններ և քանաձևեր

1. Մեխանիկական տատանումներ

• Մարմնի կամ նյութական կետի այն շարժումները, որոնք կատարվում են հերթականորեն՝ հակադիր ուղղություններով և պարբերաբար, որոշակի ժամանակամիջոցներից հետո նույնությամբ կրկնվում են, կոչվում են մեխանիկական տատանումներ:

• Մեկ տատանման տևողությանն անվանում են տատանումների պարբերություն և նշանակում են T տառով, իսկ դրա հակադարձ մեծությունը կլինի տատանումների թիվը միավոր ժամանակամիջոցում, որին անվանում են տատանումների հաճախություն և նշանակում են ν տառով՝ $\nu=1/T$: Եթե $T=1$ վ, ապա $\nu=1$ վ: Հաճախության այս միավորին անվանում են 1Հերց (Հց)՝ $1\text{Հց}=1/\text{վ}=\text{վ}^{-1}$:

• Այն տատանումները, որոնք առաջանում են համակարգում ներքին ուժերի ազդեցությամբ, երբ համակարգը դուրս է բերվում հավասարակշռության դիրքից, կոչվում են ազատ տատանումներ (Օրինակ, տես Նկ.5.1, 5.2, 5.3):

• Տատանվող մարմնի առավելագույն շեղումը հավասարակշռության դիրքից սովորաբար նշանակում են A -ով և անվանում են տատանումների լայնույթ: Մեխանիկական տատանումների լայնույթի միավորը 1մ է:

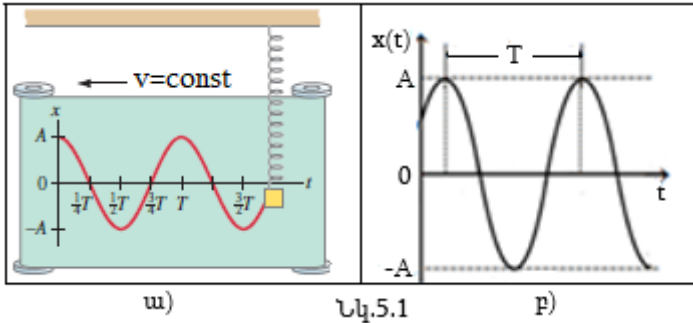
Ազատ տատանումները մարդո տատանումներ են, քանի որ հնարավոր չէ ձերբազատվել շփման և դիմադրության ուժերի առկայությունից, որոնք հանգեցնում են տատանումների լայնույթի անընդհատ նվազմանը և իվերջո տատանումները մարմանը: Եթե այդ ուժերը չլինեյին, ապա ազատ տատանումները չէին մարի, այս դեպքում համակարգի տատանումներին անվանում են սեփական տատանումներ, իսկ տատանումների հաճախությանը՝ սեփական հաճախություն:

2. Նյութական կետի ներդաշնակ տատանումները

Տատանվող մարմնի կոորդինատի՝ ժամանակից կախված պարբերական փոփոխությունները, որոնք տեղի են ունենում սինուսի կամ կոսինուսի օրենքով, կոչվում են ներդաշնակ տատանումներ:

Ներդաշնակ տատանումներին անվանում են նաև հարմոնիկ տատանումներ, քանի որ սինուս և կոսինուս ֆունկցիաներին անվանում են

հարմոնիկ ֆունկցիաներ (Նկ.5.1ա,բ), բացատրել այդ նկարը):



• **Կետի շեղումը հավասարակշռության դիրքից.**

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (5.1)$$

որտեղ A -ն լայնույթն է (Նկ.5.1բ), ω_0 -ն՝ ցիկլային (շրջանային) հաճախությունը, φ_0 -ն՝ սկզբնական փուլը, t -ն՝ ժամանակի պահը: (5.1)-ում կոսինուս ֆունկցիայի փոխարեն կարելի է վերցնել նաև սինուս՝

$x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$: Մասնավորապես Նկ.5.1ա-ի դեպքում $x = A \cos(\omega_0 t)$:

• **Կետի արագության պրոյեկցիան OX առանցքի վրա.**

$$v_x = \dot{x} = -\omega_0 A \sin(\omega_0 t + \varphi_0): \quad (5.2)$$

$v_m = \omega_0 A$ -ն հանդիսանում է կետի առավելագույն արագությունը:

• **Կետի արագացման պրոյեկցիան OX առանցքի վրա.**

$$a_x = \ddot{x} = -\omega_0^2 A \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = -\omega_0^2 x: \quad (5.3)$$

$a_m = \omega_0^2 A$ -ն հանդիսանում է կետի առավելագույն արագացումը:

• **Տատանումների փուլը.**

$$\varphi = \omega_0 t + \varphi_0: \quad (5.4)$$

• **Տատանումների պարբերությունը և հաճախությունը.**

$$T = \frac{t}{N} = \frac{2\pi}{\omega_0}; \quad \nu = \frac{N}{t} = \frac{\omega_0}{2\pi}, \quad (5.5)$$

որտեղ N -ը t ժամանակում կատարված տատանումների թիվն է:

3. Ներդաշնակ տատանումների դինամիկան

• **Քվադրատաձգական ուժեր.**

Այն ուժերը, որոնք ուղիղ համեմատական են մարմնի տեղափոխությանը հավասարակշռության դիրքից և ուղղված են տեղափոխության ուղղությանը հակառակ, կոչվում են քվադրատաձգական ուժեր՝

$$F = -kx, \quad (5.6)$$

որտեղ k -ն անվանում են քվադրատաձգականության գործակից:

Ներդաշնակ տատանումներ տեղի են ունենում միայն քվադրատաձգական ուժերի ազդեցության տակ, հետևաբար Հուկի օրենքով որոշվող առաձգական ուժի ազդեցության տակ ևս տեղի կունենան ներդաշնակ տատանումներ):

- OX առանցքով տեղի ունեցող ներդաշնակ տատանումների դիֆերենցիալ հավասարումը.

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0: \quad (5.7)$$

(5.7) հավասարման լուծում է հանդիսանում $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ կամ $x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$ ֆունկցիան:

4. Չսպանակավոր ճոճանակ (Նկ.5.2)

- Կետի վրա ազդող համագոր ուժի պրոյեկցիան OX առանցքի վրա.

$$F_x = ma_x = -kx, \quad (5.8)$$

որտեղ m -ը նյութական կետի զանգվածն է, իսկ k -ն՝ զսպանակի կոշտությունը:

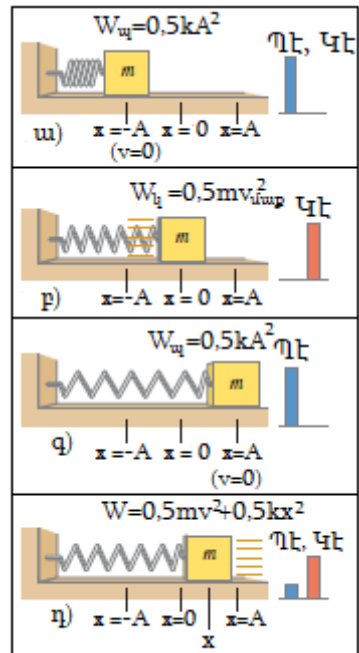
- Մեփական հաճախությունը

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = 2\pi\nu_0 = \frac{2\pi}{T}, \quad \text{կամ} \\ T = 2\pi\sqrt{m/k}: \quad (5.9)$$

- Մեխանիկական էներգիայի փոխակերպումը զսպանակավոր ճոճանակի տատանումների ժամանակ:

Չսպանակավոր ճոճանակում մեխանիկական էներգիայի փոխակերպումը բերված Նկ.5.2-ում:

Հավասարակշռության դիրքից ($x=0$) A չափով սեղմված զսպանակի դեպքում m մարմինն ունի միայն պոտենցիալ էներգիա՝ $W_{պ} = \frac{1}{2}kA^2$ էներգիա: Այդ դիրքից մարմինը կսկսի շարժվել դեպի հավասարակշռության դիրքը: Այդ ընթացքում մարմնի պոտենցիալ էներգիան կսկսի փոքրանալ, իսկ կինետիկը՝ մեծանալ: Հավասարակշռության դիրքին հասնելու պահին մարմինը



Նկ.5.2

կունենա առավելագույն կինետիկ էներգիա՝ $W_k = \frac{1}{2}mv_{\text{սալ}}^2$, իսկ պոտենցիալ էներգիան հավասար կլինի զրոյի: Էներգիայի պահպանման օրենքի համաձայն $\frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mv_{\text{սալ}}^2$, որտեղից $v_{\text{սալ}} = \sqrt{\frac{k}{m}}A = \omega_0 A$, որը համընկնում է (5.2) արտահայտության հետ:

Հավասարակշռության դիրքից կամայական շեղման դեպքում մարմինը կունենա և կինետիկ, և պոտենցիալ էներգիա, լրիվ մեխանիկական էներգիան կլինի՝ $W_{\text{ը}} = W_k + W_{\text{պ}} = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{1}{2}mv_{\text{սալ}}^2 = \frac{1}{2}kA^2$:

5. Մաթեմատիկական ճոճանակ.

- Մաթեմատիկական ճոճանակն իրենից ներկայացնում է անկշիռ, չձգվող երկար թելից կախված նյութական կետը (Նկ.5.3).

Տատանումները տեղի են ունենում $F = mgsin\alpha \approx mg\alpha \approx mgx/l = kx$ ուժի ազդեցության տակ, որտեղ $k = \frac{mg}{l}$: Հետևաբար $T = 2\pi\sqrt{m/k} = 2\pi\sqrt{l/g}$:

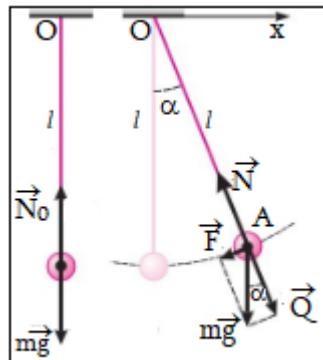
- Մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների արբերությունը.

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}, \quad (5.10)$$

որտեղ l -ը թելի երկարությունն է, իսկ g -ն՝ ազատ անկման արագացումը:

Եթե մաթեմատիկական ճոճանակի կախման կետը ուղղաձիգ ուղղությամբ դեպի վերև ուղղված a արագացում ունի, ապա $T = 2\pi\sqrt{l/(g+a)}$, իսկ եթե արագացումն ուղղված է ուղղաձիգ դեպի ներքև, ապա $T = 2\pi\sqrt{l/(g-a)}$: Այս ճոճանակի դեպքում

ևս գնդիկը հավասարակշռության դիրքով անցնելու պահին ունի առավելագույն կինետիկ էներգիա, իսկ առավելագույն շեղման դիրքում կինետիկ էներգիան հավասար է զրոյի, իսկ պոտենցիալ էներգիան ընդունում է առավելագույն արժեք: Կամայական շեղման դիրքում գնդիկն ունի և կինետիկ և պոտենցիալ էներգիա և այդ էներգիաների գումարը տատանումների ժամանակ մնում է անփոփոխ:



Նկ.5.3

6. Ֆիզիկական ճոճանակ.

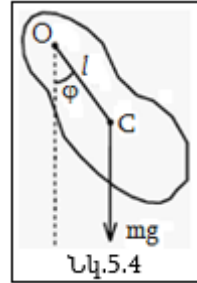
Ֆիզիկական ճոճանակը մարմին է, որն օժտված է իր ծանրության

կենտրոնով չանցնող պտտման առանցքով (Նկ.5.4):

- **Ֆիզիկական ճռճանակի տատանումների պարբերությունը.**

$$T = 2\pi\sqrt{I/(mgl)} = 2\pi\sqrt{I_P/g}, \quad (5.11)$$

որտեղ I -ն տատանվող մարմնի իներցիայի մոմենտն է տատանման առանցքի նկատմամբ, l -ը մարմնի զանգվածների կենտրոնի հեռավորությունն է պտտման առանցքից (Նկ.5.4): $I_P = I/(ml)$ մեծությունը կոչվում է ֆիզիկական ճռճանակի բերված երկարություն: (5.10) և (5.11) բանաձևերի ճշգրտության աստիճանը կախված է տատանումների լայնույթի արժեքից՝ որքան տատանումների լայնույթը փոքր է, այնքան դրանց ճշգրտությունը մեծ է:



4. Միևնույն ուղղությամբ և հաճախությամբ ներդաշնակ տատանումների գումարումը

- **Արդյունաբար տատանումների լայնույթը.**

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_{02} - \varphi_{01})}, \quad (5.12)$$

որտեղ A_1 -ը և A_2 -ը գումարվող տատանումների լայնույթներն են, իսկ φ_{01} -ը և φ_{02} -ը՝ դրանց սկզբնական փուլերը:

- **Արդյունաբար տատանումների սկզբնական փուլը.**

$$\varphi_0 = \arctg \frac{A_1 \sin \varphi_{01} + A_2 \sin \varphi_{02}}{A_1 \cos \varphi_{01} + A_2 \cos \varphi_{02}}: \quad (5.13)$$

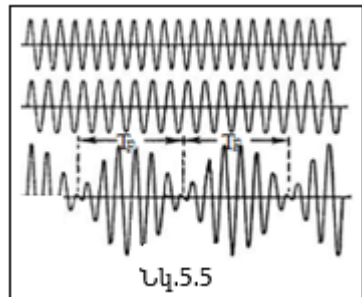
- **Բաբախում.**

Նույն ուղղությամբ, հաճախություններով իրար մոտ՝ $|\omega_1 - \omega_2| \ll \omega_1, \omega_2$ տատանումների գումարման արդյունքում տեղի ունեցող տատանմանն անվանում են բաբախում (Նկ.5.5):

Արդյունաբար տատանումների լայնույթի բաբախման պարբերությունը՝

$$T_P = \frac{2\pi}{|\omega_1 - \omega_2|} = \frac{1}{|\nu_1 - \nu_2|}: \quad (5.14)$$

• Փոխադրյալայաց տատանումների գումարումը հանգեցնում է նրան, որ կետը կշարժվի այնպիսի հետագծով, որի տեսքը կախված է վերադրվող տատանումների հաճախություններից և փուլերից:



4. Նյութական կետի մարդող տատանումները

• Կետի շեղումը հավասարակշռության դիրքից.

$$x = A(t)\cos(\omega_0 t + \varphi_0) \text{ կամ } x = A(t)\sin(\omega_0 t + \varphi_0): \quad (5.15)$$

Ի տարբերություն (5.1) բանաձևի, այստեղ լայնույթը կախված է ժամանակից:

• Մարդող տատանումների լայնույթի կախվածությունը ժամանակից.

$$A(t) = A_0 e^{-\beta t}, \quad (5.16)$$

որտեղ A_0 -ն տատանումների սկզբնական լայնույթն է, իսկ β -ն՝ մարման գործակիցը:

• Մարման գործակիցը.

$$\beta = r/(2m), \quad (5.17)$$

որտեղ r -ը դիմադրության գործակիցն է:

• Մարդող տատանումների ցիկլային հաճախությունը.

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}, \quad (5.18)$$

որտեղ ω_0 -ն համակարգի տատանումների հաճախությունն է մարումների բացակայության դեպքում (սեփական հաճախություն):

• Ռելաքսացիայի ժամանակը.

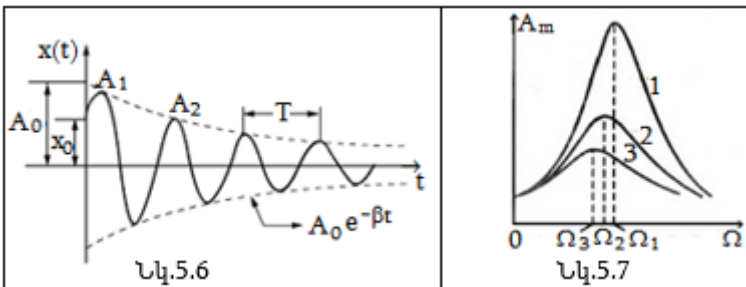
$$\tau = 1/\beta, \quad (5.19)$$

այն ժամանակն է, որի ընթացքում տատանումների լայնույթը փոքրանում է e անգամ:

• Մարումների լոգարիթմական դեկրեմենտը.

$$\delta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T = \frac{1}{N_e}, \quad (5.20)$$

որտեղ $T = 2\pi/\omega$ -ն մարդող տատանումների պարբերությունն է, $A(t)$ -ն և $A(t+T)$ -ն երկու հաջորդական տատանումների լայնույթներն են, որոնցից մեկը մյուսից ետ է ընկած մեկ պարբերությամբ (Նկ.5.6), N_e -ն՝ տատանումների այն թիվն է, որի ընթացքում լայնույթը փոքրանում է e անգամ:



- Մարդո տատանումների դիֆերենցիալ հավասարումը.

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0: \quad (5.21)$$

(5.21) հավասարման լուծում է հանդիսանում (5.15) ֆունկցիան, որում $A(t) = A_0 e^{-\beta t}$, իսկ $\beta = r/(2m)$:

5. Նյութական կետի հարկադրական տատանումները, ռեզոնանս

Մարմնի տատանումները պարբերաբար փոփոխվող արտաքին ուժերի ազդեցությամբ կոչվում են հարկադրական տատանումներ:

- Հարկադրական տատանումների լայնությունը.

$$A = \frac{F_m}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2\Omega^2}}, \quad (5.22)$$

որտեղ F_m -ը ժամանակից կախված $F_x = F_m \cos \Omega t$ օրենքով փոփոխվող հարկադրող ուժի լայնություն է:

- Հարկադրական տատանումների և հարկադրող ուժի փուլերի տարբերությունը.

$$\varphi = \arctg \frac{2\beta\Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2}: \quad (5.23)$$

$\varphi > 0$ և տատանումների փուլը էտ է ընկած ուժի փուլից:

- Հարկադրական տատանումների դիֆերենցիալ հավասարումը.

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = F_x = (F_m \cos \Omega t)/m: \quad (5.24)$$

$x = A \cos(\Omega t - \varphi)$ ֆունկցիան հանդիսանում է (5.24) հավասարման մաս-նավոր լուծում, որտեղ A -ն և φ -ն տրվում են (5.23) և (5.24) բանաձևերով:

- Ռեզոնանսային հաճախություն.

$$\Omega_{\text{ռեզ}} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}: \quad (5.25)$$

Արտաքին պարբերական ուժի այս հաճախության դեպքում, հարկադրական տատանումների լայնություն ընդունում է առավելագույն արժեք: Այս երևույթին անվանում են ռեզոնանս: Նկ.5.7-ում բերված է ռեզոնանսային կորերի տեսքը երեք տարբեր β -ի համար, ընդ որում $\beta_1 < \beta_2 < \beta_3$:

- Ռեզոնանսային լայնություն.

$$A_{\text{ռեզ}} = \frac{F_m}{2\beta m \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}: \quad (5.26)$$

Երբ β -ն ձգտում է զրոյի, ռեզոնանսային լայնություն ընդունում է անվերջ մեծ արժեք:

6. Առաձգական ալիքներ

Մեխանիկական տատանումների տարածումը միջավայրում կոչվում է մեխանիկական կամ առաձգական ալիք: Մեխանիկական տատանումների տարածումը միջավայրում պայմանավորված է միջավայրի առաձգական հատկություններով: Ալիքների տարածման պրոցեսում միջավայրում տեղի է ունենում էներգիայի տեղափոխություն՝ առանց նյութի տեղափոխության:

- Այն մեխանիկական ալիքները, որոնց տարածման պրոցեսում միջավայրի մասնիկները տատանվում են ալիքի տարածման ուղղությամբ, կոչվում են երկայնական ալիքներ: Երկայնական ալիքները կարող են տարածվել բոլոր միջավայրերում:

- Երկայնական ալիքի արագությունն առաձգական ձողում տրվում է $v = \sqrt{E/\rho}$ արտահայտությամբ, որտեղ E -ն միջավայրի Յունգի մոդուլն է, իսկ ρ -ն՝ խտությունը:

- Մեխանիկական ալիքի արագությունը գազերում տրվում է $v = \sqrt{\gamma p/\rho}$ բանաձևով, որտեղ $\gamma = C_p/C_v$ գազի ադիաբատի գործակիցն է, p -ն՝ ճնշումը, ρ -ն՝ խտությունը: Մթնոլորտային ճնշումով օժտված օդում $v = 20\sqrt{T}$ և $T = 273^\circ\text{C}$ -ում (0°C -ում) $v \approx 331\text{մ/վ}$:

- Այն մեխանիկական ալիքները, որոնց տարածման պրոցեսում միջավայրի մասնիկները տատանվում են ալիքի տարածմանն ուղղահայաց ուղղությամբ, կոչվում են լայնական ալիքներ: Գազերում լայնական ալիքներ չեն կարող տարածվել:

- Լայնական ալիքի արագությունը տրվում է $v = \sqrt{G/\rho}$ արտահայտությամբ, որտեղ G -ն միջավայրի սահքի մոդուլն է, իսկ ρ -ն՝ խտությունը:

- **Ալիքի երկարությունը.**

$$\lambda = vT, \quad (5.27)$$

որտեղ v -ն ալիքի տարածման արագությունն է (փուլային արագությունը), T -ն՝ ալիքի պարբերությունը:

- **Ալիքային թիվը.**

$$k = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi}{\lambda}: \quad (5.28)$$

- **ՕՋ առանցքի դրական ուղղությամբ տարածվող չմարող հարթ ալիքի հավասարումը.**

$s = A_0 \cos(\omega_0 t - kx + \varphi_0)$ կամ $s = A_0 \sin(\omega_0 t - kx + \varphi_0)$, (5.29)
 որտեղ s -ը ժամանակի t պահին աղբյուրից x հեռավորության վրա գտնվող միջավայրի մասնիկի շեղումն է հավասարակշռության դիրքից, A_0 -ն՝ ալիքի լայնությունը:

• **Ալիքի փուլը.**

$$\varphi = \omega_0 t - kx + \varphi_0: \quad (5.30)$$

• **Ալիքային մակերևույթ.**

Տատանումների միևնույն փուլով օժտված կետերի երկրաչափական տեղը կոչվում է ալիքային մակերևույթ:

Կա ալիքային մակերևույթի երեք պարզագույն տեսակ՝ հարթ, գնդալին և գլանային:

• **Ալիքի ճակատ.**

Այն մակերևույթը, որին տվյալ պահին հասնում է ալիքային մակերևույթը, կոչվում է ալիքի ճակատ:

Ալիքի ճակատը ալիքային մակերևույթի մասնավոր դեպք է:

• **Ալիքային վեկտոր.**

Ալիքի ճակատի տարածման ուղղությամբ ուղղված վեկտոր, որի մեծությունը հավասար է ալիքային թվին՝ $\vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda} \vec{n}$, որտեղ $\vec{n}$ -ը ալիքի տարածման ուղղությամբ ուղղված միավոր վեկտոր է:

• **Ալիքի փուլային արագությունը.**

Ալիքի փուլի տարածման արագությունը տրված ուղղությամբ, կոչվում է փուլային արագություն: Այս արագությունը չի բնութագրում որևէ ֆիզիկական օբյեկտի շարժման արագություն և որոշ դեպքերում այն կարող է գերազանցել լույսի արագությանը վակուումում: Ալիքի փուլային արագությունը որոշվում է $\varphi = \omega_0 t - kx + \varphi_0 = \text{const}$ պայմանից՝

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{\omega_0}{k} = \frac{\lambda}{T}: \quad (5.31)$$

• **Ալիքային ծրար.**

A_0 լայնությամբ իրարից շատ փոքր $d\omega$ հաճախությամբ և dk ալիքային թվով տարբերվող երկու ալիքների գումարից ստացվում է $A(t)$ դանդաղ փոփոխվող լայնությամբ ալիք, որը կոչվում է ալիքային ծրար (տես Նկ.5.5)՝

$$s = A_0 \cos(\omega_0 t - kx) + A_0 \cos[(\omega_0 + d\omega)t - (k + dk)x] =$$

$$= 2A_0 \cos \frac{t\omega - xdk}{2} \cos(\omega_0 t - kx) = A(t) \cos(\omega_0 t - kx):$$

• **Խմբային արագություն.**

Ալիքային ծրարի $A(t) = 2A_0 \cos \frac{t\omega - xdk}{2}$ լայնության $\frac{t\omega - xdk}{2} = \text{const}$ պայմանից որոշվող արագությունը, որը ալիքային ծրարի կենտրոնի կամ $A(t)$ լայնության առավելագույն արժեքի տարածման արագությունն է, կոչվում է խմբային արագություն.

$$u = \frac{dx}{dt} = \frac{d\omega}{dk}: \quad (5.32)$$

• **Խմբային և փուլային արագությունների կապը.**

$$u = v - \lambda \frac{dv}{d\lambda}: \quad (5.33)$$

• **Ալիքի ինտենսիվությունը.**

Այն էներգիան, որն ալիքը տեղափոխում է իր տարածման ուղղությանն ուղղահայաց միավոր մակերեսով՝ միավոր ժամանակում, կոչվում է ալիքի ինտենսիվություն՝

$$I = \frac{\Delta W}{S \Delta t} = \frac{P}{S}, \quad (5.34)$$

որտեղ P -ն ալիքի հզորությունն է ալիք տարածմանն ուղղահայաց S մակերեսով: Մարումների բացակայության դեպքում $I = 0,5 \rho v \omega^2 A^2$, որտեղ A -ն ալիքի լայնություն է: Ալիքի էներգիան տարածվում է խմբային արագությամբ:

7. Կոհերենտ ալիքներ, դրանց ինտերֆերենցը

Երկու մեխանիկական ալիք կոչվում են կոհերենտ, եթե դրանք ունեն նույն հաճախությունը՝ $\omega_1 = \omega_2$, իսկ փուլերի տարբերությունը ժամանակի ընթացքում մնում է հաստատուն՝

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_{10} - \varphi_{20} = \text{const}:$$

• **Ալիքների ինտերֆերենցը.**

Երկու կոհերենտ ալիքների վերադրման ժամանակ տարածության մեջ տեղի է ունենում էներգիայի վերաբաշխում, որի արդյունքում որոշակի տեղերում առաջանում են տատանումների ուժեղացումներ (ինտենսիվության մաքսիմումներ), իսկ մեկ այլ տեղերում՝ թուլացումներ (ինտենսիվության մինիմումներ): Այս երևույթին անվանում են ալիքների

ինտերֆերենց:

- Մեխանիկական ալիքների ինտերֆերենցիոն ուժեղացումների պայմանը.

$$\Delta = \pm k\lambda, \quad (5.35)$$

որտեղ $\Delta = l_2 - l_1$ -ը վերադրվող ալիքների անցած ճանապարհների տարբերությունն է՝ ընթացքների տարբերությունը (Նկ.5.8), իսկ $k = 0, 1, 2, 3, \dots$, λ -ն՝ ալիքի երկարությունը:

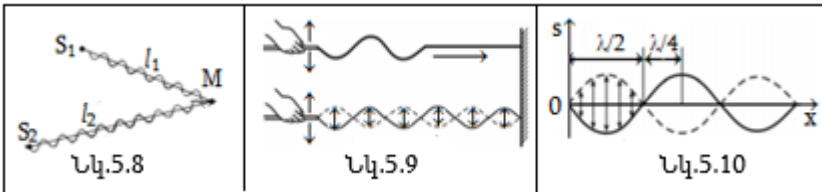
- Մեխանիկական ալիքների ինտերֆերենցիոն թուլացումների պայմանը.

$$\Delta = \pm(2k + 1)\lambda/2, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots : \quad (5.36)$$

- Կանգուն ալիք.

Կանգուն ալիք առաջանում է իրար ընդառաջ տարածվող, նույն լայնությամբ երկու կոհերենտ ալիքների վերադրման արդյունքում: Փաստորեն, կանգուն ալիք կարելի է ստանալ վազող և անդրադարձած ալիքների վերադրումից, եթե կորուստները բացակայում են (Նկ.5.9):

- Կանգուն ալիքի հավասարումը.



$$s = 2A \cos(kx) \cos(\omega t): \quad (5.37)$$

Կանգուն ալիքի այն կետերը, որտեղ լայնություն առավելագույնն է, կոչվում են ալիքի փնջվածքներ, իսկ այն կետերը, որտեղ լայնությամբ հավասար է զրոյի՝ ալիքի հանգույցներ: Կանգուն ալիքի երկու հարևան փնջվածքների կամ հանգույցների հեռավորությունը հավասար է $\lambda/2$, իսկ հարևան փնջվածքի և հանգույցի հեռավորությունը՝ $\lambda/4$, λ -ն վազող ալիքի երկարությունն է (Նկ.5.10):

8. Ալիքների դիֆրակցիա

Ալիքների շեղվելը տարածման սկզբնական ուղղությունից, և դրա հետևանքով արգելքների շրջանցման երևույթը կոչվում է դիֆրակցիա:

Ալիքների դիֆրակցիա տեղի է ունենում այն դեպքում, երբ ալիքի ճա-

նապարհին հանդիպող արգելքի d չափերն ալիքի երկարության կարգի են՝ $d \sim \lambda$:

9. Դոպլերի էֆեկտը ակուստիկայում.

Եթե մեխանիկական ալիքի աղբյուրի տատանման հաճախությունը ν_0 է, ապա ալիքի ընդունիչի կողմից գրանցված ν հաճախությունը կախված կլինի աղբյուրի և ընդունիչի միմյանց նկատմամբ շարժման արագություններից: Այս երևույթը կրում է Դոպլերի անունը:

- Երբ ձայնի աղբյուրը և գրանցող սարքն իրար մոտենում են.

$$\nu = \nu_0 \cdot \frac{(c + v_2)}{c - v_1}, \quad (5.38)$$

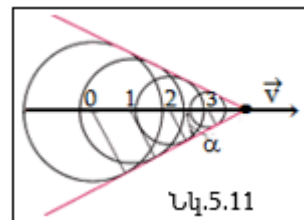
որտեղ v_2 -ը՝ աղբյուրի արագությունն է միջավայրի նկատմամբ, v_1 -ը՝ ալիքը գրանցող սարքի արագությունն է միջավայրի նկատմամբ, c -ն՝ ձայնի արագությունն այդ միջավայրում:

- Երբ ձայնի աղբյուրը և գրանցող սարքն իրարից հեռանում են.

$$\nu = \nu_0 \cdot \frac{(c - v_2)}{c + v_1}: \quad (5.39)$$

10. Հարվածային ալիք

Երբ գազում շարժվող մարմնի v արագությունը գերազանցում է ձայնի c արագությանըն այդ գազում ($v > c$, գերձայնային արագություն), ապա մոլեկուլների ազատ վազքի միջին երկարությանը հավասար գազային շերտում կստեղծվի գազի ճնշման և խտության շատ մեծ փոփոխություն՝ $\Delta p \geq p$, $\Delta \rho \geq \rho$, որը տարածվելով ստեղծում է հարվածային ալիք: Այդ ալիքը ձայնային է, իսկ դրա ճակատը մարմնի շարժման ուղղության նկատմամբ տարածվում է $\sin \alpha = c/v$ պայմանին բավարարող α անկյան տակ (Մախի անկյուն, Նկ.5.11, իսկ $v/c > 1$ թիվը կոչվում է Մախի թիվ):



Խնդիրներ

Ներդաշնակ տատանումների կինեմատիկան

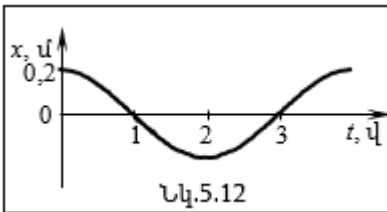
○5.1. Որոշեք ներդաշնակ տատանումների պարբերությունը և լայնույթը, եթե տատանվող կետի արագության առավելագույն արժեքը՝ $v_m = 20$ սմ/վ, իսկ արագացման առավելագույն արժեքը՝ $a_m = 40$ սմ/վ²:

○5.2. Տատանումը նկարագրվում է $x = 0,03 \sin(4\pi t + \pi/4)$ հավասարումով, որտեղ բոլոր մեծությունները բերված են ՄՀ համակարգում: Որոշեք տատանումների պարբերությունը, տատանվող կետի առավելագույն արագությունը և արագացումը: Շարժումը սկսելուց հետո ինչքա՞ն ժամանակ անց տատանվող կետը առաջին անգամ կհասնի հավասարակշռության դիրքին:

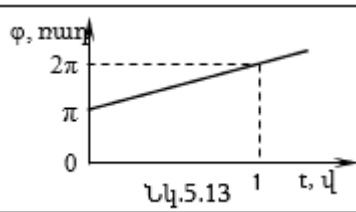
○5.3. Գրեք ներդաշնակ տատանումների հավասարումը (կոսինուսով արտահայտված), եթե առավելագույն արագացումը՝ $a_m = 0,5$ մ/վ², պարբերությունը՝ $T = 2$ վ, իսկ սկզբնական պահին շեղումը՝ $x_0 = 2,5$ սմ:

□5.4. Որոշեք ներդաշնակ տատանումների լայնույթը և սկզբնական փուլը, եթե հաճախությունը՝ $\nu = 2$ Հց, սկզբնական պահին շեղումը՝ $x_0 = -\sqrt{3}$ սմ, արագության պրոյեկցիան սկզբնական պահին՝ $v_{0x} = -4\pi$ սմ/վ: Կոսինուս ֆունկցիայի միջոցով գրեք տատանումների հավասարումը:

□5.5. Նկ.5.12-ում պատկերված է ներդաշնակ տատանումներ կատարող կետի կոորդինատի կախումը ժամանակից: Որոշեք կետի արագության պրոյեկցիան՝ ա) $t = 1$ վ; բ) $t = 2$ վ պահին:



Նկ.5.12



Նկ.5.13

○5.6. Նկ.5.13-ում պատկերված է ներդաշնակ տատանումների փուլի կախումը ժամանակից: Որոշեք տատանումների պարբերությունն ու գծային հաճախությունը:

○5.7. Կետի ներդաշնակ տատանումների լայնույթը A է, իսկ պարբերությունը՝ T : Մեկ պարբերության ընթացքում կետը որքա՞ն ժամանակ է գտնվում հավասարակշռության դիրքից $x = A/2$ -ի տիրույթում:

□5.8. Կետի ներդաշնակ տատանումների լայնույթը՝ $A = 10$ սմ, իսկ պարբերությունը՝ $T = 0,6$ վ: Որոշեք կետի միջին արագությունը՝ ա) մեկ պարբերության ընթացքում, բ) $t = 0,3$ վ պահին:

րության ընթացքում; **բ)** հավասարակշռության դիրքից հաշված լայնության առաջին կեսն անցնելու ընթացքում; **գ)** հավասարակշռության դիրքից հաշված լայնության երկրորդ կեսն անցնելու ընթացքում;

◦**5.9.** Կետի ներդաշնակ տատանումների լայնությունը՝ $A=2,5$ սմ, իսկ պարբերությունը՝ $T=2$ վ: Որոշեք կետի արագության մոդուլն այն պահին, երբ հավասարակշռության դիրքից շեղումը՝ $x=1,5$ սմ:

◻**5.10.** Ինչ-որ պահ ներդաշնակ տատանումներ կատարող կետի շեղման մոդուլը՝ $|x|=4$ սմ, արագության մոդուլը՝ $v=0,15$ մ/վ, իսկ արագացման մոդուլը՝ $a=1$ մ/վ²: Որոշեք տատանումների պարբերությունն ու լայնությունը:

◻**5.11.** Մարմինը կատարում է ներդաշնակ տատանումներ: Այն պահին, երբ հավասարակշռության դիրքից շեղումը՝ $x_1=3$ սմ, արագությունը՝ $v_1=10$ մ/վ, երբ շեղումը՝ $x_2=5$ սմ, արագությունը՝ $v_2=8$ մ/վ: Որոշեք տատանումների պարբերությունն ու լայնությունը:

◻**5.12.** Տատանումների նույն T պարբերությամբ երկու մաթեմատիկական ճոճանակներին, մեկը մյուսից τ ժամանակ հետո, հաղորդել են նույն արագությունը: Առաջին ճոճանակի շարժվելուց հետո որքա՞ն ժամանակ անց դրանք կհանդիպեն, եթե՝ **ա)** $\tau < T/2$; **բ)** $T/2 < \tau < T$:

Տատանումների վերադարձումը

●**5.13.** Վերադարձող երկու տատանումներ ունեն նույն ուղղությունը և պարբերությունը, իսկ դրանց լայնությունները՝ $A_1=5$ սմ, $A_2=2$ սմ: Ինչքա՞ն է արդյունարար տատանումների լայնության առավելագույն և նվազագույն արժեքներն ու փուլերի ի՞նչ տարբերության են դրանք համապատասխանում:

●**5.14.** $A_1=3$ սմ, $A_2=5$ սմ լայնություններով, նույն ուղղության և պարբերության երկու տատանումների վերադարձման արդյունքում ստացվեց $A=7$ սմ լայնությամբ տատանում: Որոշեք վերադարձող տատանումների փուլերի տարբերությունը: Կառուցեք վերադարձման վեկտորական դիագրամը:

●**5.15.** Նույն ուղղության և պարբերության երկու վերադարձող տատանումների լայնութն են՝ $A_1=4$ սմ և $A_2=3$ սմ, իսկ սկզբնական փուլերը՝ $\varphi_1=0$ և $\varphi_2=\pi/2$ ռադ: Որոշեք արդյունարար տատանումների լայնությունը և սկզբնական փուլը: Կառուցեք վերադարձման վեկտորական դիագրամը:

●**5.16.** Գրեք արդյունարար տատանումների հավասարումը, որը ստացվում է նույն ուղղությամբ $x_1=0,02\sin(\pi t + \pi/3)$ և $x_2=0,02\sin(\pi t + \pi/2)$ հավասարումներով նկարագրվող երկու տատանումների վերադարձումից: Բոլոր տվյալները բերված են միավորների ՄՀ-ում: Կառուցեք

վերադրման վեկտորական դիագրամը:

●**5.17.** Որոշեք արդյունաբար տատանումների լայնույթը, որը ստացվում է նույն ուղղությամբ $x_1 = 0,03\cos(\pi t + \pi/3)$ և $x_2 = 0,08\sin(\pi t + \pi/6)$ հավասարումներով նկարագրվող երկու տատանումների վերադրումից: Բոլոր տվյալները բերված են միավորների ՄՀ-ում: Կառուցեք վերադրման վեկտորական դիագրամը:

●**5.18.** Կետը ներդաշնակ տատանումներ է կատարում $x = A_1\cos\omega t + A_2\cos\omega t$ օրենքով, որտեղ $A_1 = 2\sqrt{3}$ սմ, $A_2 = 2$ սմ: Որոշեք տատանումների լայնույթը: Գրեք տատանումների հավասարումը, օգտագործելով՝ **ա)** սինուսների օրենքը; **բ)** կոսինուսների օրենքը:

●**5.19.** Երկու կամերտոն միաժամանակ ձայն են արձակում՝ մեկը $\nu_1 = 440$ Հց, մյուսը՝ $\nu_2 = 438$ Հց հաճախությամբ: Որոշեք բաբախումների հաճախությունը և պարբերությունը:

●**5.20.** Նույն ուղղությամբ և նույն լայնությամբ երկու ներդաշնակ տատանումների վերադրման արդյունքում կետի արդյունաբար տատանումները նկարագրվում է $x = 0,04\cos(2t) \cdot \cos(50t)$ հավասարումով: Բոլոր տվյալները բերված են միավորների ՄՀ-ում: Որոշեք վերադրվող տատանումների լայնություններն ու անկյունային հաճախությունները, ինչպես նաև բաբախման պարբերությունը:

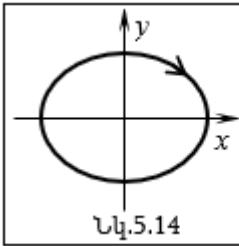
■**5.21.** Նույնական կետի շարժումը հանդիսանում է երկու փոխուղղահայաց տատանումների վերադրման արդյունք: Կառուցեք այդ կետի հետագծի մոտավոր տեսքը, եթե փոխուղղահայաց տատանումների հավասարումներն են՝ **ա)** $x = \cos(2\omega t)$, $y = \cos(\omega t)$; **բ)** $x = \sin(2\omega t)$, $y = \sin(\omega t)$; **գ)** $x = \cos(2\omega t)$, $y = \sin(\omega t)$; **դ)** $x = \sin(2\omega t)$, $y = \cos(\omega t)$:

●**5.22.** Կետը մասնակցում է նույն հաճախությամբ և սկզբնական փուլերով երկու տատանումների, որոնց լայնություններն են՝ $A_1=3$ սմ և $A_2=4$ սմ: Որոշեք արդյունաբար տատանումների լայնույթը, եթե տատանումները տեղի են ունենում՝ **ա)** նույն ուղղությամբ; **բ)** փոխուղղահայաց ուղղությամբ: **ա)** դեպքի համար կառուցեք վերադրման վեկտորական դիագրամը, իսկ **բ)** դեպքի համար կետի արդյունաբար շարժման հետագիծը:

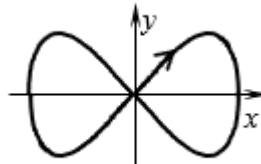
■**5.23.** Երկու փոխուղղահայաց տատանումներ նկարագրվում են $x=A_1 \cdot \sin\omega_1 t$, $y = A_2\sin(\omega_2 t + \phi_0)$ հավասարումներով: Դրանց վերադրման արդյունքում կետը շարժվում է փակ հետագծով, որի տեսքը պատկերված է Նկ.5.14-ում: Որոշեք ϕ_0 -ն և ω_2/ω_1 հարաբերությունը: Ի՞նչ տեղի կունենա, եթե փոխենք կետի շարժման ուղղությունը:

■**5.24.** Երկու փոխուղղահայաց տատանումներ նկարագրվում են $x=A_1 \cdot$

· $\sin \omega_1 t$, $y = A_2 \sin (\omega_2 t + \varphi_0)$, հավասարումներով: Դրանց վերադրման արդյունքում կետը շարժվում է փակ հետագծով, որի տեսքը պատկերված է Նկ.5.15-ում: Որոշեք φ_0 -ն և ω_2/ω_1 հարաբերությունը: Ի՞նչ տեղի կունենա, եթե փոխենք կետի շարժման ուղղությունը:



Նկ.5.14



Նկ.5.15

Ներդաշնակ տատանումների դինամիկան

□5.25. $m=10$ գ զանգված ունեցող նյութական կետի տատանումները նկարագրվում է $x = 0,05 \sin (\pi t/5 + \pi/4)$ հավասարումով: Բոլոր տվյալները բերված են միավորների ՄՀ-ում: Որոշեք կետի վրա ազդող ուժի առավելագույն արժեքը և տատանումների լրիվ էներգիան:

□5.26. Մարմնի տատանումների պարբերությունը՝ $T=2,4$ վ: Ինչքա՞ն ժամանակ անց մարմնի կինետիկ էներգիան կմեծանա՝ **ա)** զրոյից մինչև առավելագույնի $1/4$ արժեքը; **բ)** զրոյից մինչև առավելագույնի կեսը:

□5.27. $m=10$ գ զանգված ունեցող մասնիկի տատանումները նկարագրվում է $x = 0,4 \sin (50t)$ հավասարումով, որտեղ բոլոր արժեքները բերված են միավորների ՄՀ-ում: Որոշեք տատանումների մինիմալ դրական փուլը, որի դեպքում կինետիկ էներգիան $\Delta W = 1$ Ջ-ով մեծ է պոտենցիալ էներգիայից:

□5.28. Ներդաշնակորեն տատանվող մասնիկի պոտենցիալ էներգիան ժամանակի ինչ-որ պահին $n = \frac{W_{պ}}{W_{կ}} = 3$ անգամ մեծ է իր կինետիկ էներգիայից: Այդ պահի համար, որոշեք մասնիկի հավասարակշռության դիրքից ունեցած շեղման հարաբերությունը տատանումների լայնության:

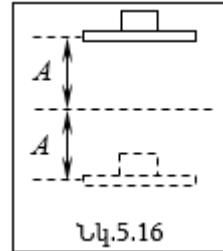
□5.29. $m=500$ գ զանգված ունեցող նյութական կետը կատարում է ներդաշնակ տատանումներ $\omega_0=10$ ռադ/վ ցիկլային հաճախությամբ: Տատանումների լրիվ էներգիան՝ $W = 0,5$ Ջ: Որոշեք կետի արագության մոդուլն այն պահին, երբ դրա շեղումը հավասարակշռության դիրքից՝ $x=10$ սմ:

□5.30. $m=5$ գ զանգված ունեցող նյութական կետը ներդաշնակ տատա-

նումներ է կատարում $T=2$ վ պարբերությամբ: Տատանումների լրիվ էներգիան $W=100$ մկՋ: Որոշեք կետի վրա ազդող ուժի առավելագույն արժեքը:

□5.31. $m=100$ գ զանգված ունեցող նյութական կետը կատարում է ներդաշնակ տատանումներ: Որոշեք այդ կետի պոտենցիալ էներգիան այն պահին, երբ դրա շեղումը հավասարակշռության դիրքից՝ $x=2$ սմ, իսկ արագացման մոդուլը՝ $a = 100$ մ/վ²:

□5.32. Հենահարթակն ուղղաձիգ հարթությամբ ներդաշնակ տատանումներ է կատարում $A=1$ սմ լայնությամբ (Նկ.5.16): Ի՞նչ նվազագույն պարբերությամբ պետք է տատանվի հենահարթակը, որպեսզի դրա վրա գտնվող առարկան դրանից չանջատվի:



□5.33. Հենահարթակը, որի վրա բեռ կա, հորիզոնական ուղղությամբ ներդաշնակ տատանումներ է կատարում $A=1$ սմ լայնությամբ: Հենահարթակի և բեռի միջև շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,1$: Ի՞նչ նվազագույն պարբերությամբ պետք է տատանվի հենահարթակը, որպեսզի դրա վրայի բեռը չսահի:

●5.34. m զանգվածով մարմնի պոտենցիալ էներգիայի կախումը իր կոորդինատից տրվում է $W_{պ} = bx^2$ բանաձևով, որտեղ b -ն դրական հաստատուն է: Ինչքա՞ն է հավասարակշռության դիրքի նկատմամբ այդ մարմնի տատանումների պարբերությունը:

●5.35. m զանգվածով մարմնի պոտենցիալ էներգիայի կախումը կոորդինատից տրվում է $W_{պ} = b(1 - \cos ax)$ բանաձևով, որտեղ b -ն և a -ն դրական հաստատուններ են: Ինչքա՞ն է հավասարակշռության դիրքի նկատմամբ այդ մարմնի փոքր տատանումների պարբերությունը:

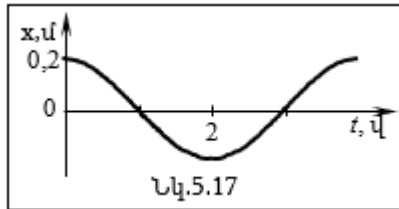
■5.36. m զանգվածով մարմնի պոտենցիալ էներգիայի կախումը կոորդինատից տրվում է $W_{պ} = \frac{a}{x^2} - \frac{b}{x}$ բանաձևով, որտեղ b -ն և a -ն դրական հաստատուններ են: Ինչքա՞ն է հավասարակշռության դիրքի նկատմամբ այդ մարմնի փոքր տատանումների պարբերությունը:

Ճոճանակներ

○5.37. $m=400$ գ զանգվածով բեռը կախված է $k=4,5$ Ն/սմ կոշտությամբ զսպանակից և տատանվում է $A=1,5$ սմ լայնությամբ: Որոշեք տատանումների լրիվ էներգիան և բեռի առավելագույն արագությունը:

○5.38. $k=0,25$ Ն/սմ կոշտությամբ զսպանակից կախված բեռը տատանում-

ներ է կատարում, որի գրաֆիկը պատկերված է Նկ.5.17-ում: Որոշեք բեռի զանգվածը, դրա վրա ազդող ուժի առավելագույն արժեքը, դրա առավելագույն արագությունը և տատանումների լրիվ էներգիան:

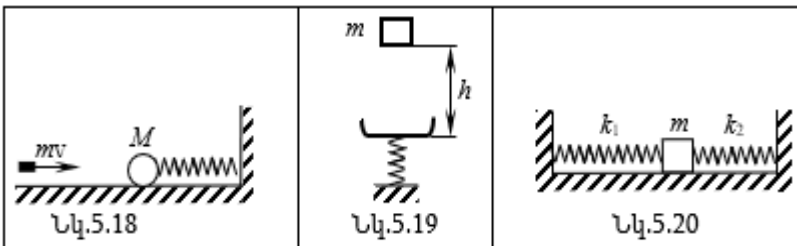


◦5.39. Անկշիռ զսպանակը երկարացավ $\Delta l = 10$ սմ-ով, երբ նրանից կախեցին $m=100$ գ զանգվածով բեռ: Բեռը հավասարակշռության դիրքից դուրս բերին և բաց թողին: Որոշեք բեռի ուղղաձիգ փոքր տատանումների պարբերությունը:

◦5.40. Չսպանակից կախված բեռը կատարում է $T_1 = 3$ վ պարբերությամբ ուղղաձիգ տատանումներ: Նույն զսպանակից մեկ այլ բեռ կախելիս տատանումների պարբերությունը դառնում է $T_2 = 4$ վ: Ինչքա՞ն կլինի տատանումների պարբերությունը զսպանակից այդ երկու բեռները միաժամանակ կախելիս:

◦5.41. $k=50$ Ն/մ կոշտությամբ զսպանակից կախված բեռը գտնվում է դադարի վիճակում: Երբ բեռից անջատեցին $m=50$ գ զանվածով մաս, մնացած մասը սկսեց տատանվել: Որոշեք այդ տատանումների լայնությունը և լրիվ էներգիան:

◻5.42. Սեղանի վրա գտնվող M զանգվածով մարմինն ամրացված է հորիզոնական զսպանակին և սեղանի վրա կարող է սահել առանց շփման (Նկ.5.18): Այդ մարմնի մեջ մխրճվում է զսպանակի առանցքի երկայնքով շարժվող v արագություն և m զանգված ունեցող գնդակը: Որոշեք այդ



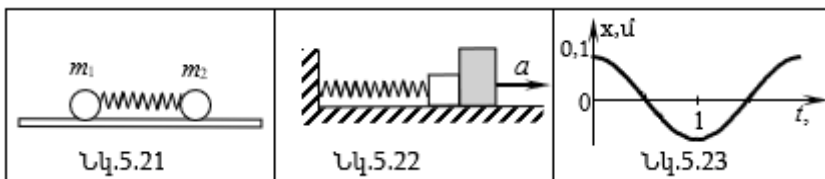
համակարգի տատանումների պարբերությունը, եթե տատանումների լայնույթը հավասար է A -ի:

□5.43. m զանգվածով մարմինը h բարձրությունից ընկավ զսպանակավոր կշեռքի թասիկի վրա (Նկ.5.19) և կպավ նրան (ոչ առաձգական հարված): Մարմինը, թասիկի հետ միասին, սկսում է տատանվել: Որոշեք այդ տատանումների լայնույթը և լրիվ էներգիան, եթե զսպանակի կոշտությունը հավասար է k -ի: Թասիկի և զսպանակի զանգվածներն անտեսեք:

□5.44. $m=100\text{գ}$ զանգվածով բեռը գտնվում է $k_1 = 1\text{Ն/սմ}$ և $k_2 = 2\text{Ն/սմ}$ կոշտություններով զսպանակների միջև, որոնք ամրացված են պատերին (Նկ.5.20): Սկզբնական պահին զսպանակները դեֆորմացված չեն: Որոշեք մարմնի տատանումների պարբերությունը, եթե այն՝ **ա)** միացած է զսպանակներին: **բ)** զսպանակներին միացած չէ: Շփումն անտեսեք:

□5.45. $k_1 = 1\text{Ն/սմ}$ և $k_2 = 2\text{Ն/սմ}$ կոշտություններով զսպանակներին ամրացված է մարմին (Նկ.5.20): Որոշեք մարմնի տատանումների լայնույթը, եթե սկզբնական պահին երկրորդ զսպանակը սեղմված է $l = 1\text{սմ}$ -ով, իսկ առաջինը դեֆորմացված չէ: Շփումն անտեսեք:

□5.46. Ողորկ մակերևույթին գտնվող m_1 և m_2 զանգվածներով մարմինները իրար են միացած անկշիռ k կոշտությամբ զսպանակով (Նկ.5.21): Որոշեք այդ համակարգում տեղի ունեցող տատանումների պարբերությունը: Շփումն անտեսեք:



□5.47. Հորիզոնական հարթության վրա գտնվող չորսուն միացած է l չափով սեղմված զսպանակին և պահվում է հենարանով (Նկ.5.22): Երբ հենարանը սկսում են a արագացումով դեպի աջ շարժել, τ ժամանակ անց չորսուն անջատվում է դրանից և սկսում տատանումներ կատարել: Որոշեք այդ տատանման պարբերությունը և լայնույթը: Շփումն անտեսեք:

□5.48. Երբ մաթեմատիկական ճոճանակի երկարությունը մեծացրին $\Delta l = 10\text{սմ}$ -ով, դրա տատանումների պարբերությունը մեծացավ $n=1,1$ անգամ: Որոշեք ճոճանակի սկզբնական երկարությունը:

□5.49. Մաթեմատիկական ճոճանակներից մեկի տատանումների պարբերությունը $T_1 = 3\text{վ}$, իսկ մյուսինը՝ $T_2 = 4\text{վ}$: Ինչքա՞ն այն ճոճանակի տատանումների պարբերությունը, որի երկարությունը հավասար է նշված

ճոճանակների թելերի երկարությունների գումարին:

○5.50. Նկ.5.23-ում պատկերված է մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների գրաֆիկը: Որոշեք այդ ճոճանակի երկարությունը, հավասարակշռության դիրքից շեղման անկյան առավելագույն արժեքը և առավելագույն արագացումը:

○5.51. $l = 40$ սմ երկարություն և $m=10$ գ զանգված ունեցող մաթեմատիկական ճոճանակը $\alpha = 5^\circ$ -ով շեղել են ուղղաձիգից և բաց թողել: Որոշեք ճոճանակի տատանումների լայնությունը, առավելագույն արագությունը, առավելագույն արագացումը և լրիվ մեխանիկական էներգիան:

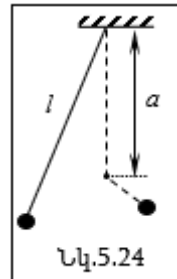
○5.52. Փոքրիկ գնդիկը կախված է բարակ, երկար թելից: Մի դեպքում այն ուղղաձիգ բարձրացնում են մինչև կախման կետը և բաց թողնում, մյուս դեպքում՝ շեղում են փոքր անկյունով և բաց թողնում: Երկրորդ դեպքում քանի՞ անգամ ավելի մեծ ժամանակում գնդիկը կվերադառնա հավասարակշռության դիրքը: Շփումն անտեսեք:

○5.53. Երկրի մակերևույթից ի՞նչ բարձրության վրա մաթեմատիկական ճոճանակի տատանման պարբերությունը $n=2$ անգամ ավելի մեծ կլինի, քան Երկրի մակերևույթի մերձակայքում: Երկրի շառավիղը համարեք հայտնի:

□5.54. Երկրի մակերևույթին ճիշտ ընթացող ճոճանակավոր ժամացույցը բարձրացրին $h=200$ մ բարձրության վրա: Որքանո՞վ հետ կընկնի այդ ժամացույցը $t=1$ օրվա ընթացքում: Երկրի շառավիղը համարեք հայտնի:

○5.55. Քանի՞ անգամ կմեծանա մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների պարբերությունը, եթե այն Երկրի մակերևույթից տեղափոխվի Լուսնի մակերևույթ: Երկրի զանգվածը Լուսնի զանգվածից մեծ է $n_1 = 81$ անգամ, իսկ շառավիղը՝ $n_2 = 3,6$ անգամ:

□5.56. $l = 40$ սմ երկարությամբ մաթեմատիկական ճոճանակը տատանվում է ուղղաձիգ պատի մոտակայքում: Կախման կետից, ուղղաձիգով դեպի ներքև $a = 3l/4$ հեռավորության վրա ամրացված է մեխ, որը թեքում է թելը, երբ ճոճանակը շարժվում է դեպի աջ (Նկ.5.24): Որոշեք ճոճանակի փոքր տատանումների պարբերությունը և հավասարակշռության դիրքից գնդիկի աջ և ձախ առավելագույն շեղումների հարաբերությունը:



□5.57. Ի՞նչ արագացմամբ պետք է շարժվի վերելակի խցիկը, որեսզի նրանում գտնվող վայրկյանային մաթեմատիկական ճոճանակը (պար-

բերությունը հավասար է 1վ-ի) $t=5$ վ-ում կատարի $N=4$ տատանում:

■5.58. Բարակ թելից կախված է M զանգվածով գնդիկ: m զանգվածով v_0 արագությամբ հորիզոնական ուղղությամբ թռչող գնդակը դիպչում է գնդիկին և մտնում նրա մեջ, որի հետևանքով թելը շեղվելով՝ ուղղաձիգի հետ կազմում է α անկյուն: Համարելով ճոճանակը մաթեմատիկական, որոշեք դրա տատանումների հաճախությունը:

■5.59. $l = 15$ սմ երկարություն ունեցող համասեռ ձողը կախված է իր ծայրերից մեկից: Որոշեք ձողի փոքր տատանումների պարբերությունը: Որքան է այդ ճոճանակի բերված երկարությունը:

■5.60. $l = 15$ սմ երկարություն ունեցող համասեռ ձողը տատանվում է հորիզոնական առանցքի շուրջը, որն անցնում է ձողի ծանրության կենտրոնից a հեռավորության վրա գտնվող կետով: a -ի ի՞նչ արժեքի դեպքում ճոճանակի տատանումների պարբերությունը կընդունի նվազագույն արժեք և ինչի՞ է դա հավասար:

■5.61. $R=40$ սմ շառավղով անվագոտին կախված է մեխից, որը հորիզոնական դիրքով մեխված է պատին: Պատին զուգահեռ հարթության մեջ անվագոտին ի՞նչ պարբերությամբ փոքր տատանումներ կկատարի: Որոշեք այդ ճոճանակի բերված երկարությունը:

■5.62. $R=40$ սմ շառավղով սկավառակը տատանումներ է կատարում իր եզրով անցնող հորիզոնական առանցքի շուրջը: Որոշեք սկավառակի փոքր տատանումների պարբերությունը:

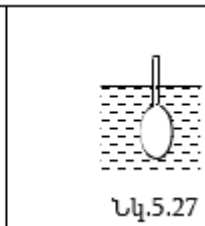
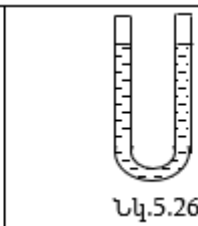
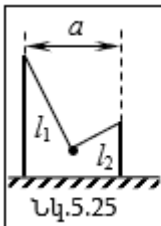
Տարբեր տատանվող համակարգեր

■5.63. m զանգված և l երկարություն ունեցող մաթեմատիկական ճոճանակի գնդիկը միացած է k կոշտությամբ հորիզոնական անկշիռ զսպանակին: Զսպանակի մյուս ծայրն ամրացված է ուղղաձիգ պատին և ճոճանակի հավասարակշռության դիրքում այն դեֆորմացված չէ: Որոշեք այդ ճոճանակի փոքր տատանումների պարբերություն, եթե զսպանակն առաձգականությամբ օժտված է միայն երկայնական ուղղությամբ:

■5.64. $m = 25$ գ զանգվածով գնդիկն ամրացված է $l = 1$ մ երկարությամբ հորիզոնական առաձգական լարի կենտրոնում: Որոշեք գնդիկի ուղղաձիգ ուղղությամբ փոքր տատանումների պարբերությունը, եթե լարի ձգման ուժը $F=10$ Ն և համարվում է հաստատուն: Գնդիկի ծալության ուժն անտեսեք:

■5.65. Բեռը l_1 և l_2 երկարությամբ պարաններով կախված է տարբեր բարձրությամբ սյուններից (Նկ.5.25): Սյունների միջև հեռավորությունը

a է, իսկ պարաններն իրար հետ կազմում են ուղիղ անկյուն: Որոշեք բեռի փոքր տատանումների պարբերությունը: Տատանումների ընթացքում պարանները չեն կախվում:

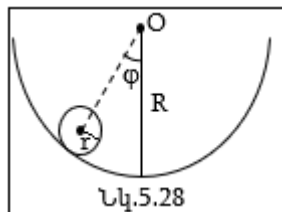


□**5.66.** $S=0,5\text{մ}^2$ լայնական հատույթի մակերեսով հաղորդակից անոթները լցված են $V=16\text{սմ}^3$ ծավալով հեղուկով (Նկ.5.26): Հեղուկը դուրս են բերում հավասարակշռության դիրքից, որի հետևանքով այն սկսում է տատանվել: Որոշեք հեղուկի փոքր տատանումների պարբերությունը: Որոշեք այդ պարբերությունն ունեցող մաթեմատիկական ճոճանակի երկարությունը: Շփումն անտեսեք:

□**5.67.** Որոշեք լողանի փոքր տատանումների պարբերությունը ջրում, այն բանից հետո, երբ նրան լրացուցիչ սուզում են փոքր չափով և բաց թողնում (Նկ.5.27): Լողանի զանգվածը՝ $m=40\text{գ}$, դրա խողովակի լայնական հատույթի մակերեսը՝ $S=25\text{սմ}^2$, ջրի խտությունը՝ $\rho = 1\text{գ/սմ}^3$: Լողանի շարժման ժամանակ ջրի դիմադրությունն անտեսեք:

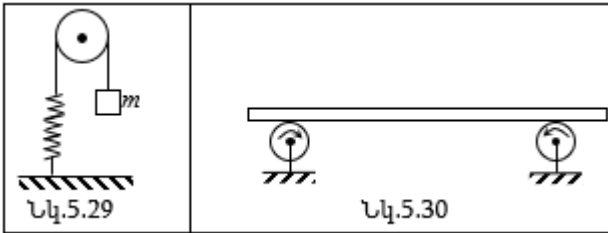
□**5.68.** Գլանաձև գերանը ուղղաձիգ դիրքով լողում է ջրում այնպես, որ ջրից դուրս գտնվող մասի երկարությունը շատ փոքր է գերանի երկարությունից: Որոշեք գերանի փոքր տատանումների պարբերությունը ջրում այն բանից հետո, երբ նրան լրացուցիչ սուզում են փոքր չափով և բաց թողնում: Գերանի շարժման ժամանակ ջրի դիմադրությունն անտեսեք:

■**5.69.** r շառավղով համասեռ գլանը առանց սահքի գլոր տալով R շառավղով գլանի ներքին մակերևույթով, հավասարակշռության դիրքի շուրջը կատարում է փոքր լայնույթով տատանումներ (Նկ.5.28): Որոշեք այդ տատանումների պարբերությունը: Ի՞նչ արդյունք կստացվի, եթե գլանը փոխարինվի նույն շառավղով գնդով:



■**5.70.** I իներցիայի մոմենտ n R շառավղի ունեցող անշարժ ճախարակի վրայով գցած

թելի ծայրերից մեկից կախված է m զանգվածով բեռ (Նկ. 5.29): Թելի մյուս ծայրը միացած է զսպանակին, որի ներքևի ծայրն ամրացված է: Որոշեք բեռի փոքր տատանումների պարբերությունը, եթե զսպանակի կոշտությունը հավասար է k -ի, իսկ թելը ճախարակի վրայով չի սահում:



■5.71. Համասեռ տախտակը դրված է իրար դեմ արագ պտտվող երկու անվակների վրա (Նկ.5.30, Ժուկովսկու ճոճանակ): Անվակների առանցքների հեռավորությունը $l = 0,2$ մ, իսկ շփման գործակիցը տախտակի և անվակների միջև $\mu = 0,18$: Ապացուցեք, որ տախտակը կկատարի ներդաշնակ տատանումներ և որոշեք այդ տատանումների պարբերությունը:

■5.72. Պատկերացնենք, որ երկրագնդի հյուսիսային բևեռից մինչև հարավային բևեռը ուղղաձիգ հորանցք է արված: Ապացուցեք, որ այդ հորանցքում դադարի վիճակում տեղադրված նյութական կետը կկատարի ներդաշնակ տատանումներ: Որոշեք այդ տատանումներ պարբերությունը, արտահայտված Երկրի շառավղով և մակերևույթի մոտ ազատ անկման արագացմամբ: Հաշվեք մարմնի արագությունը Երկրի կենտրոնում: Երկիրը համարեք համասեռ գունդ, իսկ շփման և դիմադրության ուժերն անտեսեք:

■5.73. m զանգվածով նյութական կետը k կոշտությամբ անկշիռ զսպանակով միացած է ուղղաձիգ պտտման առանցքին և նրա շուրջը պտտվում է Ω անկյունային արագությամբ: Որոշեք զսպանակի երկայնքով կետի փոքր տատանումներ ցիկլային հաճախությունը:

Մարդո տատանումներ

●5.74. Տատանումները նկարագրվում են $x=0,05 \cdot e^{-2t} \sin(\pi t + \pi/2)$ հավասարումով: Բոլոր տվյալները բերված են միավորների ՄՀ-ում: Որոշեք մարման գործակիցը, ռելաքսիայի ժամանակը, տատանումների սեփական հաճախությունը և մարման լոգարիթմական դեկրեմենտը:

●**5.75.** Մարող տատանումների պարբերությունը՝ $T=4$ վ, մարման լոգարիթմական դեկրեմենտը՝ $\delta = 2$, շեղումը $t_0 = 0$ պահին շեղումը $x_0 = 0$, իսկ $t=1$ վ պահին՝ $x=3$ սմ: Գրեք մարող տատանումների հավասարումը, օգտագործելով սինուս ֆունկցիան:

●**5.76.** Մարող տատանումները տեղի են ունենում $x = A_0 e^{-0,5t} \sin(\pi t/2)$ օրենքով: Բոլոր տվյալները բերված են միավորների ՄՇ-ում: Որոշեք ժամանակի այն պահերը, երբ տատանվող կետի շեղումը հասնում է իր եզրային արժեքներին:

●**5.77.** $t_1 = 10$ վ անց մարող տատանումների լայնույթը փոքրացավ $n_1 = 2$ անգամ: Որոշեք մարման գործակից: Քանի՞ անգամ կփոքրանա լայնույթը $t_2 = 30$ վ վ-ի ընթացքում:

●**5.78.** Մարող տատանումների լայնույթը $N_1 = 10$ տատանման ընթացքում փոքրացավ $n_1 = 2$ անգամ: Որոշեք մարման լոգարիթմական դեկրեմենտը: Քանի՞ անգամ կփոքրանա լայնույթը $N_2 = 30$ տատանման ընթացքում:

●**5.79.** Ճոճանակի սեփական տատանումների պարբերությունը՝ $T_0 = 4$ վ: Այդ ճոճանակի պարբերությունը մածուցիկ միջավայրում մեծացավ մինչև $T=5$ վ արժեքը: Որոշեք մարման գործակիցը և մարման լոգարիթմական դեկրեմենտը:

●**5.80.** $l = 1$ մ երկարությամբ մաթեմատիկական ճոճանակը կատարում է մարող տատանումներ: Առաջին տատանման ժամանակ այն շեղվեց $x_1 = 5$ սմ-ով, իսկ երկրորդ տատանման ժամանակ (նույն կողմը) շեղվեց $x_2 = 4$ սմ-ով: Որոշեք ճոճանակի տատանումների մարման լոգարիթմական դեկրեմենտը և մարման գործակիցը:

●**5.81.** Տատանիչի տատանումների սեփական խաճախությունը՝ $\omega_0 = 100$ վ⁻¹, իսկ ռելաքսիայի ժամանակը՝ $\tau = 60$ վ: Որոշեք տատանիչի մարման լոգարիթմական դեկրեմենտը:

●**5.82.** Երբ զսպանակից բեռ կախեցին, այն երկարացավ $\Delta l = 2,5$ սմ-ով: Մարման գործակցի ի՞նչ արժեքի դեպքում, հավասարակշռության դիրքից հանված բեռը կվերադառնա այդ դիրքին առանց տատանում կատարելու:

Հարկադրական տատանումներ

□**5.83.** $m=80$ տ զանգվածով երկաթգծային վագոնն ունի չորս ռետորային զսպանակներ, որոնցից յուրաքանչյուրի կոշտությունը $k=500$ կՆ/մ: Ռելսերի կցումներում վագոնը ստանում է ուղղաձիգ հարվածներ, որոնք վագոնի հարկադրական տատանումների պատճառ են դառնում: Վագոնի

ի՞նչ նվազագույն արագության դեպքում ուղևորները կսկսեն զգալ վազո-
նի ուղղաձիգ ուժեղ տատանումներ, եթե ռելի երկարությունը $l = 25$ մ:

●**5.84.** Համակարգի սեփական տատանումների հաճախությունը $\nu_0 = 100$ Հց, իսկ մարդկ տատանումներինը՝ $\nu = 99$ Հց: Որոշեք համակարգի ռեզո-
նանսային հաճախությունը:

●**5.85.** Որոշեք տատանիչի մարման լոգարիթմական դեկրեմենտը, եթե
դրա ռեզոնանսային շրջանային հաճախության հարաբերությունը մա-
րդ տատանումների հաճախությանը՝ $n = \frac{\Omega_{\text{ռեզ}}}{\omega} = 0,97$:

●**5.86.** $\nu_1 = 800$ Հց և $\nu_2 = 1200$ Հց հաճախություններով տեղի ունեցող հար-
կադրական տատանումների ժամանակ լայնություններն իրար հավասար
են: Որոշեք համակարգի ռեզոնանսային հաճախությունը, եթե մարմու-
նները կարելի է անտեսել:

■**5.87.** $m = 10$ գ զանգվածով գնդիկը կախեցին $k = 10^3$ Ն/մ կոշտությամբ ան-
կշիռ զսպանակից և այդ համակարգը ընկղմեցին մածուցիկ միջավայրի
մեջ, որի դիմադրության գործակիցը՝ $r = 0,2$ կգ/վ: Որոշեք ազատ մարդկ
տատանումների զծային հաճախությունը, ռեզոնանսային հաճախու-
թյունը և ռեզոնանսային լայնությը, եթե հարկադրող ներդաշնակ ուժի
լայնությը՝ $F_0 = 20$ մՆ:

■**5.88.** Հարկադրող ներդաշնակ ուժի լայնությը F_0 է, իսկ այդ ուժի հաճա-
խությունը՝ $\Omega = \omega_0$, որտեղ ω_0 -ն տատանիչի սեփական տատանումների
հաճախությունն է: Տատանիչի զանգվածը m է, իսկ մարման գործակիցը՝
 β : Որոշեք հարկադրական տատանումների լայնությը: Քանի՞ անգամ է
դա մեծ F_0 հաստատուն ուժի ազդեցությամբ տատանիչի ունեցած շեղու-
մից: Որոշեք հարկադրող ուժի և հարկադրական տատանումների փուլե-
րի φ տարբերությունը:

■**5.89.** Տատանվող համակարգի վրա ազդող արտաքին ուժը փոփոխվում
է $F_x = F_m \cos \Omega t$ օրենքով, իսկ տատանումները տեղի են ունենում $x =$
 $= A \cos(\Omega t - \varphi)$ օրենքով: Որոշեք այդ ուժի միջին հզորությունը: φ -ի ի՞նչ
արժեքների դեպքում դա կունենա մինիմալ և մաքսիմալ արժեքներ:

■**5.90.** Ռեզոնանսի դեպքում որոշեք հարկադրող ուժի և հարկադրական
տատանումների փուլերի φ տարբերությունը, եթե տատանիչի սեփա-
կան տատանումների հաճախությունը՝ $\omega_0 = 50$ վ⁻¹, իսկ մարման գործա-
կիցը՝ $\beta = 5$ վ⁻¹:

Մեխանիկական ալիքներ

○**5.91.** Մարդու ականջն ընկալում է մոտավորապես $\nu_1 = 20$ Հց -ից մինչև

$v_2 = 20\text{կՀ}$ ց հաճախությունների տիրույթի ձայն: Որոշեք դրան համապատասխանող ալիքների երկարության տիրույթներն օդում և ջրում: Օդում ձայնը տարածվում է $v_0 = 340\text{մ/վ}$, իսկ ջրում՝ $v = 1500\text{մ/վ}$ արագությամբ:

◦**5.92.** Ձայնային ալիքն ունի $\nu = 400\text{Հ}$ ց հաճախություն և $A=0,2$ մմ լայնությ: Ալիքի երկարությունը՝ $\lambda = 85\text{սմ}$: Որոշեք ալիքի արածման արագությունը և միջավայրի մասնիկների առավելագույն արագությունն ալիքի շարժման ընթացքում:

◦**5.93.** Առաձգական ալիքը ռետինե քուղով տարածվում է $c = 10\text{մ/վ}$ արագությամբ: Քուղի մասնիկների առավելագույն արագությունը՝ $v_m = 1\text{մ/վ}$: Ալիքի երկարությունը՝ $\lambda = 2\text{մ}$: Որոշեք ալիքի պարբերությունն ու լայնությունը:

◦**5.94.** Լճի ափից $l = 100\text{մ}$ հեռավորության վրա շարժվող մոտորանավակը գրգռեց ալիքներ, որոնք $t_1 = 1$ րոպ անց հասան ափին: $t_2 = 2$ վ-ի ընթացքում ալիքը ափում կատարեց ջրի երկու ճողփյուն: Որոշեք ալիքի երկու հարևան կատարների միջև եղած հեռավորությունը:

◦**5.95.** Դիտորդն ուսումնասիրելով ջրի մակերևույթով տարածվող ալիքները նկատեց, որ ջրի մակերևույթի $l = 20\text{մ}$ երկարությամբ տեղամասում կա ալիքի $N_2 = 10$ կատար, իսկ ջրում գտնվող լողանը $t=20\text{վ}$ -ում կատարում է $N_1 = 30$ տատանում: Ալիքի տարածման արագության համար ի° նչ արժեք ստացավ դիտորդը:

◦**5.96.** Երբ $\nu = 1\text{կՀ}$ ց հաճախությամբ ալիքը մի միջավայրից մյուսն անցավ, նրա ալիքի երկարությունը մեծացավ $\Delta\lambda = 1,2\text{մ}$ -ով: Առաջին միջավայրում ալիքի տարածման արագությունը՝ $v_1 = 300\text{մ/վ}$: Որոշեք այդ ալիքի տարածման արագությունն երկրորդ միջավայրում:

●**5.97.** Հարթ ալիքի հավասարումն ունի $s = 0,01\cos(600t - 2x)$ տեսքը: Բոլոր տվյալները բերված են միավորների ՄՀ-ում: Որոշեք պարբերությունը, ալիքի երկարությունը, դրա տարածման արագությունը և միջավայրի մասնիկների առավելագույն արագությունը:

●**5.98.** Որոշեք ալիքի տարածման արագությունը, եթե նրա տարածման ուղղությամբ և իրարից $\Delta x = 10\text{սմ}$ հեռավորության վրա գտնվող միջա-

վայրի երկու կետերի տատանման փուլերի տարբերությունը՝ $\Delta\varphi = 60^\circ$:
Տատանումների հաճախությունը՝ $\nu = 25$ Հց:

○**5.99.** Ալիքի աղբյուրում տատանումները տեղի են ունենում $\zeta = 0,05 \cdot \sin(800\pi t)$ օրենքով: Բոլոր տվյալները բերված են միավորների ՄՀ-ում: Որոշեք աղբյուրից $x=1$ մ հեռավորության վրա գտնվող մասնիկի շեղումը հավասարակշռության դիրքից, արագության և արագացման պրոյեկցիաները ժամանակի $t=0,01$ վ պահին: Ալիքի տարածման արագությունը՝ $v=300$ մ/վ:

●**5.100.** Ալիքի աղբյուրում տատանումները տեղի են ունենում $\zeta = 0,1 \cdot \sin(3\pi t)$ օրենքով: Բոլոր տվյալները բերված են միավորների ՄՀ-ում: Ալիքի տարածման արագությունը՝ $v = 300$ մ/վ: Գրեք՝ ա) ալիքի $\zeta = \zeta(t, l)$ հավասարումը; բ) $\zeta = \zeta(t)$ հավասարումը միջավայրի այն մասնիկի համար, որն աղբյուրից գտնվում է $x=300$ մ հեռավորության վրա; գ) միջավայրի մասնիկի համար $\zeta = \zeta(x)$ հավասարումը $t=1$ վ պահին: Տատանումներն համարել չմարդ, իսկ ալիքը՝ հարթ:

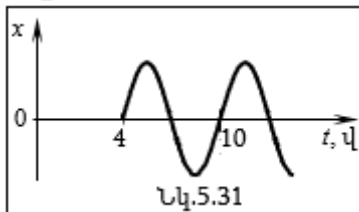
●**5.101.** Ալիքի աղբյուրում տատանումները տեղի են ունենում $\zeta = A \sin \omega t$ օրենքով, որտեղ լայնույթը՝ $A=2$ սմ: Որոշեք աղբյուրից $x=\lambda/4$ հեռավորության վրա գտնվող կետի շեղումը հավասարակշռության դիրքից ժամանակի $t=T/3$ պահին:

○**5.102.** Ինչ-որ միջավայրում տարածվում են նույն տոնի երկու ձայնային ալիքներ: Միջավայրի մասնիկների տատանման առավելագույն արագությունն առաջին ալիքում մեծ է, քան երկրորդում ($v_{1m} > v_{2m}$): Ո՞ր ալիքին է համապատասխանում ձայնի բարձր ուժգնություն:

□**5.103.** Միևնույն միջավայրում տարածվում են երկու առաձգական ալիքներ: Այդ ալիքներում միջավայրի մասնիկների առավելագույն արագացումների և լայնույթների հարաբերություններն են՝ $\frac{a_{1m}}{a_{2m}} = 0,5$ և $\frac{A_1}{A_2} = 0,5$: Ինչի՞նչ է հավասար ալիքների երկարությունների հարաբերությունն այդ միջավայրում:

□**5.104.** Ալիքը տարածվում է առաձգական միջավայրում: Աղբյուրում տատանումները սկսվել են $t=0$ պահին: Նկ.5.31-ում բերված է աղբյուրից $x=2$ մ հեռավորության վրա գտնվող միջավայրի մասնիկի շեղման կախումը

ժամանակից: Որոշեք ալիքի երկարությունը, դրա պարբերությունն ու տարածման արագությունը:



●**5.105.** Նույն հաճախությամբ երկու կոհերենտ ալիքի աղբյուրներից մեկից A կետը գտնվում է $l_1 = 10$ մ, իսկ մյուսից՝ $l_2 = 15$ մ հեռավորության վրա: Այդ կետում ալիքներն իրար կուժեղացնեն, թե՞ կթուլացնեն, եթե ալիքի երկարությունը՝ **ա)** $\lambda=1$ մ; **բ)** $\lambda=2$ մ:

●**5.106.** Կանգուն ալիքում առաջին և չորրորդ հանգույցների միջև հեռավորությունը՝ $l = 60$ սմ: Ինչի՞նչ է հավասար վազող ալիքի երկարությունը, որն անդրադարձացի հետ վերադարձվելուց տվել է կանգուն ալիք:

Դռպլերի երևույթը

●**5.107.** Կայարանի կառամատույցին կանգնած մարդը նկատեց, որ երբ գնացքը մոտենում է, նրա սուլոցը ընկալվում է որպես $v_1 = 1100$ Հց հաճախության ձայն, իսկ հեռանալուց՝ $v_2 = 900$ Հց հաճախության ձայն: Ձայնի արագությունը օդում՝ $v=300$ մ/վ: Որոշեք գնացքի արագությունը և շչակի արձակաց ձայնի հաճախությունը:

●**5.108.** Չղջիկն արձակելով $v_0 = 50$ կՀց հաճախության ուլտրաձայն, $u=6$ մ/վ արագությամբ մոտենում է պատին: Ի՞նչ երկու հաճախություններ կընկալի չղջիկը: Ձայնի արագությունը օդում՝ $v=340$ մ/վ:

■**5.109.** Նույն առանցքի վրա գտնվում են $v_0 = 1$ կՀց հաճախության ձայնի աղբյուրը և ընդունիչը: Աղբյուրն այդ առանցքի երկայնքով կատարում է $A=1$ սմ լայնությամբ և $\omega = 100$ ռադ/վ ցիկլային հաճախությամբ ներդաշնակ տատանումներ, իսկ ընդունիչն անշարժ է: Հաճախությունների ի՞նչ տիրույթ կընկալի ընդունիչը, եթե ձայնի արագությունը օդում՝ $v=340$ մ/վ:

□**5.110.** Դեպի ավեր վազող ալիքում երկու հարևան կատարների միջև հեռավորությունը՝ $l = 10$ մ, իսկ ալիքում մասնիկները տատանվում են $T=2$ վ

պարբերությամբ: Մոտորանավակի իրանին ի՞նչ հաճախությամբ կհարվածի ալիքը, եթե նա $v=54\text{կմ/ժ}$ արագությամբ՝ **ա)** հեռանա ափից; **բ)** մոտենա ափին:

■**5.111.** Գնացքը, որը շարժվում է $u=108\text{կմ/ժ}$ արագությամբ, արձակում է $\tau_0 = 6\text{վ}$ տևողությամբ սուլոց: Ի՞նչ տևողությամբ սուլոց կընկալի անշարժ դիտորդը, եթե գնացքը՝ **ա)** մոտենում է նրան; **բ)** հեռանում է նրանից: Ձայնի արագությունը օդում՝ $v=340\text{մ/վ}$:

■**5.112.** Նախորդ խնդրում ի՞նչ արդյունք կստացվի, եթե անշարժ է ձայնի աղբյուրը, իսկ դիտորդը ս արագությամբ՝ **ա)** մոտենում է դրան; **բ)** հեռանում է դրանից:

Հարցեր

- 1. Ո՞րն է կոչվում տատանողական շարժում: Բերեք օրինակներ:
- 2. Ո՞րն է կոչվում տատանիչ: Բերեք օրինակներ:
- 3. Ֆիզիկական բնույթով տարբերվող տատանումների ի՞նչ տարատեսակներ կան:
- 4. Արտաքին ազդեցությամբ պայմանավորված տատանումների ի՞նչ տարատեսակներ կան:
- 5. Ո՞րն է մեխանիկական տատանումը:
- 6. Ո՞ր տատանումներն են կոչվում ազատ (սեփական):
- 7. Ո՞ր տատանումներն են կոչվում ներդաշնակ:
- 8. Ներդաշնակ տատանումների համար գրեք շեշման կախումը ժամանակից արտահայտող բանաձևը:
- 9. Համեմատեք տատանվող կետի շեղման և արագության պրոյեկցիայի փուլերը: Դրանցից ո՞րն է փուլով առաջ ընկած:
- 10. Գրեք ներդաշնակ տատանումների դիֆերենցիալ հավասարումը: Ո՞րն է այդ հավասարման լուծումը:
- 11. Գնդակը բազմակի անգամ ետ թռչելով հատակից, փաստորեն կատարում է տատանումներ: Եթե այդ տատանումների լայնությամբ մնա հաստատուն, ապա կլինի՞ արդյոք դա ներդաշնակ տատանում:
- 12. Ո՞րն է կոչվում տատանումների լայնությամբ:
- 13. Ո՞րն է կոչվում տատանումների պարբերություն, ո՞րը հաճախու-

թյուն: Ի՞նչ կապ կա դրանց միջև: Ի՞նչ միավորներով են դրանք չափվում միավորների ՄՀ-ում:

- 14. Եթե մարմինը t ժամանակում կատարել է N տատանում, ապա այդ տվյալներով ինչպե՞ս կարելի է որոշել տատանումների պարբերությունը և հաճախությունը:
- 15. Ո՞րն է կոչվում ցիկլային(շրջանային) հաճախություն: Ի՞նչ միավորով է այն չափվում միավորների ՄՀ-ում: Ինչպե՞ս է դա կապված տատանումների գծային հաճախության հետ:
- 16. Ո՞րն է կոչվում ներդաշնակ տատանումների փուլ և ո՞րը սկզբնական փուլ: Ի՞նչ միավորներով են դրաք չափվում:
- 17. Գրաֆիկորեն պատկերեք ներդաշնակ տատանումների փուլի կախումը ժամանակից: Ինչպե՞ս կփոխվի փուլը տատանումների մեկ պարբերության ընթացքում:
- 18. Ո՞րն է հանդիսանում ներդաշնակ տատանման նկարագրման վեկտորական ձևը: Այդտեղ ինչպե՞ս է պատկերվում տատանումների լայնույթը, պարբերությունը, փուլը, սկզբնական փուլը:
- 19. Նյութական կետը կատարում է ներդաշնակ տատանումներ: Տատանումները բնութագրող հետևյալ մեծություններից՝ կոորդինատ, արագություն, արագացում, լայնույթ, պարբերություն, հաճախություն, փուլ, սկզբնական փուլ, համագոր ուժ, իմպուլս, կինետիկ էներգիա, պոտենցիալ էներգիա, լրիվ մեխանիկական էներգիա, որո՞նք են հաստատուն:
- 20. Կետը, շարժվելով ուղիղ գծով, կատարում է A լայնությով ներդաշնակ տատանումներ: Ինչքա՞ն է այդ կետի տեղափոխությունը և անցած ճանապարհը մեկ պարբերության ընթացքում:
- 21. Նյութական կետը կատարում է ներդաշնակ տատանումներ: Ո՞ր դիրքերում է դրա արագացումը հավասար զրոյի:
- 22. Ի՞նչ պայմանների պետք է բավարարի համակարգը, որպեսզի նրանում տեղի ունենան տատանումներ:
- 23. Ո՞ր ուժն է կոչվում քվադրատաձգական և ինչու՞ են դրան այդպես անվանում:

- 24. Նյութական կետը կատարում է ներդաշնակ տատանումներ: Ո՞ր դիրքերում է դրա կինետիկ էներգիան հավասար զրոյի, իսկ որո՞ւմ պոտենցիալը: Ո՞ր դիրքերում են այդ մեծություններն ընդունում առավելագույն արժեք:
- 25. Ներդաշնակորեն տատանվող մարմնի մեխանիկական էներգիան արտահայտեք՝ ա) լայնույթով; բ) առավելագույն արագությամբ; գ) տվյալ պահի շեղումով և արագությամբ:
- 26. Օգտագործելով մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքը, ստացեք ներդաշնակ տատանումների դիֆերենցիալ հավասարումը:
- 27. Ճի՞շտ է արդյոք, որ նույն ուղղության և հաճախության տատանումների վերադրման արդյունքում կստացվի այդ նույն հաճախության և ուղղության ներդաշնակ տատանում:
- 28. Նկարագրեք նույն ուղղության և հաճախության ներդաշնակ տատանումների վերադրման վեկտորական դիագրամաների մեթոդը:
- 29. Ո՞րն կոչվում է բաբախում: Ի՞նչ պայմանի դեպքում է այն հանդես գալիս:
- 30. Ի՞նչ հետազիծ կստացվի ընդհանուր դեպքում, եթե վերադրվեն նույն հաճախության երկու փոխուղղահայաց ներդաշնակ տատանումներ:
- 31. Ի՞նչ պայմանի պետք է բավարարեն երկու փոխուղղահայաց ներդաշնակ տատանումներ, որպեսզի դրանց վերադրման արդյունքում կետը շարժվի ուղիղ գծով:
- 32. Ի՞նչ պայմանի պետք է բավարարեն երկու փոխուղղահայաց ներդաշնակ տատանումներ, որպեսզի դրանց վերադրման արդյունքում կետը շարժվի շրջանագծով:
- 33. Որո՞նք են կոչվում Լիսաժոյի պատկերներ և ինչպե՞ս են դրանք ստացվում:
- 34. Գրեք զսպանակավոր ճոճանակի ազատ տատանումների պարբերության և հաճախության բանաձևերը:
- 35. Համընկնու՞մ են արդյոք նույն զսպանակավոր ճոճանակի ուղղաձիգ

և հորիզոնական ուղղություններով տատանումների պարբերությունները:

- 36. Նկարագրեք զսպանակավոր ճոճանակի մեխանիկական էներգիայի փոխակերպումները ժամանակի ընթացքում:
- 38. Հայտնի է, որ նույնիսկ իդեալական մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումները ներդաշնակ չեն: Ի՞նչ պայմանի դեպքում այդ տատանումներին կարելի է ներդաշնակ համարել:
- 39. Գրեք մաթեմատիկական ճոճանակի ազատ տատանումների պարբերության և հաճախության բանաձևերը:
- 40. Ճի՞շտ է արդյոք, որ մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների փուլը հավասար է ուղղաձիգի նկատմամբ նրա թելի շեղման անկյանը:
- 41. Ինչպե՞ս կփոխվի փոքր տատանումների պարբերությունը, եթե մեծացվի տատանվող գնդիկի զանգվածը՝ **ա)** մաթեմատիկական ճոճանակի դեպքում; **բ)** զսպանակավոր ճոճանակի դեպքում:
- 42. Ինչպե՞ս է լայնության կախված ճոճանակի փոքր տատանումների պարբերությունը:
- 43. Ինչպե՞ս կտարբերվեն նույն մաթեմատիկական ճոճանակի ազատ տատանումների պարբերությունները հասարակածում և բևեռում:
- 44. Նկարագրեք մաթեմատիկական ճոճանակի կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաների փոխակերպումները ժամանակի ընթացքում:
- 45. Մաթեմատիկական ճոճանակի կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաները մեկ պարբերության ընթացքում քանի՞ անգամ կլինեն իրար հավասար:
- 46. Երկու մաթեմատիկական ճոճանակներ ունեն նույն զանգվածը և ուղղաձիգի նկատմամբ առավելագույն շեղման անկյունը, սակայն երկրորդ ճոճանակի երկարությունը մեծ է: Դրանցից ո՞րն է օժտված մեծ մեխանիկական էներգիայով:
- 47. Ինչպե՞ս կփոխվի **l** երկարության մաթեմատիկական ճոճանակի պարբերությունը, եթե կախման կետը՝ **ա)** դեպի վերև ուղղված $a < g$ արագացմամբ բարձրանա; **բ)** դեպի ներքև ուղղված $a < g$

- արագացմամբ բարձրանա; **գ)** դեպի վերն ուղղված $a < g$ արագացմամբ իջնի; **դ)** դեպի ներքն ուղղված $a < g$ արագացմամբ իջնի; **ե)** հորիզոնական ուղղությամբ $a < g$ արագացմամբ արագացող շարժում է կատարի; **ժ)** հորիզոնական ուղղությամբ $a < g$ արագացմամբ դանդաղող շարժում է կատարի:
- ▣ **48.** Ինչպե՞ս է իրեն դրսևավորում ազատ անկում կատարող վերելակի խցիկի առաստաղից կախված մաթեմատիկական ճոճանակը:
- **49.** Ո՞րն է կոչվում ֆիզիկական ճոճանակ:
- **50.** Գրեք ֆիզիկական ճոճանակի տատանումների պարբերության և հաճախության բանաձևերը:
- **51.** Ո՞րն է կոչվում ֆիզիկական ճոճանակի բերված երկարություն: Ո՞րն է կոչվում ճոճման կենտրոն: Ի՞նչումն է կայանում կախման և ճոճման կետերի փոխադարձությունը:
- **52.** Ի՞նչի է հավասար ֆիզիկական ճոճանակի պարբերությունը, երբ պտտման առանցքն անցնում զանգվածների կենտրոնով:
- **53.** Ո՞ր տատանումներն են կոչվում մարդ: Ո՞րն է ազատ տատանումների մարման պատճառը:
- **54.** Գրեք մարդ տատանումներ կատարող կետի շեղման կախումը ժամանակից արտահայտող բանաձևը:
- **55.** Ո՞րն է կոչվում մարման գործակից և ի՞նչ միավորով է այն չափվում:
- **56.** Ի՞նչ ֆիզիկական իմաստ ունի մարման գործակցի հակադարձ մեծությունը:
- **57.** Ո՞րն է կոչվում մարման լոգարիթմական դեկրեմենտ և ինչպե՞ս է այն կապված մարման գործակցի հետ:
- **58.** Ի՞նչ ֆիզիկական իմաստ ունի մարման լոգարիթմական դեկրեմենտի հակադարձ մեծությունը:
- **59.** Գրեք այն բանաձևերը, որոնք արտահայտում են մարդ տատանումների ցիկլային հաճախության և պարբերության կախումը մարման գործակցից:
- **60.** Համեմատեք նույն ճոճանակի տատանման պարբերությունները մարման առկայության և բացակայության դեպքում:
- **61.** Ի՞նչի է հավասար մարդ տատանումների պարբերությունը, երբ

$\beta > \omega_0$: Այդ դեպքում $\hbar\omega$ է տեղի ունենում մարման լոգարիթմական դեկրեմենտի հետ:

■62. Տատանողական համակարգի n շարժումն է կոչվում ապերիոդիկ:

■63. Գրեք մարդոջ տատանումների դիֆերենցիալ հավասարումը: Ո՞րն է այդ հավասարման լուծումը:

■64. Երկու գնդիկ ունեն նույն տրամագիծը, բայց տարբեր զանգված ($m_1 > m_2$): Դրանք կախված են նույն երկարության թելերից և տատանվում են մածուցիկ միջավայրում: Համեմատեք դրանց պարբերությունները:

○65. Ո՞ր տատանումներն են կոչվում հարկադրական:

●66. Գրեք այն բանաձևը, որն արտահայտում է հարկադրական տատանումների լայնույթի կախումը հարկադրող ուժի հաճախությունից:

●67. Պատկերեք այն մոտավոր գրաֆիկը, որն արտահայտում է հարկադրական տատանումների լայնույթի կախումը հարկադրող ուժի հաճախությունից (ռեզոնանսային կորը):

■68. $\hbar\omega$ տեղի կունենա հարկադրական տատանումների լայնույթի հետ, եթե հարկադրող ուժի հաճախությունը՝ **ա)** ձգտի զրոյի: **բ)** ձգտի անսահմանության:

■69. Ինչի՞նչ է հավասար փուլերի շեղումը հարկադրական տատանման շեղման և հարկադրող ուժի միջև: $\hbar\omega$ պայմանների դեպքում դա հավասար կլինի՝ **ա)** 0; **բ)** $\pi/2$; **գ)** π :

●70. Եթե ճլորթին ճոճում ենք կարճատև հրումներով, ապա ինչպե՞ս պետք է այն իրականացնել, որպեսզի մեծ լինի լայնույթը:

■71. Գրեք հարկադրական տատանումների դիֆերենցիալ հավասարումը: Ո՞րն է այդ հավասարման լուծումը:

□72. Ո՞րն է կոչվում ռեզոնանս: Ո՞ր դեպքում է այն տեղի ունենում: Բերեք ռեզոնանսի օրինակներ:

■73. Գրեք ռեզոնանսային հաճախության կախումը մարման գործակցից արտահայտող բանաձևը: Ո՞ր դեպքում համակարգի ռեզոնանսային հաճախությունը կհամընկնի սեփական հաճախության հետ:

■74. $\hbar\omega$ տեղի կունենա ռեզոնանսային հաճախության հետ, երբ $\beta\sqrt{2} > \omega_0$:

■75. Գրեք ռեզոնանսային լայնույթի բանաձևը: $\hbar\omega$ տեղի կունենա դրա հետ, եթե $\beta \rightarrow 0$:

○76. Ո՞րն է կոչվում ալիք: Բերեք ալիքային պրոցեսների օրինակներ:

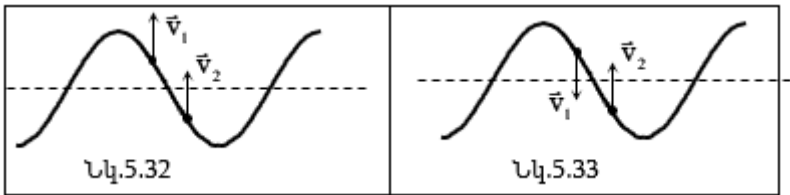
○77. Ո՞ր ալիքն է կոչվում մեխանիկական(առաձգական): $\hbar\omega$ միջավայ-

բերում կարող են դրանք տարածվել:

○78. Ո՞ր ալիքներն են կոչվում լայնական, ո՞րը երկայնական:

■79. Նկ.5.32-ում նշված է ձգված քուղի երկու կետերի արագությունների ուղղություններն ալիքային պրոցեսում: Կանգուն ալիք է, թե՞ վազող (և ի՞նչ ուղղությամբ): Այդ ալիքում, բերված պահի համար, նշեք ուրիշ կետերի արագությունների ուղղությունները:

■80. Նկ.5.33-ում նշված է ձգված քուղի երկու կետերի արագությունների ուղղություններն ալիքային պրոցեսում: Կանգուն ալիք է, թե՞



վազող (և ի՞նչ ուղղությամբ): Այդ ալիքում, բերված պահի համար, նշեք ուրիշ կետերի արագությունների ուղղությունները:

○81. Ո՞ր միջավայրերում կարող են տարածվել լայնական մեխանիկական ալիքները:

○82. Ո՞ր միջավայրերում կարող են տարածվել երկայնական մեխանիկական ալիքները:

●83. Հայտնի է, որ ալիքի տարածման արագությունը միջավայրում, որպես կանոն, գերազանցում է միջավայրի մասնիկների ալիքային շարժման առավելագույն արագությանը: Տվեք դրա ֆիզիկական բացատրությունը:

○84. Միջավայրում ի՞նչ ֆիզիկական մեծությունների տեղափոխություն է տեղի ունենում մեխանիկական ալիքի տարածման ժամանակ:

○85. Տեղափոխվում են արդյոք միջավայրի մասնիկներն առաձգական ալիքի տարածման ուղղությամբ:

●86. Ո՞ր ալիքն է կոչվում հարթ: Ի՞նչ պայմանի դեպքում այն կառաջանա:

●87. Գրեք OX առանցքի դրական ուղղությամբ վազող, չմարդող հարթ ալիքի հավասարումը: Ինչո՞վ կտարբերվի հակառակ ուղղությամբ վազող ալիքի հավասարումը:

●88. Ինչպե՞ս գրաֆիկորեն պատկերել ալիքի հավասարումը, հաշվի առնելով, որ մասնիկի շեղումը կախված է ժամանակից և աղբյուրից ունեցած հեռավորությունից:

●89. Ո՞րն է կոչվում ալիքի ճակատ:

- 90. Ո՞ր ալիքն է կոչվում գնդային: Ի՞նչ պայմանի դեպքում է այն առաջանում: Գրեք դրա հավասարումը:
- 91. Ո՞րն է կոչվում ալիքի երկարություն:
- 92. Ո՞րն է կոչվում ալիքի փուլ:
- 93. Ո՞րն է կոչվում ալիքային մակերևույթ:
- 94. Ինչի՞ց է կախված առաձգական ալիքի տարածման արագությունը: Ինչպե՞ս է դա կախված ալիքի հաճախությունից և լայնությունից:
- 95. Ո՞րն է կոչվում ալիքային թիվ: Ալիքային թիվն արտահայտե՞ք՝ **ա)** ալիքի երկարությամբ; **բ)** ալիքի արագությամբ և հաճախությամբ:
- 96. Ալիքը բնութագրող **ո՞ր** մեծությունները կփոխվեն, և որո՞նք չեն փոխվի, երբ ալիքը մի միջավայրից անցնում է մյուսը:
- 97. Ո՞րն է կոչվում՝ **ա)** ձայն; **բ)** ինֆրաձայն; **գ)** ուլտրաձայն:
- 98. Ո՞ր ֆիզիկական մեծություններն են որոշում՝ **ա)** տոնի բարձրությունը; **բ)** ձայնի ուժգնությունը:
- 99. Տվյալ միջավայրում բարձր տոնի, թե՞ ցածր տոնի ալիքի երկարությունն է մեծ:
- 100. Տվյալ միջավայրում ինչպե՞ս են իրարից տարբերվում **ա)** բարձր և ցածր տոնի ձայների տարածման արագությունները; **բ)** բարձր և ցածր ուժգնության ձայների տարածման արագությունները:
- 101. Ո՞րն է կոչվում ալիքների ինտերֆերենց:
- 102. Ի՞նչ պայմանների դեպքում երկու ալիքների վերադրումից կնկատվի՝ **ա)** տատանումների ուժեղացում; **բ)** տատանումների թուլացում:
- 103. Ո՞րն է կոչվում կանգուն ալիք և ինչպե՞ս կարելի է այն ստանալ:
- 104. Թվարկեք վազող և կանգուն ալիքների տարբերությունները:
- 105. Գրեք կանգուն ալիքի հավասարումը:
- 106. Լարային երաժշտական գործիքում ալիքային պրոցեսը կանգուն ալիք է, թե՞ վազող:
- 107. Ո՞րն է կոչվում ալիքների դիֆրակցիա: Բերեք օրինակներ:
- 108. Բարձրախոսում դինամիկը ամրացված է փայտե արկղի ներսում: Արկղի առկայությունը ինչո՞ւ է եապես լավացնում ցածր տոնի ձայների արձակումը:
- 109. Հայտնի է, որ գործնականում ծովի ալիքները միշտ վազում են դեպի ափը, դրան ուղղահայաց ուղղությամբ, իսկ բաց ջրամբարներում դրանք կարող են ունենալ կամայական ուղղություն: Ինչո՞ւ է այդպես տեղի ունենում: Օգտվենք այն բանից, որ մակե-

րևութային ալիքների արագությունը, ջրամբարի խորության մեծացման զուգընթաց, մեծանում է:

●110. Ո՞րն է Դոպլերի ակուստիկական երևույթը:

Հիմնավորեք պնդումների ճիշտ և սխալ լինելը

5.1. ա) Մարմնի այն շարժումները, որոնք ժամանակի ընթացքում կրկնվում են և հերթականորեն տեղի են ունենում հակառակ ուղղություններով, կոչվում են տատանողական շարժումներ կամ մեխանիկական տատանումներ; **բ)** Այն տատանումները, որոնք առաջանում են համակարգի ներքին ուժերի ազդեցությամբ այն բանից հետո, երբ այն հանվում է հավասարակշռության դիրքից, կոչվում են ազատ տատանումներ; **գ)** Այն էներգիան, որն ալիքը տեղափոխում է իր տարածման ուղղությանն ուղղահայաց միավոր մակերեսով միավոր ժամանակում, կոչվում է ալիքի ինտենսիվություն՝ $I = \frac{\Delta W}{S \Delta t} = \frac{P}{S}$, որտեղ P -ն ալիքի հզորությունն է; **դ)** Եթե գազում շարժվող մարմնի արագությունը գերազանցի ձայնի c արագությանը (գերձայնային արագություն), ապա կառաջանա հարվածային ալիք, որի ճակատը մարմնի շարժման ուղղության նկատմամբ կտարածվի $\sin \alpha = c/v$ պայմանին բավարարող α անկյան տակ:

5.2. ա) Ճոճանակի օրինակ են հանդիսանում թելից, զսպանակից կախված բեռը կամ զանգվածների կենտրոնով չանցնող անշարժ պտտման առանցք ունեցող այն մարմինը, որը ծանրության ուժի ազդեցությամբ կարող է տատանումներ կատարել; **բ)** Համակարգերը, որոնցում առաջանում են ազատ տատանումներ, ունեն կայուն հավասարակշռության դիրք, որի շուրջն էլ տեղի են ունենում ազատ տատանումները; **գ)** Ձայնի ինտենսիվության մակարդակ անվանում են $L = 10 \lg \frac{I}{I_0}$ մեծությանը, որտեղ I -ն ձայնի ինտենսիվությունն է, իսկ $I_0 = 10^{-12}$ Վտ/մ²-ն՝ լսողության շեմային ինտենսիվությունը; **դ)** Պինդ առաձգական միջավայրում լայնական ալիքների տարածման արագությունը մեծ է երկայնական ալիքների արագությունից:

5.3. ա) Պարբերական տատանումների դեպքում մարմնի շարժումը նույնությամբ կրկնվում է; **բ)** Մարմնի տատանումները պարբերաբար փոփոխվող արտաքին ուժերի ազդեցությամբ կոչվում են հարկադրական տատանումներ; **գ)** Եթե t ժամանակում մարմինը կատարում է N տատանում, ապա մեկ տատանման տևողությունը (պարբերությունը) կլինի $T=t/N$; **դ)** Համակարգում ազատ տատանումներ առաջանալու համար

անհրաժեշտ են հետևյալ երեք պայմանները՝ **1.** Համակարգը պետք է լրացուցիչ էներգիա ստանա՝ հավասարակշռության դիրքից դուրս գալու համար, **2.** Մարմինը հավասարակշռության դիրքից հանելիս համակարգում պետք է առաջանա մի ուժ, որն ուղղված լինի դեպի հավասարակշռության դիրքը, **3.** Շփումը համակարգում պետք է աննշան լինի, որպեսզի տատանումներն արագորեն չմարեն:

5.4. ա) Եթե t վայրկյանում մարմինը կատարում է N տատանում, ապա մեկ $1/t$ -ում տատանումների թիվը, որին անվանում են հաճախություն, կլինի $\nu = N/t$; **բ)** OX առանցքի երկայնքով նութական կետի ներդաշնակ տատանումների դեպքում նրա կոորդինատի կախումը t ժամանակից տրվում է $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ կամ $x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$ օրենքով, որտեղ A -ն լայնություն է, ω_0 -ն՝ ցիկլային (շրջանային) հաճախությունը, φ_0 -ն՝ սկզբնական փուլը; **գ)** Այն ճոճանակը, որը կազմված է անկշիռ և չձգվող երկար թելից և նրանից կախված նյութական կետից, կոչվում է մաթեմատիկական ճոճանակ; **դ)** Մարումների լոգարիթմական դեկրեմենտի $\delta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)}$ սահմանումից հետևում է, որ այն կարելի է ներկայացնել $\delta = 1/N_e$ տեսքով, որտեղ N_e -ն տատանումների այն թիվն է, որի ընթացքում լայնությամբ փոքրանում է e անամ:

5.5. ա) Ֆիզիկական մեծության ժամանակից կախված պարբերական փոփոխությունները կոչվում են ներդաշնակ տատանումներ; **բ)** Տատանողական շարժում կատարող մարմնի հավասարակշռության դիրքից առավելագույն շեղման մոդուլը՝ A -ն կոչվում է տատանումների լայնությամբ; **գ)** Եթե վերադրվող երկու կոհերենտ ալիքների ընթացքների Δ տարբերությունը հավասար է կենտ թվով կես ալիքի երկարության՝ $\Delta = (2n + 1) \lambda / 2$, ապա ալքներն իրար ուժեղացնում են և կստացվի մաքսիմում ինտենսիվություն; **դ)** $\nu_0 = 1/\lambda$ չ հաճախությամբ ձայնային ալիքի համար որպես լսողության շեմային ինտենսիվություն վերցնում են իսկ $I_0 = 10^{-12}$ Վտ/մ²-ը: Եթե ձայնի ինտենսիվությունը 10 անգամ գերազանցում է լսողության շեմային ինտենսիվությանը, ապա ձայնի ինտենսիվության այս մակարդակին անվանում են մեկ դեցիբել:

5.6. ա) Տատանումների թիվը 2π վ-ում հավասար է 2π -ի և $\nu = N/t$ գծային հաճախության արտադրյալին, դա նշանակում են ω -ով և անվանում են տատանումների շրջանային կամ ցիկլային հաճախություն՝ $\omega = 2\pi \nu$; **բ)** Եթե OX առանցքի երկայնքով նութական կետի ներդաշնակ տատանումները տեղի են ունենում $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ օրենքով, ապա դրա ակընթարթային արագությունը կլինի՝ $v_x = \dot{x} = -\omega_0 A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$: Այսինքն

ներդաշնակ տատանումներ կատարող մարմնի արագությունը նույնպես փոփոխվում է ներդաշնակորեն, որի լայնույթը հավասար է $v_m = \omega_0 A$; **գ)** Այն ալիքները, որոնց էներգիայի տեղափոխման ուղղությունն ուղղահայաց է ալիքի տարածման ուղղությանը, կոչվում են լայնական ալիքներ; **դ)** Մարմինը կատարում է ներդաշնակ տատանումներ միայն այն դեպքում, երբ նրա վրա $F = -kx$ քվադրատաձգական ուժ է ազդում, որտեղ k -ն կոչվում է քվադրկոշտություն:

5.7. ա) Եթե OX առանցքի երկայնքով նութական կետի ներդաշնակ տատանումները տեղի են ունենում $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ օրենքով, ապա դրա ակնթարթային արագացումը կլինի՝ $a_x = \ddot{x} = -\omega_0^2 A \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = -\omega_0^2 x$: Այսինքն ներդաշնակ տատանումներ կատարող մարմնի արագացումը նույնպես փոփոխվում է ներդաշնակորեն, որի լայնույթը հավասար է $a_m = \omega_0^2 A$; **բ)** $F = -kx$ քվադրատաձգական ուժի ազդեցությամբ տեղի ունեցող ներդաշնակ տատանումների պարբերությունը որոշվում է $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ բանաձևով, որտեղ m -ը տատանվող մարմնի զանգվածն է; **գ)**

Երկայնական ալիքներ կարող են առաջանալ և տարածվել միայն գազերում; **դ)** Ձայնի ընկալվող ν հաճախությունը համընկնում է աղբյուրի արձակած ձայնի հաճախության հետ միայն այն դեպքում, երբ ընդունիչն ու աղբյուրն իրար նկատմամբ անշարժ են:

5.8. ա) Եթե OX առանցքով նութական կետի ներդաշնակ տատանումները տեղի են ունենում $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ օրենքով, ապա արագությունը կլինի՝ $v_x = \dot{x} = -\omega_0 A \sin(\omega_0 t + \varphi_0) = \omega_0 A \cos(\omega_0 t + \varphi_0 - \pi/2)$, ինչը նշանակում է, որ արագության տատանումները $\pi/2$ փուլով հետ են ընկած կոորդինատի տատանումներից; **բ)** Քանի որ մարմնի ներդաշնակ տատանումները տեղի են ունենում քվադրատաձգական ուժի ազդեցությամբ, ապա հետագծի ցանկացած կետում մարմինն օժտված է այդ ուժով պայմանավորված $W_{\text{պ}} = \frac{kx^2}{2}$ պոտենցիալ էներգիայով; **գ)** Համակարգի միայն k և m բնութագրերից կախված ազատ տատանումների

$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ հաճախությանն անվանում են տատանողական համակարգի սեփական հաճախություն; **դ)** Տարածության մեջ ալիքների գումարումը, որի արդյունքում առաջանում է տատանողական էներգիայի վերաբաշխում, կոչվում է ալիքների ինտերֆերենց:

5.9. ա) Եթե OX առանցքի երկայնքով նութական կետի ներդաշնակ տատանումները տեղի են ունենում $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ օրենքով, ապա արա-

գացումը կլինի՝ $a_x = -\omega_0^2 A \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = A \omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi_0 - \pi)$, ինչը նշանակում է, որ արագացման տատանումները π փուլով ետ են ընկած կոորդինատի տատանումներից; **բ)** Պինդ միջավայրում (բացառությամբ կաուչուկի) ձայնի տարածման արագությունն ավելի մեծ է, քան հեղուկներում կամ գազերում; **գ)** Եթե f ֆիզիկական մեծությունը բավարարում է $\ddot{f} + \omega^2 f = 0$ դիֆերենցիալ հավասարմանը, ապա կարելի է պնդել, որ այդ մեծությունը տատանվում է ներդաշնակորեն՝ $f = f_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$, որտեղ f_0 -ն տատանումների լայնություն է, իսկ φ_0 -ն՝ սկզբնական փուլը: Դրանք ամեն անգամ որոշվում են սկզբնական պայմաններով; **դ)** Գազերում հնարավոր են երկու տեսակի առաձգական ալիքներ՝ ձայնային և հարվածային ալիքներ:

5.10. ա) Քանի որ $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ օրենքով տատանումներ կատարող մարմնի արագությունը տրվում է $v_x = \dot{x} = -\omega_0 A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$ արտահայտությամբ, ուստի այդ մարմնի մեխանիկական էներգիան կլինի՝ $W = W_{\text{կ}} + W_{\text{պ}} = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv_x^2}{2} = \frac{m\omega_0^2 A^2}{2}$; **բ)** Եթե մաթեմատիկական ճոճանակի կախման կետը շարժվում է ուղղաձիգ դեպի ներքև ուղղված $a < g$ արագացումով, ապա ճոճանակի ներդաշնակ տատանումների պարբերությունը կորոշվի բանաձևով $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g+a}}$; **գ)** Մեխանիկական ալիքների առաջացումը և տարածումը միջավայրում պայմանավորված է միջավայրի առաձգական հատկություններով, այդ պատճառով էլ մեխանիկական ալիքներին անվանում են նաև առաձգական ալիքներ; **դ)** Ալիքի տարածման արագության $c = \frac{\lambda}{T}$ բանաձևից հետևում է, որ ալիքի տարածման արագությունն ուղիղ համեմատական է ալիքի λ երկարությանը և հակադարձ համեմատական ալիքի T պարբերությանը:

5.11. ա) Եթե m զանգվածով մարմինը ներդաշնակ տատանումներ է կատարում $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ օրենքով, ապա դրա կինետիկ էներգիան ժամանակի t պահին կլինի $W_{\text{կ}} = 0,5 k A^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi_0)$, իսկ պոտենցիալ էներգիան՝ $W_{\text{պ}} = 0,5 k A^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi_0)$, որտեղ $k = \omega_0^2 m$; **բ)** Մեխանիկական տատանումների տարածմանը միջավայրում անվանում են մեխանիկական ալիք; **գ)** Ալիքի տեղափոխած էներգիայի տարածման արագությունը հավասար է ալիքի երկարության և հաճախության արտադրյալին; **դ)** Եթե մաթեմատիկական ճոճանակի կախման կետը շարժվում է հորիզոնական ուղղված a արագացմամբ, ապա ճոճանակի ներդաշնակ տատանումների պարբերությունը կորոշվի $T = 2\pi \sqrt{l/(g+a)}$ բանաձևով:

5.12. ա) Ներդաշնակ տատանումներ կատարող մարմնի արագացումը հավասար է զրոյի հավասարակշռության դիրքից առավելագույն շեղում ունեցող կետերում; **բ)** Անկշիռ զսպանակից և նրան ամրացված զանգվածով գնդիկից կազմված համակարգը կոչվում է զսպանակավոր ճոճանակ; **գ)** Քանի որ զսպանակավոր ճոճանակի ներդաշնակ տատանումների $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ պարբերությունը կախված չէ ազատ անկման արագացումից, ուստի այն նույնը կլինի Երկրի և այլ մոլորակների տարբեր կետերում; **դ)** Հարկադրական տատանումների լայնությունը ընդունում է իր առավելագույն արժեքը $\Omega = \Omega_{\text{նեգ}} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$ հաճախության դեպքում, Ω -ի այդ արժեքին անվանում են ռեզոնանսային հաճախություն: Այդ արժեքը ստացվում է $\frac{dA}{d\Omega} = 0$ պայմանից:

5.13. ա) Մաթեմատիկական ճոճոնակի ազատ տատանումները տեղի են ունենում միայն ծանրության ուժի ազդեցության տակ; **բ)** Եթե զսպանակավոր ճոճանակի անկշիռ զսպանակի երկարությունը փոքրացվի 4 անգամ, ապա տատանումների հաճախությունը կմեծանա երկու անգամ; **գ)** Եթե զսպանակից կախված գնդիկը դրան երկարացնում է x_0 չափով, ապա ստացված ճոճանակի ներդաշնակ տատանումների դեպքում գնդիկը մեկ պարբերության ընթացքում կանցնի $4x_0$; **դ)** Ալիքի տեղափոխած էներգիայի տարածման արագությանը անվանում են խմբային արագություն, այն չի համընկնում փուլային արագության հետ և որոշվում է $u = \frac{d\omega}{dk}$ մեծությամբ:

5.14. ա) Պտտման անշարժ առանցք ունեցող ցանկացած չափի և ձևի մարմինը, որը կարող է տատանվել այդ առանցքի շուրջը, կոչվում է ֆիզիկական ճոճանակ; **բ)** Քանի որ զսպանակավոր ճոճանակի տատանումների պարբերությունը տրվում է $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ բանաձևով, որտեղ m -ը բեռի զանգվածն է, իսկ k -ն՝ զսպանակի կոշտությունը, ուստի դրա տատանումների պարբերությունը կախված չէ զսպանակի երկարությունից; **գ)** Քանի որ հեղուկների և գազերի շերտերի սահքի դեպքում առաձգականության ուժեր չեն առաջանում, ուստի այդ միջավայրերում լայնական ալիքներ չեն տարածվում; **դ)** Ալիքային թիվը ցույց է տալիս, թե 2π մ երկարության վրա քանի՞ ալիքի երկարություն է տեղավորվում:

5.15. ա) Զսպանակից կախված մարմնի ազատ տատանումները տեղի են ունենում ծանրության և առաձգականության ուժերի համագործի ազդե-

ցության տակ՝ $F = -kx + mg = -k\left(x - \frac{mg}{k}\right) = -k(x - x_0)$, որտեղ $x_0 = mg/k$ մեծությունը մարմնի հավասարակշռության դիրքի կոորդինատն է; **բ)** Եթե ալիքի ճակատը գնդային մակերևույթ է, որն ուղղահայաց է ալիքի տարածման ուղղությանը, ապա այդպիսի ալիքը կոչվում է գրնդային կամ սֆերիկ ալիք; **գ)** Եթե վերադրվող երկու կոհերենտ ալիքների ընթացքների Δ տարբերությունը հավասար է ամբողջ թվով ալիքի երկարության $\Delta = n\lambda$, ապա ալքներն իրար թուլացնում են և ստացվում է մինիմալ ինտենսիվություն; **դ)** Չայնի տոնի բարձրությունը բնութագրում է ալիքի լայնույթը, իսկ ուժգնությունը՝ ալիքի հաճախությունը:

5.16. ա) Մեխանիկական ալիքների տարածման ժամանակ միջավայրի մասնիկներն իրենց հավասարակշռության դիրքերի շուրջը կատարում են տարբեր սկզբնական փուլերով հարկադրական տատանումներ; **բ)** Եթե նույն I_0 ինտենսիվությամբ երկու կոհերենտ ալիքներ վերադրվեն, ապա այն կետերում, որտեղ ինտերֆերենցի հետևանքով ուժեղացում է նկատվում, ինտենսիվությունը կլինի $2I_0$ -ի; **գ)** Եթե զսպանակավոր ճռճանակի կախման կետը շարժվում է ուղղահիգ դեպի վերն ուղղված $a \neq g$ արագացումով, ապա ճռճանակի ներդաշնակ տատանումների պարբերությունը կորոշվի $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k(1+a/g)}}$ բանաձևով; **դ)** Երկայնական ալիքի

արագությունն առաձգական ձողում տրվում է $c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ արտահայտությամբ, որտեղ E -ն միջավայրի Յունգի մոդուլն է իսկ ρ -ն՝ խտությունը:

5.17. ա) Ալիքների տարածման պրոցեսում միջավայրում տեղի է ունենում էներգիայի տեղափոխություն՝ առանց նյութի տեղափոխության; **բ)** Եթե մաթեմատիկական ճռճանակը հասարակածից բևեռ տեղափոխվի, ապա նրա ազատ տատանումների պարբերությունը կմեծանա; **գ)** Ոչ պարբերականորեն տատանվող մարմնի առաջացրած ձայնին անվանում են աղմուկ: Աղմուկին չի համապատասխանում որոշակի հաճախության առաձգական ալիք, նրանում առկա են բազմազան հաճախություններով և լայնությամբով տատանումներ; **դ)** Ալիքի տարածման ուղղությամբ միևնույն փուլում տատանվող ամենամոտ կետերի հեռավորությունը կոչվում է ալիքի երկարություն:

5.18. ա) Երկայնական ալիքների տարածման ժամանակ տեղի են ունենում միջավայրի խտացումներ և նոսրացումներ, այդ պատճառով էլ երկայնական ալիքների տարածման արագությունը կախված է միջավայրի ծավալային սեղմման գործակցից; **բ)** Ալիքային թիվը ցույց է տալիս,

թե 1մ երկարության վրա քանի՞ ալիքի երկարություն է տեղավորվում:
զ) Հարկադրական տատանումների լայնության կտրուկ աճը, երբ հարկադրող պարբերական ուժի հաճախությունը համընկնում է համակարգի $\Omega_{\text{նեգ}} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$ ռեզոնանսային հաճախության հետ, կոչվում է ռեզոնանս; **դ)** Կանգուն ալիքի $s = 2A \cos(kx) \cos \omega t$ հավասարումից հետևում է, որ դրա լայնությունը հանդիսանում է $2A \cos(kx)$ մեծությունը, հետևաբար այդ ալիքի ինտենսիվությունը կլինի $I = 0,5 \rho c \omega^2 [4A^2 \cos^2(kx)]$: Այսինքն կանգուն ալիքի ինտենսիվությունը տարբեր կետերում ունի տարբեր արժեք՝ հանգուցներում այն հավասար է զրոյի, իսկ փնջվածքներում ընդունում է առավելագույն արժեք:

5.19. ա) Այն մեխանիկական ալիքները, որոնց տարածման պրոցեսում միջավայրի մասնիկները տատանվում են ալիքի տարածման ուղղությամբ, կոչվում են երկայնական ալիքներ; **բ)** Եթե v_0 հաճախությամբ ձայնային ալիքի աղբյուրը և գրանցող սարքն իրար մոտենում են այնպես, որ աղբյուրի արագությունը միջավայրի նկատմամբ հավասար է v_2 -ի, իսկ ալիքը գրանցող սարքի արագությունը միջավայրի նկատմամբ հավասար է v_1 -ի, ապա գրանցվող ձայնի ν հաճախությունը կլինի $\nu = \frac{c+v_2}{c-v_1} \nu_0$, որտեղ c -ն ձայնի արագությունն է այդ միջավայրում; **գ)** Եթե անտեսվի վազող ալիքի մարումը, ապա նրա ինտենսիվությունը կլինի հաստատուն և ուղիղ համեմատական հաճախության քառակուսուն՝ ու ալիքի լայնության քառակուսուն՝ $I = 0,5 \rho c \omega^2 A^2$, որտեղ ρ -ն միջավայրի խտությունն է, իսկ c -ն՝ ալիքի տարածման արագությունը; **դ)** Կայուն ինտերֆերենցիոն պատկեր առաջանում է միայն կոհերենտ ալիքների վերադրումից: Կանգուն ալիքներն ինտերտերֆերենցիայի արդյունք են:

5.20. ա) Լայնական ալիքների տարածման ժամանակ տեղի են ունենում միջավայրի շերտերի սահք միմյանց նկատմամբ, այդ պատճառով էլ լայնական ալիքների տարածման արագությունը կախված է միջավայրի սահքի գործակցից; **բ)** Մարող տատանումների դիֆերենցիալ հավասարումն է՝ $\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$, որի լուծումը $x(t) = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0)$, ֆունկցիան է, որտեղ $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ -ն մարող տատանումների ցիկլային հաճախությունն է, իսկ A_0 -ն և φ_0 -ն՝ սկզբնական պայմաններից կախված հաստատուններ են; **գ)** Եթե t ժամանակի ընթացքում տատանումների լայնությունը փոքրանա N անգամ, ապա այդ համակարգի մարման գործակիցը կլինի՝ $\beta = N/t$; **դ)** Եթե նյութական կետը միաժամանակ մասնակցի իրարից անկախ նույն ուղղության $\omega_1 \neq \omega_2$ տարբեր հաճախություն-

ներով երկու ներդաշնակ տատանումների՝ $x_1 = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_{01})$ և $x_2 = A_2 \cos(\omega_2 t + \varphi_{02})$, ապա արդյունաբար տատանումները կլինեն $\omega_1 + \omega_2$ հաճախությամբ ներդաշնակ տատանումներ:

5.21. ա) Քանի որ բոլոր միջավայրերում խտացումների հետևանքով առաջանում են առաձգականության ուժեր, ուստի երկայնական ալիքները տարածվում են բոլոր միջավայրերում (պինդ մարմիններում, հեղուկներում և գազերում); **բ)** Եթե նյութական կետը միաժամանակ մասնակցի իրարից անկախ նույն զծի երկայնքով տեղի ունեցող ω հաճախությամբ երկու ներդաշնակ տատանումների՝ $x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_{01})$ և $x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_{02})$, ապա արդյունաբար ներդաշնակ տատանումների լայնույթը կորոշվի $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos(\varphi_{02} - \varphi_{01})}$ արտահայտությամբ; **գ)** Եթե գազում նյութական կետն է շարժվում գերձայնային արագությամբ՝ $v/c > 1$, որտեղ v -ն նյութական կետի արագությունն է, իսկ c -ն՝ ձայնի արագությունը, ապա հարվածային ալիքի ճակատը կլինի կոնական մակերևույթ, որի գագաթում կգտնվի այդ նյութական կետը, իսկ գագաթի բացվածքի անկյունը կբավարարի $\sin \alpha = c/v$ պայմանին: Այս կոնին անվանում են Մախի կոն, $\sin \alpha = c/v$ պայմանին Մախի պայման, իսկ v/c մեծությանը՝ Մախի թիվ; **դ)** Երբ ձայնային ալիքի աղբյուրը և ալիքը գրանցող սարքն իրարից հեռանում են, ապա Դոպլերի էֆեկտի հետևանքով ընկալվում է ավելի ցածր հաճախության ձայն:

5.22. ա) Ձայնի տարածման արագությունն օդում որոշվում է $c = 20\sqrt{T}$ բանաձևով և $T = 273$ Կ-ում (0°C -ում) $c \approx 331$ մ/վ է; **բ)** Եթե նյութական կետի վրա միաժամանակ ազդում է $F_1 = -kx$ քվադրատաձգական ուժը, $F_2 = -rv_x = -r\dot{x}$ դիմադրության ուժը և $F_3 = F_m \cos \Omega t$ արտաքին պարբերական ուժը, ապա կետի շարժման դիֆերենցիալ հավասարումը կլինի՝ $\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = \frac{F_m \cos \Omega t}{m}$, որտեղ $\beta = \frac{r}{2m}$; $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$, իսկ m -ը՝ տատանվող նյութական կետի զանգվածը, r -ը՝ դիմադրության գործակիցը; **գ)** Լայնական ալիքի արագությունը տրվում է $c = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$ արտահայտությամբ, որտեղ G -ն միջավայրի սահքի մոդուլն է, իսկ ρ -ն՝ խտությունը; **դ)** Եթե նյութական կետի վրա միաժամանակ ազդում է $F_1 = -kx$ քվադրատաձգական ուժը, $F_2 = -rv_x = -r\dot{x}$ դիմադրության ուժը և $F_3 = F_m \cos \Omega t$ արտաքին պարբերական ուժը, ապա այդ կետը կկատարի Ω հաճախությամբ ներդաշնակ տատանումներ:

5.23. ա) Եթե ալիքի ճակատը գլանային մակերևույթ է, որն ուղղահայաց է ալիքի տարածման ուղղությանը, ապա այդպիսի ալիքը կոչվում է գլա-

նային ալիք; **բ)** OX առանցքի դրական ուղղությամբ տարածվող չմարող հարթ ալիքի հավասարում է հանդիսանում $s = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$ կամ $s = A \sin(\omega t - kx + \varphi_0)$ ֆունկցիան, որտեղ s -ը ժամանակի t պահին աղբյուրից x հեռավորության վրա գտնվող միջավայրի մասնիկների շեղումըն է հավասարակշռության դիրքից; **գ)** Ներդաշնակորեն փոփոխվող $F_x = F_m \cos \Omega t$ արտաքին ուժի ազդեցությամբ տեղի ունեցող ներդաշնակ տատանումների լայնույթը որոշվում է $A = \frac{F_m}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2 \Omega^2}}$ արտահայ-

տությամբ, որը $\omega_0 = \Omega$ դեպքում ընդունում է առավելագույն արժեք; **դ)** Ֆիզիկական ճոճանակի բերված երկարություն կոչվում է դրա կախման կետից մինչև զանգվածների կենտրոնն եղած հեռավորությունը:

5.24. ա) Ալիքի երկարության սահմանումից հետևում է, որ ալիքի երկարությունը հավասար է նրա տարածման c արագության և աղբյուրի տատանման T պարբերության արտադրյալին՝ $\lambda = cT$; **բ)** Մարող տատանումների մարման գործակից կոչվում է $\beta = \frac{r}{2m}$ մեծությունը, որտեղ r -ը դիմադրության գործակիցն է, իսկ m -ը՝ տատանվող մարմնի զանգվածը; **գ)** Այն ժամանակամիջոցը, որի ընթացքում մարող տատանումների լայնույթը փոքրանում է 10 անգամ, կոչվում է ռելաքսիացիայի ժամանակ; **դ)** Մարմնի վրա ազդող արտաքին հաստատուն ուժի ազդեցությամբ տեղի ունեցող տատանումներին անվանում են հարկադրական տատանումներ:

5.25. ա) Միջավայրի այն կետերի երկրաչափական տեղը, որոնցում մասնիկները ժամանակի տվյալ պահին տատանվում են միևնույն փուլում, կոչվում է ալիքային մակերևույթ կամ ալիքի ճակատ; **բ)** Երկայնական ալիքի արագությունն անսահմանափակ առաձգական միջավայրում տրվում է $c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$ արտահայտությամբ, որտեղ K -ն միջավայրի ծավալա-

յին սեղման մոդուլն է: Դա հավասար է $\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{dV}{dp} \right)_T$ ծավալային ընդարձակման գործակցի հակադարձ մեծությանը: ρ -ն միջավայրի խտությունն է; **գ)** Ալիքները համարվում են կոհերենտ, եթե դրանց հաճախությունը նույնն է, իսկ փուլերի տարբերությունը ժամանակի ընթացքում մնում է անփոփոխ; **դ)** Քանի որ առաձգական պինդ միջավայրում երկայնական և լայնական ալիքները պայմանավորված են այդ միջավայրի նույն մասնիկների տատանումների երկայնական ու լայնական բաղադրիչներով, ուստի երկայնական և լայնական ալիքները պինդ միջավայ-

քում տարածվում են միևնույն արագությամբ:

5.26. ա) Եթե ալիքի ճակատը հարթություն է, որն ուղղահայաց է ալիքի տարածման ուղղությանը, ապա այդպիսի ալիքը կոչվում է հարթ ալիք; **բ)** Գնդային ալիքի հավասարումն ունի հետևյալ տեսքը՝ $f = \frac{A}{r} \sin(\omega t - kr + \varphi_0)$, որտեղ r -ը դիտարկվող կետի հեռավորությունն է ալիքի աղբյուրից; **գ)** Հարկադրական տատանումների լայնության կտրուկ աճը, երբ հարկադրական տատանումներ կատարող մարմնի կիներտիկ և պոտենցիալ էներգիաներն իրար հավասարվում են, կոչվում է ռեզոնանս; **դ)** Մեխանիկական ալիքի արագությունը գազերում տրվում է $c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$ բանաձևով, որտեղ $\gamma = C_p/C_v$ գազի ադիաբատի գործակիցն է, P -ն՝ ճնշումը, T -ն՝ ջերմաստիճանը, ρ -ն՝ խտությունը:

5.27. ա) Ֆիզիկական ճոճանակի տատանումների պարբերությունը տրվում է $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}} = 2\pi \sqrt{\frac{I_p}{g}}$ արտահայտությամբ, որտեղ I -ն տատանվող մարմնի իներցիայի մոմենտն է պտտման առանցքի նկատմամբ, I -ը մարմնի զանգվածների կենտրոնի հեռավորությունը պտտման առանցքից: $I_p = \frac{I}{ml}$ մեծությունը կոչվում է ֆիզիկական ճոճանակի բերված երկարություն; **բ)** Եթե մարմնի ազատ տատանումները տեղի են ունենում միջավայրում, ապա դրա տատանումների հաճախությունը աստիճանաբար նվազելով հավասարվում է զրոյի (տատանումները մարում են); **գ)** Ներդաշնակորեն փոփոխվող $F_x = F_m \cos \Omega t$ արտաքին ուժի ազդեցությամբ տեղի ունեցող ներդաշնակ տատանումների հաճախությունը համընկնում է այդ ուժի հաճախության հետ միայն թույլ մարումների դեպքում; **դ)** Եթե N տատանումների ընթացքում լայնույթը փոքրանում է n անգամ, ապա այդ տատանումների մարման գործակիցը հավասար կլինի՝ $\beta = N/n$: **5.28. ա)** Մարող տատանումների լայնույթը ժամանակի ընթացքում նվազում է $A(t) = A_0 e^{-\beta t}$ օրենքով, որտեղ A_0 -ն տատանումների սկզբնական լայնույթն է, իսկ β -ն՝ մարման գործակիցը; **բ)** Եթե ν_0 հաճախությամբ անշարժ ձայնային ալիքի աղբյուրին գրանցող սարքը մոտենում է v արագությամբ, ապա գրանցվող ձայնի ν հաճախությունը կլինի $\nu = \frac{c \nu_0}{c + v}$; **գ)** Երկրի մակերևույթից Երկրի շառավղի կեսին հավասար բարձրության

վրա մաթեմատիկական ճոճանակի պարբերությունը երկու անգամ ավելի մեծ է, քան Երկրի մակերևույթի մոտակայքում; **դ)** Այն ժամանակամիջոցը, որի ընթացքում մարդը տատանումների լայնույթը փոքրանում է e անգամ, կոչվում է ռելաքսիացիայի ժամանակ:

5.29. ա) Մարդը տատանումների լայնույթի $A(t) = A_0 e^{-\beta t}$ ժամանակային կախվածությունից հետևում է, որ $\tau = 1/\beta$ ժամանակի ընթացքում տատանումների լայնույթը փոքրանում է e անգամ, ուրեմն τ -ն ռելաքսիացիայի ժամանակն է; **բ)** 16Հց-ից ցածր հաճախության առաձգական (մեխանիկական) ալիքներին անվանում են ինֆրաձայն; **գ)** Ձայնային ալիքների տարածման դեպքում զազի ճնշման և խտության փոփոխությունները շատ փոքր են՝ $\Delta p \ll p$, $\Delta \rho \ll \rho$: Երբ $\Delta p \geq p$, $\Delta \rho \geq \rho$ առաջանում է հարվածային ալիք: **դ)** Մարումների լոգարիթմական դեկրեմենտ կոչվում է $\delta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)}$, որտեղ $A(t)$ -ն և $A(t+T)$ -ն երկու հաջորդական տատանումների լայնույթներն են, որոնցից մեկը մյուսից ետ է ընկած մեկ պարբերությամբ:

5.30. ա) Մարումների լոգարիթմական դեկրեմենտի $\delta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)}$ սահմանումից հետևում է, որ այն կարելի է ներկայացնել $\delta = \beta T$ տեսքով, որտեղ β -ն մարման գործակիցն է, իսկ $T = \frac{2\pi}{\omega}$ -ն՝ մարդը տատանումների պարբերությունը; **բ)** Եթե տատանվող ճոճանակի տատանումների լայնույթը և հաճախությունը միաժամանակ մեծացվի երկու անգամ, ապա տատանումների լրիվ մեխանիկական էներգիան կմեծանա 4 անգամ; **գ)** Անկախ համակարգում առկա մարումների աստիճանից, հարկադրական տատանումների ռեզոնանսային հաճախությունը միշտ համընկնում է արտաքին պարբերական ուժի հաճախության հետ; **դ)** Եթե նյութական կետի վրա միաժամանակ ազդում են երկու քվադրատաձգական ուժեր՝ $F_1 = -k_1 x_1$, $F_2 = -k_2 x_2$, ապա այն միաժամանակ կմասնակցի իրարից անկախ երկու ներդաշնակ տատանումների՝
 $x_1 = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_{01})$ և $x_2 = A_2 \cos(\omega_2 t + \varphi_{02})$:

§ 6. Ճնշումը հեղուկներում և գազերում

Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր

1. Ճնշումը հեղուկներում և գազերում

• Ճնշում.

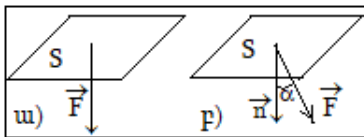
Միավոր մակերեսին բաժին ընկնող ճնշման ուժին անվանում են ճնշում.

$$p = \frac{F}{S}, \quad (6.1)$$

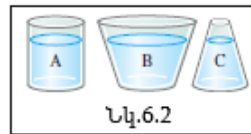
որտեղ F -ը S մակերեսի վրա ազդող ճնշման ուժի մոդուլն է (Նկ.6.1ա): (6.1) բանաձևը ճիշտ է երկու պայմանի դեպքում՝ **ա)** ուժն ուղղված է մակերեսի նորմալով; **բ)** ուժը մակերեսային բոլոր կետերին հավասարապես է ազդում: Եթե F ուժը S մակերեսի նորմալի նկատմամբ ազդում է α անկյան տակ (Նկ.6.1բ), ապա $p = \frac{F \cos \alpha}{S}$: Հեղուկների և գազերի կողմից գործադրվող ճնշման ուժը միշտ բավարարում է **ա)** պայմանին: Եթե **բ)** պայմանը խախտված է, ապա (6.1)-ը կլինի մակերեսի վրա ազդող միջին ճնշումը՝ $\bar{p}$: Ճնշման միավորը ՄՀ-ում $1 \text{ Ն/մ}^2 = 1 \text{ Պա}$, իսկ ԳՀ-ում՝ 1 դին/սմ^2 : $1 \text{ Ն/մ}^2 = 10 \text{ դին/սմ}^2$: 10^5 Պա -ին անվանում են 1բար՝ $1 \text{ բար} = 10^5 \text{ Պա} = 10^6 \frac{\text{դին}}{\text{սմ}^2}$:

• Պասկալի օրենքը.

Արտաքին ուժերի կողմից հեղուկի (գազի) վրա գործադրած ճնշումը առանց փոփոխության փոխանցվում է հեղուկի (գազի) բոլոր կետերին՝ բոլոր ուղղություններով:



Նկ.6.1



Նկ.6.2

• Հիդրոստատիկ ճնշում.

Երբ Նկ.6.2 տեսքի անոթներում լցված է նույն զանգվածով հեղուկ, ապա A անոթի հատակին հեղուկի կողմից ազդող F ճնշման ուժը հավասար է հեղուկի mg կշռին, իսկ B-ում՝ $F < mg$, C-ում՝ $F > mg$:

Հեղուկների կողմից անոթի հատակին գործադրվող ճնշման ուժը միշտ հավասարապես է ազդում հատակի մակերեսի բոլոր կետերին:

Հեղուկի կշռով պայմանավորված ճնշումը կոչվում է հիդրոստատիկ

ճնշում: Քանի որ A անոթի S մակերես ունեցող հատակին ազդող ճնշման

ուժը հավասար է հեղուկի կշռին՝ $F = mg = \rho Shg$, հետևաբար ճնշումը հատակին կլինի՝

$$p_h = \frac{F}{S} = \rho gh, \quad (6.2)$$

որտեղ ρ -ն հեղուկի խտությունն է, իսկ h -ը՝ հեղուկի մակերևույթից հաշված հատակի խորությունն է: Եթե Նկ.6.2 անոթներում նույն հեղուկի սյան h բարձրությունները հավասար են, ապա հատակին հիդրոստատիկ ճնշումները կլինեն նույնը՝ $p_h = \rho gh$:

• **Հեղուկի տվյալ կետի ճնշումը.**

Եթե հեղուկի մակերևույթին կիրառված է արտաքին p_0 ճնշում, ապա հեղուկի մակերևույթից հաշված h խորության վրա ճնշումը կլինի՝

$$p = p_0 + p_h, \quad (6.3)$$

p_0 -ն մասնավորապես կարող է լինել մթնոլորտի ճնշումը:

• **Հեղուկի ճնշումը անոթի պատերին.**

Անոթի պատերի տարբեր խորության վրա գտնվող կետերում հիդրոստատիկ ճնշումը կլինի տարբեր: Հիդրոստատիկ միջին ճնշումը կլինի՝

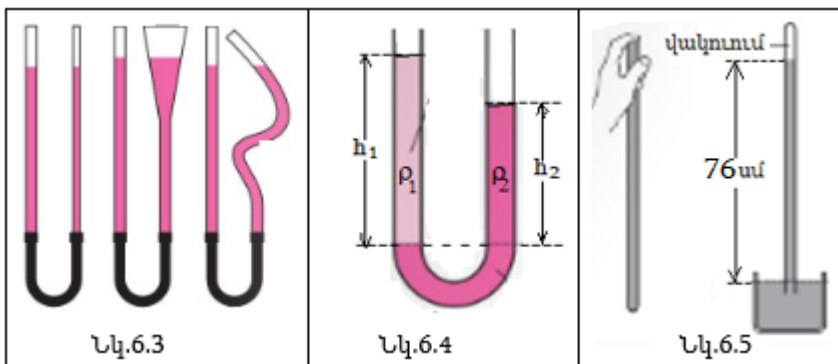
$$p_{\text{այ}} = \frac{1}{2} \rho gh: \quad (6.4)$$

Հեղուկում գտնվող անոթի պատի $S_{\text{պ}}$ մակերեսի վրա ազդող հիդրոստատիկ ճնշման ուժը կլինի՝ $F_{\text{պ}} = \frac{1}{2} \rho gh S_{\text{պ}}$:

2. Հաղորդակից անոթներ

Ստորին մասերով միմյանց միացած անոթներին անվանում են **հաղորդակից անոթներ**

• Հավասարակշռության վիճակում հաղորդակից անոթներում համա-



սեռ հեղուկի ազատ մակերևույթների մակարդակները հավասար են (Նկ.6.3):

• Տարբեր խտությամբ հեղուկներով լցված հաղորդակից անոթներում հեղուկների պուրակների բարձրությունները՝ հաշված բաժանման մակարդակից, հակադարձ համեմատական են հեղուկների ρ խտություններին (Նկ.6.4):

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad \text{կամ} \quad h_1 \rho_1 = h_2 \rho_2: \quad (6.5)$$

• Տորիչելլի փորձը

Տորիչելլին փորձով ցույց տվեց, որ մթնոլորտի ճնշումը հավասար է մոտ $h=76$ սմ բարձրությամբ սնդիկի սյան ճնշմանը (Նկ.6.5):

$$p_{\text{մթն}} = \rho_{\text{սնդ}} g h = 13600 \cdot 9,8 \cdot 0,76 \approx 10^5 \text{ Պա}$$

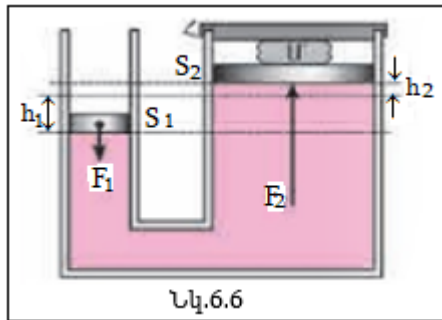
3. Ջրաբաշխական մամլիչ

Ջրաբաշխական մամլիչը ուղաձիգ պատերով երկու հաղորդակից անոթներ են, որոնց լայնական հատույթներն իրարից շատ անգամ են տարբերվում (Նկ.6.6): Ջրաբաշխական մամլիչի աշխատանքի հիմքում ընկած է Պասկալի օրենքը:

$$\bullet \quad \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad \text{կամ} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}: \quad (6.6)$$

$$\bullet \quad h_1 S_1 = h_2 S_2: \quad (6.7)$$

$$\bullet \quad h_1 F_1 = h_2 F_2: \quad (6.8)$$



• Ջրաբաշխական մամլիչի ՕԳԳ-ն

Եթե հաշվի առնենք այն հանգամանքը, որը մեծ մխոցի զանգվածը մեծ է փոքր մխոցի զանգվածից, բացի այն, որ հեղուկը բացարձակ անսեղմելի չի և որ կան նաև շփման ուժեր, ուստի կատարված լրիվ աշխատանքը մեծ է լինում օգտակար աշխատանքից և սարքավորման ՕԳԳ-ն փոքր կլինի մեկից:

$$\eta = \frac{mgh_2}{F_1 h_1} 100\%,$$

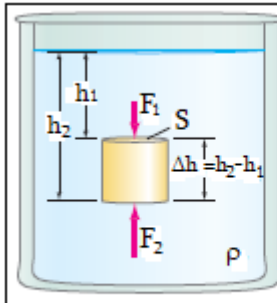
4. Արքիմեդի ուժը հեղուկներում

Հեղուկի մեջ ընկղմված մարմնի վրա ազդում է ուղղաձիգ դեպի վերև ուղղված ուժ, որը հավասար է մարմնի արտամղած հեղուկի կշռին:

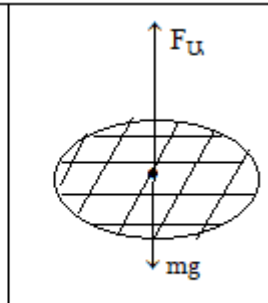
$$F_U = \rho_h g V_C, \quad (6.9)$$

որտեղ ρ_h -ն հեղուկի խտությունն է, իսկ V_C -ը՝ մարմնի ընկղմված մասի ծավալը: Նկ.6.7-ում մարմինն ամբողջությամբ է ընկղմված, հետևաբար $V_C = V_{\text{մարմն}} :$

$$F_U = F_2 - F_1 = S \rho_h g h_2 - S \rho_h g h_1 = \rho_h g S (h_2 - h_1) = \rho_h g V_m :$$



Նկ.6.7



Նկ.6.8

1. Երբ $\rho_h = \rho_{\text{մարմ.}}$, ապա մարմինն ամբողջությամբ կընկղմվի հեղուկի մեջ և այնտեղ կգտնվի կախված վիճակում: Մարմնի կշիռը հավասար կլինի զրոյի:

2. Երբ $\rho_h < \rho_{\text{մարմ.}}$, ապա մարմինը կիջնի հեղուկի հատակին և նրա կշիռը կլինի $mg - F_U$:

3. Երբ $\rho_h > \rho_{\text{մարմ.}}$, ապա մարմինը մասամբ ընկղմվելով հեղուկի մեջ՝ կլողա նրա մակերևույթին: Այս դեպքում $\frac{V_C}{V_{\text{մարմ}}} = \frac{\rho_{\text{մարմ.}}}{\rho_h}$:

• Արքիմեդի ուժը գազերում.

Գազի մեջ (օրինակ, օդում) ընկղմված մարմնի վրա ազդում է ուղղաձիգ դեպի վեր ուղղված ուժ, որը հավասար է մարմնի արտամղած գազի (օդի) կշռին:

$$F_U = \rho_q g V_{\text{մարմ.}} \quad (6.10)$$

• Վերամբարձ ուժ.

Եթե մարմինն ամբողջությամբ ընկղմված է հեղուկում կամ գազում և

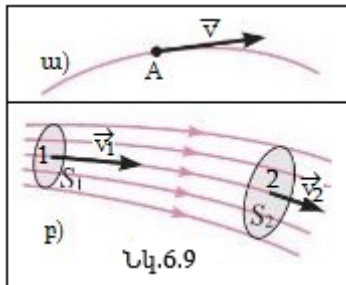
նրա վրա ազդող Արքիմեդի ուժը մեծ է ծանրության ուժից, ապա դրանց համագործն ուղղված կլինի ուղղաձիգ դեպի վերև և կոչվում է վերամբարձ ուժ (Նկ.6.8):

$$F_{վր} = F_{\text{վ}} - mg : \quad (6.11)$$

5. Հեղուկի շարժումը

• Հեղուկի հոսանքի գիծ.

Այն գիծը, որի ամեն մի կետով տարված շոշափողի երկայնքով է ուղղված ժամանակի տվյալ պահին այդ կետով անցնող մասնիկի արագությունը (Նկ.6.9ա), կոչվում է հոսանքի գիծ: Հոսանքի գծերով սահմանափակված հեղուկի ցանկացած մասին անվանում են հոսանքի խողովակ:



• Հեղուկի ստացիոնար (մնայուն) շարժում.

