

Ֆիզիկայի հանրապետական փուլ

Տեսական փուլի առաջադրանքները, լուծումները և գնահատման չափանիշները 240 րոպե (4 ժամ)

11-րդ դասարան

1) ρ խտությամբ կոնյուսից պատրաստում են կոն և սեպ: Երկու մարմիններն էլ բաց ենթ թողնում μ մոլային զանգվածով մթնոլորտում, որի մոլեկուլները կարելի է համարել միատեսակ միատոմ իդեալական գազի մասնիկներ: Մթնոլորտային ճնշումը P_0 է, իսկ ջերմաստիճանը՝ T_0 :

1.1. Որքա՞ն է մոլեկուլների կոնցենտրացիան օդում: [0.5 միավոր]

Խնդրի մնացած մասում համարել մոլեկուլների կոնցենտրացիան հավասար 1.1 կետում ստացված արժեքին: Եթե չէք կարողացել ստանալ այն, համարեք կոնցենտրացիան n :

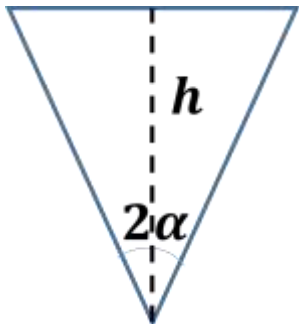
1.2. v արագությամբ իրար զուգահեռ շարժվող մոլեկուլների S մակերեսով փունջը բախվում է իր շարժման ուղղության նկատմամբ α անկյուն կազմող հարթությամբ: Ի՞նչ ուժով է ազդում մոլեկուլների այս փունջը հարթության վրա: Պետք է նշեք մոլեկուլների կողմից հարթության վրա ազդող ուժի ուղղությունը կամ պրոյեկցիաները: Մոլեկուլների միմյանց հետ բախումները կարող եք անտեսել: [2 միավոր]

Այս մասում կիրառեք հասակակալ, թե գլանաձև համաչափ մարմնի վրա ազդող դիմադրության ուժն է ավելի մեծ, թե՞ սեպաձև մարմնի վրա: Այս մասում օդի մոլեկուլները կարելի է համարել անշարժ: Քննարկվող h բարձրությամբ համասեռ կոնի ծնորդը կոնի առանցքի հետ կազմում է α անկյուն: Համասեռ կոնը պատրաստված է ρ խտությամբ կոնյուսից: Կոնը պահում են օդում այնպես, որ նրա առանցքն ուղղաձիգ է և բաց են թողնում առանց սկզբնական արագության:

2.1 Ինչքա՞ն կլինի v արագությամբ սուր ծայրով ներքև իջնող կոնի վրա ազդող դիմադրության ուժը: [1 միավոր]

2.2 Ինչքա՞ն կլինի կոնի կայունացված արագությունը: [1 միավոր]

Կոնի ծավալը հավասար է $V = \frac{1}{3}h\pi R^2$, որտեղ R -ը կոնի հիմքի շառավիղն է:



2.3 Ինչքա՞ն կլինի h բարձրությամբ համասեռ սեպի կայունացված արագությունը: Սեպի գագաթի անկյունը 2α է, իսկ կոնյուսի խտությունը՝ ρ : Սեպն իրենից ներկայացնում է հավասարասրուն եռանկյուն հիմքով ուղղանկյունանիստ: [1 միավոր]

2.4 Որակապես նկարեք մարմինների արագության՝ ժամանակից կախման գրաֆիկները: Օրդինատների առանցքով դրեք $v/v_{սեպ}$, որտեղ $v_{սեպ}$ -ը սեպի կայունացված արագությունն է: (գրաֆիկի վրա պետք է նշել բոլոր բնութագրիչ կետերը: Օրինակ՝ մաքսիմումի կամ մինիմումի կետ, ասիմպտոտների, ջարդման կամ շրջման կետերը): [1 միավոր]

Առաջարկվում է h բարձրությամբ և r շառավղով գլանաձև հոծ ձողի մեջ փորել կոնական մարմիններ (տես նկարը) այնպես, որ **հավասարաչափ** շարժման ընթացքում դիմադրության ուժը $F_{դ} = 0$:

3.1 Հնարավոր է արդյոք այդպիսի ընտրություն: Հիմնավորեք Ձեր պատասխանը: Դրական պատասխանի դեպքում նշեք բոլոր անհրաժեշտ տվյալները: [0.5 միավոր]