Եթե հեղուկի մասնիկների արագությունների վեկտորական դաշտը կամ հոսանքի գծերի տեսքը ժամանակի ընթացքում չի փոփոխվում, ապա հեղուկի շարժումը համարվում է ստացիոնար (մնայուն):

• Անընդհատության (անխզելիության) հավասարումը.

$$S_1 v_1 = S_2 v_2, \quad (6.12)$$

որտեղ S_1 -ը և S_2 -ը հեղուկի հոսանքի խողովակի երկու մասերի լայնական հատույթի մակերեսներն են, իսկ v_1 -ը և v_2 -ը՝ հեղուկի հոսքի արագություններն այդ կտրվածքներում (Նկ.6.9բ): Անընդհատության (6.12) հավասարումը ճիշտ է իդեալական անսեղմելի հեղուկի ստացիոնար հոսքի համար: Այդ հավասարումը գազերի համար ճիշտ է այն դեպքում, եթե դրանց սեղմելիությունը կարելի է անտեսել:

• Էյլերի հավասարումը.

Հեղուկի շարժման արագության տարածաժամանակային կախվածությունը տրվում է Էյլերի հավասարումով՝

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{f} - \text{grad}p, \quad (6.13)$$

որտեղ $\vec{f}$ -ը հեղուկի միավոր ծավալի վրա ազդող ուժն է, ρ -ն՝ հեղուկի խտությունը, իսկ p -ն՝ ճնշումը;

4. Բեռնուլիի հավասարումը

Բեռնուլիի հավասարումը վերաբերվում է ρ խտությամբ իդեալական հեղուկի ստացիոնար շարժմանը, երբ այն գտնվում է ծանրության ուժի դաշտում:

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + p_1 + \rho g h_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + p_2 + \rho g h_2, \quad (6.14)$$

որտեղ $աջ$ և $ձախ$ մասերը վերաբերվում են հեղուկի միևնույն հոսանքի զծի 1 և 2 կետերին (Նկ.6.9բ): h_1 -ը 1 կետի բարձրությունն է պոտենցիալ էներգիայի գրոյական մակարդակից, իսկ h_2 -ը՝ 2 կետինը: p_1 -ը ճնշումն է հեղուկի 1 կետում, իսկ p_2 -ը՝ 2 կետում: Բեռնուլիի հավասարումը ճիշտ է անսեղմելի իդեալական հեղուկի ստացիոնար հոսքի համար: Այսինքն, երբ բացակայում են հեղուկի ներքին շփման ուժերը: Բեռնուլիի հավասարումը գազերի համար ճիշտ է այն դեպքում, եթե դրանց սեղմելությունը կարելի է անտեսել: Հակառակ դեպքում օգտագործվում է $C_{p1}T_1 + \frac{Mv_1^2}{2} = C_{p2}T_2 + \frac{Mv_2^2}{2}$ հավասարումը, որտեղ C_p -ն մոլային ջերմունակությունն է p ճնշման դեպքում, T -ն գազի բացարձակ ջերմաստիճանը, M - մոլային զանգվածը:

5. Մածուցիկ հեղուկի կամ գազի հոսանքը

• **Հեղուկի կամ գազի ներքին շփման (մածուցիկության) ուժերը.**

$$F = \eta \left| \frac{\partial v}{\partial z} \right| S, \quad (6.15)$$

որտեղ η -ն դինամիկ մածուցիկության գործակիցն է, կամ մածուցիկությունը, դրա միավորը ՄՀ-ում 1Պա·վ է, իսկ ԳՀ-ում՝ 1պուազը: 1պուազ = $\frac{\eta \text{ին·վ}}{\text{սմ}^2}$: 1Պա·վ=10պուազ: $\frac{\partial v}{\partial z}$ -ը արագության գրադիենտն է հոսքի ուղղության ուղղահայաց OZ առանցքի ուղղությամբ, իսկ S -ը՝ միմյանց նկատմամբ շարժվող շերտերի հպման մակերևույթի մակերեսը: Հեղուկի հոսքի արագությունը, ինչպես նաև ներքին շփման ուժերն ուղղված են այդ մակերևույթի շոշափողով:

• **Ռեյնոլդսի թիվը.**

Մածուցիկ հեղուկի (գազի) շարժումը կոչվում է լամինար (գուգահեռաշերտ), եթե հեղուկի (գազի) հարևան շերտերի միջև նյութի խառնվե-

լու պրոցեսը բացակայում է: Հակառակ դեպքում հեղուկի (գազի) շարժումը կոչվում է տուրբուլենտ (մրբկային): Հեղուկի (գազի) շարժման լամինար լինելը կախված է Ռեյնոլդսի թվից.

$$Re = \frac{\rho v r}{\eta}, \quad (6.16)$$

որտեղ v -ն հոսանքի բնութագրական արագությունն է, r -ը՝ երկարության բնութագրական չափը, օրինակ, այն խողովակի շառավիղը, որով հոսում է հեղուկը կամ գազը (հեղուկում կամ գազում շարժվող գնդիկի շառավիղը): Ռեյնոլդսի թվի կարգը հավասար է հեղուկի կինետիկ էներգիայի և այն աշխատանքի հարաբերությանը, որը կատարում են մածուցիկության ուժերը բնութագրական երկարության վրա: Հոսքը լամինար է, եթե $Re \ll Re_{կր}$ և տուրբուլենտ, եթե $Re \gg Re_{կր}$ ($Re_{կր}$ -ն Ռեյնոլդսի թվի կրիտիկական արժեքն է):

• **Հեղուկների և գազերի հոսքի արագությունը կլոր խողովակով.**

$$v = v_0 \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right); \quad v_0 = \frac{R^2(p_1 - p_2)}{4\eta l}, \quad (6.17)$$

որտեղ r -ը խողովակի առանցքից եղած հեռավորությունն է, R -ը՝ խողովակի շառավիղը, l -ը՝ երկարությունը, $(p_1 - p_2)$ -ը՝ ճնշումների տարբերությունը խողովակի ծայրերի միջև, իսկ v_0 -ն հոսանքի արագությունն է խողովակի առանցքի կետերում: (6.16) բանաձևը ճիշտ է հեղուկի և գազի լամինար շարժման համար, իսկ Ռեյնոլդսի կրիտիկական թիվն այս դեպքում՝ $Re_{կր} \approx 1000$:

• **Պուազեյլի բանաձևը.**

R շառավղով խողովակի լայնական հատույթով 1վ-ում անցած հեղուկի կամ գազի ծավալը

$$\frac{V}{t} = \frac{\pi \rho R^4 (p_1 - p_2)}{8\eta l}, \quad (6.18)$$

Պուազեյլի բանաձևը ճիշտ է միայն լամինար հոսքի համար:

• **Մյոքսի բանաձևը.**

$$F = 6\pi\eta r v, \quad (6.19)$$

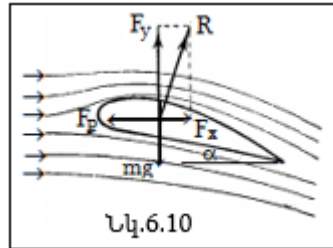
որտեղ F -ը հեղուկում կամ գազում v արագությամբ շարժվող r շառավիղով գնդիկի վրա ազդող դիմադրության ուժն է: (6.18) բանաձևը ճիշտ է միայն լամինար հոսքի դեպքում, իսկ Ռեյնոլդսի կրիտիկական թիվն այս դեպքում՝ $Re_{կր} \approx 1$:

• **Հեղուկում (գազում) շարժվող մարմնի վրա ազդող վերամբարձ ուժը.**

Երբ մարմինը շարժվում է հեղուկում (գազում), ապա նրա վրա կազդի դիմադրության և վերամբարձ ուժ (Նկ.6.10):

$$F_x = \frac{1}{2} C_x \rho v^2 S; F_y = \frac{1}{2} C_y \rho v^2 S: \quad (6.20)$$

որտեղ C_x անչափ մեծությունը կոչվում է դիմադրության գործակից, ρ -ն՝ հեղուկի (գազի) խտությունն է, որում մարմինը v արագությամբ շարժվում է, S -ը մարմնի լայնական հատույթի ամենամեծ մակերեսը, C_y -ը՝ վերամբարձ ուժի անչափ գործակիցը: Եթե մարմինը գունդ է կամ գլան, ապա $C_y = 0$, իսկ $C_x \neq 0$: $Re_{\text{գր}} \approx 1$:

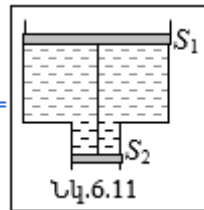


Խնդիրներ Հեղուկների ճնշումը

- 6.1. Խորքային ռումբի պայթուցիչը գործողության մեջ դնող սարքավորումը գործում է $p=0,4$ ՄՊա ճնշման դեպքում: Ի՞նչ խորության վրա կպայթի ռումբը, եթե մթնոլորտային ճնշումը՝ $p_0 = 100$ կՊա:
- 6.2. $d=25$ սմ տրամագծով գլանաձև դույլը պարունակում է $V=10$ լ ջուր: Որոշեք հիդրոստատիկ ճնշումը հատակից $h=10$ սմ բարձրության վրա:
- 6.3. Գլանաձև անոթը լցված է միմյանց հավասար զանգվածի ջրով և սնդիկով: Հեղուկների սյան ընդհանուր բարձրությունը՝ $h=50$ սմ: Որոշեք հիդրոստատիկ ճնշումն անոթի հատակին:
- 6.4. Գնահատեք Երկրի մթնոլորտի զանգվածը, հայտնի համարելով նորմալ մթնոլորտային ճնշումը, Երկրի շառավիղը և ազատ անկման արագացումը Երկրի մակերևույթի մոտակայքում:
- 6.5. Վերևից բաժ $V=8$ մ³ ծավալով խորանարդային անոթը ամբողջությամբ լցված է ջրով: Որոշեք անոթի հատակի և կողնային պատերի վրա ազդող ճնշման ուժը, եթե մթնոլորտային ճնշումը՝ $p_0 = 100$ կՊա:
- 6.6. $a = 20$ սմ կողի երկարությամբ խորանարդը ընկղմել են ջրի մեջ այնպես, որ նրա ներքևի նիստը գտնվում է $h=1$ մ խորության վրա: Որոշեք խորանարդի յուրաքանչյուր նիստի վրա ազդող ճնշման ուժը և խորանարդի վրա ազդող համագործ ճնշման ուժը, եթե մթնոլորտային ճնշումը՝ $p_0 = 100$ կՊա:
- ◻6.7. Ջրով լցված ուղղանկյուն խողովակի լայն և նեղ մասերի S_1 և S_2 մակերեսներով անկշիռ միացներն իրար են միացած l երկարությամբ թելով և գտնվում են հավասարակշռության վիճակում (Նկ.6.11): Որոշեք թելի

ձգման ուժը, եթե միացները բաց կողմով գտնվում են մթնոլորտում:

◦6.8. Տարբեր տրամագծերով երկու հաղորդակից անոթների մեջ լցված էր սնդիկ: Նեղ խողովակի սնդիկի վրա լցրին $h_1=34$ սմ սյան բարձրությամբ ջուր: Դրա հետևանքով լայն խողովակում սնդիկի սյունը



սկզբնականի նկատմամբ բարձրացավ $h_2=5$ սմ-ով: Որոշեք անոթների լայնական հատույթների մակերեսների հարաբերությունը:

◦6.9. Երեք միանման հաղորդակից անոթների մեջ լցված էր սնդիկ: Անոթներից երկուսին ավելացրին ջուր՝ մեկի սնդիկի վրա $h_1 = 10$ սմ, մյուսի վրա $h_2 = 20$ սմ սյան բարձրությամբ: Որքանո՞վ բարձրացավ սնդիկի մակարդակը երրորդ խողովակում:

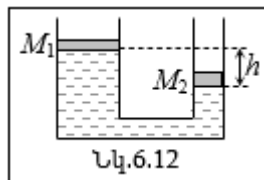
◦6.10. Ս-տեսքի խողովակը լցված է ջրով այնպես, որ խողովակի ծայրերը ջրի մակարդակից գտնվում են $H=20$ սմ բարձրության վրա: Խողովակի ձախ ծունկը մինչև եզրը լցնում են $\rho_3 = 900$ կգ/մ³ խտությամբ յուղով: Որոշեք յուղի սյան բարձրությունը:

◦6.11. Ջրաբաշխական մամլիչի փոքր միացը մեկ քայլի ընթացքում իջնում է $h_1=0,3$ մ-ով, իսկ մեծ միացը բարձրանում է $h_2=6$ մ-ով: Ի՞նչ մեծության ուժ է փոխանցվում մեծ միացին, եթե փոքր միացի վրա ազդում է $F_1=200$ Ն ուժ:

◦6.12. Ջրաբաշխական մամլիչը հավասարաչափ կերպով բարձրացնում է $Q=7,2$ կՆ կշռով բեռը: Այդ ընթացքում փոքր միացի վրա կիրառված է $F=20$ Ն ուժ: Մամլիչի միացների մակերեսների հարաբերությունը՝ $n=S_2/S_1=400$: Որոշեք մամլիչի Օ.Գ.Գ.-ն:

◦6.13. Ջրաբաշխական մամլիչի փոքր միացի մակերեսը S_1 է, իսկ մեծինը՝ S_2 : Փոքր միացը h_1 -ով տեղափոխելու համար կատարվում է A աշխատանք: Որոշեք մամլիչի Օ.Գ.Գ.-ն, եթե մեծ մակերեսով միացի վրա ազդող ուժը F_2 է:

◻6.14. Ուղղաձիգ պատերով երկու զլանային հաղորդակից անոթներ լցված են հեղուկով և փակված $M_1=1$ կգ և $M_2=2$ կգ զանգված ունեցող միացներով: Հավասարակշռության դիրքում առաջին միացը երկրորդից գտնվում է $h_1=10$ սմ-ով բարձր (Նկ.6.12): Երբ առաջին միացի վրա տեղադրին $m=2$ կգ զանգվածով ծանրոց, միացները հավասարակշռության դիրքում հայտնվեցին նույն բարձրության վրա: Մի միացը մյուսից որքանո՞վ բարձր կգտնվի,



երթե ծանրոցը տեղափոխվի երկրորդ մխոցի վրա:

Արքիմեդի ուժը

□6.15. $m=80$ կգ զանգված ունեցող քանի՞ ուղևոր կարող է բարձրացնել $V=1000$ մ³ ծավալ ունեցող օդապարիկը, եթե այն լցված է տաք օդով, որի խտությունը կազմում է շրջապատող օդի խտության $n=0,75$ մասը: Օդապարիկի զանգվածը (առանց ներսի օդի) $M=100$ կգ: Օդի խտությունը նորմալ պայմաններում հայտնի է:

□6.16. $m=1,5$ տ զանգվածով օդապարիկն իջնում է հաստատուն արագությամբ: Այն բանից հետո, երբ օդապարիկից դուրս գցեցին $\Delta m=100$ կգ զանգվածով բալաստը, այն սկսեց բարձրանալ նույն արագությամբ: Որոշեք օդապարիկի վրա ազդող օդի դիմադրության ուժը և օդապարիկի ծավալը: Օդի խտությունը նորմալ պայմաններում հայտնի է:

□6.17. $V=3000$ մ³ ծավալ և $m=1,5$ տ զանգված ունեցող օդապարիկը սկսում է վերև բարձրանալ առանց սկզբնական արագությամբ: Օդի դիմադրության ուժի $\frac{F_d}{mg} = 0,6$:

Որոշեք օդի կողմից օդապարիկի վրա ազդող դուրս հրող ուժը և այն բարձրությունը, որին հասնում է օդապարիկը $t=10$ վ-ի ընթացքում: Օդի խտությունը նորմալ պայմաններում հայտնի է:

□6.18. Ջրի մակերևույթից հաշված ի՞նչ բարձրությունից պետք է ընկնի $\rho=400$ կգ/մ³ խտությամբ նյութից պատրաստված մարմինը, որպեսզի այն ջրի մեջ ընկղմվի $H=30$ սմ խորությամբ: Օդի և ջրի դիմադրության ուժերն անտեսեք:

□6.19. Մարմինը հաստատուն արագությամբ դուրս է մղվում հեղուկից, որի խտությունը $n=\rho_h/\rho_f=4$ անգամ մեծ է մարմնի խտությունից: Մարմնի վրա ազդող դիմադրության ուժը քանի՞ անգամ է մեծ ծանրության ուժից:

□6.20. m զանգված և ρ խտություն ունեցող մարմինը հաստատուն արագությամբ սուզվում է ρ_h խտություն ունեցող հեղուկի ներսը: Որքա՞ն մեխանիկական էներգիա կփոխակերպվի ջերմայինի, երբ մարմինը կանցնի h ճանապարհ:

□6.21. $m=50$ կգ զանգված և $V=20$ լ ծավալով քարը գտնվում է ջրի մեջ $h_1=3$ մ խորության վրա: Ի՞նչ աշխատանք պետք է կատարել այդ քարը հավասարաչափ բարձրացնելու վրա՝ հասցնելով ջրի մակերևույթից $h_2=5$ մ բարձրության:

- 6.22. $H=20$ սմ բարձրության և $S=0,1$ մ² լայնական հատության մակերեսով փայտե չորսուն լողում է ջրում: Ի՞նչ աշխատանք պետք է կատարել չորսուն ջրի մեջ լրիվ սուզելու համար: Փայտի խտությունը՝ $\rho=500$ կգ/մ³:
- 6.23. $m=1$ կգ զանգվածով ալյումինե համասեռ գունդը ընկղմեցին ջրի մեջ և բաց թողին: Ի՞նչ կինետիկ էներգիա ձեռք կբերի գունդը $h=1$ մ խորությամբ սուզվելու պահին:

Մարմինների լողալը

- 6.24. Սառցեբեկորը լողում է ջրում, ընդ որում նրա վերջրյա մասի ծավալը՝ $V_1 = 1$ սմ³: Որոշեք դրա ստորջրյա մասի ծավալը:
- 6.25. Հեղուկի խտությունը, որում ընկղմված է մարմինը, $n=\rho_h/\rho_{\text{մ}}=5$ անգամ մեծ է մարմնի խտությունից: Մարմնի ծավալի n ր մասն է կազմում չընկղմված մասի ծավալը:
- 6.26. Մարմինը լողում է $\rho_1 = 800$ կգ/մ³ խտությամբ հեղուկում՝ ընկղմվելով իր ծավալի $n_1 = 0,75$ մասով: Ջրում լողալու դեպքում այդ մարմնի ծավալի n ր մասը կընկղմվի ջրի մեջ:
- 6.27. Ծովի ջրի խտությունը $n=3\%$ -ով մեծ է գետի ջրի խտությունից: Երբ բեռնանավը ծովից գետ անցավ, նրանից իջեցրին $m=90$ տ բեռ, և դրա արդյունքում նավի նստվածքի խորությունը մնաց նույնը: Որոշեք նավի և իր մեջ մնացած բեռի ընդհանուր զանգվածը:
- 6.28. Մնամեջ մարմինը կախված վիճակում լողում է հեղուկում: Որոշեք մարմնի նյութի խտության հարաբերությունը հեղուկի խտությանը, եթե խոռոչի ծավալի հարաբերությունը մարմնի ծավալին (խոռոչի հետ միասին)՝ $n = V_1/V = 0,9$:
- 6.29. $m=100$ գ զանգվածով երկաթե սնամեջ գունդը լողում է ջրում այնպես, որ նրա ծավալի կեսը ընկղմված է ջրի մեջ: Որոշեք գնդի խոռոչի ծավալը:
- 6.30. Մնամեջ գլանը կախված վիճակում լողում է $\rho_1 = 800$ կգ/մ³ խտությամբ հեղուկում: Որպեսզի այդ գլանը նույն վիճակում լողա ջրում, նրա խոռոչում տեղադրեցին $m=1$ կգ զանգվածով բեռ: Որոշեք գլանի զանգվածը:
- 6.31. Ի՞նչ խտությամբ նյութով պետք է լցնել սնամեջ մարմնի խոռոչը, որպեսզի այն կախված վիճակում լողա ջրում: Մարմնի նյութի խտությունը՝ $\rho = 400$ կգ/մ³: Մարմնի (խոռոչի հետ միասին) և խոռոչի ծավալների հարաբերությունը՝ $n = V/V_1 = 1,5$:
- 6.32. Գլանաձև մարմինն ուղղաձիգ դիրքով լողում է ջրում, ընկղմվելով

իր ծավալի $n_1=0,9$ մասով: Իր ծավալի n° մասով գլանը կընկղմվի ջրի մեջ, եթե ջրի վրա ավելացվի այնքան յուղ, որ ամբողջությամբ ծածկի գլանը: Յուղի խտությունը՝ $\rho = 800$ կգ/մ³:

□**6.33.** Իրար հետ չխառնվող ρ_1 և ρ_2 խտություններով հեղուկների բաժանման սահմանին, ամբողջությամբ ընկղմված վիճակում, լողում է ρ խտությամբ ($\rho_1 < \rho < \rho_2$) մարմինը: Որոշեք մարմնի ծավալի այն մասը, որն ընկղմված է ավելի մեծ խտությամբ հեղուկի մեջ:

○**6.34.** Ինչ առավելագույն զանգվածով մարդ կարող է իր վրա պահել $m=20$ կգ զանգված ունեցող խցանակեղևից լաստը: Խցանակեղևի խտությունը՝ $\rho=200$ կգ/մ³:

○**6.35.** $l=10$ մ երկարություն և $d=20$ սմ տրամագծով քանի՞ գերան պետք է վերցնել լաստ պատրաստելու համար, որպեսզի ջրում այն կարողանա իր վրա պահել $m=5$ տ զանգվածով ավտոմեքենան: Փայտի խտությունը՝ $\rho=500$ կգ/մ³:

○**6.36.** Լայնական հատույթի S մակերես ունեցող գլանաձև անոթը լցված է հեղուկով, որի մակերևութին լողում է V ծավալով մարմին: Հեղուկի խտությունը ρ_0 է, իսկ մարմնինը՝ ρ : Որքանո՞վ կիջնի հեղուկի մակարդակը անոթում, եթե այնտեղից մարմինը հանվի:

□**6.37.** Անոթում գտնվող ջրում լողում է սառցակտորը: Ինչպե՞ս կփոխվի ջրի մակարդակն անոթում, երբ սառցակտորը հալվի: Կատարեք հաշվարկ:

□**6.38.** Ջրով լցված գլանաձև անոթի մեջ թողեցին լողա պողպատե թիթեղից պատրաստված բաժակը, որի հետևանքով ջրի մակարդակն անոթում բարձրացավ $H=2$ սմ-ով: Դրանից հետո որքանո՞վ կիջնի ջրի մակարդակն անոթում, եթե բաժակն ամբողջությամբ սուզվի ջրի մեջ:

□**6.39.** S_1 և S_2 լայնական հատույթի մակերեսներ ունեցող երկու հաղորդակից անոթներից առաջինը լցված է ρ_1 , իսկ երկրորդը՝ ρ_2 խտությամբ հեղուկով: Առաջին անոթի մեջ իջեցրին m զանգվածով մարմին, որի խտությունը փոքր է ρ_1 -ից: Որքանո՞վ կփոխվի ջրի մակարդակներն առաջին և երկրորդ անոթներում:

Մարմնի կշիռը հեղուկում

○**6.40.** Պողպատե համասեռ մարմինը ջրում կշռում է $Q=17$ Ն: Որոշեք այդ մարմնի ծավալը:

○**6.41.** Մարմնի կշիռը ջրում $n=3$ անգամ փոքր է, քան օդում: Ինչի՞նչ է հա-

վասար մարմնի խտությունը:

◻6.42. Մարմնի խտությունը $n=4$ անգամ մեծ է այն հեղուկի խտությունից, որի մեջ որ այն ընկղմված է: Քանի՞ տոկոսով է մարմնի կշիռը հեղուկում փոքր, օդում ունեցած կշռից:

◻6.43. Պողպատից պատրաստված մարմինը սկզբում կշռեցին ջրում, այնուհետև բենզինում: Ջրում կշիռը՝ $Q_2 = 66\text{Ն}$: Որոշեք մարմնի կշիռը բենզինում:

◻6.44. Մարմինն օդում ունի $Q_1 = 8\text{Ն}$ կշիռ, ջրում՝ $Q_2 = 6\text{Ն}$: Մեկ ուրիշ հեղուկում՝ $Q_3 = 7\text{Ն}$: Որոշեք այդ հեղուկի խտությունը:

◻6.45. Ալյումինե սնամեջ գունդը ջրում ունի $Q_1 = 24\text{Ն}$, բենզինում՝ $Q_2 = 33\text{Ն}$ կշիռ: Որոշեք գնդի ընդհանուր ծավալը և խոռոչի ծավալը:

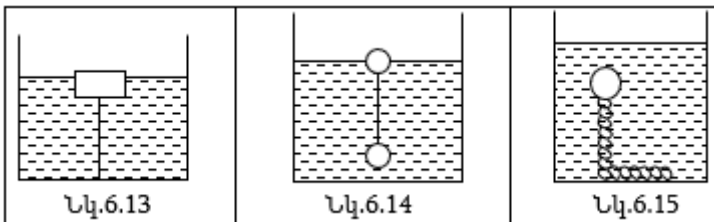
◻6.46. Ոսկու և արծաթի ձուլվածքն օդում ունի $Q_1 = 3\text{Ն}$ կշիռ, իսկ ջրում՝ $Q_2 = 2,74\text{Ն}$: Որոշեք ամբողջ ձուլվածքի զանգվածը և նրանում արծաթի զանգվածը: Համարեք, որ արծաթի և ոսկու ձուլվածքները խառնելիս նրանց ծավալները գումարվել են:

◻6.47. Մարմինն օդում պահելու համար պահանջվում է $F_1 = 3,6\text{Ն}$, իսկ ջրում՝ $F_2 = 2,4\text{Ն}$ ուժ: Անտեսելով Արքիմեդի ուժը օդում, որոշեք մարմնի նյութի խտությունը:

◻6.48. Թելի մի ծայրն ամրացված է ջրամբարի հատակին, իսկ մյուսը՝ փայտե չորսուխն(Նկ.6.13): Վերջինիս ծավալի $n=0,75$ մասն ընկղմված է ջրի մեջ: Որոշեք թելի լարման ուժը, եթե չորսուխի զանգվածը՝ $m=2\text{կգ}$, իսկ փայտի խտությունը՝ $\rho = 500\text{ կգ/մ}^3$:

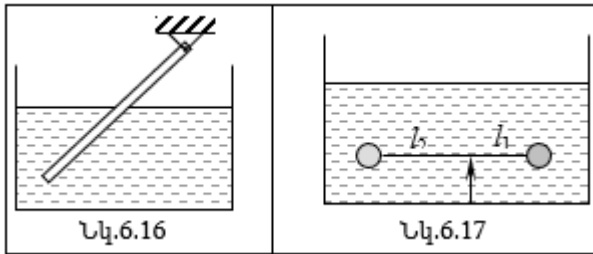
◻6.49. $V=10\text{սմ}^3$ հավասար ծավալներով երկու գնդիկներ, որոնցից մեկի զանգվածը $n=3$ անգամ մեծ է մյուսի զանգվածից, միացած են իրար անկշիռ թելով և լողում են ջրի մեջ: Ընդ որում՝ ծանր գնդիկը ընկղմված է ջրի մեջ ամբողջությամբ, իսկ թեթևը՝ կիսով չափ (Նկ. 6.14): Որոշեք թելի լարման ուժը:

◻6.50. $V=500\text{սմ}^3$ ծավալ և $M=300\text{գ}$ զանգված ունեցող փայտե գունդը ջրի



մեջ պահվում մի ծայրով իրեն ամրացված շղթայի օգնությամբ (Նկ.6.15):

Շղթայի ամբողջ երկարությունը՝ $L=20$ սմ, իսկ զանգվածը՝ $m=400$ գ: Անտեսելով շղթայի ծավալը, որոշեք դրա ուղղաձիգ մասի երկարությունը:



□**6.51.** Բարակ համասեռ ձողի վերին ծայրը ամրացված է հողակապով, իսկ դրա ներքևի մասը ընկղմված է ջրի մեջ (Նկ.6.16): Հավասարակշռություն հաստատվում է, երբ ձողը թեք վիճակով՝ իր երկարության $n=0,5$ մասով ընկղմվում է ջրի մեջ: Որոշեք ձողի նյութի խտությունը:

□**6.52.** Հավասար ծավալներով երկու գնդիկներ՝ պողպատե և կապարե, միացված են անկշիռ ձողով և ամբողջությամբ ընկղմված են ջրի մեջ (Նկ.6.17): Նրանց կենտրոնների միջև հեռավորությունը՝ $l = 60$ սմ: Կապարե գնդիկի կենտրոնից հաշված ձողի ուր կետում պետք է հենարան դրվի, որպեսզի համակարգը գտնվի հավասարակշռության մեջ:

Շարժումը ոչինեքցիալ համակարգերում

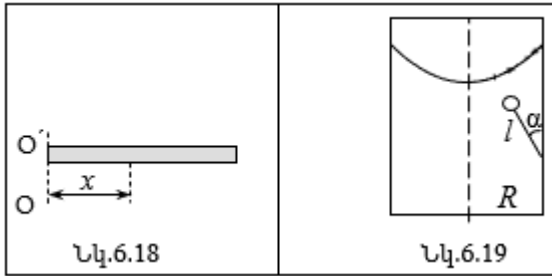
●**6.53.** Ջրով լցված բաժակը հորիզոնական ուղղությամբ շարժվում է α հաստատուն արագացումով: Ի՞նչ դիրք է գրավում ջրի մակերևույթը:

●**6.54.** Հեղուկով լցված բաժակը սահում է հորիզոնի նկատմամբ $\alpha = 30^\circ$ անկյուն ունեցող թեք հարթությունով: Ուղղաձիգի նկատմամբ ի՞նչ β անկյուն կկազմի հեղուկի մակերևույթը, եթե շփման գործակիցը՝ $\mu = 0$; $\mu = 0,2$: Ինչքա՞ն կլինի β -ն, եթե բաժակը սահի հավասարաչափ կերպով:

■**6.55.** Հեղուկով լցված փակ խողովակը ω անկյունային արագությամբ պտտվում է հորիզոնական հարթության մեջ, իր ծայրերից մեկով անցնող OO' ուղղաձիգ առանցքի շուրջը (Նկ.6.18): Հեղուկի խտությունը հավասար է ρ -ի, իսկ դրա ճնշումը մինչև խողովակի պտտվելը՝ p_0 -ի: Ինչի՞նչ է հավասար հեղուկի ճնշումը պտտման առանցքից x հեռավորության վրա:

■**6.56.** Հեղուկով լցված R շառավղով գլանային անոթը պտտվում է իր

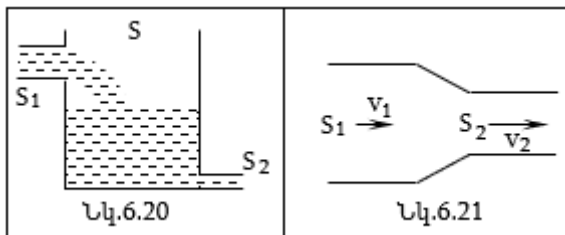
համաչափության առանցքի շուրջը: Անոթի պատի ներսից, l երկարությամբ թելով, ամրացված է օդային գնդիկ (Նկ.6.19): Պտտման ժամանակ թելը պատի հետ կազմում է α անկյուն: Որոշեք անոթի պտտման անկյունային արագությունը:



■6.57. ρ_0 խտությամբ հեղուկով լցված R շառավղով գլանային անոթը ω անկյունային արագությամբ պտտվում է իր համաչափության առանցքի շուրջը: Անոթում կա V ծավալով և $\rho > \rho_0$ խտությամբ գնդիկ: Ի՞նչ ուժով գնդիկը կձնշի անոթի պատին և հատակին: Գնդիկի շառավիղը շատ անգամ փոքր է անոթի շառավղից:

Իդեալական հեղուկի շարժումը

●6.58. Հիմքի $S=20\text{մ}^2$ մակերես ունեցող ավազանում ի՞նչ արագությամբ



կբարձրանա ջրի մակարդակը, եթե $S_1=200\text{սմ}^2$ հատույթով լցնող խողովակում ջրի արագությունը՝ $v_1=2\text{մ/վ}$, իսկ $S_2=20\text{սմ}^2$ հատույթով դատարկող խողովակում՝ $v_2=5\text{ մ/վ}$ (Նկ.6.20):

●6.59. Էլեկտրական հովհարիչը $S=100\text{սմ}^2$ մակերեսով օդանցքից օդը մղում է $v=10\text{մ/վ}$ արագությամբ: Հայտնի համարելով օդի խտությունը և անտեսելով շփումը, որոշեք հովհարիչի հզորությունը:

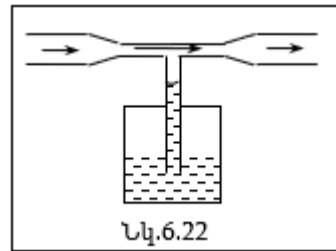
●6.60. Ջրմուղ պոմպը, $S=10\text{սմ}^2$ հատույթ ունեցող խողովակով, յուրա-

քանցյուր $t=1$ վ-ում, $V = 10$ լ ջուր է մղում $h=10$ մ բարձրության վրա: Հայտնի համարելով ջրի խտությունը և անտեսելով շփումը, որոշեք պոմպի հզորությունը:

●**6.61.** Հորիզոնական խողովակի $S_1 = 300$ սմ² հատույթով լայն մասում ջրի հոսքի արագությունը՝ $v_1=10$ մ/վ, իսկ ճնշումը՝ $p_1=400$ կՊա (Նկ.6.21): Ինչքա՞ն է ջրի հոսքի արագությունը և ճնշումը խողովակի $S_2 = 150$ սմ² հատույթով մասում:

●**6.62.** Որոշեք հորիզոնական խողովակի լայն մասում ջրի հոսքի արագությունը, եթե այդ մասի շառավիղը $n = r_2/r_1 = 3$ անգամ մեծ է նեղ մասի շառավղից, իսկ ճնշումների տարբերությունը լայն և նեղ մասերի միջև $\Delta p = 10$ կՊա:

■**6.63.** Ինչքա՞ն է օդի հոսքի արագությունը խողովակի նեղ մասում (Նկ.6.22), եթե այդտեղ զոդված կողմային խողովակում ջուրն անոթից բարձրանում է $h=30$ սմ բարձրության վրա: Օդի ճնշումը անոթի ջրի մակերևույթի վրա՝ $p=100$ կՊա: Խողովակի լայն մասում օդի հոսքի արագությունը $v_1=40$ մ/վ, իսկ ճնշումը $p_1=122$ կՊա: Օդի ρ խտությունը նույնն է խողովակի բոլոր հատույթներում:



●**6.64.** Ջրմուղ պոմպը բնակելի շենքին ջուր մատուցող խողովակում պահում է հաստատուն ճնշում: Առաջին հարկի ծորակից դուրս եկող ջրի շիթն ունի $v_1=28,3$ մ/վ արագություն: Որոշեք $n=8$ -րդ հարկի ծորակից դուրս եկող ջրի շիթի արագությունը, եթե յուրաքանչյուր հաջորդ հարկի ծորակը նախորդ հարկինից գտնվում է $h=4$ մ բարձրության վրա: Ո՞ր հարկը ջուր չի բարձրանա:

●**6.65.** Ծորակից ջրի շիթը դուրս է գալիս $v = 2$ մ/վ արագությամբ: Ծորակի մոտ ջրի շիթն ունի $S_1 = 1,4$ սմ² հատույթի մակերես: Որոշեք ջրի շիթի հատույթի մակերեսը ծորակից $h=20$ սմ-ով ցածր գտնվող կետում:

●**6.66.** Ջրով լցված ներարկիչի $S=1$ սմ² մակերեսով մխոցի վրա կիրառված է $F=5$ Ն հաստատուն ուժ: Ի՞նչ արագությամբ ջուրը դուրս կմղվի ներարկիչի ասեղի անցքից, եթե դրա մակերեսը փոքր է մխոցի մակերեսից:

●**6.67.** Հեղուկով լցված և վերնից բաց լայն անոթի պատին արված է նեղ անցք, որը հեղուկի մակերևույթից գտնվում է $h=20$ սմ ներքև: Ինչքա՞ն է այդ անցքից դուրս եկող ջրի շիթի արագությունը:

●**6.68.** Լայն անոթը յուրաքանչյուր $t=1$ վ-ում լցվում է $V= 0,2$ լ ջրով ($q=\frac{V}{t}=$

$=0,2\text{լ/վ}$): Ինչքա՞ն պետք է լինի հատակի անցքի շառավիղը, որպեսզի ջրի մակարդակն անոթում միշտ գտնվի $h=20$ սմ բարձրության վրա:

■**6.69.** Հորիզոնական հարթության վրա կա հեղուկով լիքը լցված H բարձրությամբ գլանաձև անոթ: Հիմքից ի՞նչ h բարձրության վրա պետք է անոթի պատին նեղ անցք բացել, որպեսզի դուրս եկող ջրի շիթն անոթից առավելագույն հեռու կետում ընկնի հարթության վրա: Ինչքա՞ն է այդ հեռավորությունը:

■**6.70.** Ջրով լցված դույրը կախված է զսպանակից և ուղղաձիգով կատարում է ներդաշնակ տատանումներ, որի լայնությամբ՝ $A=10$ սմ, իսկ պարբերությունը՝ $T=1$ վ: Դույլի հատակի կենտրոնի նեղ անցքից դուրս է գալիս ջրի շիթ: Որոշեք դրա դուրս գալու արագության ամենամեծ և ամենափոքր արժեքները, եթե ջրի մակարդակը դույլում՝ $h=10$ սմ:

■**6.71.** $S=100\text{սմ}^2$ հատակի մակերես ունեցող անոթում լցված հեղուկի բարձրությունը $H=50$ սմ: Անոթի հատակին $\sigma=1\text{մմ}^2$ մակերեսով անցք բացելուց հետո որքա՞ն ժամանակ անց այն կդատարկվի: Դատարկման ընթացքում ի՞նչ օրենքով է հեղուկի բարձրությունը կախված ժամանակից:

●**6.72.** Դուրս բերեք Բեռնուլիի հավասարումը, օգտվելով մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքից:

Մածուցիկ հեղուկի շարժումը

●**6.73.** Ի՞նչ առավելագույն արագությամբ ջուրը պետք է շարժվի $R=1$ սմ ներքին շառավղով խողովակով, որի դեպքում հոսքը դեռ կլինի լամինար: Այդ արագության դեպքում ի՞նչ ծավալի ջուր կանցնի խողովակով միավոր ժամանակում:

■**6.74.** Ջրով լցված անոթի պատին հորիզոնական դիրքով ամրացված է $r=0,1$ մմ ներքին շառավղով և $l=5$ սմ երկարությամբ մազական խողովակի մի ծայրը, որից կարող է ջուրն արտահոսել: Ջրի մակարդակը մազական խողովակից գտնվում է $h=20$ սմ բարձրության վրա: Որքա՞ն ժամանակում մազական խողովակից դուրս կհոսի $V=1\text{սմ}^3$ ծավալով ջուր: Որոշեք ջրի հոսքի միջին արագությունը մազական խողովակում: Լամինար է արդյոք ջրի հոսքը մազական խողովակում:

■**6.75.** l երկարություն և R ներքին շառավիղ ունեցող խողովակով լամինար հոսքով հոսում է ρ խտությամբ և η մածուցիկությամբ հեղուկ: Հեղուկի արագությունը խողովակի առանցքի վրա հավասար է v_0 -ի: Որոշեք հոսքի միջին արագությունը, խողովակի ներսի հեղուկի կինետիկ էներգիան, խողովակի վրա ազդող շփման ուժը:

■6.76. $d = 4$ մմ տրամագծով պողպատե գնդիկը $v = 5$ սմ/վ հաստատուն արագությամբ ընկնում է գլիցերինում: Համարելով հայտնի պողպատի և գլիցերինի խտությունները, որոշեք գլիցերինի մածուցիկությունը: Հանդիսանում է արդյոք գնդիկին շրջանցող հեղուկի շարժումը լամինար:

■6.77. Ի՞նչ արագությամբ կնստեն ամպի $r = 10$ մկմ շառավղով կաթիլները, եթե ջրի խտությունը ρ է, իսկ օդի մածուցիկությունը՝ η : Հանդիսանում է արդյոք կաթիլին շրջանցող օդի շարժումը լամինար:

■6.78. Համարելով հայտնի ջրի և օդի խտությունները, ինչպես նաև օդի մածուցիկությունը, որոշեք ընկնող ջրային կաթիլների առավելագույն շառավիղը, որի դեպքում օդը դրանց կշրջանցի լամինար շարժումով: Կարելի՞ է արդյոք Մթոքսի բանաձևը կիրառել անձրևի այն կաթիլների նկատմամբ, որոնց շառավիղը ընկած է $0,25$ մմ-ից 3 մմ միջակայքում:

■6.79. $d = 3$ մմ տրամագծով պողպատե գնդիկը ընկնում է $\eta = 1$ Պա-վ մածուցիկություն ունեցող յուղում: Գնդիկի սկզբնական արագությունը հավասար է զրոյի: Որոշեք գնդիկի հաստատված արագությունը և արագության կախումը ժամանակից արտահայտող օրենքը: Շարժումն սկսելուց հետո ինչքա՞ն ժամանակ անց գնդիկի արագությունը հաստատված արժեքից կտարբերվի $n = 1\%$ -ով: Հանդիսանում է արդյոք գնդիկին շրջանցող յուղի շարժումը լամինար:

■6.80. Իրար գուգահեռ տեղադրված երկու սկավառակներ ունեն նույն պտտման առանցքը, որն անցնում է դրանց կենտրոնով: Սկավառակների շառավիղները R է, իսկ դրանց միջև հեռավորությունը՝ h , ընդ որում $R \gg h$: Սկավառակներից մեկը պտտում են ոչ մեծ ω անկյունային արագությամբ: Որոշեք անշարժ սկավառակի վրա ազդող շփման ուժի մոմենտը, եթե սկավառակների միջև գտնվող գազի մածուցիկությունը η է:

Հարցեր

- 1. Ինչո՞ւ մ է կայանում պինդ մարմինների, հեղուկների և գազերի մեխանիկական հատկությունների հիմնական տարբերությունները:
- 2. Ինչո՞ւ մ է կայանում հեղուկների և գազերի հոսունության հատկությունը:
- 3. Ո՞րն է կոչվում ճնշման ուժ:
- 4. Ո՞րն է կոչվում ճնշում: Գրեք ճնշման բանաձևը այն դեպքի համար, երբ F ուժը S մակերեսի վրա ազդում է նորմալի ուղղությամբ:
- 5. Գրեք ճնշման բանաձևը այն դեպքի համար, երբ F ուժը S մակերեսի

- վրա ազդում է դրա նորմալի նկատմամբ α անկյան տակ:
- 6. Ի՞նչ տարբերություն կա միջին ճնշման և մակերեսի որևէ կետում ճնշման միջև: Ո՞ր դեպքում են այդ մեծություններն իրար հավասար:
 - 7. Ո՞րն է ճնշման միավորը ՄՀ-ում: Այդ միավորն արտահայտեք ՄՀ-ի հիմնական միավորներով:
 - 8. Գործնականում օգտագործվող ճնշման արտահամակարգային միավորները (բար, մթն, ԿԳ/սմ², մմ. սնդ. սյուն) արտահայտեք ճնշման ՄՀ -ի միավորով:
 - 9. Ինչպե՞ս են անվանում ճնշում չափող սարքերին: Ինչպե՞ս ճնշումներ-
րի տարբերությունը չափող սարքերին:
 - 10. Ո՞րն է կոչվում հիդրոստատիկ ճնշում: Ինչի՞ց է այն կախված:
 - 11. Դուրս բերեք հիդրոստատիկ ճնշման բանաձևը:
 - 12. Ինչպե՞ս են հաշվում անոթի ուղղաձիգ պատի վրա ազդող
հիդրոստատիկ ճնշման ուժը:
 - 13. «Հիդրոստատիկ պարադոքս»-ը կայանում է նրանում, որ անոթի
հատակին հեղուկի կողմից ազդող ճնշման ուժը կարող է տարբեր-
վել հեղուկի կշռից: Ո՞ր դեպքում է անոթի հատակին հեղուկի կող-
մից ազդող ճնշման ուժը՝ **ա)** մեծ հեղուկի կշռից; **բ)** փոքր հեղուկի
կշռից; **գ)** հավասար հեղուկի կշռից;
 - 14. Ինչի՞ է հավասար հիդրոստատիկ ճնշումը Երկրի արհեստական
արբանյակի ներսում:
 - 15. Ինչպե՞ս կփոխվի անոթի հատակի հիդրոստատիկ ճնշումը, եթե
այն տեղափոխենք բարձր լեռան գագաթ:
 - 16. Ինչպե՞ս կփոխվի փակ անոթում ճնշումը դրա ազատ անկման
դեպքում, եթե այն լցված է՝ **ա)** գազով; **բ)** գազով և մասամբ
հեղուկով:
 - 17. Ձևակերպեք Պասկալի օրենքը: Նկարագրեք որևէ փորձ, որը
պայմանավորված է այդ օրենքով:
 - 18. Մի՞շտ են արդյոք իրար հավասար հեղուկի միևնույն մակարդակի
վրա գտնող տարբեր կետերի ճնշումները:
 - 19. Ինչու՞ գազի ճնշումը $չի$ կարելի հաշվել $p = \rho gh$ բանաձևով, որտեղ
 ρ -ն գազի խտությունն է:

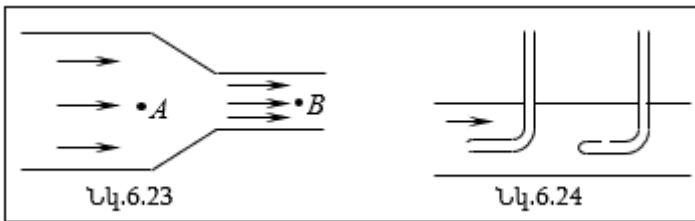
- 20. Ո՞ր փորձերն են ապացուցում մթնոլորտի ճնշման առկայությունը:
- 21. Նկարագրեք մթնոլորտի ճնշումը չափելու վրաբերյալ Տորիչելիի փորձը: Ինչու՞նա իր փորձում օգտագործեց սնդիկ, այլ ոչ թե ուրիշ հեղուկ, օրինակ, ջուր:
- 22. Գնահատեք, թե քանի՞ կիլոգրամ ուժով է ազդում մթնոլորտը յուրաքանչյուր մարդու վրա:
- 23. Ի՞նչ կառուցվածք ունի սնդիկային բարոմետրը:
- 24. Հեղուկի պան երկարությունը և բարձրությունը բարոմետրական խողովակում ինչպե՞ս են կախված հորիզոնի մկատմամբ նրա թեքման անկյունից:
- 25. Ինչպե՞ս է կախված մթնոլորտի ճնշումը Երկրի մակերևույթից ունեցած բարձրությունից:
- 26. Բացատրեք հեղուկի ներծծման պրոցեսը ներարկիչի մեջ:
- 27. Բացատրեք, թե ինչու՞ ներծծող պոմպերը չեն կարող ջուրը 10մ-ից ավել բարձրացնել:
- 28. Նկարագրեք, թե ինչպե՞ս է հաջողվում վարորդին, ճկուն նեղ խողովակի միջոցով, իր մեքենայի բենզոբակից բենզինը ուրիշ մեքենայի բեզոբակ տեղափոխել:
- 29. Ինչպե՞ս է կառուցված և ի՞նչ է չափում հեղուկային Մ-տեսքի մանոմետրը:
- 30. Ո՞ր անոթներն են կոչվում հաղորդակից: Ձևակերպեք հաղորդակից անոթներում համասեռ հեղուկի հավասարակշռության պայմանը:
- 31. Ձևակերպեք իրար չխառնվող երկու տարբեր հեղուկների հավասարակշռության պայմանը հաղորդակից անոթներում:
- 32. Ո՞րն է հիդրավլիկ մամլիչը: Բացատրեք դրա աշխատանքի սկզբունքը:
- 33. Հիդրավլիկ մամլիչում մխոցների h_1 և h_2 տեղափոխություններն ինչպե՞ս են կապված դրանց S_1 և S_2 մակերեսների հետ:
- 34. Հիդրավլիկ մամլիչում մխոցների վրա ազդող F_1 և F_2 ուժերն ինչպե՞ս են կապված դրանց S_1 և S_2 մակերեսների հետ:
- 35. Պարզաբանեք «մեխանիկայի ոսկե կանոնը» հիդրավլիկ մամլիչի նկատմամբ:
- 36. Ձևակերպեք Արքիմեդի օրենքը:
- 37. Ճի՞շտ է արդյոք այն պնդումը, որ հեղուկում գտնվող մարմնին դուրս հրող ուժի մոդուլը հավասար է արտամղված հեղուկի

ծանրության ուժին:

- 38. Նկարագրեք փորձ, որն ապացուցում է դուրս հրող ուժի առկայությունը՝ **ա)** հեղուկում; **բ)** գազում:
- 39. Ի՞նչն է հանդիսանում Արքիմեդի ուժի հանդես գալու պատճառը:
- 40. Գրեք Արքիմեդի ուժի բանաձևը հեղուկում ընկղմված մարմնի համար:
- 41. Ի՞նչ պայմանի դեպքում է Արքիմեդի ուժն ուղղված վերև: Կարո՞ղ է արդյոք նա ունենալ ուրիշ ուղղություն:
- 42. Ո՞րն է համարվում Արքիմեդի ուժի կիրառման կետը: Ո՞ր դեպքում է դա համակնում մարմնի զանգվածների կենտրոնի հետ:
- 43. Հեղուկում ամբողջությամբ ընկղմված մարմնի վրա ազդող Արքիմեդի ուժն ինչպե՞ս կախված մարմնի գտնվելու խորությունից:
- 44. Հեղուկում ընկղմված մարմինը գտնվում է Երկրի արհեստական արբանյակում: Ի՞նչ բանաձևով կորոշվի Արքիմեդի ուժն այս դեպքում:
- 45. Հեղուկի խտությունը հավասար է ρ -ի, իսկ համասեռ պինդ մարմնինը՝ ρ_0 : Ի՞նչ պայմանի դեպքում մարմինը՝ **ա)** կլողաղա հեղուկի մակերևույթին; **բ)** կգտնվի կախված վիճակում; **գ)** կխորասուզվի:
- 46. Պողպատի խտությունը մեծ է ջրի խտությունից, սակայն պողպատից պատրաստված նավը չի սուզվում ջրում: Ի՞նչու՞ :
- 47. Հեղուկի ներսում գտնվում են նույն ծավալն ունեցող երկու համասեռ մարմին, որոնց խտությունները տարբեր է: Համեմատեք դրանց վրա ազդող Արքիմեդի ուժերը:
- 48. Երկու տարբեր խտություններ ունեցող հեղուկների ներսում գտնվում են երկու միանման մարմին: Համեմատեք դրանց վրա ազդող Արքիմեդի ուժերը:
- 49. Մարմինը լողում է ուղղանկյունաձև ավազանում լցված ջրում: Օգտագործելով միայն քանոն, ինչպե՞ս որոշել մարմնի զանգվածը:
- 50. Լծակի վրա հավասարակշռված են նույն ծավալով երկու մարմին, որոնց խտությունները տարբեր է: Կխախտվի՞ արդյոք հավասարակշռությունը, եթե երկու մարմիններն էլ ամբողջությամբ ընկղմվեն ջրի մեջ:
- 51. Լծակի վրա հավասարակշռված են տարբեր ծավալով երկու մարմին, որոնց խտությունները նույնն է: Կխախտվի՞ արդյոք հավասարակշռությունը, եթե երկու մարմիններն էլ ամբողջությամբ ընկղմվեն ջրի մեջ:

- 52. Ջրով մասամբ լցված անոթը դրված է կշեռքին: Կփոխվի՞ արդյոք կշեռքի ցուցմունքը, եթե ջրի մեջ մտցնենք մեր մատը, առանց անոթի հատակին և պատերին կպցնելու:
- 53. Ինչու՞ տախտակը կամ գերանը լողում է հորիզոնական դիրքով, այլ ոչ թե՝ ուղղահիգ:
- 54. Ջրով ամբողջությամբ լցված անոթը դրված է կշեռքին: Անոթի մեջ իջեցրին մարմին, որի խտությունը՝ **ա**) փոքր է ջրի խտությունից; **բ**) մեծ է ջրի խտությունից: Համեմատեք կշեռքի ցուցմունքները մինչև մարմինն իջեցնելը և դրանից հետո:
- 55. Ջրով լցված անոթում մարմին է լողում: Ինչպե՞ս կփոխվի մարմնի ընկղմվածության չափը, եթե անոթը արագացումով ներքև իջնի:
- 56. Ջրով մասամբ լցված անոթում իջեցրին սառցակտոր: Ինչպե՞ս և կփոխվի ճնշումն անոթի հատակին մինչև սառցակտորի հալվելը և հալվելուց հետո:
- 57. Ոչ մեծ չափսեր ունեցող ջրավազանում լողացող նավակից V ծավալով համասեռ մարմինն իջեցրին ջրի վրա: Ինչպե՞ս և կփոխվի ջրի մակարդակը ավազանում, եթե մարմնի խտությունը՝ **ա**) փոքր է ջրի խտությունից; **բ**) մեծ է ջրի խտությունից:
- 58. Երկու փուչիկ լցվել են տարբեր խտությամբ գազերով ($\rho_1 > \rho_2$) այնպես, որ նրանց ծավալները նույնն է: Փուչիկներից որի վրա կազդի մեծ՝ **ա**) Արքիմեդի ուժ; **բ**) վերամբարձ ուժ:
- 59. Հինհունական գիտնական Արիստոտելը իր կաշվե տոպրակը երկու անգամ կշռեց: Առաջին դեպքում տոպրակն ամբողջությամբ լցված էր օդով, իսկ երկրորդ դեպքում՝ ծավալած վիճակում: Երկու դեպքում էլ տոպրակի կշիռն եղավ նույնը: Կարելի՞ է արդյոք հետևություն անել, որ օդը չունի կշիռ:
- 60. Երբ թեթև գնդիկը դուրս է մղվում հեղուկի ներսից, նրա պոտենցիալ էներգիան ակնհայտորեն մեծանում է: Զկա՞ արդյոք հակասություն այն հայտնի պնդման հետ, որ ցանկացած համակարգ ձգտում է փոքրացնել իր պոտենցիալ էներգիան:
- 61. Ինչի՞ց է կախված հեղուկում ընկղմված մարմնի կշիռը:
- 62. Մարմինը հեղուկի մեջ ընկղմելով կարելի՞ է արդյոք հասնել դրա անկշռության:
- 63. Անձրևային եղանակին խարույկի ծուխը սովորաբար <<փռվում է գետնին>>, իսկ պարզ եղանակին՝ այտնով վերև է բարձրանում: Ինչու՞ :

- 64. Գլանաձև անոթում գտնվում է փայտի կտոր, կապարի կտոր և մարմին, որի խտությունը հավասար է ջրի խտությանը: Անոթը լցրին ջրով և մեծ արագությամբ սկսին պտտել իր համաչափության առանցքի շուրջը: Ինչպե՞ս կդասավորվեն մարմիններն անոթում:
- 65. Ո՞ր հեղուկն է կոչվում իդեալական:
- 66. Գրեք անխզելիության հավասարումը հեղուկի համար: Դուրս բերեք այդ հավասարումը:
- 67. Ինչի՞ համար են փողրակն անում նեղացող ծայրով:
- 68. Ո՞րն է կոչվում հոսանքի՝ **ա)** գիծ; **բ)** խողովակ:
- 69. Գրեք Բեռնուլիի հավասարումը:
- 70. Իդեալական հեղուկը հոսում է փոփոխական հատույթի մակերես ունեցող խողովակով: A և B կետերի համար (տես Նկ.6.23) նշեք՝ **ա)** արագությունների հարաբերակցությունը; **բ)** ճնշումների հարաբերակցությունը: Շփումն անտեսեք:



- 71. Լայն խողովակում, որով հաստատուն արագությամբ հեղուկ է հոսում, տեղադրված են ուղիղ անկյան տակ ծոված երկու նեղ խողովակներ, որոնց տարբեր մասերում կա մեկական անցք (Նկ.6.24): Ո՞ր ծոված խողովակում հեղուկի մակարդակը բարձր կլինի: Շփումն անտեսեք:
- 72. Ջուրը հոսում է փոփոխական հատույթի մակերես ունեցող խողովակով: Կփոխվի՞ արդյոք ջրում եղած օդային պղպջակի տրամագիծը, երբ այն խողովակի լայն մասից տեղափոխվի է նեղ մասը:
- 73. Ի՞նչ բնական երևույթներ են հաստատում Բեռնուլիի հավասարման ճշտությունը:
- 74. Բացատրեք հեղուկացրիչի(պուլվերիզատոր) և գազայրիչի աշխատանքի սկզբունքը: Ուրիշ ի՞նչ սարքավորումներում է օգտագործվում հեղուկի կամ գազի ճնշման կախումը արագությունից:
- 75. Իրարից ոչ մեծ հեռավորության վրա կախված են իրար գուգահեռ

թղթի երկու թերթ: Կմոտենա՞ն, թե՞ կհեռանան այդ թերթերը, եթե դրանց միջև օդ փչենք:

- 76. Առաջին հայացքից թվում է, թե փոթորկային քամու ժամանակ պատուհանների ապակիները պետք է սեղմվեն դեպի ներս, մինչդեռ, իրականում դրանք սեղմվում են դեպի դուրս: Բացատրեք այս երևույթը:
- 77. Որպեսզի վերամբարջ ուժ առաջանա, օդն ինքնաթիռի թևի վերի՞ն, թե՞ ներքին մակերևույթը պետք է մեծ արագությանը շրջանցի: Ի՞նչ մոտավոր տեսք պետք է ունենա ինքնաթիռի թևը, որպեսզի այն կարողանա վերանբարձ ուժ ստեղծել:
- 78. Փորձը ցույց է տալիս, որ երբ թղթե գլանակը թեք հարթությունով գլորվելուց հետո անկում է կատարում, ապա դրա անկման հետագիծը տարբերվում է սովորական մարմնի նման անկման հետագծից: Դեպի ո՞ր կողմն է շեղվում այդ գլանակը և ինչու՞:
- 79. Ինչու՞ ծովի հարթ մակերևույթով ուժեղ քամու հավասարաչափ տարածման ժամանակ անկայուն՝ պատահականորեն գրգռված իջվածքները և կատարները սկսում են ուժեղանալ:
- 80. Նավը ստորջրյա կողային մասում ստացավ մեծ ճեղքվածք: Դրա հետևանքով, նավը դեպի ո՞ր կողմը կսկսի տեղաշարժվել:
- 81. Հայտնի է, որ իրար գուգահեռ շարժվող երկու շոգենավերի միջև, ոչ մեծ հեռավորությունների վրա, առաջ է գալիս ձգողական ուժ, որը կարող է հանգեցնել դրանց բախմանը: Բացատրեք այդ երևույթը:
- 82. Գրեք հեղուկի ներքին շփման ուժի (մածուցիկության) բանաձևը:
- 83. Ո՞րն է կոչվում հեղուկի մածուցիկության գործակից և ո՞րն է դրա ֆիզիկական իմաստը:
- 84. Ո՞րն է հեղուկի մածուցիկության գործակցի միավորը միավորների ՄՀ-ում: Այդ միավորն արտահայտեք ՄՀ-ի հիմնական միավորներով:
- 85. Ո՞րն է կոչվում Ռեյնոլդսի թիվ: Ապացուցեք, որ այն անչափ մեծություն է:
- 86. Հեղուկի ո՞ր շարժումն է կոչվում լամինար:
- 87. Հեղուկի ո՞ր շարժումն է կոչվում տուրբուլենտ:

- 88. Տեսականորեն ինչպե՞ս կարելի է գուշակել հեղուկի շարժման բնույթը, իմանալով դրա խտությունն ու մածուցիկությունը և շրջանցվող մարմնի չափսերն ու արագությունը:
- 89. Գրեք Պուազեյի բանաձևը և պարզաբանեք նրանում պարունակվող մեծությունները:
- 90. Ինչո՞ւ լողալով նավակով գետի հոսանքի ուղղությամբ, հարմար է այն պահել գետի մեջտեղում, իսկ գետի հոսանքին հակառակ ուղղությամբ՝ մոտ պահել ափին:
- 91. Գրեք Մոռքսի բանաձևը և պարզաբանեք նրանում պարունակվող մեծությունները: Ի՞նչ պայմանների դեպքում է ճշմարիտ այդ բանաձևը:
- 92. Ի՞նչ ուժեր են ազդում օդային պղպջակի վրա, երբ այն բարձրանում ջրամբարի հատակից: Ի՞նչ պայմանի դեպքում դա կկատարի հավասարաչափ շարժում:
- 93. Նույն շառավղով, բայց տարբեր զանգվածներով ($m_1 > m_2$) երկու գնդիկ ընկնում են միևնույն բարձրությունից: Դրանցից ո՞րը մեծ արագությամբ կընկնի: Օդի կողմից ազդող Արքիմեդի ուժն անտեսե՛ք:
- 94. Նույն զանգվածներով, բայց տարբեր շառավղով ($r_1 > r_2$) երկու գնդիկ ընկնում են միևնույն բարձրությունից: Դրանցից ո՞րը շուտ կհասնի գետնին: Օդի կողմից ազդող Արքիմեդի ուժն անտեսե՛ք:
- 95. Ո՞րն է կոչվում հեղուկի ներքին շփման սահքի ուժ(շոշափողով ուղղված ուժ) և ինչո՞վ է այն տարբերվում սովորական սահքի ուժից:
- 96. Ո՞րն է կոչվում հեղուկի ներքին շփման ծավալային ուժ(նորմալով ուղղված ուժ) և ինչո՞վ է այն տարբերվում սովորական ճնշման ուժից:
- 97. Եթե ջրով մասամբ լցված բաց կամ փակ ձկուն բաժակի վրա փոքր տրամաչափի հրացանով կրակենք բաժակի այն մասով, որտեղ ջուր չկա, ապա դրա պատերի վրա կառաջանա երկու անցք, իսկ ջրով մասի վրա կրակելուց՝ բաժակը պայթում է: Ինչո՞ւ :

Հիմնավորեք պնդումների ճիշտ և սխալ լինելը

6.1. ա) Հավասարակշռության վիճակում գտնվող հեղուկի կամ գազի վրա ազդող ուժերը կարող են նրանցում առաջացնել միայն նորմալ լարումներ; **բ)** Հեղուկի հիդրոստատիկ ճնշումն անոթի հատաքին պայմանավորված է հեղուկի ծանրության ուժով; **գ)** Եթե հիդրավլիկ մամլիչի փոքր մխոցը F_1 ճնշման ուժի ազդեցությամբ իջնի h_1 -ով, իսկ մեծը բարձրանա h_2 -ով, ապա մեծ մխոցին փոխանցված ուժը կլինի՝ $F_2 = F_1 \frac{h_2}{h_1}$; **դ)**

Արտաքին ուժերի կողմից հեղուկի (գազի) վրա գործադրած ճնշումն առանց փոփոխության փոխանցվում է հեղուկի (գազի) բոլոր կետերին՝ բոլոր ուղղություններով (Պասկալի օրենքը):

6.2. ա) Հեղուկների և գազերի հոսունությունը պայմանավորված է ներքին շոշափող լարումների բացակայությամբ; **բ)** Հեղուկների ազատ մակերևույթը պայմանավորված է մոլեկուլների քառասային շարժումով; **գ)** Եթե հիդրավլիկ մամլիչի S_1 մակերեսով փոքր մխոցը ճնշման ուժի ազդեցությամբ իջնի h_1 -ով, իսկ մեծը բարձրանա h_2 -ով, ապա մեծ մխոցի մակերեսը կլինի՝ $S_2 = S_1 \frac{h_2}{h_1}$; **դ)** Գազը միշտ գրավում է անոթի լրիվ ծավալը, որքան էլ այն մեծ լինի: Այս հատկությունը գազերում ձգման լարումների բացակայության հետևանք է:

6.3. ա) Հոսունության շնորհիվ է, որ հեղուկներն ընդունում են այն անոթի ձևը, որում լցվում են; **բ)** Հեղուկների և գազերի հոսունությունը պայմանավորված է ներքին շոշափող լարումների առկայությամբ; **գ)** Եթե հիդրավլիկ մամլիչի փոքր մակերեսով մխոցը իջեցնելու համար կատարվել է A աշխատանք, իսկ այդ ընթացքում մեծ մակերեսով մխոցն իրեն փոխանցված F_2 ուժի ազդեցությամբ բարձրացել է h_2 -ով, ապա մամլիչի ՕԳԳ-ն կլինի՝ $\eta = \frac{A}{F_2 h_2}$; **դ)** Եթե գնդիկի խտությունը ρ անգամ մեծ լինի հեղուկի խտությունից, ապա դրա կշիռը հեղուկում հավասար կլինի $mg(1 - \frac{1}{n})$ -ի, որտեղ g -ն ազատ անկման արագացումն է:

6.4. ա) Հեղուկները բնութագրվում են սեփական ծավալով, որն արտաքին ուժերի ազդեցության հետևանքով քիչ է փոփոխվում **բ)** Եթե հիդրավլիկ մամլիչի S_1 մակերեսով փոքր մխոցը ճնշման ուժի ազդեցու-

թյամբ h_1 -ով իջեցնելու համար կատարվել է A աշխատանք, իսկ այդ ընթացքում S_2 մակերեսով մեծ մխոցին փոխանցվել է F_2 ուժ, ապա մամլիչի ՕԳԳ-ն կլինի՝ $\eta = \frac{F_2 h_1 S_1}{A S_2}$; **գ)** Հեղուկների ազատ մակերևույթը պայմանավորված է մոլեկուլների փոխազդեցությամբ; **դ)** Հեղուկի ճնշման կախումը խտությունից և ջերմաստիճանից՝ $p = p(\rho, T)$, կոչվում է հեղուկի վիճակի հավասարում:

6.5. ա) Հեղուկի ներքին շփման սահքի ուժը (շոշափողով ուղղված ուժ) սովորական սահքի ուժից տարբերվում է նրանով, որ այն կախված է հեղուկի շերտերի սահքի արագությունից, այլ ոչ թե սահքի չափից; **բ)** Մեխանիկայի այն բաժինը, որը զբաղվում է հեղուկների հավասարակշռության և շարժման հարցերով, կոչվում է հիդրոդինամիկա; **գ)** Փոքր դեֆորմացիաների նկատմամբ հեղուկի առաձգական հատկությունները բնութագրվում են իզոթերմ սեղմելիության գործակցով, որը սահմանվում է $\gamma_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_T$ արտահայտությամբ, որտեղ V -ն հեղուկի ծավալն է, իսկ p -ն՝ ճնշումը; **դ)** Հիդրոդինամիկայում իդեալական հեղուկ են համարվում այն հեղուկները, որոնց մոտ անտեսվում է մածուցիկությունը:

6.6. ա) Սահքի դեֆորմացիաների հետևանքով շարժվող հեղուկում կարող են առաջանալ ներքին շոշափող լարումներ; **բ)** Հեղուկի իզոթերմ սեղմելիության $\gamma_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_T$ գործակիցն արտահայտված ρ խտությամբ, ունի հետևյալ տեսքը՝ $\gamma_T = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial p} \right)_T$, որտեղ p -ն ճնշումն է; **գ)** Հեղուկի ներքին շոշափող լարումները, որոնք պայմանավորված են հեղուկի մասնիկների հարաբերական շարժմամբ, ունեն ներքին շփման բնույթ և կոչվում են մածուցիկ լարումներ; **դ)** Ջրաբաշխական մամլիչի մխոցների h_1 և h_2 տեղափոխություններն ուղիղ համեմատական են մխոցների մակերեսին՝ $\frac{h_1}{h_2} = \frac{S_1}{S_2}$:

6.7. ա) Մոլեկուլների քառսային շարժման շնորհիվ է, որ հեղուկներն ընդունում են այն անոթի ձևը, որում լցվում են; **բ)** Շատ հեղուկների մոտ իզոթերմ սեղմելիության գործակիցը փոքր մեծություն է: Այսինքն, բավականաչափ մեծ ճնշումները շատ քիչ են փոխում հեղուկի խտությունը

կամ ծավալը; **գ)** Հիդրոդինամիկայում իդեալական հեղուկ են համարվում այն հեղուկները, որոնց մոլեկուլների միջև փոխազդեցությունն անտեսվում է; **դ)** Հեղուկի վարքը նկարագրվում է հետևյալ հինգ հավասարումներով՝ $p = p(\vec{r}, t)$ ճնշման, $\rho = \rho(\vec{r}, t)$ խտության և $\vec{v} = \vec{v}(\vec{r}, t)$ արագության տարածաժամանակային կախվածություններով:

6.8. ա) Քանի որ իդեալական հեղուկում բացակայում է էներգիայի կորուստը (նրանում պրոցեսներն ադիաբատ են), ուստի՝ $p = p(\rho, T)$ վիճակի հավասարումը կփոխարինվի $p = p(\rho)$ հավասարումով; **բ)** Շարժվող հեղուկում կարող են առաջանալ ներքին շոշափող լարումներ, որոնք պայմանավորված են ոչ թե սահքի դեֆորմացիաներով, այլ հեղուկի մասնիկների հարաբերական շարժմամբ; **գ)** Շփման ուժերի բացակայության դեպքում ջրաբաշխական մամլիչի տեղափոխման աշխատանքը փոքր է մեծ միացի տեղափոխման աշխատանքից; **դ)** Եթե անոթում գտնվող հեղուկը գտնվի անկշռելիության վիճակում, ապա անոթի հատակին ազդող հիդրոստատիկ ճնշում կվերանա, իսկ պատերի վրա ճնշումը կունենա իր նախքին արժեքը:

6.9. ա) Տվյալ S մակերեսի վրա ազդող կամայական F ուժի հարաբերությունը այդ մակերեսին կոչվում է ճնշում՝ $p = \frac{F}{S}$; **բ)** Ջրաբաշխական մամլիչի գործողության սկզբունքը հիմնված է մեխանիկայի <<ուկե կանոնի >> վրա; **գ)** Եթե անսեղմելի հեղուկի ստացիոնար շարժման հոսանքի խողովակը հորիզոնական է՝ $h_1 = h_2$, ապա Բեռնուլիի հավասարումից կհետևի $\frac{\rho v_1^2}{2} + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + p_2$ առնչությունը, ինչը նշանակում է, որ հոսանքի խողովակի այն մասում, որտեղ հեղուկի հոսքի արագությունը մեծ է, այնտեղ փոքր է p ստատիկ ճնշումը և հակառակը; **դ)** Հիդրոդինամիկայում իդեալական և մածուցիկ հեղուկները իրարից տարբերվում են միայն շարժման վիճակում:

6.10. ա) Անսեղմելի հեղուկի ստացիոնար շարժման դինամիկան նկարագրելու համար բավական են Բեռնուլիի $\frac{\rho v^2}{2} + p + \rho gh = const$ և անխրդելիության $Sv = const$ հավասարումները; **բ)** Մթնոլորտի մոլեկուլների զանգվածների փոքր (10^{-26} կգ) լինելու պատճառով, փոքր է նաև նրանց

ծանրության ուժը (10^{-25} Ն), որը բավարար չէ, որպեսզի նրանք ընկնեն և կուտակվեն Երկրի մակերևույթին; **գ)** Եթե հեղուկում գտնվում են միևնույն տրամագծով, բայց տարբեր խտությամբ երկու համասեռ գունդ, ապա մեծ արքիմեդյան ուժ կազդի փոքր խտությամբ գնդի վրա; **դ)** Քանի որ անսեղմելի հեղուկի ստացիոնար հոսանքի արագությունը հակադարձ համեմատական է հոսանքի խողովակի լայնական հատույթի մակերեսին՝ $v = \text{const}/S$, իսկ հոսանքի հորիզոնական խողովակի դեպքում հեղուկի հոսքի արագությունը մեծ է այն տիրույթում, որտեղ փոքր է p ստատիկ ճնշումը, ուստի կարելի է պնդել, որ հոսանքի խողովակի լայն մասերում ճնշումը մեծ է, իսկ նեղ մասերում՝ փոքր:

6.11. ա) Հեղուկի շարժման արագության տարածաժամանակային կախվածությունը որոշվում է $\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{f} - \text{grad}p$ էյլերի հավասարումից, որտեղ $\vec{f}$ -ը հեղուկի միավոր ծավալի վրա ազդող ուժն է, ρ -ն՝ հեղուկի խտությունը, իսկ p -ն՝ ճնշումը; **բ)** Գազի ճնշումն անոթի պատերի և գազում գտնվող մարմնի մակերևույթի վրա պայմանավորված է գազի ծանրության ուժով; **գ)** Եթե ուղիղ զուգահեռանիստաձև բաց անոթում լցված ρ խտությամբ հեղուկի սյան բարձրությունը h է, իսկ մթնոլորտի ճնշումը p_0 , ապա անոթի պատին հեղուկի կողմից գործադրվող միջին ճնշումը կլինի $p_0 + \rho gh$; **դ)** Անընդհատության կամ անխզելիության հավասարման ինտեգրալ տեսք է հանդիսանում նաև $S_1 v_1 = S_2 v_2$ հավասարումը, որտեղ S_1 -ը և S_2 -ը հեղուկի հոսանքի խողովակի երկու մասերի լայնական հատույթի մակերեսներն են, իսկ v_1 -ը և v_2 -ը՝ հեղուկի հոսքի արագություններն այդ հատույթներում (Նկ.6.1):

6.12. ա) Ուղղաձիգ կախված երկու զուգահեռ թղթի թերթերի միջև օդ փչելիս թերթերն իրարից հեռանում են; **բ)** Եթե S մակերեսի վրա ազդող F ուժն այդ մակերեսի նորմալի հետ կազմում է α անկյուն, ապա ճնշումը կլինի՝ $p = \frac{F \sin \alpha}{S}$; **գ)** Եթե հեղուկի միավոր ծավալի վրա ազդող ուժը հավասար է $\vec{f}$ -ի, ապա V ծավալով հեղուկի վրա ազդող ուժը կլինի՝ $\vec{F} = \int_V \vec{f} dV$; **դ)** Անընդհատության հավասարման դիֆերենցիալ տեսքը հանդիսանում է $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} = 0$ հավասարումը, որտեղ ρ -

ն հեղուկի խտությունն է, իսկ v_x, v_y և v_z -ը՝ հեղուկի հոսքի $\vec{v}$ արագության պրոյեկցիաները:

6.13. ա) Եղուկի ρ խտության և նրա շարժման $\vec{v}$ արագության արտադրյալը հավասար է հոսանքին ուղղահայաց միավոր մակերեսով միավոր ժամանակում անցած հեղուկի զանգվածին, դրան անվանում են հոսանքի խտություն՝ $\rho\vec{v}$; **բ)** Անխզելիության հավասարումն իդեալական և մածուցիկ հեղուկների համար ունի նույն տեսքը; **գ)** Հեղուկում լրիվ ընկղմված անհամասեռ մարմնի հավասարակշռությունը կայուն է, եթե նրա զանգվածների կենտրոնը միշտ ընկած է երկրաչափական կենտրոնից վերև և այդ կենտրոնները գտնվում են նույն ուղղաձիգի վրա; **դ)** Եթե Նկ.6.22 -ում բերված հորիզոնական խողովակում կա օդի հոսանք և դրանեղ մասին գողված է ուղղաձիգ խողովակ, ապա դրանում ջրի մակարդակը բաժակում եղած ջրի մակարդակից բարձր կլինի: Եթե ուղղաձիգ խողովակը գողված լինի խողովակի լայն մասում, ապա դրանում ջրի մակարդակը բաժակի ջրի մակարդակից ցածր կլինի:

6.14. ա) Գրավիտացիոն դաշտում հեղուկի սեփական կշռով պայմանավորված ճնշումը կոչվում է հիդրոստատիկ ճնշում; **բ)** Արտաքին ուժերի ազդեցության տակ գտնվող հեղուկը հաշվարկման իներցիալ համակարգում կարող է գտնվել հավասարակշռության վիճակում, եթե այդ ուժերը պոտենցիալային են; **գ)** Հեղուկ և գազային միջավայրում պինդ մարմնի շարժման ժամանակ առաջանում են ուժեր, որոնք արգելակում են շարժումը: Այդ ուժերին անվանում են դիմադրության ուժեր; **դ)** Եթե անսեղմելի հեղուկի սացիոնար շարժումը տեղի է ունենում այնպիսի հոսանքի խողովակով, որի լայնական հատույթի մակերեսը հոսքի ուղղությամբ փոքրանում է, ապա հեղուկի մասնիկները կկատարեն դանդաղող շարժում:

6.15. ա) Հեղուկի սեփական կշռով պայմանավորված հիդրոստատիկ ճնշումը որոշվում է $p_h = \rho gh$ բանաձևով, որտեղ ρ -ն հեղուկի խտությունն է, իսկ h -ը՝ դիտարկվող կետից վերև գտնվող հեղուկի սյան բարձրությունը; **բ)** Եթե օդում գտնվում են միևնույն տրամագծով փուչիկներ, որոնք լցված են տարբեր խտությամբ գազերով, ապա թեթև փուչիկի վրա

մեծ արքիմեդյան ուժ կազդի; **զ)** Հեղուկ և գազային միջավայրում շարժվող պինդ մարմնի վրա ազդող դիմադրության $\vec{F}$ ուժը, փոքր արագությունների դեպքում, ուղիղ համեմատական է $\vec{v}$ արագությանը և ուղղված է դրա հակառակ ուղղությամբ՝ $\vec{F} = -r\vec{v}$, որտեղ r համեմատականության գործակիցը (դիմադրության գործակից) կախված է միջավայրի հատկություններից, մարմնի ձևից և չափերից; **դ)** Հաղորդակից անոթներում գտնվող հեղուկների հավասարակշռության պայմանը գործում է նաև անկշռության պայմաններում գտնվող արհեստական արբանյակում:

6.16. ա) Հեղուկի կամ գազի հոսքը տուրբուլենտ է, եթե Ռեյնոլդսի Re թիվը շատ փոքր է ինչ-որ կրիտիկական արժեքից՝ $Re \ll Re_{կր}$, որն իր հերթին կախված է համակարգը բնութագրող պարամետրերից; **բ)** Հավասարակշռության վիճակում հաղորդակից անոթներում համասեռ հեղուկների սյունների բարձրությունները հակադարձ համեմատական են անոթների լայնական հատույթների մակերեսներին; **գ)** Հեղուկում շարժվող R շառավղով գնդիկի վրա ազդող դիմադրության ուժը փոքր արագությունների դեպքում տրվում է $\vec{F} = -6\pi\eta R\vec{v}$ բանաձևով (U թոքսի բանաձև), որտեղ η -ն կոչվում է հեղուկի մածուցիկության գործակիցն է; **դ)** Հավասարակշռության վիճակում հաղորդակից անոթներում երկու չխառնվող տարասեռ հեղուկների սյունների բարձրություններն ուղիղ համեմատական են այդ հեղուկների խտություններին՝ $h_1/h_2 = \rho_1/\rho_2$:

6.17. ա) Եթե հիմքի S մակերես ունեցող ուղաձիգ պատերով երկու հաղորդակից անոթներից մեկի մեջ, որը լցված է ρ խտությամբ հեղուկով, իջեցվի m զանգվածով մի մարմին, որն այդ հեղուկում չի սուզվում, ապա հեղուկի մակարդակների բարձրությունն անոթներում կփոխվի $\Delta h = \frac{m}{\rho S}$ ու; **բ)** Եթե ուղաձիգ դիրքով դրված և ρ խտությամբ իդեալական հեղուկով լցված տակառի պատը հեղուկի մակերևույթից հաշված h խորության վրա ունենա նեղ անցք, ապա դրանով դուրս հոսող հեղուկի հոսքի արագությունը կլինի $v = \sqrt{2gh}$, որտեղ g -ն ազատ անկման արագացումն է; **գ)** Եթե հավասարակշռության մեջ գտնվող կշեռքի լծակից ամրացված թելերից կախված միևնույն ծավալով մարմինները ընկղ-

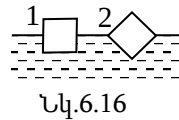
մենք տարբեր խտությամբ հեղուկների մեջ, ապա կշեռքի հավասարակշռակշռությունը չի խախտվի; **դ)** Եթե ներարկիչի (սրսկիչի) մխոցի մակերեսը լինի S և այն սեղմվի F ուժով, ապա նրա ներսի ρ խտությամբ հեղուկի շիթը ասեղից դուրս կգա $v = \sqrt{F/(\rho S)}$ արագությամբ:

6.18. ա) Ջանգվածի պահպանման օրենքը պահանջում է, որ միավոր ժամանակում դիտարկվող ծավալում զանգվածի նվազումը հավասար լինի այդ ընթացքում ծավալը պարփակող մակերևույթով հեղուկի հոսքով տեղափոխվող զանգվածին; **բ)** Եթե հեղուկով լցված գլանաձև անոթը պտտվի իր առանցքի շուրջը (Նկ.6.10), ապա դրա ներսի կողմից թեղից ամրացված օղային գնդիկը, պտտման հաճախության մեծացման դեպքում, կմոտենա անոթի պատին; **գ)** Հեղուկի հոսքի հետևանքով միավոր ժամանակում մակերևույթի $d\vec{S}$ տարրով տեղափոխվող dm զանգվածը հավասար է $\rho \vec{v} d\vec{S}$ սկալյար արտադրյալին՝ $dm = \rho \vec{v} d\vec{S}$, որտեղ ρ -ն հեղուկի խտությունն է, $\vec{v}$ -ն՝ հեղուկի հոսքի արագությունը; **դ)** Անսեղմելի հեղուկում առանձնացնենք կամայական փակ կոնտուր և տանենք դրա բոլոր կետերով անցնող հոսանքի գծերը, դրա արդյունքում կստացվի մի խողովակ, որին անվանում են հոսանքի խողովակ:

6.19. ա) Քանի որ V ծավալը պարփակող S մակերևույթի $d\vec{S}$ տարրով միավոր ժամանակում տեղափոխվող dm զանգվածը տրվում է $dm = \rho \vec{v} d\vec{S}$, արտահայտությամբ, որտեղ ρ -ն հեղուկի խտությունն է, $\vec{v}$ -ն՝ հեղուկի հոսքի արագությունը, ուստի S մակերևույթով հեղուկի հոսքի զանգվածը միավոր ժամանակում կլինի՝ $m = \oint_S \rho \vec{v} d\vec{S}$; **բ)** Եթե հոսանքի խողովակով հեղուկի տեղափոխման վրա ճնշման ուժերի աշխատանքը հավասարեցվի հեղուկի կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաների փոփոխությանը, ապա կստացվի Բեռնուլիի հավասարումը; **գ)** Եթե անոթի մեջ՝ մինչև նրա եզրը լցված ջրի մակերևույթին լողում են սառցի կտորներ, ապա ամբողջ սառույցի հավելելուց հետո ջրի մակարդակը անոթում կբարձրանա; **դ)** Ջրում գտնվող մարմինը դուրս է մղվում ջրի մակերևույթին, եթե Արքիմեդի ուժը հավասար է մարմնի կշռին:

6.20. ա) Քանի որ հեղուկի V ծավալում պարփակված զանգվածի փոփոխությունը միավոր ժամանակում որոշվում է $\frac{\partial m}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV$ արտահայ-

տությամբ, իսկ այդ ծավալը պարփակող մակերևույթով միավոր ժամանակում հեղուկի արտահոսման հետևանքով տեղափոխվող զանգվածը տրվում է $\oint_S \rho \vec{v} d\vec{S}$ արտահայտությամբ, ուստի զանգվածի պահպանման օրենքից կհետևի, որ $\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho dV = - \oint_S \rho \vec{v} d\vec{S}$, որտեղ ρ -ն հեղուկի խտությունն է, $\vec{v}$ -ն՝ հեղուկի հոսքի արագությունը; **բ)** Հիդրոստատիկան ուսումնասիրում է հեղուկների, ինչպես նաև նրանցում գտնվող մարմինների հավասարակշռության պայմանները; **գ)** Եթե փայտե խորանարդը, որի խտությունը երկու անգամ փոքր է ջրի խտությունից, լողում է ջրում, ապա Նկ.6.16-ում ունեցած դիրքերից երկրորդը կլինի առավել կայուն, քան առաջինը; **դ)** Ուժեղ քամիների դեպքում պատուհանների ապակիները սեղմվում են դեպի ներս:



6.21. ա) Եթե հավասարակշռության վիճակում գտնվող հեղուկում մտնողի առանձնացնենք փակ մակերևույթ, ապա նրանով պարփակված հեղուկը նույնպես կգտնվի հավասարակշռության վիճակում, ինչը նշանակում է, որ դիտարկվող ծավալում գտնվող հեղուկի ծանրության ուժը համակշռված է այդ ծավալը պարփակող մակերևույթի վրա հեղուկի կողմից ազդող ճնշման ուժերի համագործով; **բ)** Եթե հեղուկների և գազերի շարժման արագությունները փոքր են դրանցում մարմինների շարժման արագությունից, ապա հեղուկներն ու գազերը կարելի է անսեղմելի համարել; **գ)** Հեղուկների և գազերի ներքին շփման ուժերը պայմանավորված են ներքին էներգիայի տեղափոխմամբ; **դ)** ρ խտությամբ և η մածուցիկությամբ հեղուկի կամ գազի հոսքը r շառավղով կլոր խողովակով կլինի լամինար, եթե Ռեյնոլդսի թիվը շատ փոքր լինի 1000 -ից՝ $Re = \frac{\rho v r}{\eta} \ll \ll 10^3$, որտեղ v -ն հեղուկի (գազի) հոսքի արագությունն է:

6.22. ա) Համասեռ հեղուկի ծանրության կենտրոնը համընկնում է նրա երկրաչափական կենտրոնի հետ; **բ)** Եթե անսեղմելի հեղուկի սացիոնար շարժումը տեղի է ունենում այնպիսի հոսանքի խողովակով, որի լայնական հատույթի մակերեսը հոսքի ուղղությամբ մեծանում է, ապա հեղուկի մասնիկները կկատարեն արագացող շարժում; **գ)** Եթե η մածուցիկությամբ հեղուկը կամ գազը լամինար կերպով հոսում է l երկա-

րություն և R շառավիղ ունեցող կլոր խողովակով, որի ծայրերի միջև կա $p_1 - p_2$ ճնշումների հաստատուն տարբերություն, ապա t ժամանակում դրանով անցած հեղուկի կամ գազի ծավալը կորոշվի $V = \frac{\pi R^4 (p_1 - p_2)}{8 \eta l}$ բանաձևով, որին անվանում են Պուազեյլի բանաձև; **դ)** Համասեռ հեղուկում ընկղմված մարմնի վրա ազդում է ուղղաձիգ դեպի վերև ուղղված, մարմնի երկրաչափական կենտրոնում կիրառված ուժ, որը մեծությամբ հավասար է մարմնի արտամղած հեղուկի կշռին:

6.23. ա) Ռեյնոլդսի թիվ անվանում են հետևյալ անչափ մեծությամբ՝ $Re = \frac{\rho v r}{\eta}$, որտեղ v -ն հոսանքի բնութագրական արագությունն է, r -ը՝ երկարության բնութագրական չափ է, օրինակ, այն խողովակի շառավիղը, որով հոսում է հեղուկը կամ գազը (հեղուկում կամ գազում շարժվող գնդիկի շառավիղը), ρ -ն՝ խտությունը, η -ն՝ դինամիկ մածուցիկության գործակիցը; **բ)** Հեղուկի հոսանքի խողովակում հեղուկ մասնիկների թիվն հաստատուն է, քանի որ այդ խողովակից հեղուկ մասնիկները չեն կարող դուրս գալ և ոչ էլ՝ դրսից մտնել; **գ)** Հեղուկների և գազերի ներքին շփման ուժերի հետևանքով միջավայրի մի շերտից մյուսին զանգված է տեղափոխվում; **դ)** Հավասար հիմքի S մակերես և հեղուկի սյան նույն h բարձրությունն ունեցող անոթների հատակին (անկախ պատերի ձևից) ρ խտությամբ հեղուկը ճնշում է միևնույն $F = \rho g h S$ ուժով, որտեղ g -ն ազատ անկման արագացումն է:

6.24. ա) Հեղուկում լրիվ կամ մասամբ ընկղմված անհամասեռ մարմնի հավասարակշռության համար անհրաժեշտ է, որ՝ **1.** մարմնի կշիռը մեծությամբ հավասար լինի նրա ընկղմված մասի ծավալով հեղուկի կշռին, **2.** մարմնի զանգվածների կենտրոնը և ընկղմված մասի երկրաչափական կենտրոնը գտնվեն նույն ուղղաձիգի վրա; **բ)** Հեղուկի հոսանքի գծեր կոչվում են այն գծերը, որոնց ցանկացած կետում տարված շոշափողն ունի այդ կետում հեղուկ մասնիկի արագության ուղղությունը; **գ)** Հաղորդակից անոթներում գտնվող հեղուկների հավասարակշռության պայմանը գործում է նաև անկշռության պայմաններում գտնվող արհեստական արբանյակում; **դ)** Եթե նավի մոդելը փորձարկեն կերոսինի, յուղի և ջրի մեջ, ապա նավի կայունությունն առավել մեծ կլինի ջրում:

6.25. ա) Ստացիոնար շարժվող հեղուկում հոսանքի գծերը հեղուկ մասնիկների հետագծերն են; **բ)** Իրական հեղուկի երկու հարևան շերտերի միջև գործում են նրանց հարաբերական արագությունից կախված թաց շփման ուժեր, որոնք ձգտում են վերացնել հեղուկում հարաբերական շարժումները, դրանց անվանում են ներքին շփման կամ մածուցիկության ուժեր; **գ)** Եթե բաժակի մեջ լցված ջրում լողացող սառցի կտորը, որը նրան կապած թելի օգնությամբ $F \neq 0$ ուժով ձգված է ուղղաձիգ դեպի վերև, ամբողջությամբ հալվի, ապա բաժակում ջրի մակարդակը կիջնի; **դ)** Եթե հորիզոնական խողովակով, որի լայնական հատույթի մակերեսը փոխվում է (Նկ.6.23), հոսում է հեղուկ, ապա A կետից B կետ անցնելուց օդային բշտիկի ծավալը կփոքրանա:

6.26. ա) Եթե գնդիկի խտությունը n անգամ մեծ լինի հեղուկի խտությունից, ապա այն այդ հեղուկում կսուզվի $a = g/n$ արագացումով, որտեղ g -ն ազատ անկման արագացումն է; **բ)** Եթե ունենք նույն ուղղությամբ u_1 և u_2 տարբեր արագություններով շարժվող իրար զուգահեռ երկու թիթեղներ, որոնց միջև լցված է հեղուկ, ապա թիթեղների միավոր մակերեսի վրա հեղուկի կողմից կազդի շոշափողով ուղղված f ուժ, որի մեծությունը ուղիղ համեմատական է թիթեղների $u_2 - u_1$ հարաբերական արագությանը և հակադարձ համեմատական է դրանց միջև եղած z հեռավորությանը՝ $f = \eta \frac{u_2 - u_1}{z}$, որտեղ η համեմատականության գործակիցը կոչվում է դինամիկ մածուցիկություն; **գ)** Եթե կառամատույցին կանգնած ուղևորի մոտով մեծ արագությամբ գնացք անցնի, ապա գնացքի ստեղծաց քամին ուղեվորին իրենից կվանի; **դ)** Եթե հորիզոնական խողովակով հոսող հեղուկի մեջ իջեցվի ուղիղ անկյան տակ ծոված երկու նեղ խողովակների վրայի անցքերն ունեն Նկ.6.15-ում ցույց է տրված դիրքերը, ապա առջևի ծոված խողովակում ավելի մեծ բարձրությամբ հեղուկի սյուն կառաջանա, քան՝ մյուսում:

6.27. ա) Որպեսզի ինքնաթիռի թևերը վերամբարձ ուժ ստեղծեն, օդի հոսքի արագությունը թևերի տակի մասերում պետք է մեծ լինի, քան թևվերի վերևի մասում; **բ)** Փոփոխական լայնույթի մակերես ունեցող հոսանքի խողովակով անսեղմելի հեղուկի ստացիոնար շարժման ժամա-

նակ հեղուկի հոսքի արագությունները տարբեր տրվածքներում տարբեր են, սակայն միավոր ծավալների կինետիկ էներգիաներն իրար հավասար են; **զ)** Հեղուկների կամ գազերի այնպիսի հոսանքները, որոնց դեպքում արագությունը, ճնշումը, ջերմաստիճանը և խտությունը կրում են կտրուկ, խիստ անկանոն փոփոխություններ, կոչվում են տուրբուլենտ հոսանքներ; **դ)** ղ մածուցիկությամբ հեղուկի կամ գազի լամինար հոսքի v_0 արագությունը կլոր խողովակի առանցքի կետերում տրվում է $v_0 = \frac{\eta R^2}{4l} (p_1 - p_2)$ արտահայտությամբ, որտեղ R -ը խողովակի շառաւիղն է, l -ը՝ երկարությունը, $p_1 - p_2$ -ը՝ ճնշումների տարբերությունը խողովակի ծայրերի միջև:

6.28. ա) Եթե η մածուցիկությամբ հեղուկը կամ գազը լամինար կերպով շրջանցում են r շառավղով գնդիկին, ապա Ռեյնոլդսի կրիտիկական թիվն այս դեպքի համար $Re_{կր} \approx 1$; **բ)** Եթե հեղուկների և գազերի շարժման արագությունները փոքր է դրանցում ձայնային ալիքի տարածման արագությունից, ապա հեղուկներն ու գազերը կարելի է անսեղմելի համարել; **գ)** Հեղուկների կամ գազերի այնպիսի հոսանքները, որոնց դեպքում արագությունը, ճնշումը և խտությունը փոփոխվում են սահուն կերպով, կոչվում են լամինար հոսանքներ; **դ)** Եթե հեղուկը կամ գազը լամինար կերպով հոսում է R շառավիղ ունեցող կլոր խողովակով, ապա միավոր ժամանակում դրանով անցած հեղուկի կամ գազի ծավալն՝ $V/t \sim R^2$:

§7. Ռելյատիվիստական մեխանիկա

Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր

1. Այնշտայնի կանխադրությունները.

• Առաջին կանխադրություն.

Բնության օրենքները նկարագրող հավասարումները բոլոր հաշվարկման ինտերցիալ համակարգերում (ՀԻՀ) ունեն նույն տեսքը:

Այս կանխադրությից հետևում է, որ ոչ մի փորձով (մեխանիկական, էլեկտրամագնիսական, օպտիկական) հնարավոր չէ պարզել՝ ՀԻՀ-ը դադարի վիճակում է, թե՞ շարժվում է:

• Երկրորդ կանխադրություն.

Վակուումում լույսի $c = 3 \cdot 10^8$ մ/վ արագությունը նույնն է բոլոր ՀԻՀ-ում և կախված չէ ոչ լույսի աղբյուրի, ոչ էլ լույսը գրանցող սարքի արագությունից:

Այնշտայնի կանխադրություններից հետևում է, որ լույսի արագությունը վակուումում բնության մեջ բոլոր փոխադրությունների տարածման հնարավոր ամենամեծ արագությունն է:

2. Լորենցի ձևափոխությունները

$$x' = \frac{x - v_0 t}{\sqrt{1 - \beta^2}}; \quad y' = y; \quad z' = z; \quad t' = \frac{t - x v_0 / c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad (7.1)$$

որտեղ $\beta^2 = \frac{v_0^2}{c^2}$, իսկ x, y, z, t և K համակարգում ինչ-որ պատահարի կոորդինատներն ու ժամանակն են, x', y', z', t' -ը՝ նույն պատահարի կոորդինատներն ու ժամանակն են K' համակարգի նկատմամբ, որը K -ի նկատմամբ շարժվում է $\vec{v}_0 = \text{const}$ արագությամբ, ընդ որում՝ $v_{0x} = v_0$; $v_{0y} = v_{0z} = 0$: Ժամանակի հաշվման սկիզբը ($t'_0 = t_0 = 0$) երկու համակարգերում էլ վերցված է ժամանակի այն պահը, երբ դրանց O և O' սկզբնակետերն իրար հետ համընկած են եղել: (7.1) ձևափոխությունները տալիս են K համակարգից K' -ին անցումները, երբ K' համակարգը K -ի նկատմամբ v_0 արագությամբ շարժվում է OX առանցքի դրական ուղղությամբ (Նկ.7.1):

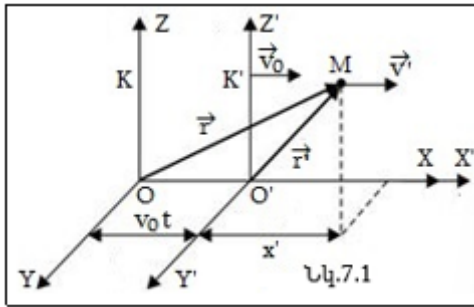
Նյութային մեխանիկայում շարժման արագությունները շատ փոքր են լույսի արագությունից և $\frac{v_0}{c} \rightarrow 0$; $\beta^2 = \frac{v_0^2}{c^2} \rightarrow 0$:

Այս դեպքում (7.1) ձևափոխությունները անցնում են Գալիլեյի ձևափոխություններին՝

$$x' = x - v_0 t; \quad y' = y; \quad z' = z; \quad t' = t$$

$$\vec{r}' = \vec{r} - \vec{v}_0 \cdot t; \quad \vec{r} = \vec{r}' + \vec{v}_0 \cdot t:$$

կամ



3. Ինտերվալ

$$s^2 = c^2(\Delta t)^2 - l^2, \quad (7.2)$$

որտեղ s -ը պատահարների միջև ինտերվալն է, Δt -ն՝ այդ պատահարների մեջն ընկած ժամանակն է, իսկ l -ը՝ այն կետերի միջև եղած հեռավորությունը, որտեղ տեղի են ունեցել տվյալ պատահարները: Ինտերվալն ինվարիանտ մեծություն է, այսինքն կախված չէ հաշվարկման ինտերգիալ համակարգի ընտրությունից: Պատճառահետևանքային կապով պատահարների համար (7.2) արտահայտության աջ մասը բացասական չէ՝ $c\Delta t \geq l_{12}$ (ժամանականման ինտերվալ): Եթե $c\Delta t < l_{12}$, ապա ինտերվալը կեղծ է, պատահարների միջև չկա պատճառահետևանքային կապ (տարածանման ինտերվալ):

4. Երկարության ռելյատիվիստական (լորենցյան) կրճատում

$$l = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}; \quad \beta = v_0/c, \quad (7.3)$$

որտեղ l_0 -ն ձողի երկարությունն է իր հետ կապված K հաշվարկման համակարգում (սեփական երկարություն), l -ը՝ ձողի երկարությունը նրա երկայնքով v_0 արագությամբ շարժվող K' համակարգի նկատմամբ:

5. Ժամանակի ռելյատիվիստական դանդաղում

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad (7.4)$$

որտեղ Δt_0 -ն K' շարժվող համակարգի միևնույն կետում տեղի ունեցող երկու պատահարների մեջն ընկած ժամանակն է, չափված այդ համակարգի հետ ամրացված ժամացույցով, որին անվանում են սեփական

ժամանակ, իսկ Δt -ն՝ այդ պատահարների մեջև ընկած ժամանակն է, չափ-ված K համակարգի ժամացույցով, որի նկատմամբ v_0 արագությամբ շարժվում է K' համակարգը:

6. Արագությունների գումարման ռելյատիվիստական օրենքը

$$v_x = \frac{v'_x + v_0}{1 + v'_x v_0 / c^2}; \quad v_y = \frac{v'_y \sqrt{1 - \beta^2}}{1 + v'_x v_0 / c^2}; \quad v_z = \frac{v'_z \sqrt{1 - \beta^2}}{1 + v'_x v_0 / c^2}, \quad (7.5)$$

որտեղ v' -ը M մարմնի արագությունն է K' համակարգի նկատմամբ (v'_x -ը, v'_y -ը, v'_z -ը դրա պրոյեկցիաները), v -ն M մարմնի արագությունն է K համակարգի նկատմամբ (v_x -ը, v_y -ը, v_z -ը դրա պրոյեկցիաները):

Եթե (7.5)-ում համարենք $v'_x = v_0 = c$, $v'_y = v'_z = 0$, ապա կունենանք $v_x = c$, $v_y = v_z = 0$:

7. Հարաբերական արագության մոդուլը

$$v_h = \frac{\sqrt{(\vec{v}_1 - \vec{v}_2)^2 - \frac{(\vec{v}_1 \times \vec{v}_2)^2}{c^2}}}{1 - \frac{\vec{v}_1 \vec{v}_2}{c^2}}: \quad (7.6)$$

Երբ մարմինները շարժվում են իրար ընդառաջ նույն v արագությամբ, ապա նրանց հարաբերական արագությունը կլինի՝ $v_h = \frac{2v}{1 + \frac{v^2}{c^2}}$: Եթե այստեղ վերցնենք $v=c$, ապա կունենանք $v_h = c$:

8. Մարմնի իմպուլսը

$$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \beta^2}}: \quad (7.7)$$

9. Ռելյատիվիստական դինամիկայի հիմնական հավասարումը

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt} \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \beta^2}}: \quad (7.8)$$

10. Ռելյատիվիստական արագությամբ շարժվող մարմնի էներգիան

• Լրիվ էներգիա.

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}} = E_0 + T_l, \quad (7.9)$$

որտեղ T_l -ն մարմնի կինետիկ էներգիան է:

• Հանգստի էներգիա.

$$E_0 = m_0 c^2: \quad (7.10)$$

- Կինետիկ էներգիա.

$$T_y = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - 1 \right): \quad (7.11)$$

- Էներգիայի և իմպուլսի կապը.

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + E_0^2}: \quad (7.12)$$

- Իմպուլսի և կինետիկ էներգիայի կապը.

$$pc = \sqrt{T_y(T_y + 2m_0 c^2)}: \quad (7.13)$$

11. Ազատ մասնիկի էներգիայի և իմպուլսի ձևափոխությունը

$$E = \frac{E' + \beta p'_x}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad p_x = \frac{p'_x + \frac{\beta}{c} E'}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad p_y = p'_y, \quad p_z = p'_z: \quad (7.14)$$

12. Ուժի ձևափոխությունը

Երբ մարմնի վրա ազդող ուժն, անշարժ իներցիալ համակարգի նկատմամբ ունի միայն y պրոյեկցիա՝ $F = F_{0y}$, ապա OX առանցքի երկայնքով v_0 արագությամբ արժվող հաշվարկման Իձ-ի նկատմամբ այդ ուժը կլինի՝

$$F_y = F_{0y} \sqrt{1 - v_0^2/c^2}: \quad (7.15)$$

Խնդիրներ

Երկարության կրճատումը և ժամանակի դանդաղումը

●7.1. Ի՞նչ արագություն պետք է ունենա մարմինը, որպեսզի նրա երկայնական չափերը, հանգստի վիճակում ունեցածի համեմատ փոքրանա $n=2$ անգամ:

●7.2. Երկիրն ուղեծրորվ շարժվում է մոտ $v=30$ կմ/վ արագությամբ: Որքանո՞վ կփոքրանա Երկրի տրամագիծն Արեգակի հետ կապված հաշվարկման համակարգում, եթե այն չափվի Երկրի շարժման ուղղությամբ:

●7.3. Տիեզերանավը շարժվում է $v=300$ կմ/վ արագությամբ: Որքա՞ն ժամանակ անց տիեզերագնացների ժամացույցները երկրայինի նկատմամբ հետ կընկնեն $\tau=1$ վ-ով:

●7.4. Ի՞նչ արագություն պետք է ունենա տիեզերանավը, որպեսզի տիեզերագնացի ժամանակով $t=40$ տարվա ընթացքում, այն հասնի $l = 100$ լուսատարի հեռավորության վրա գտնվող աստղին: Ինչքա՞ն կտևի այդ ուղևորությունը Երկրի վրա գտնվող մարդկանց հաշվարկով:

■7.5. Երկրի նկատմամբ $v=0,999c$ արագությամբ շարժվող մասնիկի սե-

փական կյանքի տևողությունը՝ $\tau = 1$ մկվ: Որոշեք այդ մասնիկի ծնման և տրոհման կետերի միջև եղած հեռավորությունն այն հաշվարկման համակարգի նկատմամբ, որը կապված է **ա)** մասնիկի հետ; **բ)** Երկրի հետ:

■7.6. $\tau_0 = 3$ մկվ սեփական կյանքի տևողություն ունեցող մասնիկը հաշվարկման լաբորատոր համակարգում ունի $\tau = 5$ մկվ կյանքի տևողություն: Որոշեք այդ մասնիկի ծնման և տրոհման կետերի միջև եղած հեռավորությունն այդ համակարգում և դրա արագությունը:

■7.7. Հաշվարկման լաբորատոր համակարգի նկատմամբ A անշարժ կետի մոտով ձողն անցնում է $\tau_1 = 4$ նվ-ի ընթացքում: Ձողի հետ կապված հաշվարկման համակարգի նկատմամբ A կետը ձողի երկայնքն անցնում է $\tau_2 = 5$ նվ-ի ընթացքում: Որոշեք ձողի սեփական երկարությունը:

■7.8. $l_0 = 1$ մ երկարությամբ ձողերից առաջինը գտնվում դադարի վիճակում, իսկ դրան զուգահեռ մյուս ձողը, շարժվելով իր առանցքի երկայնքով, մոտենում է $v=0,99c$ արագությամբ: Առաջին ձողի հետ կապված հաշվարկման համակարգում, ձողերի աջ ծայրերի համընկնելուց ինչքան ժամանակ անց կհամընկնեն դրանց ձախ ծայրերը:

■7.9. Քառակուսին, իր կողմերից մեկին զուգահեռ ուղղությամբ, շարժվում է $v=270$ Մմ/վ արագությամբ: Որոշեք քառակուսու անկյունագծերի կազմած անկյունն այն հաշվարկման համակարգում, որի նկատմամբ այն շարժվում է:

■7.10. Իրարից $l=10^9$ մ հեռավորության վրա տեղի է ունեցել երկու պատահար, ընդ որում մեկը մյուսից $\tau=5$ վ ուշացումով: Կա՞րողո՞ք հաշվարկել մասնակարգ, որում այդ պատահարները տեղի ունենան՝ **ա)** միաժամանակ; **բ)** միևնույն կետում:

Արագությունների գումարումը

●7.11. Հաշվարկման լաբորատոր համակարգի նկատմամբ երկու մասնիկ շարժվում են $v_1 = 0,8c$ և $v_2 = 0,6c$ արագություններով: Որոշեք մասնիկների հարաբերական արագությունը, եթե դրանք շարժվում են՝ **ա)** իրար հանդեպ; **բ)** միևնույն ուղղությամբ:

■7.12. Հաշվարկման լաբորատոր համակարգի նկատմամբ երկու մասնիկ շարժվում են $v_1 = 0,8c$ և $v_2 = 0,6c$ արագություններով, որոնք իրար հետ կազմում են ուղիղ անկյուն: Որոշեք դրանց հարաբերական արագությունը:

■7.13. Հաշվարկման լաբորատոր համակարգի նկատմամբ $v=0,9c$ արագությամբ իրար հանդեպ շարժվում են երկու ձող: Ձողերը զուգահեռ են

իրար, ունեն $l_0 = 1$ մ սեփական երկարություն և շարժվում են իրենց առանցքի երկայնքով: Ինչի՞նչ է հավասար մի ձողի երկարությունը մյուսի հետ կապված հաշվարկման համակարգում:

Լորենցի ձևափոխությունները

- 7.14. Լորենցի ձևափոխությունների բանաձևերից ստացեք Գալիլեյի ձևափոխությունների բանաձևերը:
- 7.15. Օգտվելով Լորենցի ձևափոխություններից, ստացեք երկարության ռելյատիվիստական կրճատման բանաձևը:
- 7.16. Օգտվելով Լորենցի ձևափոխություններից, ստացեք ժամանակի ռելյատիվիստական դանդաղման բանաձևը:
- 7.17. Օգտվելով Լորենցի ձևափոխություններից, ստացեք արագությունների գումարման ռելյատիվիստական օրենքը:
- 7.18. Օգտվելով Լորենցի ձևափոխություններից, ապացուցեք ինտերվալի ինվարիանտությունը:

Զանգված, էներգիա և իմպուլս

- 7.19. Ցույց տվեք, որ կինետիկ էներգիայի ռելյատիվիստական բանաձևից հետևում է $E_k = m_0 v^2 / 2$ դասական բանաձևը, եթե մարմնի արագությունը շատ փոքր է լույսի արագությունից:
- 7.20. Որոշեք մասնիկի կինետիկ էներգիաների հարաբերությունը, հաշված ռելյատիվիստական և դասական բանաձևերով: Հաշվարկը կատարեք՝ ա) $v=0,1c$; բ) $v=0,9c$ արագությունների համար:
- 7.21. Օգտվելով (7.7), (7.9) և (7.10) բանաձևերից, արտածեք (7.12) բանաձևը:
- 7.22. Արեգակի ճառագայթման հզորությունը՝ $P = 3,8 \cdot 10^{26}$ Վտ: Որքանո՞վ կփոքրանա Արեգակի զանգվածը $\tau = 1$ վ-ի ընթացքում: Ինչքա՞ն ժամանակում Արեգակի զանգվածը կփոքրանա երկու անգամ, եթե ճառագայթման հզորությունը մնա հաստատուն: Արեգակի զանգվածը համարեք հայտնի:
- 7.23. Որքանո՞վ կփոխվի $m_0 = 1$ կգ զանգված և $t_1 = 0^\circ\text{C}$ ջերմաստիճան ունեցող սառույցի զանգվածը, եթե դա հալեցվի, իսկ ստացված ջուրը

տաքացվի մինչև $t_2 = 100^0 \text{ C}$:

●7.24. Որոշեք $v=0,6c$ արագությամբ շարժվող մասնիկի էներգիայի հարաբերությունն իր դադարի էներգիային:

●7.25. Որոշեք մարմնի արագությունը, եթե դրա դադարի էներգիան $E_0=3$ ԳէՎ, իսկ շարժման ընթացքում այն եղել է $E=5$ ԳէՎ:

■7.26. Հաշվարկման լաբորատոր համակարգի նկատմամբ մարմինը շարժվում է $v=0,9c$ արագությամբ: Որոշեք այդ համակարգում մարմնի ունեցած խտության հարաբերությունը՝ իր հետ կապված հաշվարկման համակարգում ունեցած խտությանը:

■7.27. Դադարի վիճակից էլեկտրոնը արագացվում է՝ անցնելով $U=1,02$ ՄՎ պոտենցիալների տարբերություն: Քանի՞ անգամ կմեծանա էլեկտրոնի էներգիան:

●7.28. Արագացնող ի՞նչ պոտենցիալների տարբերություն պետք է անցնի դադարի վիճակում գտնվող էլեկտրոնը, որպեսզի նրա արագությունը դառնա՝ $v=0,95c$:

●7.29. Որոշեք մասնիկի արագությունը, եթե դրա կինետիկ էներգիան հանգստի էներգիայից մեծ է $n=4$ անգամ:

●7.30. Որոշեք մասնիկի կինետիկ էներգիայի հարաբերությունը իր լրիվ էներգիային, եթե այն շարժվում է $v=0,8c$ արագությամբ:

●7.31. Որոշեք E լրիվ էներգիա և v արագություն ունեցող մասնիկի իմպուլսը:

●7.32. Որոշեք E_0 դադարի և T_k կինետիկ էներգիա ունեցող մասնիկի իմպուլսը:

●7.33. Որոշեք մասնիկի արագությունը, եթե նա ունի $p = nm_0c$ իմպուլս, որտեղ $n = \sqrt{3}$, իսկ m_0 -ն՝ զանգվածն է:

■7.34. Պրոտոնի հանգստի էներգիան $E_0=1,5 \cdot 10^{-10}$ Ջ, իսկ տիեզերական ճառագայթներում հանդիպում են պրոտոններ, որոնք ունեն մոտ $E=1$ Ջ էներգիա: Ինչքա՞ն ժամանակում այդ պրոտոնը կարող է հատել-անցնել մեր Գալակտիկայի $l=10^5$ լուսատարի երկարություն ունեցող տրամագիծը:

■7.35. m_0 զանգված ունեցող մասնիկի վրա, նրա շարժման v արագու-

թյան ուղղությամբ, ազդում է F ուժ: Որոշեք մասնիկի արագացումը:

■7.36. m_0 զանգված ունեցող մասնիկի վրա, նրա շարժման v արագության ուղղահայաց ուղղությամբ ազդում է F ուժ: Որոշեք մասնիկի արագացումը:

■7.37. Դադարի վիճակում գտնվող m_0 զանգված ունեցող մասնիկի վրա սկսեց ազդել հաստատուն F ուժ: Որոշեք մասնիկի արագության կախումը ժամանակից և կառուցեք դրա մոտավոր գրաֆիկը:

●7.38. Դադարի վիճակում գտնվող m_0 զանգված ունեցող մասնիկի վրա սկսեց ազդել հաստատուն F ուժ: Որոշեք մասնիկի իմպուլսի կախումը ժամանակից:

■7.39. m_0 զանգված ունեցող մասնիկը շարժվելով $v=0,8c$ արագությամբ, ոչ առաձգականորեն բախվում է հանգստի վիճակում գտնվող նույնպիսի մասնիկի հետ: Մասնիկները միանալով իրար կազմում են նոր բաղադրյալ մասնիկ: Ինչի՞ է հավասար այդ մասնիկի արագությունը և զանգվածը:

■7.40. m_0 զանգված ունեցող մասնիկը հանգստի վիճակից տրոհվում է m_{01} և m_{02} զանգվածներով երկու մասնիկի: Որոշեք այդ մասնիկների լրիվ էներգիաները: Զանգվածների ի՞նչ հարաբերակցության դեպքում է հնարավոր այդ տրոհումը:

Հարցեր

- 1. Բերեք ֆիզիկական մեծությունների օրինակներ, որոնք հաշվարկման մեկ իներցիալ համակարգից մյուսին անցնելիս փոխվում են:
- 2. Բերեք ֆիզիկական մեծությունների օրինակներ, որոնք հաշվարկման մեկ իներցիալ համակարգից մյուսին անցնելիս չեն փոխվում՝ ինվարիանտ են:
- 3. Ձևակերպեք Գալիլեյի հարաբերականության սկզբունքը:
- 4. Ձևակերպեք Այնշտայնի հարաբերականության սկզբունքը:
- 5. Ձևակերպեք լույսի արագության ինվարիանտության կանխադրույթը:
- 6. Անշարժ աղբյուրից լույսի ճառագայթը վակուումով տարածվում է

դեպի անշարժ ընդունիչ սարքը: Ինչպե՞ս կփոխվի լույսի արագությունը ընդունիչ սարքի նկատմամբ, եթե այդ սարքը սկսի $v=0,8c$ արագությամբ՝ **ա)** մոտենալ աղբյուրին: **բ)** հեռանալ աղբյուրից:

գ) շարժվի աղբյուրը ընդունիչին միացնող ուղղին ուղղահայաց:

- **7.** Ձողի երկարությունը չափեցին երկու հաշվարկման համակարգում: Առաջինի նկատմամբ ձողը շարժվում էր, իսկ երկրորդի նկատմամբ՝ անշարժ: Համեմատեք ձողի երկարություններն այդ համակարգերում, եթե ձողը տեղադրված է՝ **ա)** շարժման երկայնքով: **բ)** շարժման ուղղությանն ուղղահայաց:
- **8.** Դադարի վիճակում գտնվող π^+ -մեզոնի կյանքի տևողությունը մոտավորապես 25նվ է: Հեշտ է հաշվել, որ այն նույնիսկ լույսի արագությամբ շարժվելու դեպքում կարող է անցնել մոտ 7,5մ: Մինչդեռ π^+ -մեզոնի հետ կատարվող փորձերում դրանք կարող են հասնել մի քանի տասնյակ մետր հեռավորության վրա տեղադրված թիրախին: Ինչպե՞ս դա բացատրել:
- **9.** Հարաբերականության տեսությունից հետևող որոշ հարցեր ստուգելու նպատակով 1971թ. կատարել են հետևյալ փորձը: Վերցրել են ժամանակի չափման շատ մեծ ճշտություն ունեցող երեք ժամացույց: Դրանցից մեկը թողել են տեղում, իսկ մյուս երկուսը ինքնաթիռներով ուղարկվել են շուրջերկրյա ուղևորության՝ մեկը արևմտյան, իսկ մյուսը արևելյան ուղղություններով: Ելման դիրքին վերադառնալուց նկատվել է, որ արևմտյան ուղղությամբ ուղարկված ժամացույցը մոտ 10^{-7} վ առաջ է ընկած անշարժ ժամացույցից, իսկ արևելյան ուղղությամբ ուղարկածը՝ հետ է ընկաց: Փորձի այս արդյունքները լավ համընկել են տեսական հաշվարկների հետ: Բացատրեք ժամանակների առաջացած տարբերությունները:
- **10.** Հի՞շտ է արդյոք այն պնդումը, որ Գալիլեյի ձևափոխությունները ճիշտ են միայն լույսի տարածման արագությունից շատ փոքր արագությունների դեպքում:
- **11.** Հի՞շտ է արդյոք այն պնդումը, որ Լորենցի ձևափոխությունները ճիշտ են միայն լույսի տարածման արագությանը մոտ արագությունների դեպքում:

- 12. Որևէ հաշվարկման իներցիալ համակարգի տարբեր կետերում միաժամանակ տեղի ունեցող երկու պատահար կարո՞ղ են արդյոք մեկ ուրիշ իներցիալ համակարգում միաժամանակ չլինել:
- 13. Ո՞րն է կոչվում երկու պատահարների միջև եղած ինտերվալ:
- 14. Ո՞ր ինտերվալն է կոչվում՝ **ա)** ժամանականման, **բ)** տարածանման:
- 15. Ինտերվալի ի՞նչ արժեքի դեպքում երկու պատահարների միջև պատճառահետևանքային կապ կլինի:
- 16. Ենթադրենք 1 պատահարը հանդիսանում է պատճառ, իսկ 2 պատահարը՝ դրա հետևանք: Կարո՞ղ է արդյոք գտնվել հաշվարկման այնպիսի իներցիալ համակարգ, որում 2 պատահարը 1 պատահարից շուտ տեղի ունենա:
- 17. Համաձայն մարմնի զանգվածի և էներգիայի կապի բանաձևի, մարմինը տաքացնելուց պետք է մեծանա նրա զանգվածը: Ինչու՞ չենք նկատում զանգվածի այդ մեծացումը:
- 18. Պատկերեք մարմնի զլրիվ էներգիայի արագությունից կախվածությամբ մոտավոր գրաֆիկը:
- 19. Պատկերեք մարմնի իմպուլսի արագությունից կախվածության մոտավոր գրաֆիկը:
- 20. Գոյություն ունեն արդյոք զրոյական հանգստի զանգվածով մասնիկներ: Այդպիսի մասնիկների արագությունն ի՞նչ արժեք կունենա:
- 21. Ֆոտոնի համար ի՞նչ տեսք ունի լրիվ էներգիայի և իմպուլսի կապն արտահայտող բանաձևը:
- 22. Ճի՞շտ է արդյոք այն պնդումը, որ մարմնի կինետիկ էներգիայի ռելյատիվիստական բանաձևը ճիշտ է միայն լույսի արագությամբ մոտ արագությունների համար:
- 23. Հաշվարկման մեկ իներցիալ համակարգից մյուսին անցնելուց էներգիան և իմպուլսը ինվարիանտ մեծություններ չեն: Դրանց ո՞ր կոմբինացիան է հանդիսանում ինվարիանտ:

Հիմնավորեք ճիշտ և սխալ պնդումները

7.1. **ա)** Եթե ռելյատիվիստական մասնիկի իմպուլսը հավասար է mc -ի, ապա արագությունը կլինի $c/\sqrt{2}$; **բ)** Այնշտայնի կանխադրություններից հետևում է, որ լույսի տարածման արագությունից մեծ արագություն կարող է ունենալ միայն էլեկտրամագնիսական ալիքը; **գ)** Եթե լաբորատոր համակարգում ρ_0 խտություն ունեցող մարմինը սկսի շարժվել v արագու-

թյամբ, ապա դրա խտությունը նույն համակարգի նկատմամբ կդառնա $\rho = \rho_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$; **դ)** ՀՀՏ-ում $\vec{F}$ ուժի հարաբերությունը $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ արագացմանը միշտ հավասար է $m_0 / (1 - v^2/c^2)^{3/2}$ արտահայտությանը:

7.2. ա) Եթե լաբորատոր համակարգում ρ_0 խտություն ունեցող մարմինը սկսի շարժվել v արագությամբ, ապա դրա խտությունը լաբորատոր համակարգի նկատմամբ կդառնա $\rho = \rho_0 / (1 - v^2/c^2)$; **բ)** ՀՀՏ Այնշտայնի առաջին կանխադրույթից հետևում է, որ մեկ իներցիալ համակարգից մյուսին անցնելիս ֆիզիկայի օրենքների մաթեմատիկական ձևակերպումները չպետք է փոխվեն; **գ)** Ռելյատիվիստական մեխանիկայում $\vec{F}$ ուժի հարաբերությունը $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ արագացմանը միշտ հավասար է $\frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ արտահայտությանը; **դ)** Հարաբերականության հատուկ տեսության (ՀՀՏ) Այնշտայնի առաջին կանխադրույթից հետևում է, որ Հիշ-ում կատարած ոչ մի փորձով հնարավոր չէ պարզել, թե համակարգը շարժվում է ուղղագիծ հավասարաչափ, թե գտնվում է դադարի վիճակում:

7.3. ա) Եթե K հաշվարկման համակարգի x_1, y_1, z_1 կետից t_1 պահին ուղարկվել է լույսի արագությամբ տարածվող ազդանշան (առաջին պատահար), որը t_2 պահին հասնում է x_2, y_2, z_2 կետը (երկրորդ պատահար), ապա $s_{12} = \sqrt{c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - x_1)^2}$ մեծությանը անվանում են այդ երկու պատահարների միջև եղած ինտերվալ: Տվյալ դեպքում $s_{12} = 0$; **բ)** ՀՀՏ Այնշտայնի երկրորդ կանխադրույթը. Լույսի (էլեկտրամագնիսական ալիքների) տարածման արագությունը կախված չէ ոչ լույսի աղբյուրի և ոչ էլ լույսը գրանցող սարքի արագությունից; **գ)** Եթե տվյալ կետում նույն ժամանակը ցույց տվող երկու ժամացույցներից առաջինը մնա տեղում, իսկ մյուսը շարժվելով փակ հետագծով վերադառնա ելման կետին, ապա դրանց ցույց տված ժամանակները կլինեն նույնը; **դ)** Եթե ռելյատիվիստական մասնիկի կինետիկ էներգիան հավասար է դադարի էներգիային, ապա մասնիկի արագությունը կլինի՝ $v = c\sqrt{3}/2$:

7.4. ա) Մասնիկի վրա ազդող $\vec{F}$ ուժը ՀՀՏ-ում որոշվում է $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$ առնչությունից, որտեղ $\vec{p}$ -ն մասնիկի իմպուլսն է՝ $\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1-\beta^2}}$; **բ)** ՀՀՏ-ում ժամա-

նակը տարբեր հաշվարկման համակարգերում ընթանում է տաբեր ձե-
վով՝ $t \neq t'$, սակայն երկու պատահարների միջև ընկած տևողությունը
կախված չէ ՀԻՀ-ի ընտրությունից; **զ)** Եթե K' ՀԻՀ-ը $\vec{v}$ արագությամբ շարժ-
վում է K ՀԻՀ-ի նկատմամբ կամայական ուղղությամբ, ապա մեկ հաշ-
վարկման համակարգից մյուսին անցնելիս կոորդինատները և ժամա-
նակը կձևափոխվեն հետևյալ կերպ՝ $x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1-\beta^2}}$, $y = y'$, $z = z'$, $t = \frac{t' + vx'/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$,
որտեղ $\beta^2 = \frac{v^2}{c^2}$; **դ)** Եթե ձողի չափերը շարժման ուղղությամբ փոքրացել
են n անգամ, ապա ձողի հավասարաչափ շարժման արագությունն եղել
է $v = \frac{c\sqrt{n^2-1}}{n}$.

7.5. ա) Որևէ ՀԻՀ-ում երկու պատահարների միջև ընկած տևողությունը՝
չափված այդ համակարգում գտնվող անշարժ ժամացույցով, կոչվում է
սեփական ժամանակ; **բ)** Եթե x_1, y_1, z_1, t_1 և x_2, y_2, z_2, t_2 մեծությունները
հանդիսանում են երկու պատահարների կոորդինատները K համակար-
գում և $s_{12} = \sqrt{c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2}$ ինտեր-
վալն իրական է, ապա հնարավոր է գտնել այնպիսի իներցիալ համա-
կարգ, որում այդ երկու պատահարները տեղի ունենան տարածության
միևնույն կետում՝ $l'_{12} = \sqrt{(x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2 + (z'_2 - z'_1)^2} = 0$; **գ)** Եթե
շարժվող K' ՀԻՀ-ի որևէ կետում ժամանակի t'_1 և t'_2 պահերին տեղի ունե-
ցող երկու պատահարների միջև ընկած ժամանակահատվածը $\Delta t' = t'_2 -$
 $-t'_1$, ապա այդ երկու պատահարների միջև ընկած $\Delta t = t_2 - t_1$ ժամա-
նակահատվածը K անշարժ համակարգում կլինի՝ $\Delta t = \sqrt{1-\beta^2}\Delta t'$, որ-
տեղ $\beta^2 = \frac{v^2}{c^2}$, իսկ v -ն K' -ի արագությունն է K -ի նկատմամբ; **դ)** Եթե $x =$
 $= \frac{x' + vt'}{\sqrt{1-\beta^2}}$, $y = y'$, $z = z'$, $t = \frac{t' + vx'/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$ Լորենցի ձևափոխման արտահայ-
տություններում տեղադրենք $v > c$, ապա x -ը և t -ն կդառնան կեղծ, ինչը
նշանակում է, որ մարմնի արագությունը չի կարող գերազանցել լույսի
արագությանը դատարկությունում:

7.6. ա) Եթե ռելյատիվիստական մասնիկի զանգվածը հավասար է m_0 -ի,
իսկ կինետիկ էներգիան՝ T_g -ի, ապա մասնիկի իմպուլսը կլինի՝ $p = \frac{T_g}{c}$.

· $\sqrt{1 + \frac{2m_0 c^2}{T_{\text{կ}}}}$; **բ**) Եթե մասնիկի կյանքի սեփական տևողությունը հավասար է τ , ապա այդ մասնիկի ծնվելու և տրոհվելու միջև ինտերվալը կլինի՝ $\Delta s = c\tau$; **գ**) Եթե մասնիկի արագության մոդուլը չի փոխվում և փոխվում է միայն ուղղությունը, ապա մասնիկի վրա ազդող ուժը կլինի՝ $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \frac{d\vec{v}}{dt}$, որտեղ m_0 -ը մասնիկի զանգվածն է, $\vec{v}$ -ն՝ արագությունը: Այստեղ $\vec{F}$ վեկտորն ուղղահայաց է $\vec{v}$ -ին, քանի որ չի փոխում արագության մոդուլը; **դ**) Քանի որ մարմնի հանգստի էներգիան ընդգրկում է իր մեջ պարունակող մասնիկների հանգստի էներգիաները և այդ մասնիկների կինետիկ ու փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիաները՝ $mc^2 = \sum m_a c^2 + \sum W_{\text{ալ}} + W_{\text{պ}}$, ուստի $m \neq \sum m_a$:

7.7. ա) Եթե m_0 զանգվածով մասնիկի արագության ուղղությունը մնում է անփոփոխ և փոխվում է մոդուլը, ապա մասնիկի վրա ազդող ուժը կլինի՝ $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{m_0}{(1-\beta^2)^{3/2}} \frac{d\vec{v}}{dt}$, այստեղ $\vec{F}$ և $\vec{v}$ վեկտորները գտնվում են մի գծի վրա; **բ**) Եթե երկու պատահարները կատարվում են միևնույն մարմնի հետ, ապա ինտերվալները միշտ ժամանականման են, քանի որ այս դեպքում $l_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$ -ը միշտ փոքր է $c(t_2 - t_1)$ -ից և s_{12} ինտերվալն իրական է, և կոչվում է ժամանականման ինտերվալ; **գ**) Եթե K' համակարգը K ՀԻՀ-ի նատմամբ կատարում է անհավասարաչափ շարժում, ապա $\Delta t'$ սեփական ժամանակը կլինի $\Delta t' =$

$= \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{1 - \frac{v(t)^2}{c^2}} dt$; **դ**) Եթե ՀԻՀ-ում իրար հակառակ ուղղություններով ուղարկվեն c արագությամբ երկու լուսային ազդանշաններ, ապա մի ազդանշանի արագությունը մյուսի նկատմամբ կլինի $2c$:

7.8. ա) Եթե m_0 զանգվածով ռելյատիվիստական մասնիկի իմպուլսը հավասար է $\vec{p}$ -ի, ապա մասնիկի արագությունը կլինի՝ $\vec{v} = \frac{c\vec{p}}{\sqrt{m_0^2 c^2 + p^2}}$; **բ**) Եթե

որևէ ՀԻՀ-ում s_{12} ինտերվալը ժամանականման է, ապա այն բոլոր ՀԻՀ-ում կլինի ժամանականման; **գ**) Եթե տարբեր հաշվարկման ինտերգիալ համակարգերում գտնվող միևնույն երկու ժամացույցների ցուցմունքներն իրար հետ համեմատվել է մեկից ավել անգամ, ապա խախտվել է

հարաբերականության սկզբունքը՝ համակարգերից մեկը իներցիալ չէ; **դ)** Էլեկտրամագնիսական երևույթները նկարագրող մաթեմատիկական հավասարումները ինվարիանտ են Գալիլեյի ձևափոխությունների նկատմամբ:

7.9. ա) Չանգվածի պահպանման օրենքը ՀՀՏ-ում պնդում է, որ մարմնի զանգվածը հավասար է իր առանձին մասերի զանգվածների գումարին՝ $m = \sum m_a$; **բ)** Այսինքն, կամայական ձևով շարժվող ժամացույցը ավելի դանդաղ է ընթանում, քան անշարժները և այդ ժամացույցի հետ ընկնելը բացարձակ է; **գ)** Հաշվարկման բոլոր իներցիալ համակարգերի նկատմամբ, անկախ նրանց շարժման արագության մեծությունից և ուղղությունից, լույսի տարածման արագությունը դատարկությունում նույնն է և $c=3 \cdot 10^8$ մ/վ; **դ)** Եթե անշարժ ՀԻՀ-ում ինտերվալը ժամանականման է՝ s_{12} -ը իրական է, ապա շարժվող ՀԻՀ-ում այն կլինի տարածականման;

7.10. ա) ՀՀՏ Էյնշտեյնի առաջին կանխադրույթը. միևնույն պայմաններում բոլոր ֆիզիկական երևույթները ցանկացած ՀԻՀ-ում միևնույն ձևով են ընթանում; **բ)** Եթե երկու ռելյատիվիստական մասնիկների արագությունները հաշվարկման լաբորատոր համակարգում իրար ուղղահայաց են և համապատասխանաբար հավասար են v_1 -ի և v_2 -ի, ապա դրանց հարաբերական արագության մոդուլը կլինի՝ $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$; **գ)** Եթե մասնիկներից մեկի արագությունը K ՀԻՀ-ի նկատմամբ $\vec{v}_1$ է, իսկ մյուսինը՝ $\vec{v}_2$ և դրանք ունեն իրար հակառակ ուղղություն, ապա մի մասնիկի արագության մոդուլը մյուսի հետ կապված հաշվարկման համակարգի կլինի՝ $v = \frac{v_1 + v_2}{1 + v_1 v_2 / c^2}$; **դ)** Փոքր արագությամբ շարժվող ՀԻՀ-ից մեծ արագությամբ շարժվող ՀԻՀ-ին անցնելիս երկու պատահարների միջև եղած ինտերվալը մեծանում է:

Խնդիրների պատասխանները

- 1.1. $l = a + b + c = 18$ մ; $s = \sqrt{(c-a)^2 + b^2} = 8,9$ մ:
- 1.2. ա) $l = \pi r/3 = 10,5$ մ, $s = r = 10$ մ; բ) $l = \pi r = 3,14$ մ,
 $s = 2r = 20$ մ; գ) $l = 2\pi r = 62,8$ մ, $s = 0$:
- 1.3. $s_B = s_D = R\sqrt{\pi^2 + 4} = 37,2$ մ, $s_C = R(\pi - 2) = 11,4$ մ,
 $s_A = R(\pi + 2) = 51,4$ մ:
- 1.4. $L = \sqrt{l^2 + (h_1 + h_2)^2} = 15$ մ: 1.5. $x_0 = x - \frac{s_x t}{t_1} = 5$ մ:
- 1.6. $l = |x_2 - x_0| + |x_4 - x_3| = 6$ մ; $\bar{v}_l = l/t = 1,5$ մ/վ:
- 1.7. $v_2 = \frac{x_{02}}{t_3} = 1,67$ մ/վ; $v_1 = \frac{x_{02}}{t_2} - v_2 = 0,83$ մ/վ; $l_1 = v_1 t_1 = 1,67$ մ;
 $l_2 = v_2 t_2 = 3,33$ մ; $x_1 = 0,83t$; $x_2 = 5 - 1,67t$:
- 1.8. $\bar{v} = |s_x|/t = 0$; $\bar{v}_l = l/t = 1,2$ մ/վ: 1.9. $t = 40$ վ; $l_1 = 160$ մ; $l_2 = 240$ մ:
- 1.10. $v_2 = \frac{l}{t} - v_1 = 10$ մ/վ: 1.11. $t = \frac{l_2 + l_1}{v_2 - v_1} = 100$ վ:
- 1.12. $t = \frac{2t_2 t_1}{t_2 - t_1} = 80$ ժ: 1.13. $t = \frac{t_2 t_1}{t_2 + t_1} = 45$ վ:
- 1.14. $u = v l/L = 0,60$ մ/վ; $t = L/v = 250$ վ:
- 1.15. $t = \frac{l}{\sqrt{v_1^2 - v_2^2}} = 50$ վ; $\alpha = \arccos \frac{v_2}{v_1} = 53^\circ$:
- 1.16. $v_2 = v_1 \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = 17,3$ մ/վ: 1.17. $v_{12} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 100$ կմ/ժ:
- 1.18. $v_h = \frac{v_p t_2}{\sqrt{t_2^2 - t_1^2}} = 328$ կմ/ժ: 1.19. $\bar{v}_l = \frac{v_2 + v_1}{2} = 60$ կմ/ժ:
- 1.20. $\bar{v}_l = \frac{2v_2 v_1}{v_2 + v_1} = 53$ կմ/ժ: 1.21. $\bar{v}_l = \frac{2(v_2 + v_3)v_1}{v_2 + 2v_1 + v_3} = 11,1$ կմ/ժ:
- 1.22. $x_1 = 2 + 2t - t^2$; $x_2 = 5 + 0,5t^2$; $t = 2,23$ վ:
- 1.23. $v = 20$ մ/վ; $\bar{v}_l = 30$ մ/վ: 1.24. $s_x = 1,5$ մ; $l = 2$ մ:
- 1.25. $v_{x1} = 3 - t$; $v_{x2} = 2t$; $t = 2$ վ:
- 1.26. $x = x_0 + s_x = 2$ մ:
- 1.27. $v_{01x} = 2$ մ/վ; $v_{02x} = 4$ մ/վ; $a_{1x} = 0$; $a_{2x} = -4$ մ/վ²; $t = 0,5$ վ:
- 1.28. $v_{0x} = -2$ մ/վ; $a_x = 2$ մ/վ²; $s_x = -2t + t^2$:
- 1.29. $t' = 3,2$ վ; $t'' = 1$ վ: 1.30. $t = 12$ վ:
- 1.31. $v = \sqrt{2al} = 300$ մ/վ; $t = \sqrt{2l/a} = 5$ վ:

$$1.32. t = \frac{2l}{v} = 32 \text{ վ}; \quad a = \frac{v^2}{2l} = 2,34 \text{ մ/վ}^2;$$

$$1.33. t = \frac{2l}{v} = 1,6 \text{ մվ}; \quad a = \frac{v^2}{2l} = 3,1 \cdot 10^5 \text{ մ/վ}^2;$$

$$1.34. t = \frac{\sqrt{v_0^2 + 2al} - v_0}{a} = 8,3 \text{ վ}; \quad v = \sqrt{v_0^2 + 2al} = 14 \text{ մ/վ};$$

$$1.35. v_2 = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_1^2}{2}} = 5 \text{ մ/վ};$$

1.36. Մարմինները հանդիպում են երկու անգամ՝ 3,4վ անց ելման կետից 15մ հեռավորության վրա և 10,6 վ հետո՝ 123մ հեռավորության վրա:

$$1.37. t = \frac{v \pm \sqrt{v^2 - 2al}}{a} = 27 \text{ վ}; 93 \text{ վ};$$

$$1.38. \Delta t = t_1(\sqrt{n} - \sqrt{n-1}) = 0,5 \text{ վ}; \quad 1.39. a = \frac{2l_n}{(2n-1)t_1^2} = 4 \text{ մ/վ}^2;$$

$$1.40. a = \frac{l_{n+1} - l_n}{n^2} = 2 \text{ մ/վ}^2; \quad v_0 = \frac{l_n(n+0,5) - l_{n+1}(n-0,5)}{t_1} = 4 \text{ մ/վ};$$

$$1.41. l_2 = l_1 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2 = 54 \text{ մ}; \quad a = \frac{v_1^2}{2l_1} = 5,8 \text{ մ/վ}^2; \quad 1.42. v_0 = \frac{2nl}{(n+1)t} = 8 \text{ մ/վ};$$

$$1.43. t = \frac{l}{v} + \frac{v}{2} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right) = 65 \text{ վ}; \quad 1.44. v = \frac{2\sqrt{t}}{2t - t_1} = 22,2 \text{ մ/վ};$$

$$1.45. v_0 = \frac{l(t_1 + t_2)}{t_1 t_2} = 0,5 \text{ մ/վ}; \quad a = \frac{2l}{t_1 t_2} = 0,2 \text{ մ/վ}^2;$$

$$1.46. h_1 = \frac{gt_1^2}{2} = 5 \text{ սմ}; \quad h_2 = t_2 \left(\sqrt{2gh} - \frac{gt_2^2}{2} \right) = 1,95 \text{ մ};$$

$$1.47. t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = 0,45 \text{ վ}; \quad t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} - \sqrt{\frac{2(h-h_2)}{g}} = 0,05 \text{ վ};$$

$$1.48. t = \frac{h_1}{gt_1} + \frac{t_1}{2} = 7 \text{ վ}; \quad h = \frac{gt^2}{2} = 245 \text{ մ};$$

$$1.49. h = \frac{g}{2} \left(\frac{\tau(1+\sqrt{1-n})}{n} \right)^2 = 20 \text{ մ}; \quad t = \frac{\tau(1+\sqrt{1-n})}{2} = 2 \text{ վ};$$

$$1.50. \text{ա) } \bar{v} = \sqrt{gh/2} = 15 \text{ մ/վ}; \quad \text{բ) } \bar{v} = \sqrt{gh}(\sqrt{2} + 1)/2 = 25,6 \text{ մ/վ};$$

$$1.51. h_1 = h/n^2 = 30 \text{ մ}, \quad h_2 = 3h_1 = 90 \text{ մ}, \quad h_3 = 5h_1 = 150 \text{ մ};$$

$$1.52. v_0 = (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{2h_1}} = 12,4 \text{ մ/վ}^2; \quad 1.53. t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{g} = 1 \text{ վ (վերև}$$

շարժվելուց); 3վ (ներքև շարժվելուց); $v = \sqrt{v_0^2 - 2gh} = 10 \text{ մ/վ};$

$$1.54. v_0 = \frac{1}{2} \sqrt{g^2 \tau^2 + 8gh} = 30 \text{ մ/վ}; \quad t = \sqrt{\tau^2 + 8h/g} = 6 \text{ վ};$$

$$1.55. h = \frac{v_0^2 - v^2}{2g} = 25 \text{ մ}; \quad t = \frac{v_0 \pm v}{g} = 1 \text{ վ (վերև շարժվելուց); 5 վ (ներքև շարժվելուց);}$$

$$1.56. t = \frac{at}{g(1+\sqrt{1+g/a})} = 7,5 \text{ վ}; \quad 1.57. h = \frac{at^2}{2} \left(1 + \frac{a}{g_L}\right) = 1 \text{ կմ};$$

$$1.58. h = v \left[(t + v/g) - \sqrt{(t + v/g)^2 - t^2} \right] = 150 \text{ մ};$$

$$1.59. \tau = \sqrt{t^2 + 2L/g} - t = 1 \text{ վ};$$

$$1.60. t = \frac{v_0}{g} - \frac{\tau}{2} = 1 \text{ վ}; \quad h = \left(\frac{v_0}{g} - \frac{\tau}{2} \right) \left(\frac{v_0}{2} - \frac{g\tau}{2} \right) = 15 \text{ մ};$$

$$1.61. v_h = 2v_0 - g\tau = 30 \text{ մ/վ}; \quad d = (2v_0 - g\tau)t - v_0\tau + \frac{g\tau^2}{2} = 45 \text{ մ};$$

$$1.62. t = \sqrt{\frac{2h}{a+g}} = 0,65 \text{ վ}; \quad h_h = \frac{gt^2}{2} - vt = 0,53 \text{ մ};$$

$$1.63. v_0 = l \sqrt{g/(2H)} = 3 \text{ մ/վ};$$

$$1.64. t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 3 \text{ վ}; \quad l = v_0 t = 60 \text{ մ}; \quad v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = 36 \text{ մ/վ};$$

$$\varphi = \arccos(1 + 2gh/v_0^2)^{-1/2} = 56^\circ;$$

$$1.65. h = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \alpha = 2,8 \text{ մ}; \quad l = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha = 10 \text{ մ}; \quad t = \frac{2v_0}{g} \sin \alpha = 1,5 \text{ վ};$$

$$1.66. \alpha = 0,5 \arcsin \frac{gl}{v_0^2} = 30^\circ; \quad 60^\circ; \quad 1.67. h = \frac{gt^2}{8} = 5 \text{ մ};$$

$$1.68. v_0 = \frac{g(t_1+t_2)}{2 \sin \alpha} = 588 \text{ մ/վ}; \quad h = gt_1 t_2 = 2,45 \text{ կմ};$$

$$1.69. \beta = \arccos \frac{v_0 \cos \alpha}{\sqrt{v_0^2 - 2gh}} = 0^\circ; \quad v = \sqrt{v_0^2 - 2gh} = 10 \text{ մ/վ};$$

$$1.70. v_0 = \sqrt{(l/t)^2 + (gt/2 - H/t)^2} = 6 \text{ մ/վ}; \quad \text{Մարզիկի թռիչքի անկյունը հորիզոնի նկատմամբ } \alpha = \arccos(l/vt) = 60^\circ;$$

$$1.71. v_0 = \cos \alpha \sqrt{gl/(2 \sin \alpha)} = 19 \text{ մ/վ}; \quad 1.72. l = v_0 t \sqrt{2(1 - \sin \alpha)} = 50 \text{ մ};$$

$$1.73. t = \frac{v_0 \sqrt{n^2 - 1}}{g} = 4 \text{ վ};$$

$$1.74. t = \frac{v_0}{g \sin \alpha_0} = 2 \text{ վ};$$

$$1.75. t = \frac{\sqrt{v_1 v_2}}{g} = 0,5 \text{ վ}; \quad l = \frac{(v_1 + v_2) \sqrt{v_1 v_2}}{g} = 5,1 \text{ մ}; \quad 1.76. d_1 = \frac{L \cdot \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \alpha};$$

$$1.77. v_0 = \sqrt{g(H+L)} = 50 \text{ մ/վ};$$

$$\alpha = \arctg \frac{v_0^2 \pm \sqrt{(v_0^2 - gH)^2 - g^2 L^2}}{g \sqrt{L^2 - H^2}} = \arctg \frac{v_0^2}{g \sqrt{L^2 - H^2}} = 52^\circ;$$

$$1.78. a_n = g \cos \alpha = 8,7 \text{ մ/վ}^2; \quad a_\tau = g \sin \alpha = 5 \text{ մ/վ}^2;$$

$$1.79. a_n = \frac{gv_0}{\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}} = 8,2 \text{ մ/վ}^2; \quad a_\tau = \frac{g^2 t}{\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}} = 5,4 \text{ մ/վ}^2;$$

$$1.80. \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha_0 - \frac{gt}{v_0 \cos \alpha_0} = 36^0, \quad R = \frac{(v_0^2 + g^2 t^2 - 2gv_0 t \sin \alpha_0)^{3/2}}{gv_0 \cos \alpha_0} = 19 \text{ մ:}$$

$$1.81. \text{ա) } v_0 = \sqrt{g(2h + l^2/8h)} = 15,8 \text{ մ/վ; } \text{բ) } \alpha = \arctg\left(\frac{4h}{l}\right) = 63^0;$$

$$\text{գ) } R = \frac{l^2}{8h} = 2,23 \text{ մ: } 1.82. T = \frac{2\pi t}{\varphi} = 6 \text{ վ, } v = \varphi R/t = 0,1 \text{ մ/վ: } 1.83.$$

$$R = \frac{n\Delta R}{n-1} = 15 \text{ սմ: } 1.84. \frac{l_1}{l_2} = \frac{nT_2}{T_1} = 18, \text{ որտեղ } T_2 \text{ և } T_1 \text{ -ը ժամեր և}$$