1.1 Օգտվելով Մենդելեև-Կլապեյրոնի հավասարումից $P_0V = \frac{N}{N_A}RT \Rightarrow n = \frac{N}{V} = \frac{P_0N_A}{RT}$ [0.5 միավոր]

1.2 Յուրաքանչյուր մոլեկուլ բախումից հետո փոխում է իր իմպուլսի պրոյեկցիան սկզբնական շարժման նկատմամբ՝

$$\Delta p_x = mv(1 - \cos(2\alpha)) \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Իսկ y -երի ուղղությամբ՝

$$\Delta p_y = mv \sin(2\alpha) \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Միավոր ժամանակում հարթությանը բախվող մոլեկուլների թիվը կլինի՝ $\frac{\Delta N}{\Delta t} = nvS$: Այսպիսով մոլեկուլների կողմից թիթեղի վրա ազդող ուժը կլինի՝

$$\begin{cases} F_x = mv(1 - \cos(2\alpha))nvS & x \text{ ուղղությամբ} \\ F_y = mv \sin(2\alpha)nvS & x \text{ ուղղությամբ} \end{cases}$$

[0.5 + 0.5 միավոր մեծության և ուղղության համար]

2.1 Եթե կոնը իջնում է v արագությամբ կոնի վրա ազդող դիմադրության ուժը կլինի՝

$$\begin{aligned} F_x &= 2nmv^2 \sin^2(\alpha) S \quad [1 \text{ միավոր; } 0 \text{ այլ դեպքերում}] \\ F_y &= 0 \end{aligned}$$

2.2 Կայունացված շարժման ժամանակ՝

$$Mg = F_{\eta}$$

$$\frac{1}{3} hS\rho g = 2nmv^2 \sin^2(\alpha) S \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

որտեղից կայունացված շարժման արագությունը կլինի

$$v = \sqrt{\frac{\rho gh}{6nm \sin^2(\alpha)}} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

2.3 Կրկնելով նույն դատողությունները համասեռ սեպի համար, կստանանք՝

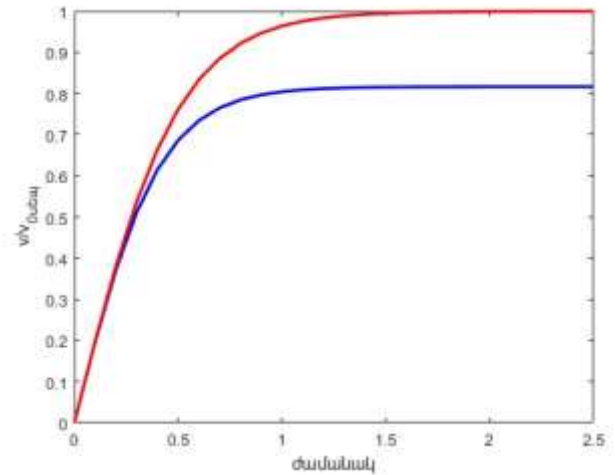
$$F_y = 2nmv^2 \sin^2(\alpha) S \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

$$M_{\text{սեպ}} g = \frac{1}{2} hS\rho g$$

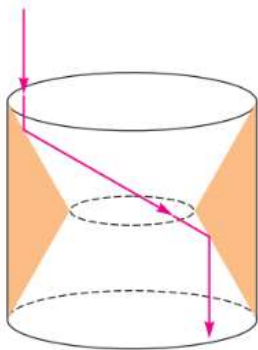
Որտեղից ստանում ենք՝

$$v = \sqrt{\frac{\rho gh}{4nm \sin^2(\alpha)}} \quad [0.5 \text{ միավոր; այլ դեպքում}]$$

Փաստորեն գլանաձև համաչափությունը չի ապահովում այնքան շրջիոսելիություն, որքան ապահովում է կացինի սայրի նման սեպը:

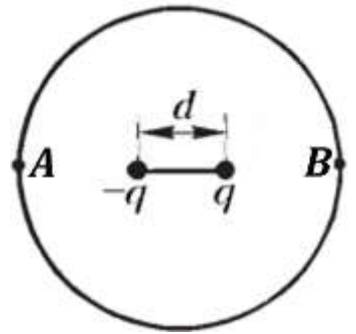


2.4 Նկարում բերված են որակական գրաֆիկները: [1 միավոր]



3.1 Այո, հնարավոր է, եթե պատերի վրա փորված սեպաձև մարմինների գազաթնները լինեն նույն բարձրության վրա և գլանի մեջտեղում: Այս դեպքում երկրորդ անդրադարձումից հետո մարմնի շարժման ուղղությունը վերականգնվում է, ինչի հետևանքով իմպուլսի փոփոխությունը դառնում է 0: [0.5 միավոր]

2) Q կետային դրական լիցքի և R շառավղով հաղորդիչ գնդի կենտրոնի հեռավորությունը a է, ընդ որում $a \gg R$: Հայտնի է, որ էլեկրաստատիկ մակածման հետևանքով գնդի մակերևույթին առաջանում են տարանուն լիցքեր, որի պատճառով կետային լիցքը ձգվում է դեպի գունդը: Առաջին մոտավորությամբ գնդի մակերևույթին մակածված լիցքերի ազդեցությունը կետային լիցքի վրա կարելի է փոխարինել երկբևեռի ազդեցությամբ, որի կենտրոնը համընկնում է գնդի կենտրոնի հետ, ընդ որում նրա երկարությունը՝ $d \ll R$ (տես նկարը):



ա) Ի՞նչ անկյուն է կազմում նշված երկբևեռի ուղղությունը $(+q$ -ից դեպի $-q$ ուղղությունը) գնդի կենտրոնը կետային լիցքին միացնող վեկտորի հետ: [0.5 միավոր]

բ) Ինչքա՞ն է կետային լիցքի էլեկտրաստատիկ դաշտի՝ գնդի հանդիպակաց AB կետերի միջև, ստեղծած պոտենցիալների տարբերությունը: Պատասխանը արտահայտեք R -ով, a -ով, Q -ով և ֆիզիկական հաստատուններով: Դիպոլի ուղղությունը կարող էք հասկանալ նկարից: [0.5 միավոր]

գ) Համեմատեք A և B կետերի պոտենցիալները: Հիմնավորեք Ձեր պատասխանը: Տեղի մեջ արտագծեք աղյուսակը և նշեք դրա վրա ձեր պատասխանը: [0.5 միավոր]

A կետի պոտենցիալը ավելի մեծ է քան B կետի պոտենցիալը	A կետի պոտենցիալը ավելի փոքր է քան B կետի պոտենցիալը	A կետի պոտենցիալը հավասար է B կետի պոտենցիալին	A և B կետերի պոտենցիալները հնարավոր չի համեմատել
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

դ) Որոշեք երկբևեռի այն $p = qd$ դիպոլային մոմենտը, որը կարող է փոխարինել սֆերայի մակերևույթին մակածված լիցքերին: Այն է, մակածված լիցքերը այս երկբևեռով փոխարինելիս սֆերայի մակերևույթի վրայի կետերում եղած պոտենցիալը չպետք է փոխվի: Արտահայտեք qd -ն R -ով, a -ով, Q -ով և ֆիզիկական հաստատուններով: [3 միավոր]

ե) Ստացեք կետային լիցքի և գնդի փոխազդեցության ուժի բանաձևը նշված մոտավորությամբ՝ արտահայտված R -ով, a -ով, Q -ով և ֆիզիկական հաստատուններով: [1.5 միավոր]

Ցուցում՝ կարող եք օգտագործել $\frac{1}{(1 \pm \epsilon)^{\alpha}} \approx 1 \mp \alpha \cdot \epsilon$ մոտավորությունը ($\epsilon \ll 1$):

ա) Դիպոլի ուղղության կազմած անկյունը գնդի կենտրոնը կետային լիցքին միացնող վեկտորի հետ 0° է: [0.5 միավոր]

բ) Բավականին մեծ հեռավորության վրա Q կետային լիցքի ստեղծած դաշտը կարելի է համարել համասեռ, այդ դեպքում գնդի հանդիպակաց կետերի միջև կետային լիցքի դաշտը ստեղծում է պոտենցիալների տարբերություն

$$\Delta\varphi_{AB \text{ կետային լիցք}} = E_0 \cdot 2r = -k \frac{Q}{a^2} \cdot 2r \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

գ) Քանի որ գունդը հաղորդիչ է, ապա բոլոր կետերի պոտենցիալները հավասար են: [0.5 միավոր]