րոպեներ ցույց տվող սլաքների պատման պարբերություններն են:

$$1.85. \text{ա) } v = 2\pi R_1/T_1 = 460 \text{ մ/վ, } a_n = 4\pi^2 R_1/T_1^2 = 3.14 \text{ սմ/վ}^2;$$

$$\text{բ) } v = 2\pi R_2/T_2 = 30 \text{ կմ/վ, } a_n = 4\pi^2 R_2/T_2^2 = 6 \text{ մմ/վ}^2;$$

$$1.86. \frac{v_1}{v_2} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{\cos \varphi} = 2:$$

$$1.87. N = \nu \frac{l}{v} = 3 \cdot 10^4 \text{ մ/վ:}$$

$$1.88. \nu = \frac{Nv}{l} = 320 \text{ պս/վ:}$$

$$1.89. v = \frac{2\pi \nu l}{\varphi} = 400 \text{ մ/վ:}$$

$$1.90. l = 2L:$$

$$1.91. \varepsilon = \omega^2/4\pi N = 3,2 \text{ ռադ/վ}^2:$$

$$1.92. \varepsilon = 2\pi \nu/t = 1,26 \text{ ռադ/վ}^2; \quad N = \nu t/2 = 360:$$

$$1.93. \varepsilon = 2\pi(\nu_2 - \nu_1)/t = 0,21 \text{ ռադ/վ}^2; \quad N = t(\nu_2 + \nu_1)/2 = 240:$$

$$1.94. t = 2N/\nu = 10 \text{ վ:}$$

$$1.95. a = a_r \sqrt{1 + (4\pi n)^2} = 0,8 \text{ մ/վ}^2:$$

$$1.96. \text{ա) } \omega = \varepsilon t = 3 \text{ ռադ/վ; } \text{բ) } v = \varepsilon R t = 0,3 \text{ մ/վ; } \text{գ) } a_r = \varepsilon R = 0,3 \text{ մ/վ}^2;$$

$$\text{դ) } a_r = \varepsilon^2 t^2 R = 0,9 \text{ մ/վ}^2; \quad \text{ե) } a = R \sqrt{\varepsilon^2 + (\varepsilon t)^4} = 0,95 \text{ մ/վ}^2;$$

$$\text{զ) } \varphi = \arctg \frac{1}{\varepsilon t^2} = 18^0:$$

$$1.97. N = c^2/4b = 3:$$

$$1.98. \alpha = \arctg \frac{1}{4\pi N} = 17':$$

$$1.99. \varepsilon = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{t^2} = 0,433 \text{ ռադ/վ}^2; \quad 1.100. l = \frac{2R}{3} = 2 \text{ մ, } \omega = \sqrt[3]{12b/R} = 2 \text{ ռ/վ:}$$

$$1.101. \text{ա) } y = \frac{\beta}{\alpha^2} x^2; \quad \text{բ) } v = \sqrt{\alpha^2 + 4\beta^2 t^2}; \quad \alpha = 2\beta;$$

$$\text{գ) } \varphi = \arctg(\alpha/2\beta t): \text{ Կետի հետագիծը պարաբոլ է:}$$

$$1.102. \text{ա) } \vec{v} = \vec{b}(1 - 2at), \quad \vec{a} = -2\alpha\vec{b}, \quad ; \text{բ) } t = 1/\alpha, \quad l = b/2\alpha:$$

$$1.103. \text{ա) } v = \frac{dl}{dt} = A + 2Bt + 3Ct^3; \quad a = \frac{dv}{dt} = 2B + 9Ct^2;$$

$$\text{բ) } \bar{v} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt = 630 \text{ մ/վ; } \quad \bar{a} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt = 200 \text{ մ/վ}^2:$$

$$1.104. v = A \omega = 1,26 \text{ մ/վ, } a = A \omega^2 = 15,8 \text{ մ/վ}^2: \quad x^2 + (y - A)^2 = A^2: \text{ Կետի հետագիծը շրջանագիծ է:}$$

$$1.105. t = 0,23 \text{ վ, } l_{\min} = 5,3 \text{ մ:}$$

$$1.106. t = \sqrt{v_0/b} = 5 \text{ վ, } l = \frac{2}{3} \sqrt{v_0^3/b} = 83 \text{ մ: } 1.107. y = \frac{\beta}{2\alpha} x^2:$$

$$\begin{aligned}
 1.108. \quad l &= \frac{v_0}{b}(1 - e^{-bt}); & 1.109. \quad l &= \frac{b^2 t^2}{4}; \quad v = \frac{b^2 t}{2}; \quad a = \frac{b^2}{2}; \\
 1.110. \quad v &= v_0 e^{-\alpha t}; \quad v = v_0 - \alpha l; & 1.111. \quad v &= \frac{v_0}{1 + v_0 \alpha t}, \quad v = v_0 e^{-\alpha t}; \\
 1.112. \quad v &= v_0 / \sin \alpha;
 \end{aligned}$$

$$2.1. F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos \alpha} = 4,1 \text{ Ն}; \quad 2.2. m = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} = 0,6 \text{ կգ};$$

$$2.3. l = mv^2 / 2F = 2,5 \text{ մ}; \quad 2.4. m = 2(M - F/g) = 600 \text{ կգ};$$

$$2.5. F_{\eta} = m \left(\frac{v_0}{t} - g \right) = 1 \text{ Ն}; \quad 2.6. \frac{t_1}{t_2} = \sqrt{\frac{mg - F}{mg + F}}; \quad \frac{t_1}{t_2} < 1;$$

$$2.7. \frac{t_1}{t_2} = \sqrt{\frac{g - F/m_2}{g - F/m_1}}, \quad \frac{t_1}{t_2} > 1;$$

$$2.8. a_1 = 3g \text{ վերնի գնդիկի համար, մյուս երկուսի համար } a_2 = a_3 = 0;$$

$$2.9. F = G(\pi \rho d^2 / 6)^2 = 1,1 \text{ մՆ}; \quad 2.10. F_{\text{Ե}} / F_{\text{Ա}} = 0,38;$$

$$2.11. g = GM/R^2 = 9,8 \text{ մ/վ}^2; \quad v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = 7,9 \text{ կմ/վ}; \quad \rho = \frac{3M}{4\pi R^3} = 5500 \text{ կգ/մ}^3;$$

$$2.12. \text{ա) } g_{\text{Ե}}/g_{\text{Լ}} = n_2/n_1^2 = 6 \text{ անգամ}; \quad \text{բ) } v_{\text{Ե}}/v_{\text{Լ}} = \sqrt{n_2/n_1} = 4,7 \text{ անգամ};$$

$$\text{գ) } \rho_{\text{Ե}}/\rho_{\text{Լ}} = \frac{n_2}{n_1^3} = 1,6 \text{ անգամ}; \quad 2.13. \text{ա) } g_1/g_2 = n; \quad \text{բ) } v_{01}/v_{02} = n;$$

$$2.14. \text{ա) } h = R(\sqrt{n} - 1) = 2650 \text{ կմ}; \quad \text{բ) } h = R \left(\frac{\sqrt{1-k}}{1-k} - 1 \right) = 3,2 \text{ կմ};$$

$$2.15. h = kR = 6,4 \text{ կմ}; \quad 2.16. r = \frac{kR\rho_2}{\rho_1 - \rho_2} = 30 \text{ կմ};$$

$$2.17. h = \left(\frac{GMT^2}{4\pi^2} \right)^{1/3} - R = 35900 \text{ կմ}; \quad 2.18. r = \left(\frac{GMT^2}{4\pi^2} \right)^{1/3} = 3,8 \cdot 10^8 \text{ մ};$$

$$v = \left(\frac{2\pi GM}{T} \right)^{1/3} = 1,02 \cdot 10^3 \text{ մ/վ};$$

$$2.19. T_{\text{Լ}} = T_{\text{Ե}} \sqrt{n^3} = 164,3 \text{ տարի}; \quad 2.20. \text{ա) } T_1/T_2 = n^{3/2} = 5,2;$$

$$\text{բ) } v_1/v_2 = 1/\sqrt{n} = 0,58;$$

$$2.21. T = 2\pi \sqrt{\frac{l^3}{G(m_1 + m_2)}}; \quad r_1 = \frac{m_2 l}{m_1 + m_2}; \quad r_2 = \frac{m_1 l}{m_1 + m_2}; \quad 2.22. T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}};$$

$$2.23. v_r = \frac{dr}{dt} = \frac{2Fr}{mv} = \frac{2Fv}{mg}; \quad 2.24. \vec{F} = -\frac{4}{3}\pi G \rho m \vec{r} = \text{const, այսինքն, խոռոչի}$$

ներսում գրավիտացիոն դաշտը համասեռ է:

$$2.25. F = \frac{Gm_1 m_2 x}{(R^2 + x^2)^{3/2}}; \quad F = \frac{Gm_1 m_2}{x^2}; \quad x_0 = \frac{R}{\sqrt{2}} = 14,1 \text{ սմ}; \quad F_{\text{max}} = \frac{2Gm_1 m_2}{3\sqrt{3}R^2}.$$

$$2.26. F = \frac{2Gm_1m_2}{R^2} \left(1 - \frac{x}{(R^2+x^2)^{3/2}} \right); \quad \text{ա) } F = \frac{Gm_1m_2}{x^2}, \text{ եթե } x \gg R;$$

$$\text{բ) } F = \frac{2Gm_1m_2}{R^2}, \text{ եթե } x \ll R;$$

$$2.27. a = P/m - g = 2\text{մ/վ}^2; \text{ արագացումն ուղղված է դեպի վերև:}$$

$$2.28. \text{ա) } P_1 = m(g+a) = 880 \text{ Ն; բ) } P_2 = m(g-a) = 720 \text{ Ն: Սովորական կշիռը } P_0 = mg = 800 \text{ Ն:}$$

$$2.29. P = m(g-a) = 45 \text{ Ն:}$$

$$2.30. n = \frac{P-P_0}{P_0} = \frac{\alpha}{\tau} \sqrt{\frac{R}{g}} = 6:$$

$$2.31. m = \frac{2m_1m_2}{m_1+m_2} = 99 \text{ կգ:}$$

$$2.32. T = m\sqrt{g^2 + a^2} = 10,2 \text{ Ն:} \quad tg \alpha = a/g; \alpha = 11^\circ;$$

$$2.33. F = m(g + v^2/l): \quad 2.34. m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + 2m_1m_2 \cos \alpha} = 5 \text{ կգ:}$$

$$2.35. \text{ա) } F_{AB} = \frac{mg}{tg \alpha} = 1,04 \text{ կՆ;} \quad \text{բ) } F_{BC} = \frac{mg}{\sin \alpha} = 1,2 \text{ կՆ:}$$

$$2.36. \text{ա) } F_{AB} = \frac{mg}{\sin \alpha} = 1,2 \text{ կՆ;} \quad \text{բ) } F_{BC} = \frac{mg}{tg \alpha} = 1,04 \text{ կՆ:}$$

$$2.37. R = \frac{nv^2}{(n-1)g} = 125 \text{ մ; } v_1 = v\sqrt{2} = 127 \text{ կմ/ժ:}$$

$$2.38. \text{ա) } P = m \left(\frac{v^2}{R} + g \right) = 2,1 \text{ կՆ; բ) } P = m \left(\frac{v^2}{R} - g \right) = 0,7 \text{ կՆ;}$$

$$\text{գ) } P = m\sqrt{(v^2/R)^2 + g^2} = 1,6 \text{ կՆ:} \quad 2.39. v = \sqrt{gl} = 3 \text{ մ/վ:}$$

$$2.40. P = m\sqrt{\left(\frac{GM}{R^2}\right)^2 + \left(\frac{4\pi^2 R \cos \varphi}{T^2}\right)^2} - \frac{8\pi^2 M G \cos^2 \varphi}{RT^2}; \text{ տվյալ մոտավորությամբ, մարմնի կշիռը բևեռում 1,003 անգամ մեծ է, քան հասարակածում:}$$

$$2.41. T = \sqrt{\frac{3\pi n}{(n-1)G\rho}} = 2,7 \text{ ժ:}$$

$$2.42. F = \frac{mg}{\cos \alpha} = 3,9 \text{ Ն:}$$

$$2.43. \omega = \sqrt{\frac{g \tan \alpha}{R + l \sin \alpha}} = 8 \text{ ռադ/վ:}$$

$$2.44. l = \frac{gT^2}{4\pi^2 \cos \alpha} = 1,2 \text{ մ; } v = \frac{gT \tan \alpha}{2\pi} = 1,8 \text{ մ/վ:}$$

$$2.45. v = \sqrt{gl \sin \alpha \tan \alpha} = 3 \text{ մ/վ; } T = 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{g}} = 1,1 \text{ վ:}$$

$$2.46. \text{ա) } a_1 > a_2; \quad \text{բ) } v_1 > v_2; \quad \text{գ) } T_1 = T_2: \quad 2.47. h = \frac{v^2 l}{gR} = 7,5 \text{ սմ:}$$

$$2.48. h = R - \frac{g}{(2\pi v)^2} = 1 \text{ մ; } N = mR(2\pi v)^2 = 4 \text{ Ն:}$$

$$2.49. \mu = \frac{v^2}{2gl} = 0,033:$$

$$2.50. F = 3\mu mg = 10 \text{ Ն:}$$

$$2.51. F = \frac{\mu mg}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} = 5,4 \text{ Ն:}$$

$$2.52. \operatorname{tg} \alpha = \mu; \alpha = 26,6^\circ; \quad F_{\min} = \frac{\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}} = 4,5 \text{ Ն:}$$

$$2.53. a = \frac{F(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)}{m} - g = 3,3 \text{ մ/վ}^2; \quad 2.54. a = \frac{m \cdot \operatorname{ctg} \alpha - \mu m - 2\mu M}{2M + m \operatorname{ctg}^2 \alpha - \mu m \cdot \operatorname{ctg} \alpha} g:$$

$$2.55. l = \left[\frac{F}{m} - \mu mg \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M} \right) \right] \frac{r^2}{2}; \text{ եթե } F < \mu mg, \text{ ապա } l = 0:$$

$$2.56. \text{ա) } F_{2\varphi} = 0,5 \text{ Ն, դադարի շփման ուժ; բ) } F_{2\varphi} = 1 \text{ Ն, սահքի շփման ուժ:}$$

$$2.57. \mu > v/gt = 0,1; \quad 2.58. M = \frac{\mu m}{k} = 6000 \text{ տ:}$$

$$2.59. \text{Արգելակումով առաջ շարժվելը ավելի ապահով է, քան շրջադարձ կատարելը, քանի որ արգելակման դեպքում } l = \frac{v^2}{2\mu g},$$

$$\text{իսկ շրջադարձ կատարելուց } l = \frac{v^2}{\mu g}: \quad 2.60. r = \mu g / (2\pi v)^2 = 20 \text{ սմ:}$$

$$2.61. \text{ա) } \omega = \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{1 - \mu \operatorname{tg} \alpha}{\mu + \operatorname{tg} \alpha}} = 3,5 \text{ ռադ/վ; բ) } \omega = \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{1 + \mu \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha - \mu}} = 7 \text{ ռադ/վ:}$$

$$2.62. a = \mu(g - v^2/R) = 4,7 \text{ մ/վ}^2; \quad 2.63. a = kx/m = 1,6 \text{ մ/վ}^2:$$

$$2.64. l_2 = l_1 - ma/k = 11 \text{ սմ:}$$

$$2.65. \text{ա) } k' = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} = 1,5 \text{ կՆ/մ; բ) } k'' = k_1 + k_2 = 8 \text{ կՆ/մ:}$$

$$2.66. x = m(a + \mu g)/k = 2 \text{ սմ:}$$

$$2.67. P = \frac{\pi d^2 \sigma_{\text{սո}}}{4} = 240 \text{ Ն; } \varepsilon = \sigma_{\text{սո}}/E = 1,5 \cdot 10^{-3}, \text{ որտեղ } E \text{ -ն Յունգի մոդուլն է պողպատի համար:}$$

$$2.68. h = \sigma_{\text{սո}} / (6\rho g) = 185 \text{ մ:} \quad 2.69. \text{ա) } l = \sigma_{\text{սո}} / (\rho g) = 110 \text{ մ; բ) } 2,9 \text{ կմ:}$$

$$2.70. \sigma = 4mg/(\pi d^2) = 160 \text{ ՄՊա; } \varepsilon = \sigma/E = 8 \cdot 10^{-4}, \text{ որտեղ } E \text{ -ն Յունգի մոդուլն է պողպատի համար: } x = \varepsilon l = 2,4 \text{ սմ:}$$

$$2.71. E \approx \frac{mgl^3}{2\pi d^2 h^3} = 200 \text{ ԳՊա:} \quad 2.72. v = \sqrt{\frac{F}{2\pi mR}}:$$

$$2.73. n = \frac{1}{\pi l} \sqrt{\frac{\sigma}{2\rho}} = 38 \text{ սլո/վ:} \quad 2.74. t = \sqrt{\frac{2l}{g \cdot \sin \alpha}} = 0,4 \text{ վ;}$$

$$v = \sqrt{2g \cdot l \sin \alpha} = 2 \text{ մ/վ:}$$

$$2.75. t = \sqrt{\frac{2l}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}} = 0,53 \text{ վ:} \quad v = \sqrt{2g \cdot l(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = 1,5 \text{ մ/վ:}$$

$$2.76. h_1 = \frac{v_0^2 \sin \alpha}{2g}; \quad h_2 = \frac{v_0^2}{2g}; \quad h_2 > h_1, \text{ եթե } \alpha \neq 90^\circ:$$

$$2.77. a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 11,1 \text{ մ/վ}^2; \quad a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 6,2 \text{ մ/վ}^2;$$

$$t = v_0 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{\sqrt{a_1 a_2}} \right) = 4,2 \text{ վ:} \quad 2.78. \mu = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 1} \operatorname{tg} \alpha = 0,35:$$

$$2.79. \mu = \frac{n-1}{n+1} \operatorname{tg} \alpha = 0,19; \quad 2.80. \text{ ա) } a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 3,3 \text{ մ/վ}^2;$$

$$a_2 = \mu g = 2 \text{ մ/վ}^2; \quad \text{բ) } l = l_1(1 + a_1/a_2) = 5,3 \text{ մ};$$

$$2.81. \alpha = \operatorname{arctg} \mu = 27^\circ;$$

$$2.82. \mu = \frac{F_2 - F_1}{F_2 + F_1} \operatorname{tg} \alpha = 0,29;$$

$$2.83. \mu > \frac{1 - \sin \alpha}{\cos \alpha} = 0,58;$$

$$2.84. t = \sqrt{\frac{2h \cos \alpha}{g \sin \beta \sin(\beta - \alpha)}};$$

$$2.85. \alpha = 45^\circ;$$

$$2.86. \operatorname{tg} 2\alpha = -1/\mu, \quad \alpha = 58^\circ;$$

$$2.87. F = g \cos \alpha \frac{(\mu_1 - \mu_2)m_1 m_2}{m_1 + m_2}; \quad \operatorname{tg} \alpha < \frac{\mu_1 m_1 + \mu_2 m_2}{m_1 + m_2}; \quad 2.88. a = g \sin \alpha \frac{m+M}{m}.$$

$$2.89. a_{\max} = g \frac{\operatorname{tg} \alpha + \mu}{1 - \mu \operatorname{tg} \alpha}, \text{ եթե } \mu < 1/\operatorname{tg} \alpha; \text{ a -ն կրնա լինել ցանկացած մեծ արժեք, եթե } \mu > 1/\operatorname{tg} \alpha;$$

$$2.90. a = F/(m_2 + m_1) = 2 \text{ մ/վ}^2; \quad \text{ա) } T_1 = \frac{F m_2}{m_1 + m_2} = 8 \text{ Ն};$$

$$\text{բ) } T_2 = \frac{F m_1}{m_1 + m_2} = 2 \text{ Ն};$$

$$2.91. T = \frac{F m_2 \cos \alpha}{m_1 + m_2} = 2,6 \text{ Ն};$$

$$2.92. a = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2} = 6 \text{ մ/վ}^2;$$

$$T = \frac{m_1 m_2 g}{m_1 + m_2} = 12 \text{ Ն};$$

$$2.93. a = g \frac{m_2 - \mu m_1}{m_2 + m_1} = 5 \text{ մ/վ}^2;$$

$$T = g \frac{(1 + \mu)m_1 m_2}{m_1 + m_2} = 15 \text{ Ն};$$

$$2.94. a = g \frac{m_1 - m_2}{m_2 + m_1} = 2 \text{ մ/վ}^2;$$

$$T = g \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} = 2,4 \text{ Ն};$$

$$2.95. F = \frac{(m_1 + m_2)m g}{m_1 + m_2 + m} = 0,095 \text{ Ն};$$

$$2.96. a_1 = \frac{2(m_1 - m_2)g}{4m_1 + m_2}; \quad a_2 = \frac{(2m_1 - m_2)g}{4m_1 + m_2}; \quad T = g \frac{3m_1 m_2}{4m_1 + m_2};$$

$$2.97. a = 3a_1 + 2a_2 = 13F/m; \quad 2.98. a = \frac{(m_2 - m_1)g}{m_1} = 1 \text{ մ/վ}^2;$$

$$2.99. a = g \frac{m_1(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) - m_2}{m_1 + m_2} = 0,6 \text{ մ/վ}^2, \text{ } m_2\text{-ի արագացումը ուղղված է}$$

$$\text{դեպի վեր; } T = m_2(a + g) = 21 \text{ Ն};$$

$$2.100. \text{ ա) } m_2/m_1 > \sin \alpha + \mu \cos \alpha = 0,59;$$

$$\text{բ) } m_2/m_1 < \sin \alpha - \mu \cos \alpha = 0,41;$$

$$2.101. a = g \frac{m_1 \sin \alpha - m_2 \sin \beta}{m_1 + m_2}; \text{ եթե } m_1 \sin \alpha > m_2 \sin \beta, \text{ ապա շարժումն ուղղված է դեպի ձախ; եթե } m_1 \sin \alpha < m_2 \sin \beta, \text{ ապա շարժումն ուղղված է դեպի աջ; } T = \frac{m_1 m_2 (\sin \alpha + \sin \beta)}{m_1 + m_2} g; \quad 2.102. F = m \sqrt{g^2 + \omega^4 r^2 + (2v'\omega)^2} = 8 \text{ Ն};$$

$$2.103. F = 2m\omega \sqrt{v_0^2 + (\omega r)^2} = 2,8 \text{ Ն}; \text{ ունի հորիզոնական ուղղություն և}$$

ուղղահայաց է ձողին:

2.104. $l = b(t - t_0)^3/6m$, որտեղ $t_0 = \mu mg/b$ -ն մարմնի շարժվելու

պահն է: Եթե $t < t_0$, $l = 0$: **2.105.** $v = \frac{mg^2 \cos \alpha}{2b \sin^2 \alpha}$; $l = \frac{m^2 g^3 \cos \alpha}{6b^2 \sin^3 \alpha}$:

2.106. $v = b\tau^3/6m$; $l = b\tau^4/12m$: **2.107.** $l = \frac{F_0}{m\omega^2}(\omega t - \sin \omega t)$:

2.108. $\vec{F} = -m\omega^2 \vec{r}$, որտեղ $\vec{r}$ - ք մասնիկի շառավիղ-վեկտորն է կոորդինատների սկզբնակետի նկատմամբ; $F = m\omega^2 \sqrt{x^2 + y^2}$:

2.109. **ա)** $v(t) = v_0 e^{-rt/m}$; **բ)** $v = v_0 - l r/m$; **գ)** $l = \frac{mv_0}{r}(u)$, $t \rightarrow \infty$:

2.110. $t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g \sin \alpha}}$:

2.111. $a = \frac{g}{R-H} \sqrt{H(2R-H)}$:

2.112. $a = \frac{m_2 g \sin \alpha \cos \alpha}{m_1 + m_2 \cos^2 \alpha}$:

2.113. $l = 2\mu\tau \sqrt{2gh}$:

2.114. $F = \frac{(M+m_1+m_2)m_2}{m_1} g$:

2.115. $F = \frac{8mg}{9}$:

2.116. Մակերևույթը հարթ է, հորիզոնի նկատմամբ թեքված α անկյունով որի $tg \alpha = a/g$:

2.117. $\beta = \alpha - \arctg \mu$: **ա)** $\beta = \alpha = 30^\circ$; **բ)** $\beta \approx 19^\circ$; **գ)** $\beta = 0$:

2.118. $F_{\text{կ}} = 2m\omega v_0 \sqrt{1 + \omega^2 t^2} = 4,2 \text{ Ն}$: **2.119.** $\omega = \left(\frac{g^2 \mu^2}{R^2} - \varepsilon^2 \right)^{1/4}$:

2.120. $u = v \pm v_0 = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}} \pm \frac{2\pi R}{T}$, որտեղ $R=6400$ կմ, $g=9,8$ մ/վ², $T=24$ ժ: Եթե արբանյակն արձակվում է արևելքից դեպի արևմուտք, ապա $u \approx 7,6$ կմ/վ, իսկ եթե արձակվում է արևմուտքից դեպի արևելք՝ $u \approx 6,6$ կմ/վ: Սա նշանակում է, որ ավելի հեշտ է արբանյակն արձակել արևմուտքից դեպի արևելք ուղղությամբ:

3.1. $p_1 = 0,04$ կգ · մ / վ ; $p_2 = 0,12$ կգ · մ / վ ; $F = 0,08 \text{ Ն}$:

3.2. **ա)** $|\Delta \vec{p}| = mv\sqrt{2} = 1,4$ կգ·մ/վ, $\Delta p = 0$; **բ)** $|\Delta \vec{p}| = 2mv = 2$ կգ·մ/վ, $\Delta p = 0$:

3.3. $I = \Delta P = 2mvs \sin \alpha = 1,73$ կգ · մ / վ; $F = I/t = 173 \text{ Ն}$:

3.4. $F = m\gamma v = 56 \text{ Ն}$: **3.5.** $F = 3mg(1 - x/l)$; $p = 2m\sqrt{2gl/3}$:

3.6. $u_1 = \frac{m_2 v}{m_1 + m_2} = 0,33$ մ/վ; $u_2 = \frac{m_1 v}{m_1 + m_2} = 0,67$ մ/վ:

$$3.7. u = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = 4,6 \text{ մ/վ}; |\Delta p_1| = m_1(v_1 - u) = 165 \text{ կգ} \cdot \text{մ/վ};$$

$$|\Delta p_2| = m_2(u - v_2) = 165 \text{ կգ} \cdot \text{մ/վ};$$

$$3.8. u = \frac{m_1 v_1 \cos \alpha}{(m_1 + m_2) \cos \beta} = 1,3 \text{ մ/վ}; \beta = \arctg \left(\operatorname{tg} \alpha + \frac{m_2 v_2}{m_1 v_1 \cos \alpha} \right) = 56^\circ;$$

$$3.9. u = \frac{mv}{m+M} = 0,8 \text{ մ/վ};$$

$$3.10. l = \frac{mL}{m+M} = 1 \text{ մ};$$

$$3.11. v_2 = \frac{m_1 v_1 - (m_1 + m_2)v}{m_2} = 300 \text{ մ/վ}, \text{ շարժվում է հակադիր ուղղությամբ:}$$

$$3.12. \text{ ա) } u = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = 54 \text{ կմ/ժ}; \quad \text{ բ) } u = \frac{m_2 v_2 - m_1 v_1}{m_1 + m_2} = 18 \text{ կմ/ժ};$$

$$3.13. l = \frac{v^2}{2\mu g(1+n)^2} = 2 \text{ մ};$$

$$3.14. \text{ Չոքսուն չի շարժվի } \alpha < \operatorname{tg} \mu = 5,7^\circ \text{ պայմանի դեպքում:}$$

$$3.15. \frac{v_1}{v_2} = \frac{n+1}{2} = 1,5;$$

$$3.16. \text{ ա) } u = \frac{2mv}{2m+M} = 2 \text{ մ/վ}; \quad \text{ բ) } u = \frac{mv(2M+3m)}{(M+m)(2m+M)} = 2,25 \text{ մ/վ};$$

$$3.17. u = \frac{Mv}{m+M} = 6 \text{ մ/վ};$$

$$3.18. l = \frac{(m_2 v_2)^2}{2\mu g m_1^2} = 40 \text{ սմ};$$

$$3.19. v_1 = \frac{mv_2 \cos \alpha}{M} = 1,2 \text{ մ/վ};$$

$$3.20. 4L \text{ հեռավորության վրա:}$$

$$3.21. \alpha = \arccos \frac{p^2 - p_1^2 - p_2^2}{2p_1 p_2} = 150^\circ; \quad 3.22. v_0 = \sqrt{\frac{MgL}{(M+m)\sin 2\alpha}};$$

$$3.23. l = \frac{v^2 n}{2\mu g(n+1)} = \frac{v^2}{3\mu g};$$

$$3.24. \text{ ա) } v = u \cdot \ln n = u \cdot \ln \frac{m_0}{m} = 12 \text{ կմ/վ}; \quad \text{ բ) } v = \frac{u(n-1)}{n} = 3,8 \text{ կմ/վ};$$

$$3.25. m' = m_0(1 - e^{-u/v}) = 865 \text{ սն}; \quad 3.26. m = m_0 e^{-\frac{v+gt}{u}} = 289 \text{ սն};$$

$$3.27. A = \mu gml + mv^2/2 = 1 \text{ կՋ}; \quad A_{\gamma\text{փ}} = -\mu gml = -200 \text{ Ջ};$$

$$3.28. A = mh(g + 2h/t^2) = 9,6 \text{ կՋ}; \quad A_{\delta} = -mgh = -8 \text{ կՋ};$$

$$3.29. A = gh \left(m + \frac{m_0 h}{2l_0} \right) = 1,3 \text{ կՋ};$$

$$3.30. A = mgh(1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha) = 12,2 \text{ կՋ}; \quad \eta = \frac{1}{1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha} = 0,66;$$

$$3.31. A_1 = \frac{F_1^2 l}{\sqrt{F_1^2 + F_2^2}} = 180 \text{ Ջ}, \quad A_1 = \frac{F_2^2 l}{\sqrt{F_1^2 + F_2^2}} = 320 \text{ Ջ}, \quad A = l\sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 500 \text{ Ջ};$$

$$3.32. A = F_x(x_2 - x_1) + F_y(y_2 - y_1) = -49 \text{ Ջ}; \quad 3.33. v = N/\mu mg = 3 \text{ մ/վ};$$

$$3.34. t = \frac{mv^2}{N - kmgv} = 50 \text{ վ};$$

$$3.35. \alpha = \arcsin \frac{N}{2mgv} = 30^\circ;$$

$$3.36. \overline{N} = -\mu mgv/2;$$

$$3.37. N = mv^3/(2l);$$

$$3.38. \text{ա) } N = -mgv_0 \sin \alpha; \quad \text{բ) } N = mgv_0 \sin \alpha:$$

$$3.39. A = \frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{2} + \mu mgl = 270 \text{ Ջ}; \quad \bar{N} = \frac{A(v_1 + v_2)}{2l} = 1350 \text{ կՎտ}:$$

$$3.40. \frac{N_2}{N_1} = \frac{v_4^2 - v_3^2}{v_2^2 - v_1^2} = 3; \quad 3.41. \bar{N}_1 = -\frac{mh}{t} \left(g - \frac{2h}{t^2} \right) = -92 \text{ կտ};$$

$$\bar{N}_2 = \frac{2mgh}{t} = 200 \text{ կտ}:$$

$$3.42. m = \frac{\eta P}{\text{kgv}} = 180 \text{ տ}:$$

$$3.43. W_{\dot{\eta}} = \frac{P^2}{2m} = 18,75 \text{ Ջ}:$$

$$3.44. W_{\dot{\eta}_1} = \frac{m_2}{m_1} W_{\dot{\eta}_2} = 100 \text{ կՋ}:$$

$$3.45. W_{\dot{\eta}} = 9 \text{ Ջ}:$$

$$3.46. W_{\dot{\eta}} = \frac{a_n P}{2\omega}:$$

$$3.47. W_{\dot{\eta}} = h(F - mg) = 100 \text{ Ջ}:$$

$$3.48. \mu = \frac{v^2}{2gl} = 0,0330:$$

$$3.49. F = mg(h_1 + h_2)/h_2 = 60 \text{ Ն}:$$

$$3.50. h = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{A}{mg} = 4 \text{ մ}:$$

$$3.51. A = \frac{m(v^2 - v_0^2)}{2} = -18 \text{ Ջ};$$

$$h = \frac{v^2 + v_0^2}{4g} = 4,1 \text{ մ}:$$

$$3.52. A = \frac{m_1 v_1^2}{2} \left(1 + \frac{m_1}{m_2} \right) = 110 \text{ Ջ}:$$

$$3.53. A = 2mgh:$$

$$3.54. v = \sqrt{4gh - \frac{2A}{m}}:$$

$$3.55. \bar{F}_{\eta} = \frac{m(v_1^2 - v_2^2)}{2l} = 4,8 \text{ կՆ}:$$

$$3.56. n = \frac{1}{1 - \alpha^2} = 3,2; \text{ գնդիկը կանգ կառնի չորրորդ տախտակում}:$$

$$3.57. \text{ա) } u = \frac{m(v_1 - v_2)}{M} = 8 \text{ մ/վ}; \text{ բ) } A_1 = \frac{Mu^2}{2} = 16 \text{ Ջ}; \text{ գ) } A = \frac{m(v_1^2 - v_2^2)}{2} = 1,2 \text{ կՋ}:$$

$$3.58. W_{\dot{\eta}} = W_{\dot{\eta}_0} \cos^2 \alpha = 5 \text{ Ջ}; \quad W_{\dot{u}} = W_{\dot{\eta}_0} \sin^2 \alpha = 15 \text{ Ջ}:$$

$$3.59. W_{\dot{\eta}} = A_1 + A_2 + A_3 = 20 \text{ կՋ}; \Delta W_{\dot{u}} = -A_2 = \text{կՋ}; \Delta W = A_1 + A_2 = 70 \text{ կՋ}:$$

$$3.60. A = mgl/2 = 3 \text{ կՋ}; \quad 3.61. \mu = (\sqrt{2} - 1)/2 = 0,21; \text{ եթե } \mu < 0,21\text{-ից, քիչ աշխատանք կկատարվի հրելով տեղափոխելուց, իսկ } \mu > 0,21 \text{ դեպքում՝ գլորելով տեղափոխելուց}:$$

$$3.62. \frac{A_2}{A_1} = \frac{2k+1/n}{2k+1/(n-1)} = 1,5; \quad 3.63. \text{ա) } A = \frac{F_0^2}{8k} = 0,4 \text{ Ջ}; \text{ բ) } A = \frac{3F_0^2}{8k} = 1,2 \text{ Ջ}:$$

$$3.64. \text{ա) } W_{\dot{u}} = \frac{mgx}{2} = 0,5 \text{ Ջ}; \quad \text{բ) } W_{\dot{u}} = -mgx = -1 \text{ Ջ}:$$

$$3.65. A = \mu mg \left(1 + \frac{\mu mg}{2k} \right) = 2,1 \text{ Ջ}:$$

$$3.66. A = mg \left(h + \frac{mg}{2k} \right) = 15 \text{ Ջ}:$$

$$3.67. r_0 = 2a/b; \text{ կայուն է; } F_{\max} = b^3/27a^2, \text{ երբ } r = 3a/b:$$

$$3.68. v = \sqrt{2gh} = 10 \text{ մ/վ}:$$

$$3.69. v = \sqrt{v_0^2 - 2gh} = 10 \text{ մ/վ}:$$

$$3.70. h = \frac{v_0^2 - v^2}{2g} = 25 \text{ մ:}$$

$$3.71. h = \frac{v_0^2}{2g} = 10 \text{ մ:}$$

$$3.72. h_1 = h/(n+1) = 10 \text{ մ:}$$

$$3.73. l = 2\sqrt{h(H-h)}; \quad l_{\max} = H \text{ և այս արժեքն այն ընդունում է } h = H/2\text{-ի դեպքում:}$$

$$3.74. \text{ա) } v = 2\sqrt{gl}; \quad \text{բ) } v = \sqrt{5gl};$$

$$3.75. h = (2H+R)/3 = 60 \text{ սմ, } H_2 = 2,5R = 1 \text{ մ:}$$

$$3.76. v = \sqrt{gR \left(2 + 2\cos\alpha + \frac{1}{\cos\alpha} \right)};$$

$$3.77. T = mg(3\cos\alpha - 2\cos\alpha_0) :$$

$$3.78. h = \frac{l(T-mg)}{2mg} = 1 \text{ մ:} \quad 3.79. \alpha = \arccos(2/3) = 48^\circ$$

$$3.80. h = \frac{2gR+v_0^2}{3g}; \quad R > h > 2R/3: \quad 3.81. v = l\sqrt{\frac{2k}{m}} = 3,6 \text{ կմ/ժ:}$$

$$3.82. x_0 = 2x = 10 \text{ բաժանմունքի:} \quad 3.83. v = g\sqrt{m/k} = 3 \text{ մ/վ:}$$

$$3.84. F = \frac{mg}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{8k(H-l)}{mg}} \right); \quad 3.85. F = (m_1 + m_2)g:$$

$$3.86. v = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = 11,2 \text{ կմ/վ;} \quad \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{2}:$$

$$3.87. h = \frac{v^2 R}{2v_1^2 - v^2} = 6400 \text{ կմ, որտեղ } v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}: \quad 3.88. \Delta W = \frac{Mmv^2}{2(M+m)} = 1,2 \text{ կՋ:}$$

$$3.89. Q = \frac{m_1 m_2 v^2}{2(m_1 + m_2)} = 12 \text{ Ջ;} \quad \frac{Q}{W_{կ1}} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} = 0,5 :$$

$$3.90. \eta = \frac{M}{M+m} = 0,95:$$

$$3.91. \eta = \frac{M}{M+m} = 0,95:$$

$$3.92. \Delta W = \frac{m_1 m_2 (v_1 + v_2)^2}{2(m_1 + m_2)} = 8,33 \text{ Ջ:} \quad 3.93. \Delta W = \frac{m_1 m_2 (v_1^2 + v_2^2)}{2(m_1 + m_2)} = 4,33 \text{ Ջ:}$$

$$3.94. \frac{m_1}{m_2} = \frac{1 + \sqrt{2}\sin(\alpha/2)}{1 - \sqrt{2}\sin(\alpha/2)} = 3:$$

$$3.95. \text{ա) } h = \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2} \right)^2 h_0 = 8 \text{ սմ;} \quad \text{բ) } h_1 = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right)^2 h_0 = 2 \text{ սմ,}$$

$$\text{գ) } h_2 = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2} \right)^2 h_0 = 32 \text{ սմ:}$$

$$3.96. \text{ա) } \frac{W_2}{\Delta W_{կկ}} = \frac{m(v_0 - v_1)}{M(v_0 + v_1)} = 0,002; \quad \text{բ) } \frac{Q}{\Delta W_{կկ}} = 1 - \frac{m(v_0 - v_1)}{M(v_0 + v_1)} = 0,998:$$

$$3.97. Q_1 = 2v\sqrt{Q_2 m} - 4Q_2:$$

$$3.98. \vec{v} = 3,4\vec{j} \text{ մ/վ:}$$

$$3.99. \text{ա) } v_1 = 3,7 \text{ մ/վ, } v_2 = 4,9 \text{ մ/վ, } W_1 = 14 \text{ Ջ, } W_2 = 36 \text{ Ջ,}$$

$$\vec{v} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2} = (2\vec{j} + 2\vec{k}) \text{ մ/վ, } v = 2,8 \text{ մ/վ, } W = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} = 20 \text{ Ջ;}$$

$$\vec{v}'_1 = \vec{v}_1 - \vec{v} = 3\vec{i} - 3\vec{k} \text{ մ/վ, } v'_1 = 3\sqrt{2} \text{ մ/վ, } \vec{v}'_2 = \vec{v}_2 - \vec{v} = -2\vec{i} - 2\vec{k} \text{ մ/վ,}$$

$$v_2' = 2\sqrt{2} \text{ մ/վ}, \quad W_1' = \frac{m_1 v_1'^2}{2} = 18\Omega, \quad W_2' = \frac{m_2 v_2'^2}{2} = 12\Omega:$$

բ) Այդ համակցված մարմինների արագությունը և կինետիկ էներգիան զանգվածների կենտրոնի համակարգում հավասար է զրոյի:

$$3.100. A = -\frac{Mmgh}{M+m}:$$

$$3.101. u = 2v:$$

$$3.102. u = 5v:$$

3.103. $v_2 = v_1/2 = 5\text{մ/վ}$; մարմինը պետք է գնդակի շարժման գծով հեռանա դրանից:

$$3.104. \text{ա)} \frac{M}{m} = \frac{(1+\sqrt{1-n})^2}{n} = 38; \text{բ)} \frac{M}{m} = 1:$$

$$3.105. n = \frac{4k}{(k+1)^2}, \quad n_{\max} = 1, \text{ եթե } k = 1; \quad n_{\min} = 0, \text{ եթե } k = 0 \text{ կամ } k \rightarrow \infty:$$

$$3.106. u_1 = v \sqrt{\frac{M-m}{M+m}} = 0,95v; \quad u_2 = v \sqrt{\frac{2M}{M+m}} = 0,07v; \quad \varphi = \arctg \sqrt{\frac{M-m}{M+m}} = 44^\circ:$$

$$3.107. \alpha_1 = \arctg n = 84^\circ; \quad u_1 = v_1 \frac{\sqrt{n^2+1}}{n+1} = 0,91v_1; \quad u_2 = v_1 \frac{\sqrt{2}}{n+1} = 0,13v_1:$$

$$3.108. \cos \beta = \frac{v_1 v_2}{u_1 u_2} \cos \alpha; \quad 3.109. v_2 = \sqrt{v_1^2 + 4v_0^2 \cos^2 \alpha} = 128\text{մ/վ}:$$

$$3.110. tg \beta = \frac{M+m}{M-m} tg \alpha; \quad M \gg m \text{ պայմանի դեպքում } \beta \approx \alpha, \text{ իսկ}$$

$M \rightarrow \infty$ դեպքում $\beta = \alpha$:

$$3.111. \mu = \frac{n}{1-n} = 0,5; \quad A = -\frac{(1-n)n mgl}{2} = -1,5\Omega:$$

$$3.112. u_1 = v - \frac{F_0 \tau}{m}; \quad u_2 = \frac{F_0 \tau}{m}:$$

$$3.113. \text{ա)} u_2 = \frac{n u_1 \sin \alpha}{(n-1) \sin \beta} = 312,5 \text{ մ/վ}, \quad tg \beta = \frac{n u_1 \sin \alpha}{n u_1 \cos \alpha - v} = 0,75, \quad \beta = 37^\circ$$

անկյուն նոնակի շարժման ուղղության նկատմամբ;

$$\text{բ)} \frac{W_{\text{ը}}}{W_{\text{կ}}} = \frac{n u_1^2 + (n-1) u_2^2}{v^2} = 85:$$

$$3.114. W = m \beta^4 t^2 / 8:$$

$$3.115. F = \beta \sqrt{1 + (2l/R)^2}:$$

$$3.116. \text{ա)} W_{\text{կ}} = \frac{GMm}{2r}, \quad W_{\text{պ}} = GMm \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right), \quad \frac{W_{\text{կ}}}{W_{\text{պ}}} = \frac{1}{2(n-1)} = 5; \quad \text{բ)} \frac{W_{\text{կ}}}{W_{\text{պ}}} = 0,5:$$

$$3.117. A_1 = \frac{3GMm}{8R}, \quad A_2 = \frac{GMm}{3R}, \quad \frac{A_1}{A_2} = \frac{9}{8}:$$

$$3.118. g = G \frac{Mr}{R^3}, \quad \varphi = -G \frac{M}{2R} \left(1 + \frac{r^2}{R^2} \right), \quad \text{եթե } r < R;$$

$$g = G \frac{M}{r^2}, \quad \varphi = -G \frac{M}{r}, \quad \text{եթե } r > R:$$

$$3.119. g = 0, \quad \varphi = -G \frac{M}{R}, \quad \text{եթե } r < R; \quad g = G \frac{M}{r^2}, \quad \varphi = -G \frac{M}{r}, \quad \text{եթե } r > R:$$

$$4.1. M = Fd \sin \alpha = 0,01 \text{ Ն}\cdot\text{մ}, \text{ որտեղ } d = OA:$$

$$4.2. x = \frac{l(m_2 - m_1)}{2(m_2 + m_1)} = 16,7 \text{ սմ}:$$

$$4.3. x = \frac{l(m_3 - m_2)}{2(m_1 + m_2 + m_3)} = 12,5 \text{ սմ}:$$

$$4.4. x = \frac{l(\rho_2 - \rho_1)}{4(\rho_2 + \rho_1)} = 12,1 \text{ սմ}:$$

$$4.5. x_C = \frac{S_1 h_1^2 - S_2 h_2^2}{2(S_1 h_1 + S_2 h_2)} = 2 \text{ սմ}:$$

$$4.6. x = \frac{a\sqrt{3}}{12} = 1,73 \text{ սմ}:$$

$$4.7. x = 0,7 \text{ մ}; y = 0,5 \text{ մ}:$$

$$4.8. l = \frac{h^2}{2h+r} = 4,3 \text{ սմ}; \text{ ծանրության կենտրոնը կլինի բարձր}:$$

$$4.9. x_C = R/6 = 2 \text{ սմ}:$$

$$4.10. x_C = R/14 = 1 \text{ սմ}:$$

$$4.11. F = \frac{mgR}{\sqrt{l(l+2R)}}:$$

$$4.12. F = \frac{mg\sqrt{H(2R-H)}}{R-H}; F \leq mg \text{ եթե } \frac{R}{H} \geq \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}-1} = 3,4:$$

$$4.13. N_{AB} = mg/\sin \alpha; N_{BC} = mg/\tan \alpha; N_{AB} > N_{BC}:$$

$$4.14. m = \sqrt{m_1 m_2} = 3,2 \text{ կգ}:$$

$$4.15. F = mg/2 = 500 \text{ Ն}:$$

$$4.16. F = \frac{mg(1-2n)}{2n} = 25 \text{ Ն}; 4.17. F_1 = \frac{mg(0,5-n)}{1-n} = 250 \text{ Ն}; F_2 = \frac{mg}{2(1-n)} = 750 \text{ Ն}:$$

$$4.18. T_1 = \frac{(m_1 + 2m_2)g}{3} = 16,7 \text{ Ն};$$

$$T_2 = \frac{(2m_1 + 2m_2)g}{3} = 13,3 \text{ Ն}:$$

$$4.19. \text{Առաջին զսպանակից } l = k_2 L / (k_1 + k_2) = 6 \text{ սմ } \text{ cm հեռավորության վրա}:$$

$$4.20. \alpha = \arctg(2\mu) = 31^\circ; \beta = \arctg\mu = 17^\circ: 4.21. \mu \geq \frac{\sin 2\alpha}{2(1 + \sin^2 \alpha)} = 0,35:$$

$$4.22. H = \frac{l}{\sqrt{n^2 + 1}} = 32 \text{ սմ}:$$

$$4.23. F = \frac{mg}{2}, \alpha = 0 \text{ եթե } \mu \geq 0,5 ;$$

$$F = \frac{mg}{2\mu} \sqrt{5\mu^2 - 4\mu + 1}, \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{1-2\mu}{\mu} \text{ եթե } \mu \leq 0,5:$$

$$4.24. \alpha = \arctg(2 + 1/\mu) = 76^\circ:$$

$$4.25. \operatorname{tg} \alpha = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} \frac{l}{\sqrt{4R^2 - l^2}}:$$

$$4.26. F_1 = ma \left(\frac{l}{2b} - 1 \right) = 3 \text{ Ն};$$

$$F_2 = mal/2b = 5 \text{ Ն}:$$

$$4.27. v \leq \sqrt{\mu Rg} = 20 \text{ մ/վ}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{v^2}{Rg} \leq \mu; \alpha \leq 22^\circ:$$

$$4.28. v \geq \sqrt{Rg/\mu} = 50 \text{ մ/վ}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{v^2}{Rg} \geq 1/\mu; \alpha \geq 68^\circ:$$

$$4.29. I = \frac{2}{5} mR^2 = 9,8 \cdot 10^{37} \text{ կգ}\cdot\text{մ}^2:$$

$$4.30. \text{ա) } I = ml^2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ կգ}\cdot\text{մ}^2; \quad \text{բ) } I = ml^2/2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ կգ}\cdot\text{մ}^2:$$

$$4.31. \text{ա) } I = ma^2/3; \quad \text{բ) } I = ma^2/6; \quad ; \text{ Եթե քառակուսին ձևափոխվի շրջանագծի, ապա երկու դեպքում էլ իներցիայի մոմենտը կմեծանա } 12/\pi^2 = 1,2 \text{ անգամ}:$$

4.32. $I = 5mR^2/16$; **4.33. ւ)** $I = m(a^2 + b^2)/12$; **բ)** $I = ma^2/3$:
4.34. $I = mR^2/2$; **4.35.** $M = 1,2mR^2t = 2,3$ Ն·ւ:

4.36. $\mu = \frac{\pi v m R}{F t} = 0,31$; **4.37.** $m = \frac{2(F \cdot R - M_C)}{\varepsilon \cdot R^2} = 5$ կգ:
4.38. $v = \frac{F t}{\pi m R} = 53$ վ⁻¹: **4.39.** $M = \frac{I \omega_0}{t} = 90$ Ն·ւ: $N = \frac{\omega t}{4\pi} = 48$:

4.40. $t = \frac{2N}{v_0} = 100$ վ; $M = \frac{\pi v_0^2 I}{N} = 300$ Ն·ւ: **4.41.** $\varepsilon = \frac{3F}{ml} = 60$ ռադ/վ²:
4.42. $a = \frac{2mg}{2m+M} = 2$ մ/վ²; $T = \frac{mMg}{2m+M} = 8$ Ն:

4.43. $a = \frac{mgR^2}{l+mR^2} = 1,3$ մ/վ²; $v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2mgh}{l+mR^2}} = 0,72$ վ⁻¹:
4.44. $a = \frac{2(m_1 - m_2)g}{2m_1 + 2m_2 + m} = 7$ մ/վ²; $\frac{T_1}{T_2} = \frac{4+m/m_2}{4+m/m_1} = 1,4$:

4.45. $F = mg/4$; **4.46.** $F = \frac{2m_1 m_2 g}{m_1 + 4m_2} = 2,2$ Ն:

4.47. ւ) $a = \frac{2F}{3m} = 4$ մ/վ²; $F_{2\Phi} = \frac{F}{3} = 400$ Ն:
բ) $a = \frac{F}{2m} = 3$ մ/վ²; $F_{2\Phi} = F/2 = 600$ Ն:

4.48. $a = \frac{2g \sin \alpha}{3} = 3,3$ մ/վ²; սահող մարմնի համար $a = g \cdot \sin \alpha = 5$ մ/վ²:
4.49. ւ) $a = \frac{g \sin \alpha}{2} = 2,5$ մ/վ²; **բ)** $a = \frac{5g \sin \alpha}{7} = 3,6$ մ/վ²:

4.50. $a = \frac{2gr^2}{R^2 + 2r^2} = 0,2$ մ/վ²:
4.51. $\operatorname{tg} \alpha < \mu \left(\frac{mR^2}{I} + 1 \right)$: Օղակի համար՝ $\operatorname{tg} \alpha < 2\mu$, $\alpha < 31^\circ$; սկավառակի համար՝ $\operatorname{tg} \alpha < 3\mu$, $\alpha < 42^\circ$; գնդի՝ $\operatorname{tg} \alpha < 3,5\mu$, $\alpha < 46^\circ$:

4.52. ւ) $a = \frac{(R^2 - h^2)g \sin \alpha}{1,4R^2 - h^2}$; **բ)** $a = \frac{5g \sin \alpha}{13}$; **4.53.** $a = \frac{M+m}{2M+m} \cdot g \sin \alpha$:

4.54. ւ) $a = \frac{m g \sin \alpha}{2M+m(1+\cos \alpha)} = 0,4$ մ/վ²; **բ)** $F = (2M + m)a = 42$ Ն:

4.55. $N = \frac{\pi(1+\mu^2)Rv^2}{2\mu(\mu+1)g} = 6,8$; **4.56.** $t = \frac{\omega R}{\mu g}$; $N = \frac{\omega^2 R}{4\pi \mu g}$:

4.57. $t = \frac{3\omega R}{4\mu g}$; $N = \frac{3\omega^2 R}{16\pi \mu g}$; **4.58.** $W_{\eta} = \frac{mv^2}{4} = 3$ Ջ:

4.59. ւ) $W_{\eta} = mv^2 = 4$ Ջ; **բ)** $W_{\eta} = 0,7mv^2 = 2,1$ Ջ:

4.60. $W_{\eta} = \frac{F^2 t^2}{m} = 2$ կՋ: **4.61.** $M = \frac{W_{\eta}}{2\pi N} = 2$ Ն·ւ:

4.62. $L = 2W_{\eta}/(\varepsilon t) = 100$ կգ·մ²/վ; $L = 2W_{\eta}/(\varepsilon t^2) = 5$ Ն·ւ:

4.63. $M = \frac{2\pi I (v_1 - v_2)}{t} = 0,63$ Ն·ւ; $A = \frac{4\pi^2 I (v_2^2 - v_1^2)}{2} = -830$ Ջ;

- $$\varepsilon = \frac{2\pi(\nu_1 - \nu_2)}{2} = 0,31 \text{ վ}^{-2}; \quad N = \frac{\nu_1 + \nu_2}{2} t = 210;$$
- 4.64. $M = \frac{N}{2\pi\nu} = 3,2 \text{ Ն}\cdot\text{վ}:$ 4.65. $M_{2\psi} = \frac{mgR(h_1 - h_2)}{h_1 + h_2} = 0,01 \text{ Ն}\cdot\text{վ}:$
- 4.66. ա) $L = \frac{4\pi R^2 m}{5T} = 7,1 \cdot 10^{33} \text{ կգ}\cdot\text{վ}^2/\text{վ};$ $W_l = \frac{4\pi^2 R^2 m}{5T^2} = 2,6 \cdot 10^{29} \text{ Ջ};$
 բ) $L = 1,1 \cdot 10^{40} \text{ կգ}\cdot\text{վ}^2/\text{վ};$ $W_l = 1,1 \cdot 10^{33} \text{ Ջ}:$
- 4.67. $\nu = \frac{m_2 v}{\pi R(m_1 + 2m_2)} = 0,16 \text{ վ}^{-1};$ $\varphi = \frac{4\pi m_2}{m_1 + 2m_2} = \frac{3\pi}{4} = 135^\circ:$
- 4.68. $\nu_2 = \nu_1 \left(1 + \frac{2m_2}{m_1}\right) = 24 \text{ պր/րոպ}:$
- 4.69. $\frac{W_2}{W_1} = 1 + \frac{2m_2}{m_1} = 1,6;$ $\Delta W = 2\pi^2 \nu_1^2 R^2 m_2 \left(1 + \frac{2m_2}{m_1}\right) = 267 \text{ Ջ}:$
- 4.70. $v = \sqrt{\frac{4gh}{3}} = 3,7 \text{ մ/վ};$ սահող մարմնի համար $v = \sqrt{2gh} = 4,5 \text{ մ/վ}:$
- 4.71. ա) $v = \sqrt{gh} = 3,2 \text{ մ/վ};$ բ) $v = \sqrt{\frac{10gh}{7}} = 3,8 \text{ մ/վ}:$
- 4.72. $v = \sqrt{3gl} = 3 \text{ մ/վ};$ $\omega = \sqrt{\frac{3g}{l}} = 10 \text{ ռադ/վ};$ նյութական կետի համար; $v = \sqrt{2gl} = 2,4 \text{ մ/վ};$ $\omega = \sqrt{\frac{2g}{l}} = 8,2 \text{ ռադ/վ}:$
- 4.73. $v = \sqrt{3gl(1 - \cos\varphi)} = 1,5 \text{ մ/վ};$ նյութական կետի համար;
 $v = \sqrt{2gl(1 - \cos\varphi)} = 1,2 \text{ մ/վ}:$
- 4.74. ա) $\alpha = \arccos(10/17) = 54^\circ;$ բ) $\alpha = \arccos\left(\frac{6}{11}\right) = 57^\circ:$
- 4.75. $h = \frac{10H_1 + 7R}{17} = 58 \text{ սմ},$ $H_2 = 2,7R = 1,08 \text{ մ}:$
- 4.76. $l = \frac{L}{\sqrt{3}} = 58 \text{ սմ}:$ 4.77. $\cos\alpha = 1 - \frac{3m^2 v^2}{g l (M+m)(4M+3m)}:$
- 4.78. $v = v_0 - \frac{M \sin(\frac{\alpha}{2})}{m} \sqrt{\frac{2gl}{3}} = 324 \text{ մ/վ}:$
- 4.79. ա) $H_1 = \frac{2v^2 h(R-h)^2(2R-h)}{gR^4};$ բ) $H_2 = \frac{9}{16} H_1:$
- 5.1. $T = 2\pi v_m/a_m = 3,1 \text{ վ};$ $A = v_m^2/a_m = 10 \text{ սմ}:$
- 5.2. $T = 0,5 \text{ վ};$ $v_m = 0,38 \text{ մ/վ};$ $a_m = 4,7 \text{ մ/վ}^2;$ $t = 0,19 \text{ վ}:$
- 5.3. $x = 0,05 \cos(\pi t \pm \pi/3):$

$$5.4. A = \sqrt{x_0^2 + \left(\frac{v_{0x}}{2\pi\nu}\right)^2} = 2 \text{ սմ}; \quad \varphi_0 = -\arctg \frac{v_0}{2\pi\nu x_0} = -\frac{\pi}{6} + n\pi;$$

$$x = 0,02 \cos(4\pi t + 5\pi/6):$$

$$5.5. \text{ա)} v_x = -0,31 \text{ մ/վ}; \text{բ)} v_x = 0; \quad 5.6. T = 2 \text{ վ}; \nu = 0,5 \text{ Հգ}; \quad 5.7. \Delta t = T/3:$$

$$5.8. \text{ա)} \bar{v} = 4A/T = 0,67 \text{ մ/վ}; \quad \text{բ)} \bar{v} = 6A/T = 1 \text{ մ/վ}; \quad \text{գ)} \bar{v} = 3A/T = 0,5 \text{ մ/վ};$$

$$5.9. v = \frac{2\pi}{T} \sqrt{A^2 - x^2} = 6,3 \text{ սմ/վ};$$

$$5.10. T = 2\pi \sqrt{\frac{|x|}{a}} = 1,3 \text{ վ}; \quad A = \sqrt{\frac{|x|v^2}{a} + x^2} = 5 \text{ սմ};$$

$$5.11. T = 2\pi \sqrt{\frac{x_2^2 - x_1^2}{v_1^2 - v_2^2}} = 4,2 \text{ վ}; \quad A = \sqrt{\frac{x_2^2 v_1^2 - x_1^2 v_2^2}{v_1^2 - v_2^2}} = 7,3 \text{ սմ};$$

$$5.12. \text{ա)} t = T/4 + \tau/2; \quad \text{բ)} t = 3T/4 + \tau/2:$$

$$5.13. A = 7 \text{ սմ էրբ } \Delta\varphi = 0; \quad A = 3 \text{ սմ էրբ } \Delta\varphi = \pi \text{ ռադ};$$

$$5.14. \Delta\varphi = \arccos \frac{A^2 - A_1^2 - A_2^2}{2A_1 A_2} = 60^\circ:$$

$$5.15. A = 5 \text{ սմ}; \varphi_0 = 37^\circ; \quad 5.16. x_1 = 0,039 \sin(\pi t + 5\pi/12); \quad 5.17. A = 7 \text{ սմ};$$

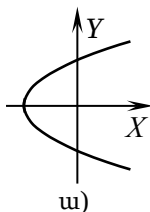
$$5.18. A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2} = 4 \text{ սմ}; \quad \text{ա)} x = 0,04 \sin(\omega t + \pi/3);$$

$$\text{բ)} x = 0,04 \cos(\omega t - \pi/6):$$

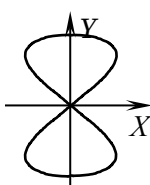
$$5.19. v = \Delta v = 2 \text{ Հգ}; T = 1/\Delta\nu = 0,5 \text{ վ};$$

$$5.20. A = 2 \text{ սմ}; \quad \omega_1 = 48 \text{ վ}^{-1}; \quad \omega_2 = 52 \text{ վ}^{-1}; \quad T = 1,57 \text{ վ};$$

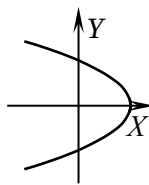
5.21.



ա)



բ), գ)



դ)

$$5.22. \text{ա)} A = 7 \text{ սմ}; \text{բ)} A = 5 \text{ սմ}; \quad 5.23. \varphi_0 = \pi/2; \omega_2/\omega_1 = 1; \text{ էթե փոխեր կետի շարժման ուղղությունը, ապա } \varphi_0 = -\pi/2:$$

$$5.24. \varphi_0 = 0; \quad \omega_2/\omega_1 = 2; \text{ էթե փոխեր կետի շարժման ուղղությունը, ապա } \varphi_0 = \pi:$$

$$5.25. F_m = 0,2 \text{ մՆ}; W = 4,9 \text{ մՋ}; \quad 5.26. \text{ա)} t = \frac{T}{12} = 0,2 \text{ վ}; \text{բ)} t = \frac{T}{8} = 0,3 \text{ վ};$$

$$5.27. \varphi = \pi/6:$$

$$5.28. \frac{x}{A} = \sqrt{\frac{n}{n+1}} = 0,87:$$

$$5.29. v = \sqrt{\frac{2W}{m} - \omega_0^2 x^2} = 1 \text{ մ/վ};$$

$$5.30. F_m = \frac{2\pi\sqrt{2mW}}{T} = 3,1 \text{ Ն};$$

$$5.31. W_{uy} W_{uy} = xma/2 = 0,1 \text{ Ջ:}$$

$$5.32. T = 2\pi \sqrt{\frac{A}{g}} = 0,2 \text{ վ:}$$

$$5.33. T = 2\pi \sqrt{\frac{A}{\mu g}} = 0,6 \text{ վ:}$$

$$5.34. T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2b}}:$$

$$5.35. T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2a^2b}}:$$

5.36. Յուշում. $W_{uy}(x)$ ֆունկցիան, իր մինիմումի կետի շրջակայքում, կարելի է վերլուծել Թեյլորի շարքի: $T = 2\pi \sqrt{\frac{ma}{b^2}}:$

$$5.37. W = \frac{kA^2}{2} = 0,05 \text{ Ջ; } v_m = A \sqrt{\frac{k}{m}} = 0,5 \text{ մ/վ:}$$

$$5.38. m = 0,1 \text{ կգ; } F_m = 0,05 \text{ Ն; } v_m = 0,31 \text{ մ/վ; } W = 5 \text{ մՋ:}$$

$$5.39. T = 2\pi \sqrt{\frac{\Delta l}{g}} = 0,63 \text{ վ:}$$

$$5.40. T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} = 5 \text{ վ:}$$

$$5.41. A = mg/k = 1 \text{ սմ; } W = m^2 g^2 / 2k = 2,5 \text{ մՋ:}$$

$$5.42. T = \frac{2\pi(M+m)A}{mv}:$$

$$5.43. A = \sqrt{\frac{mg}{k} \left(\frac{mg}{k} + 2h \right)},$$

$$W = mgh + \frac{m^2 g^2}{2k}:$$

$$5.44. \text{ա) } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}} = 0,11 \text{ վ:}$$

$$\text{բ) } T = \pi \left(\sqrt{\frac{m}{k_1}} + \sqrt{\frac{m}{k_2}} \right) = 0,17 \text{ վ:}$$

$$5.45. A = \frac{k_2 l}{k_1 + k_2} = 0,6 \text{ սմ:}$$

$$5.46. T = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)k}}:$$

$$5.47. T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{a} - \frac{\tau^2}{2}};$$

$$A = \sqrt{l^2 - \left(\frac{a\tau^2}{2} \right)^2}:$$

$$5.48. l_1 = \Delta l / (n^2 - 1) = 48 \text{ սմ:}$$

$$5.49. T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} = 5 \text{ վ:}$$

$$5.50. l = 1 \text{ մ; } \alpha_m = 5,7^\circ; a = 1 \text{ մ/վ}^2:$$

5.51. $A = l \cdot \sin \alpha = 3,5 \text{ սմ; } v_m = \sqrt{gl} \sin \alpha = 0,17 \text{ մ/վ; } v_m = g \sin \alpha = 0,87 \text{ մ/վ}^2;$
 $W = (mgl \cdot \sin^2 \alpha) / 2 = 0,15 \text{ մՋ:}$

$$5.52. \frac{t_2}{t_1} = \frac{\pi\sqrt{2}}{4} = 1,1:$$

$$5.53. h = (n - 1)R_b = 6,4 \cdot 10^6 \text{ մ:}$$

$$5.54. \Delta t = ht / (R_b + h) = 2,7 \text{ վ:}$$

$$5.55. T_l / T_b = \frac{\sqrt{n_1}}{n_2} = 2,5:$$

$$5.56. T = \pi \left(\sqrt{\frac{l}{g}} + \sqrt{\frac{l-a}{g}} \right) = 0,94 \text{ վ:}$$

$$A_{\lambda \text{ախ}} / A_{\lambda \text{զ}} = \sqrt{\frac{l}{l-a}} = 2:$$

$$5.57. a = g \left(1 - \frac{N^2 T_0^2}{t^2} \right) = 3,6 \text{ մ/վ}^2, \text{ արագացումն ուղղված է ներքև:}$$

$$5.58. v = \frac{g(m+M) \sin(\frac{\alpha}{2})}{\pi m v_0}:$$

$$5.59. T = 2\pi \sqrt{\frac{2l}{3g}} = 0,63 \text{ վ; } l_F = \frac{2l}{3} = 10 \text{ սմ:}$$

$$5.60. a = \frac{\sqrt{3}l}{2} = 4,3 \text{ սմ}; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{\sqrt{3}g}} = 0,58 \text{ վ};$$

$$5.61. T = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}} = 1,8 \text{ վ}; \quad l_p = 2R = 80 \text{ սմ};$$

$$5.62. T = 2\pi \sqrt{\frac{1,5R}{g}} = 1,54 \text{ վ}; \quad 5.63. T = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{mg+kl}};$$

$$5.64. T = 2\pi \sqrt{\frac{0,25ml}{F}} = 0,16 \text{ վ}; \quad 5.65. T = 2\pi \sqrt{\frac{l_1 l_2}{ag}};$$

$$5.66. T = 2\pi \sqrt{\frac{V}{2gS}} = 0,8 \text{ վ}; \quad l = \frac{V}{2S} = 16 \text{ սմ, որը համընկնում խողովակի ծնկերից մեկում հեղուկի սյան բարձրության հետ:}$$

$$5.67. T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\rho g S}} = 2,5 \text{ վ}; \quad 5.68. T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 3,4 \text{ վ};$$

$$5.69. \text{Գլանի համար } T = 2\pi \sqrt{\frac{3(R-r)}{2g}}; \text{ գնդի համար } T = 2\pi \sqrt{\frac{7(R-r)}{5g}};$$

$$5.70. T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{l}{R^2+m}}{k}}; \quad 5.71. \text{Տախտակի վրա ազդող համագոր ուժը } F =$$

$$= \frac{2\mu mg}{l} x, \text{ հետևաբար այն կատարում է } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{2\mu g}} = 1,5 \text{ վ պարբերությունների ներդաշնակ տատանումներ:}$$

$$5.72. T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} = 1,4 \text{ ժ}; \quad v = \sqrt{gR} = 7,8 \text{ կմ/վ, այսինքն, առաջին տիեզերական արագություն:}$$

$$5.73. \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} - \Omega^2; \quad 5.74. \beta = 2 \text{ վ}^{-1}; \quad \tau = 0,5 \text{ վ}; \quad \omega_0 = 3,7 \text{ վ}^{-1}; \quad \delta = 4;$$

$$5.75. x = 0,055 e^{-0,5t} \sin(\pi t/2);$$

$$5.76. t_n = [\arctg(\omega/\beta) + n\pi]/\omega = 0,8 \text{ վ}; 2,8 \text{ վ}; 4,8 \text{ վ}; \dots;$$

$$5.77. \beta = \frac{\ln n_1}{t_1} = 0,069 \text{ վ}^{-1}; \quad n_2 = n_1^{t_2/t_1} = 8:$$

$$5.78. \delta = \frac{\ln n_1}{N_1} = 0,069; \quad n_2 = n_1^{N_2/N_1} = 8:$$

$$5.79. \beta = 2\pi \sqrt{\frac{1}{T_0^2} - \frac{1}{T^2}} = 0,94 \text{ վ}^{-1}; \quad \delta = 2\pi \sqrt{\left(\frac{T}{T_0}\right)^2 - 1} = 4,7:$$

$$5.80. \delta = \ln \frac{x_1}{x_2} = 0,223; \quad \beta = \sqrt{\frac{g\delta^2}{l \cdot (\delta^2 + 4\pi^2)}} = 0,11 \text{ վ}^{-1};$$

$$5.81. \delta = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 \tau^2 - 1}} = 0,001; \quad 5.82. \beta \geq \sqrt{\frac{g}{\Delta l}} = 20 \text{ վ}^{-1}; \quad \delta \rightarrow \infty;$$

$$5.83. v = \frac{l}{\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = 20 \text{ մ/վ:}$$

$$5.84. v_{n\text{եզ}} = \sqrt{2v^2 - v_0^2} = 98 \text{ Հգ.}$$

$$5.85. \delta = 2\pi\sqrt{1-n^2} = 1,53.$$

$$5.86. v_{n\text{եզ}} = \frac{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}{2} = 1020 \text{ Հգ.}$$

$$5.87. v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{r}{2m}\right)^2} = 4,8 \text{ Հգ; } v_{n\text{եզ}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m} - 2\left(\frac{r}{2m}\right)^2} = 4,5 \text{ Հգ;}$$

$$A_{n\text{եզ}} = \frac{F_0}{2\pi\nu r} = 3,3 \text{ մմ:}$$

$$5.88. A = \frac{F_0}{2\beta m \omega_0}; \quad \frac{A}{A_0} = \frac{\omega_0}{2\beta}; \quad \varphi = \frac{\pi}{2}:$$

$$5.89. \langle N \rangle = (F_m A \sin \varphi)/2, \text{ մինիմալ արժեք ընդունում է, երբ } \varphi = 0 \text{ կամ } \pi,$$

$$\text{իսկ մաքսիմում՝ երբ } \varphi = \pi/2:$$

$$5.90. \text{tg}\varphi = \sqrt{(\omega_0/\beta)^2 - 2}, \quad \varphi = 84^\circ:$$

$$5.91. \text{Օդում } \lambda_1 = 17 \text{ մ; } \lambda_2 = 17 \text{ մմ; ջրում } \lambda_1 = 75 \text{ մ; } \lambda_2 = 75 \text{ մմ:}$$

$$5.92. v = \lambda\nu = 340 \text{ մ/վ; } v_m = 2\pi\nu A = 0,5 \text{ մ/վ:}$$

$$5.93. T = \frac{\lambda}{c} = 0,2 \text{ վ; } A = \frac{v_m \lambda}{2\pi c} = 3,2 \text{ սմ:} \quad 5.94. \lambda = \frac{t_2}{t_1} l = 3,3 \text{ մ:}$$

$$5.95. v = \frac{N_1 l}{N_2 t} = 3 \text{ մ/վ:}$$

$$5.96. v_2 = v_1 + \nu \Delta \lambda = 1,5 \text{ կմ/վ:}$$

$$5.97. T = 0,01 \text{ վ; } \lambda = 3,1 \text{ մ; } v = 300 \text{ մ/վ; } v_{\text{ս}} = 6 \text{ մ/վ:}$$

$$5.98. v = \frac{2\pi\nu \Delta x}{\Delta \varphi} = 15 \text{ մ:} \quad 5.99. \xi = -4,3 \text{ սմ; } v_\xi = -63 \text{ մ/վ; } a_\xi = 2,7 \cdot 10^5 \text{ մ/վ}^2:$$

$$5.100. \mathbf{u}) \xi = 0,1 \sin(3\pi t - 0,01\pi x); \mathbf{p}) \xi = -0,1 \sin(3\pi t); \mathbf{q}) \xi = 0,1 \sin(0,01\pi x):$$

$$5.101. \xi = 1 \text{ սմ:}$$

$$5.102. \text{Առաջին ալիքին համապատասխանում է մեծ լայնությամբ, հետևաբար դրա ուժգնությունը բարձր է:}$$

$$5.103. \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{a_{m1} A_2}{a_{m2} A_1}} = 0,5:$$

$$5.104. T = 6 \text{ վ; } v = 0,5 \text{ մ/վ; } \lambda = 3 \text{ մ:}$$

$$5.105. \mathbf{u}) l_2 - l_1 = 5\lambda, \text{ կնկատվի ուժեղացում; } \mathbf{p}) l_2 - l_1 = 2,5\lambda, \text{ թուլացում:}$$

$$5.106. \lambda = 2l/3 = 40 \text{ սմ:}$$

$$5.107. u = \frac{v(v_1 - v_2)}{v_1 + v_2} = 120 \text{ կմ/ժ;}$$

$$\nu_0 = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = 990 \text{ Հգ:}$$

$$5.108. \nu_1 = 50 \text{ կՀգ; } \nu_2 = \frac{\nu_0(v+u)}{v-u} = 51,8 \text{ կՀգ:} \quad 5.109. \Delta\nu = \frac{2v\nu_0\omega A}{v^2 - (\omega A)^2} = 6 \text{ Հգ:}$$

$$5.110. \mathbf{u}) \nu = \frac{v}{l} + \frac{1}{T} = 2 \text{ Հգ;}$$

$$\mathbf{p}) \nu = \frac{v}{l} - \frac{1}{T} = 1 \text{ Հգ:}$$

$$5.111. \mathbf{u}) \tau = \tau_0 \left(1 - \frac{u}{v}\right) = 5,47 \text{ վ; } \mathbf{p}) \tau = \tau_0 \left(1 + \frac{u}{v}\right) = 6,53 \text{ վ:}$$

$$5.112. \mathbf{u}) \tau = \frac{\tau_0}{1+u/v} = 5,51 \text{ վ; } \mathbf{p}) \tau = \frac{\tau_0}{1-u/v} = 6,58 \text{ վ:}$$

$$6.1. h = \frac{p-p_0}{\rho g} = 30 \text{ մ:}$$

$$6.2. p = \rho g \left(\frac{4V}{\pi d^2} - h \right) = 10 \text{ կՊա:}$$

$$6.3. p = \frac{2\rho\rho_1 gh}{\rho + \rho_1} = 9,3 \text{ կՊա: } \rho\text{-ն ջրի խտությունն է, } \rho_1\text{-ը՝ սնդիկինը:}$$

$$6.4. m = 4\pi R^2 p / g = 5,2 \cdot 10^{18} \text{ կգ};$$

$$6.5. F_{\Delta u_2, h} = \rho g V + p_0 V^{2/3} = 480 \text{ կՆ}; \quad F_{\Delta u_2, l} = 0,5 \rho g V + p_0 V^{2/3} = 440 \text{ կՆ};$$

$$6.6. F_{\Delta u_2, u} = (p_0 + \rho g h) a^2 = 4,4 \text{ կՆ}; \quad F_{\Delta u_2, l} = (p_0 + \rho g (h - a)) a^2 = 4,32 \text{ կՆ};$$

$$F_{\Delta u_2, l} = (p_0 + \rho g (h - a/2)) a^2 = 4,36 \text{ կՆ}; \quad F_{\text{համ}} = \rho g a^3 = 80 \text{ Ն};$$

$$6.7. T = \frac{\rho g l S_1 S_2}{S_1 - S_2} = 5 \text{ Ն};$$

$$6.8. \frac{S_2}{S_1} = \frac{h_1 \rho_g}{h_2 \rho_u} - 1 = 4;$$

$$6.9. h = \frac{\rho_g (h_1 + h_2)}{3 \rho_u} = 7,4 \text{ սմ};$$

$$6.10. h = \frac{2 H \rho_g}{2 \rho_g - \rho_j} = 36 \text{ սմ};$$

$$6.11. F_2 = \frac{F_1 h_1}{h_2} = 10 \text{ կՆ};$$

$$6.12. \eta = \frac{Q}{n F} 100\% = 90\%;$$

$$6.13. \eta = \frac{F_2 h_1 S_1}{A S_2};$$

$$6.14. h_2 = \frac{h_1 (M_1 + M_2 + m)}{M_2} = 25 \text{ սմ};$$

$$6.15. N = \frac{\rho V (1-n) - M}{m} < 3; \text{ Կբարձրացնի 2 ուղևորի};$$

$$6.16. F_{\eta} = \Delta m g / 2 = 500 \text{ Ն}; \quad V = (2m - \Delta m) / (2\rho) = 1100 \text{ մ}^3;$$

$$6.17. F = \rho g V = 39 \text{ կՆ}; \quad h = \frac{g t^2}{2} \left(\frac{\rho V}{m} - 1,6 \right) = 500 \text{ մ};$$

$$6.18. h = H \left(\rho_g / \rho - 1 \right) = 45 \text{ սմ};$$

$$6.19. \frac{F}{m g} = \frac{\rho_h}{\rho_u} - 1 = 3;$$

$$6.20. Q = m g h (1 - \rho_h / \rho);$$

$$6.21. A = m g (h_1 + h_2) - \rho_g V h_1 = 3,4 \text{ կՋ};$$

$$6.22. A = \frac{S H^2 (\rho_g - \rho) g}{2 \rho_g} = 5 \text{ Ջ};$$

$$6.23. W_l = m g h (1 - \rho_g / \rho_w) = 6,3 \text{ Ջ};$$

$$6.24. V_2 = \frac{\rho_u V_1}{\rho_g - \rho_u} = 9 \text{ սմ}^3;$$

$$6.25. k = 1 - 1/n = 0,8;$$

$$6.26. n_2 = \frac{n_1 \rho_1}{\rho_2} = 0,6;$$

$$6.27. M = m \cdot 100/n = 3000 \text{ տ};$$

$$6.28. k = \rho / \rho_h = 1 / (1 - n) = 10;$$

$$6.29. V = m \left(2 / \rho_g - 1 / \rho \right) = 187 \text{ սմ}^3;$$

$$6.30. M = \frac{m \rho_1}{\rho_g - \rho_1} = 4 \text{ կգ};$$

$$6.31. \rho_1 = n \left(\rho_g - \rho \right) + \rho = 1300 \text{ կգ/մ}^3;$$

$$6.32. n_2 = \frac{n_1 \rho_g - \rho_l}{\rho_g - \rho_j} = 0,5;$$

$$6.33. n = \frac{V_2}{V} = \frac{\rho - \rho_1}{\rho_2 - \rho_1};$$

$$6.34. M = \frac{m (\rho_g - \rho)}{\rho} = 80 \text{ կգ};$$

$$6.35. N = \frac{4m}{\pi d^2 l (\rho_g - \rho)} = 32;$$

$$6.36. \Delta h = \frac{\rho V}{\rho_0 S};$$

$$6.37. \text{Մակարդակը չի փոխվի};$$

$$6.38. h = H \left(1 - \rho_g / \rho_{uj} \right) = 1,7 \text{ սմ};$$

$$6.39. \text{Առաջին անոթում}$$

$$\text{մակարդակը կբարձրանա } \Delta h_1 = \frac{m \rho_2}{\rho_1 (\rho_1 S_2 + \rho_2 S_1)} \text{ չափով, երկրորդ անոթում}$$

$$\text{կբարձրանա } \Delta h_2 = \frac{m}{\rho_1 S_2 + \rho_2 S_1} \text{ չափով};$$

$$6.40. V = \frac{Q}{g(\rho - \rho_g)} = 250 \text{ սմ}^3:$$

$$6.41. \rho = \frac{\rho_g^n}{n-1} = 1500 \text{ կգ/մ}^3:$$

$$6.42. \text{կշիռը կփոքրանա } 100/n = 25 \% \text{-ով:}$$

$$6.43. Q_F = Q_g \frac{\rho_{uy} - \rho_F}{\rho_{uy} - \rho_g} = 69 \text{ Ն:}$$

$$6.44. \rho = \rho_g \frac{Q_1 - Q_3}{Q_1 - Q_2} = 500 \text{ կգ/մ}^3:$$

$$6.45. V = \frac{Q_2 - Q_1}{(\rho_g - \rho_F)g} = 3 \text{ ղմ}^3; \quad V_H = \frac{(\rho_{uw} - \rho_g)Q_2 - (\rho_{uw} - \rho_F)Q_1}{(\rho_g - \rho_F)\rho_{wg}} = 1 \text{ ղմ}^3:$$

$$6.46. m = \frac{Q_1}{g} = 0,3 \text{ կգ}; \quad m_d = \frac{Q_1(\rho_n - \rho_g) - Q_2\rho_n}{\rho_g(\rho_n - \rho_w)g} \rho_w = 0,24 \text{ կգ:}$$

$$6.47. \rho_{uf} = \frac{\rho_g F_1}{F_1 - F_2} = 3000 \text{ կգ/մ}^3:$$

$$6.48. T = mg \left(\frac{n\rho_g}{\rho} - 1 \right) = 10 \text{ Ն:}$$

$$6.49. T = \frac{\rho_g V g (n-2)}{2(n+1)} = 12,5 \text{ մՆ:}$$

$$6.50. x = \frac{L(\rho V - M)}{m} = 10 \text{ սմ:}$$

$$6.51. \rho_\alpha = \rho_g n(2-n) = 750 \text{ կգ/մ}^3:$$

$$6.52. l_1 = \frac{l(\rho_2 - \rho)}{\rho_1 + \rho_2 - 2\rho} = 24 \text{ սմ, որտեղ } \rho_1 \text{ -ը}$$

կապարի խտությունն է, ρ_2 -ը՝ պողպատինը, ρ -ն՝ ջրինը:

$$6.53. \text{Մակերևույթը հորիզոնի նկատմամբ թեքված է } \alpha = \arctg \frac{a}{g} \text{ անկյան տակ:}$$

$$6.54. \beta = \alpha - \arctg \mu: \quad \text{ա) } \beta = \alpha = 30^\circ; \quad \text{բ) } \beta = 19^\circ; \quad \text{գ) } \beta = 0:$$

$$6.55. p = 0,5\rho\omega^2 x^2 + p_0: \text{ Ցուցում. Հարմար է սկզբում ստանալ}$$

$$\frac{dp}{dx} = \rho\omega^2 x \text{ առնչությունը:}$$

$$6.56. \omega = \sqrt{\frac{gtg\alpha}{R - l \sin\alpha}}:$$

$$6.57. F_{ly} = V(\rho - \rho_0)\omega^2 R; \quad F_h = V(\rho - \rho_0)g:$$

$$6.58. v = \frac{v_1 S_1 - v_2 S_2}{S} = 1,5 \text{ մմ/վ:} \quad 6.59. p = \rho S v^3 / 2 = 6,5 \text{ Վտ:}$$

$$6.60. N = \rho q \left(gh + \frac{q^2}{2S^2} \right) = 1,5 \text{ կՎտ, որտեղ } q = \frac{V}{t}:$$

$$6.61. v_2 = \frac{v_1 S_1}{S_2} = 20 \text{ մ/վ}; \quad p_2 = p_1 - \frac{\rho v_1^2}{2} \left[\left(\frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1 \right] = 250 \text{ կՊա:}$$

$$6.62. v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{(n^2-1)\rho}} = 0,5 \text{ մ/վ:} \quad 6.63. v_2 = \sqrt{\frac{2(p_1 - p + \rho_g gh)}{\rho}} + v_1^2 = 200 \text{ մ/վ:}$$

$$6.64. v_n = \sqrt{v_1^2 - 2gh(n-1)} = 15,5 \text{ մ/վ: ջուրը չի բարձրանա 11-րդ հարկ:}$$

$$6.65. S_2 = \frac{S_1}{\sqrt{1+3gh/v^2}} = 1 \text{ սմ}^2:$$

$$6.66. v = \sqrt{\frac{2F}{\rho S}} = 10 \text{ մ/վ:}$$

$$6.67. v = \sqrt{2gh} = 2 \text{ մ/վ:}$$

$$6.68. r = \sqrt{\frac{q}{\pi\sqrt{2gh}}} = 5,6 \text{ մմ:}$$

$$6.69. h = H/2; \quad l_{\max} = H:$$

$$6.70. v_{\max} = \sqrt{2h(g + 4\pi^2 A/T^2)} = 1,7 \text{ մ/վ:}$$

$$v_{\min} = \sqrt{2h(g - 4\pi^2 A/T^2)} = 1,1 \text{ մ/վ:}$$

$$6.71. \tau = \frac{s}{\sigma} \sqrt{\frac{2H}{g}} = 53 \text{ րոպ; } h = H(1 - t/\tau)^2:$$

$$6.73. v = \frac{\eta Re_{lp}}{\rho R} 0,1 \text{ մ/վ; } V/t = \pi R^2 v = 31 \text{ սմ}^3/\text{վ:}$$

$$6.74. t = 8\eta l V / \pi r^4 \rho g h = 11 \text{ րոպ; } \langle v \rangle = r^2 \rho g h / 8\eta l = 5 \text{ սմ/վ; } Re = 5, \text{ հետևաբար հոսքը կարելի է համարել լամինար:}$$

$$6.75. \bar{v} = \frac{v_0}{2}; \quad W_l = \frac{1}{6} \pi \rho l v_0^2 R^2; \quad F = 4\pi \eta v_0 l:$$

$$6.76. \eta = \frac{(\rho_{uy} - \rho_{ql}) g d^2}{18 v} = 1,2 \text{ Պսփ; } Re = \frac{\rho_{ql} v r}{\eta} = 0,1, \text{ հոսքը լամինար է:}$$

$$6.77. v = \frac{2 \rho g r^2}{9 \eta} = 1,2 \text{ սմ/վ, } Re = \frac{\rho_{on} v r}{\eta} = 0,009, \text{ հոսքը լամինար է:}$$

$$6.78. r_{\max}^3 = \frac{9 \eta^2 Re_{lp}}{2(\rho_g - \rho_{on}) \rho_{on} g}; \quad r_{\max} = 0,05 \text{ մմ, անձրևի կաթիլների}$$

նկատմամբ Մթոքսի բանաձևը կիրառելի չէ:

$$6.79. v_0 = \frac{(\rho_{uy} - \rho_l) g d^2}{18 \eta} = 3,4 \text{ սմ/վ; } v = v_0 \left[1 - \exp \left(- \frac{18 \eta t}{(\rho_{uy} - \rho_l) d^2} \right) \right];$$

$$t = - \frac{v_0}{g} \ln \frac{n}{100} = 0,016 \text{ վ: } 2 \text{ րջանցումը լամինար է, քանի որ } Re \approx 0,05:$$

$$6.80. M = \frac{\pi \eta \omega R^4}{2 h}:$$

$$7.1. v = c \sqrt{n^2 - 1} = 0,87 c = 260 \text{ Մմ/վ:}$$

$$7.2. \Delta l = 2R(1 - \sqrt{1 - \beta^2}) \approx \frac{R v^2}{c^2} = 6,4 \text{ սմ, որտեղ } \beta = v/c:$$

$$7.3. t = \frac{\tau}{1 - \sqrt{1 - \beta^2}} \approx \frac{2 \tau c^2}{v^2} = 2 \cdot 10^7 \text{ վ} = 23 \text{ օր, որտեղ } \beta = v/c:$$

$$7.4. v = \frac{lc}{\sqrt{l^2 + (ct)^2}} = 0,93 c = 279 \text{ Մմ/վ; } t' = \frac{l}{v} = 108 \text{ տարի:}$$

$$7.5. \text{ա) } l = v \tau = 300 \text{ մ; } \text{բ) } l = \frac{v \tau}{\sqrt{1 - \beta^2}} = 6,7 \text{ կմ, որտեղ } \beta = v/c:$$

$$7.6. l = c \sqrt{\tau^2 - \tau_0^2} = 1200 \text{ մ; } v = c \sqrt{1 - (\tau_0/\tau)^2} = 0,8 c = 240 \text{ Մմ/վ:}$$

$$7.7. l_0 = c \sqrt{\tau_2^2 - \tau_1^2} = 90 \text{ սմ: } 7.8. \tau = \frac{l_0(1 - \sqrt{1 - \beta^2})}{v} = 2,9 \text{ նվ, որտեղ } \beta = v/c:$$

$$7.9. tg \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = 2,29, \text{ որտեղից } \alpha = 133^\circ \text{ կամ դրան կից } 47^\circ:$$

$$7.10. \text{ա) } n_\Sigma; \quad \text{բ) } \text{այո: } 7.11. \text{ա) } v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}} = 0,95 c = 285 \text{ Մմ/վ:}$$

$$\mathbf{p}) v = \frac{v_1 - v_2}{1 - \frac{v_1 v_2}{c^2}} = 0,38c = 110 \text{ Մ/վ}:$$

$$7.12. v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - \left(\frac{v_1 v_2}{c}\right)^2} = 0,88c: \quad 7.13. l = l_0 \frac{1 - (v/c)^2}{1 + (v/c)^2} = 10 \text{ սմ}:$$

$$7.20. \mathbf{u}) \frac{T_l^{nbl}}{T_l^{\eta wu}} = \frac{2}{\beta^2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) = 1,008; \quad \mathbf{p}) \frac{T_l^{nbl}}{T_l^{\eta wu}} = 3,2:$$

$$7.22. \Delta m = \frac{P\tau}{c^2} = 4,2 \cdot 10^9 \text{ կգ}; \quad t = \frac{mc^2}{2P} = 2,4 \cdot 10^{20} \text{ c} = 7,5 \cdot 10^{12} \text{ տարի}:$$

$$7.23. \Delta m = \frac{m_0(\lambda + c_{\text{տես}} \Delta t)}{c^2} = 8,3 \cdot 10^{-12} \text{ կգ}; \quad 7.24. E/E_0 = 1/\sqrt{1 - \beta^2} = 1,25:$$

$$7.25. v = c\sqrt{1 - (E_0/E)^2} = 0,8c = 2,4 \cdot 10^8 \text{ մ/վ}:$$

$$7.26. \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = 2,3; \quad 7.27. \frac{E}{E_0} = 1 + \frac{eU}{m_0 c^2} = 3:$$

$$7.28. U = \frac{m_0 c^2}{e} \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) = 1,1 \text{ ՄՎ}:$$

$$7.29. v = \frac{c\sqrt{n(n+2)}}{n+1} = 0,98c = 290 \text{ Մ/վ}; \quad 7.30. \frac{T_l}{E} = 1 - \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 0,4:$$

$$7.31.: p = Ev/c^2; \quad 7.32. p = \sqrt{T_l(T_l + 2E_0)}/c:$$

$$7.33. v = \frac{cn}{\sqrt{n^{2261} + 1}} = 260 \text{ Մ/վ}; \quad 7.34. t = E_0 l / (vE) = 8 \text{ րոպ}:$$

7.35. Ցուցում. Կարելի է օգտվել (7.7) և (7.8), կատարելով ըստ

$$\text{ժամանակի ածանցում՝ } \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{\vec{F}}{m_0} \left[1 - (v/c)^2 \right]^{3/2}:$$

7.36. Ցուցում. Կարելի է օգտվել (7.7) և (7.8), կատարելով ըստ

ժամանակի ածանցում, նկատի ունենալով, որ արագության մոդուլը չի

$$\text{փոխվում՝ } \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{\vec{F}}{m_0} \left[1 - (v/c)^2 \right]^{1/2}:$$

$$7.37. v = \frac{a_0 t}{\sqrt{1 + \left(\frac{a_0 t}{c}\right)^2}}, \text{ որտեղ } a_0 = \frac{F}{m_0}; \quad 7.38. p = Ft:$$

$$7.39. u = \frac{v}{1 + \sqrt{1 - (v/c)^2}} = 0,5 c; \quad M_0 = m_0 \sqrt{2(1 + 1/\sqrt{1 - \beta^2})} = 4m_0/\sqrt{3}:$$

$$7.40. E_1 = \frac{(m_0^2 + m_{01}^2 - m_{02}^2)c^2}{2m_0}; \quad E_2 = \frac{(m_0^2 - m_{01}^2 + m_{02}^2)c^2}{2m_0};$$

$m_0 \geq m_{01} + m_{02}$ պայմանի դեպքում:

Օգտագործված գրականություն

1. Чертов А.Г., Ворпбьев А.А. Задачи по физике. М. Физматлит, 2005.
2. Иродов И.Е. Механика. Основные законы. М. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
3. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. М.Лаборатория Базовых Знаний.2002.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 1. Механика. Молекулярная физика. М. Наука. 1982.
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики.Т.1. Механика. М. Наука, 1974.
6. Դ.Հ.Բաղդասարյան. Մեխանիկա, մոլեկուլային ֆիզիկա և ջերմադինամիկա (Խնդիրներ, առաջադրանքներ և հարցեր): <<Նահապետ>>հրատարակչություն. Երևան 2003:
7. Դ.Հ.Բաղդասարյան: Ֆիզիկայի ընդհանուր դասընթացի տեղեկագիրք: ԷԴԻՏ-ՊՐԻՆՏ հրատարակչություն 2019:
8. Д.А. Багдасарян, А.А. Сабирзянов. Сборник задач и вопросов по механике и молекулярной физике. Екатеринбург -2013г.
9. Ռ.Հովհաննիսյան և ուրիշներ: Ֆիզիկայի խնդիրների և հարցերի ժողովածու. 9-10. Երևան. Լույս. 2006:
10. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. М. Наука. 1990.

ՀԱՎԵԼՎԱԾ

1. $ax^2 + bx + c = 0$ քառակուսի հավասարման արմատները՝

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a};$$

2. Եռանկյունաչափական բանաձևեր

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ $\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$ $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$	$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \cdot \sin \beta$ $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta$ $\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$
$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$ $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$ $\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$ $\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}}$	$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\sin \alpha - \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha - \beta}{2} \cos \frac{\alpha + \beta}{2}$ $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$

3. Բերման բանաձևեր

$\sin(\pm \alpha) = \pm \sin \alpha$ $\sin(\pi/2 \pm \alpha) = \cos \alpha$ $\sin(\pi \pm \alpha) = \mp \sin \alpha$ $\sin(3\pi/2 \pm \alpha) = -\cos \alpha$	$\cos(\pm \alpha) = \cos \alpha$ $\cos(\pi/2 \pm \alpha) = \mp \sin \alpha$ $\cos(\pi \pm \alpha) = -\cos \alpha$ $\cos(3\pi/2 \pm \alpha) = \pm \sin \alpha$
--	--

4. Մի քանի մոտավոր բանաձևեր ($x \ll 1$)

$$(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx; \quad \frac{1}{1 \pm x} \approx 1 \mp x; \quad \sqrt{1 \pm x} \approx 1 \pm \frac{x}{2}; \quad \frac{1}{\sqrt{1 \pm x}} \approx 1 \mp \frac{x}{2};$$

$$e^{\pm x} \approx 1 \pm x; \quad \ln(1 \pm x) \approx \pm x; \quad \sin x \approx x; \quad \cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2}; \quad \operatorname{tg} x \approx x.$$

5. Մի քանի պինդ նյութի խտությունը ($q/սմ^3$)

Ալմաստ	3,5	Կադմիում	8,65	Պլատին	21,5
Այուրմին	2,7	Կապար	11,3	Պղինձ	8,9
Անագ	7,4	Կոբալտ	8,9	Սառույց	0,9
Արծաթ	10,5	Մոլիբդեն	10,2	Վոլֆրամ	19,1
Երկաթ	7,8	Նիկել	8,9	Տիտան	4,5
Ցինկ	7,0	Ոսկի	19,3	Ուրան	19,0

6. Մի քանի նյութի առաձգականության հաստատունը և ամրության սահմանը ($\times 10^9$ Պա)

Նյութը	Յունգի մոդուլը (E)	Սահքի մոդուլը (G)	Ամրության սահմանը (σ_m)
Այուրմին	70	26	0,11
Արծաթ	82,7	30,3	0,29
Ապակի	49÷78	17,5÷29	0,05
Կապար	18	5,6	0,102
Պղինձ	110	40	0,245
Երկաթ	200	81	0,294
Պողպատ	206	80	0,785
Թուջ (գորշ)	11,3÷11,6	44	0,14÷0,18

7. Ծավալային ընդարձակման ջերմաստիճանային գործակիցը $t=20^\circ\text{C}$ -ում

Նյութ	$\beta, 10^{-4}^\circ\text{C}^{-1}$	Նյութ	$\beta, 10^{-4}^\circ\text{C}^{-1}$
Ջուր	2,1	Մեղիկ	1,8
Գլիցերին	5,0	Էթիլային սպիրտ	11

8. Չափման միավորները ՄՀ և գաուսյան համակարգում

Մեծություն	Միավորը		Հարաբերությունը ՄՀ / գաուսյան
	ՄՀ	գաուսյան	
Երկարություն	մ	սմ	10^2
Ժամանակ	վ	վ	1
Արագություն	մ/վ	սմ/վ	10^2
Արագացում	մ/վ ²	սմ/վ ²	10^2
Տատանումների հաճախություն	Հց	Հց	1
Զանգված	կգ	գ	10^3
Խտություն	կգ/մ ³	գ/սմ ³	10^{-3}
Ուժ	Ն	դին	10^5
Աշխատանք	Ջ	էրգ	10^7
Հզորություն	Վտ	էրգ/վ	10^7
Ուժի մոմենտ	Ն·մ	դին·սմ	10^7
Իներցիայի մոմենտ	կգ·մ ²	գ·սմ ²	10^7
Իմպուլս	կգ·մ/վ	գ·սմ/վ	10^5
Իմպուլսի մոմենտ	կգ·մ ² /վ	գ·սմ ² /վ	10^7
Ճնշում	Պա	դին/սմ ²	10
Ջերմաստիճան	Կ	Կ	1
Ծավալ	մ ³	սմ ³	10^6

9.Ֆիզիկական հիմնարար հաստատուններ

Լույսի արագությունը վակուումում	$c = 3 \cdot 10^8$ մ/վ
Գրավիտացիոն հաստատունը	$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Ն·մ ² /կգ ²
Ավոգադրոյի թիվը	$N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ մոլ ⁻¹
Գազային ունիվերսալ հաստատունը	$R = 8,314$ Ջ/(Կ·մոլ)
Բոլցմանի հաստատունը	$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Ջ/Կ
Տարրական լիցքը	$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Կլ
Զանգվածի ատոմական միավորը	$m = 1,66 \cdot 10^{-27}$ կգ

10. Աստղագիտական մեծություններ

Երկրի միջին շառավիղը	$6,378 \cdot 10^6$ մ
Երկրի ուղեծրի շառավիղը	$1,49 \cdot 10^{11}$ մ
Լուսնի ուղեծրի շառավիղը	$3,80 \cdot 10^8$ մ
Երկրի զանգվածը	$5,98 \cdot 10^{24}$ կգ
Արեգակիի զանգվածը	$1,99 \cdot 10^{30}$ կգ
Լուսնի զանգվածը	$7,36 \cdot 10^{22}$ կգ

11. Տասնորդական բազմապատիկ նախաձանցները

Էքսա	Է	10^{18}	Կիլո	կ	10^3	Միլի	մ	10^{-3}
Պետա	Պ	10^{15}	Հեկտո	հ	10^2	Միկրո	մկ	10^{-6}
Տերա	Տ	10^{12}	Դեկա	դա	10^1	Նանո	ն	10^{-9}
Գիգա	Գ	10^9	Դեցի	դ	10^{-1}	Պիկո	պ	10^{-12}
Մեգա	Մ	10^6	Սանտի	ս	10^{-2}	Ֆեմտո	ֆ	10^{-15}

**Բաղդասարյան Դավիթ Հակոբի
(ԵՊՀ ֆիզիկայի ինստիտուտի դոցենտ)**

**ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԴԱՍԸՆԹԱՅ
(Խնդիրներ, հարցեր և պնդումներ)**

**Մաս I
ՄԵԽԱՆԻԿԱ
(Ուսումնական ձեռնարկ)**

**Baghdasaryan Davit
(Associate Professor at the YSU Institute of Physics)**

**GENERAL COURSE OF PHYSICS
(Problems, Questions, and Statements)**

Part I

**MECHANICS
(Textbook)**