դ) Քանի որ գունդը հաղորդիչ է, ապա մակածված լիցքերի ստեղծած դաշտը պետք է ստեղծի հակառակ պոտենցիալների տարբերություն: Դիպոլի ստեղծած պոտենցիալ A կետում կլինի՝

$$\varphi_A = k \frac{-q}{r - \frac{d}{2}} + k \frac{q}{r + \frac{d}{2}} = -k \frac{q}{r} \left(\frac{1}{1 - \frac{d}{2r}} - \frac{1}{1 + \frac{d}{2r}} \right) \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

$$\varphi_A \approx -k \frac{q}{r} \left(1 + \frac{d}{2r} - \left(1 - \frac{d}{2r} \right) \right) = -k \frac{q}{r} \left(\frac{d}{r} \right) \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Իսկ B կետում՝

$$\varphi_B = k \frac{q}{r - \frac{d}{2}} + k \frac{-q}{r + \frac{d}{2}} \approx k \frac{q}{r} \left(\frac{d}{r} \right) \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

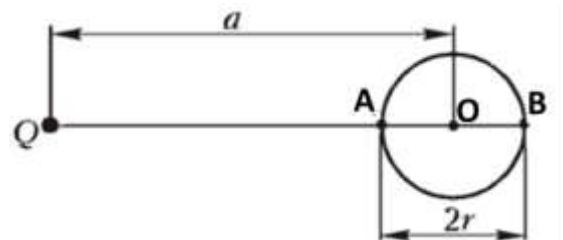
Որտեղից ստանում ենք $\Delta\varphi_{AB \text{ դիպոլ}} = k \frac{2qd}{r^2}$ [0.5 միավոր]

Հաշվի առնելով $\Delta\varphi_{AB \text{ դիպոլ}} + \Delta\varphi_{AB \text{ կետային լիցք}} = 0$ [0.5 միավոր]

պայմանը, կստանանք՝

$$qd = Q \frac{r^3}{a^2} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

ե) Փոխազդեցության ուժը կարելի է հաշվել Կուլոնի օրենքի համաձայն:



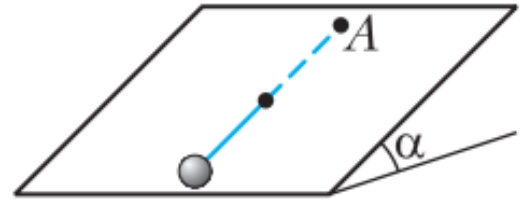
$$F = -k \frac{Qq}{\left(a - \frac{d}{2}\right)^2} + k \frac{Qq}{\left(a + \frac{d}{2}\right)^2} = -k \frac{Qq}{a^2} \left(\frac{1}{\left(1 - \frac{d}{2a}\right)^2} - \frac{1}{\left(1 + \frac{d}{2a}\right)^2} \right) \text{ [0.5 միավոր]}$$

$$F = -k \frac{Qq}{a^2} \left(\left(1 + 2 \frac{d}{2a}\right) - \left(1 - 2 \frac{d}{2a}\right) \right) = -2k \frac{Qqd}{a^3} \text{ [0.5 միավոր]}$$

Տեղադրելով qd -ի արժեքը՝

$$F = -2k \frac{Q}{a^3} Q \frac{r^3}{a^2} = -2k \frac{Q^2 r^3}{a^5} \text{ [0.5 միավոր]}$$

3) Կոշտ անկշիռ L երկարությամբ ձողը դրված է հորիզոնի հետ α անկյուն կազմող թեք հարթության վրա (տես նկարը): Ձողի վերին եզրը հողակապով ամրացված է թեք հարթությանը, մյուս ծայրին ամրացված է զանգվածեղ բեռը: Բեռի և թեք հարթության միջև շփման գործակիցը $\mu = \frac{tg(\alpha)}{2}$, շփումը ձողի և թեք հարթության միջև և հողակապում անտեսել: Սկզբում բեռը ամենացածր դիրքում է:



ա) Ի՞նչ նվազագույն v_1 արագություն է պետք հաղորդել բեռին,

որպեսզի բեռը հայտնվի ամենավերևի A կետում (v_1 վեկտորը ուղղահայաց է ձողին): [2 միավոր]

բ) Ի՞նչ նվազագույն v_2 արագություն (ուղղահայաց ձողին) պետք է հաղորդել ձողին, որպեսզի մեկ լրիվ պտույտ կատարելուց հետո բեռը վերադառնա սկզբնական դիրքին: [5 միավոր]

ա) Քանի որ բեռը ամրացված է կոշտ ձողին (այլ ոչ թե թելին) ապա շարժման ընթացքում կորույթի շառավիղը կապահանվի անկախ արագությունից: Այսպիսով ամենավերևի A կետում հայտնվելու համար բավարար է, որ բեռի v արագությունը բավարարի $v \geq 0$ պայմանին: Էներգիայի պահպանման օրենքից ունենք՝

$$\frac{mv_1^2}{2} \geq 2mgL \sin(\alpha) + |A_{2\psi}| \quad [1 \text{ միավոր}]$$

որտեղ շփման ուժի աշխատանքի մոդուլն է: $|A_{2\psi}| = \pi L \cdot \mu \cdot mg \cos(\alpha) = \frac{\pi L mg \sin(\alpha)}{2}$ [0.5 միավոր] :

Այսպիսով՝

$$v_1 \geq \sqrt{4gL \sin(\alpha) + \pi L g \sin(\alpha)} = \sqrt{gL \sin(\alpha)(4 + \pi)} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

բ) Մեկ լրիվ պտույտ կատարելիս, առավելագույն կետով անցնելուց հետո մարմինը դեռ դանդաղելու է մինչև A կետից հաշված որոշակի β անկյուն, որտեղ ծանրության ուժի մոմենտը գերազանցելու է շփման ուժի մոմենտին և բեռը կշարունակի պտույտը մեծացնելով կինետիկ էներգիան: β անկյունը գտնելու համար պետք է պահանջել, որ համապատասխան դիրքում թեք հարթության մեջ ծանրության ուժի ($mg \sin(\alpha) - \mu mg \cos(\alpha)$) ձողին ուղղահայաց բաղադրիչը գերազանցի շփման ուժին (որը ուղղահայաց է ձողին):

$$mg \sin(\alpha) \sin(\beta) \geq \mu \cdot mg \cos(\alpha) = \frac{mg \sin(\alpha)}{2} \quad [1 \text{ միավոր}; 0 \text{ այլ դեպքերում}]$$

Որտեղից ստանում ենք

$$\sin(\beta) \geq \frac{1}{2} \Rightarrow \beta \geq \frac{\pi}{6} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Որպեսզի բեռը հասնի այս դիրքին պետք է՝

$$\frac{mv_2^2}{2} \geq mg \sin(\alpha) \cdot L(1 + \cos\beta) + \frac{mg \sin(\alpha)}{2} \cdot L(\pi + \beta) \quad [1 \text{ միավոր}]$$

$$\frac{mv_2^2}{2} \geq \frac{mgL \sin(\alpha)}{2} \cdot (2 + 2\cos\beta + \pi + \beta) = 7.4 \cdot \frac{mgL \sin(\alpha)}{2}$$

Այստեղից՝

$$v_2 \geq \sqrt{7.4gL \sin(\alpha)} \quad [1 \text{ միավոր}]$$

Հաջորդ «անցումը», որտեղ շփման ուժի մոմենտը գերազանցում է ծանրության ուժի ծանրության ուժի մոմենտին $\beta_2 = \frac{5\pi}{6}$ անկյունով նկարագրվող դիրքն է: [0.5 միավոր]

Ենթադրենք թե մարմինը β անկյունով նկարագրվող դիրքում ուներ 0 կինետիկ էներգիա: Որպեսզի մարմինը հասնի ստորին դիրքին պետք է, որ

$$\Delta E_{\text{պոտ}} - A_{2\psi} > 0$$

Ստուգենք

$$\begin{aligned} \Delta E_{\text{պոտ}} - A_{2\psi} &= mg(R + R \cos(\beta)) \cdot (\alpha) - \frac{mg \sin(\alpha)}{2} R(\pi - \beta) = \\ &= mgR \sin(\alpha) \left(1 + \cos(\beta) - \frac{(\pi - \beta)}{2}\right) = mgR \sin(\alpha) \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{5\pi}{12}\right) = 0.558 \cdot mgR \sin(\alpha) > 0 \quad [1 \text{ միավոր}] \end{aligned}$$

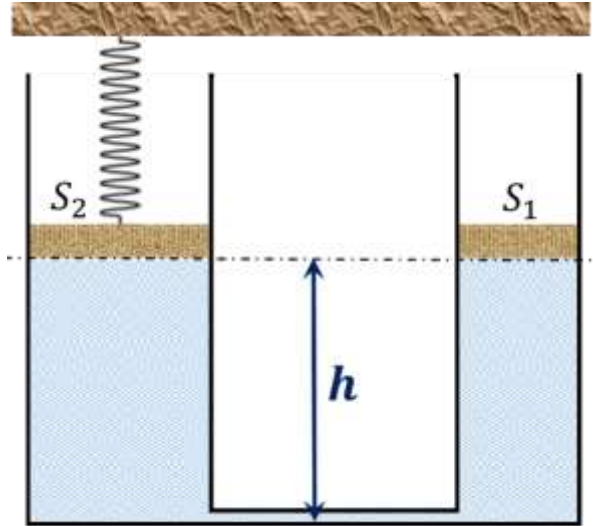
Այսպիսով β անկյունով դիրքը հաղթահարելը բավարար է մեկ պտույտ անելու համար:

4) Երկու անոթներ միացված են շատ բարակ խողովակով (խողովակի մեջ եղած հեղուկի զանգվածը կարելի է անտեսել): Չսպանակի կոշտությունը k է և դեֆորմացված չի, իսկ միացները նույն բարձրության վրա են: Հեղուկի խտությունը ρ է, միացները անկշիռ են, մակերեսները նշված են սկարի վրա: Եթե միացներից մեկը շեղենք և բաց թողնենք կառաջանան տատանումներ:

ա) Ինչքա՞ն է համակարգի պոտենցիալ էներգիան, եթե ձախ միացը շեղել ենք x -ով: Սկզբնական վիճակում համակարգի պոտենցիալ էներգիան համարեք զրոյական: (1.5 միավոր)

բ) Ինչքա՞ն է համակարգի կինետիկ էներգիան, եթե ձախ միացի արագությունը հավասար է v -ի, իսկ $x = 0$: (1.5 միավոր)

գ) Ինչքա՞ն է տատանումների պարբերությունը: (2.0 միավոր)



Եթե ձախ խողովակը իջնի փոքր x չափով, ապա համակարգի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությունը կլինի՝

$$\Delta E_{պ} = \frac{kx^2}{2} + \rho(S_2x)\left(\frac{x+y}{2}\right)g \quad [1 \text{ միավոր, } 0 \text{ այլ դեպքերում}]$$

որտեղ x -ը ձախ կողմում, իսկ y -ը աջ կողմում հեղուկի մակարդակների փոփոխությունն է: Հեղուկի անսեղմելիության պայմանից ունենք՝

$$xS_2 = yS_1 \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Տեղադրելով պոտենցիալ էներգիայի փոփոխության բանաձևի մեջ կստանանք՝

$$\Delta E_{պ} = \frac{kx^2}{2} + \rho S_2 x^2 \left(\frac{S_1 + S_2}{2S_1}\right)g = \left(k + \rho g S_2 \frac{S_1 + S_2}{S_1}\right) \cdot \frac{x^2}{2}$$

Այստեղից հասկանալի է դառնում, որ համակարգի քվադրատությունը հավասար է

$$k_{քվադր} = k + \rho g S_2 \frac{S_1 + S_2}{S_1} \quad [0.5 \text{ միավոր; } 0 \text{ այլ դեպքերում}]$$

Համակարգի կինետիկ էներգիան հավասարակշռության վիճակում կլինի՝

$$E_{կին} = \frac{(\rho h S_2)v^2}{2} + \frac{(\rho h S_1)u^2}{2} \quad [0.5 + 0.5 \text{ միավոր}]$$

Որտեղ v -ն x -ի փոփոխության արագությունն է: Օգտվելով

անսեղմելիության պայմանից՝ $vS_2 = uS_1$ [0.5 միավոր]՝

$$E_{կին} = \frac{(\rho h S_2)v^2}{2} + \frac{(\rho h S_1)}{2} \cdot \left(\frac{vS_2}{S_1}\right)^2 = \rho h S_2 \frac{S_1 + S_2}{S_1} \cdot \frac{v^2}{2} = \frac{M_{քվ} \cdot v^2}{2}$$

$$M_{քվ} = \rho h S_2 \frac{S_1 + S_2}{S_1} \quad [1 \text{ միավոր; } 0 \text{ այլ դեպքերում}]$$

Այստեղից տատանման պարբերության համար ունենք՝

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M_{քվ}}{k_{քվադր}}} = 2\pi \sqrt{\frac{\rho h S_2 \frac{S_1 + S_2}{S_1}}{k + \rho g S_2 \frac{S_1 + S_2}{S_1}}} = 2\pi \sqrt{\frac{h}{\frac{S_1 k}{\rho S_2 (S_1 + S_2)} + g}} \quad [0.5 \text{ միավոր; } 0 \text{ այլ դեպքերում}]$$

