

ՖԻԶԻԿԱ 12-րդ ԴԱՍԱՐԱՆ
ՀԱՆՐԱՊԵՏԱԿԱՆ ՓՈՒԼ 2024-2025 ուս. տարի
Տևողությունը – 240 րոպե: Մաղթում ենք հաջողություն:

1) Յունգի փորձը (5 միավոր)

Յունգի փորձում էկրանի և երկու ճեղքերի միջև հեռավորությունը $D = 1.00$ մ է: Իսկ երկու ճեղքերի միջև հեռավորությունը $d = 2.00 \cdot 10^{-3}$ մ: Ճեղքերից դուրս եկող լույսը մեներանգ է և կոհերենտ, իսկ ալիքի երկարությունը՝ $\lambda = 6 \cdot 10^{-7}$ մ: Նկատելք, որ $d \ll D$:

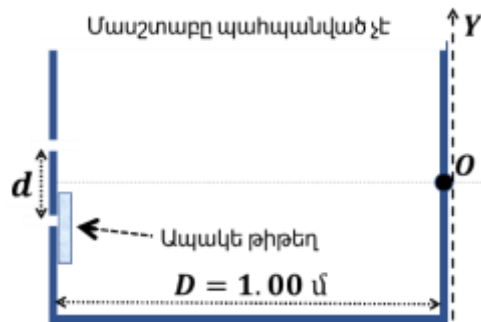


ա) Ինչքա՞ն է առաջին կարգի ինտերֆերենցիոն մաքսիմումի և գլխավոր մաքսիմումի հեռավորությունը: **[0.5 միավոր]**

Ակվարիումի մեջ, որտեղ տեղադրված էին էկրանը և ճեղքերով ցանցը թափանցիկ հեղուկ լցրեցին: Հեղուկի բեկման ցուցիչը $n = 2.50$ է:

բ) Ինչքա՞նով շեղվեց առաջին կարգի մաքսիմումը: Եթե շեղվել է ապա նշել շեղման ուղղությունը: **[1.5 միավոր]**

Կարգավորելով ջերմաստիճանը ակվարիումում փորձարարը կարգավորում է բեկման ցուցիչը փոփոխելով այն ժամանակի մեջ հետևյալ օրենքով՝



գ) Ինչքա՞ն է առաջին կարգի մաքսիմումի շարժման արագությունը $t = 0$ պահին: Նշել շարժման ուղղությունը: **[1 միավոր]**

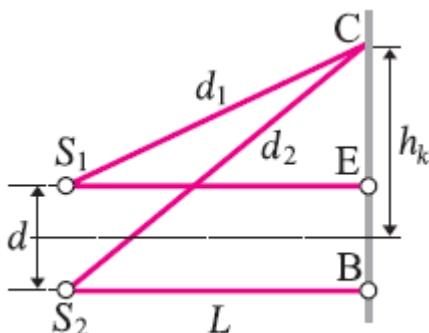
Փորձը կրկնեցին առանց հեղուկի: Ներքևի ճեղքի մոտ դրեցին $d_w = 3.60 \cdot 10^{-5}$ մ հաստությամբ ապակե թիթեղ: Այդ ապակու բեկման ցուցիչը $n_w = 1,50$ է:

դ) O կետից ի՞նչ հեռավորության վրա է գլխավոր մաքսիմումը ապակե թիթեղը դնելուց հետո: Բեկումից ճառագայթի տարածման անկյան փոփոխությունը անտեսել: **[2 միավոր]**

Յուցում՝ հնարավոր է Ձեզ պետք գա հետևյալ մոտավորությունը՝ $\sqrt{1 + \epsilon} = 1 + \frac{\epsilon}{2}$, որը ճիշտ է $\epsilon \ll 1$ դեպքում:

Լուծում

$$\omega) \begin{cases} d \cdot \sin(\theta) = \lambda \\ D \cdot \tan(\theta) = y_1 \\ \tan(\theta) \approx \sin(\theta) \end{cases} \Rightarrow y_1 = \frac{D\lambda}{d} = 0.3 \text{ մմ} \quad \mathbf{[0.5 \text{ միավոր}]}$$



C կետում կդիտվի ինտերֆերենցիոն մաքսիմում, եթե $S_2C - S_1C = d_2 - d_1 = k\lambda$, որտեղ

$$d_1^2 = L^2 + (h_k - d/2)^2,$$

$$d_2^2 = L^2 + (h_k + d/2)^2.$$

$$d_2^2 - d_1^2 = (d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = 2h_k d.$$

Քանի որ $d \ll L$, ապա $d_2 + d_1 \approx 2L$, հետևաբար

$$d_2 - d_1 \approx \frac{h_k d}{L} = k\lambda \Rightarrow h_k = \frac{k\lambda L}{d} \Rightarrow \Delta h = \frac{\lambda L}{d} - \text{ինտերֆերենցիոն}$$

մաքսիմումների հեռավորությունն է:

$$բ) \begin{cases} d \cdot \sin(\theta) = \lambda/n \\ D \cdot \operatorname{tg}(\theta) = y_1' \\ \operatorname{tg}(\theta) \approx \sin(\theta) \end{cases} \Rightarrow y_1' = \frac{D\lambda}{dn} = 0.12 \text{ մմ} \quad [0.5 + 0.5 \text{ միավոր}]$$

այստեղ n -ը բեկման ցուցիչն է: Շեղումը կլինի $\Delta y = y_1' - y_1 = -0.18$ մմ:

Մտտեցավ O կետին: [0.5 միավոր]

Եթե աղբյուրները տեղադրված են n բեկման ցուցչով միջավայրում, ապա ինտերֆերենցիոն մաքսիմումի պայմանը կարտահայտվի օպտիկական ընթացքների տարբերությամբ.

$$n(S_2C - S_1C) = n(d_2 - d_1) = k\lambda \Rightarrow \Delta h = \frac{\lambda L}{nd}$$

$$գ) v_1 = \frac{dy_1'}{dt} = \frac{d\left(\frac{D\lambda}{dn}\right)}{dt} = \frac{D\lambda}{d} \cdot \left(-\frac{dn}{n^2}\right) = -\frac{D\lambda}{dn^2} \cdot \frac{dn}{dt} = -\frac{1.00\text{մ} \cdot 6 \cdot 10^{-7}\text{մ}}{2.00 \cdot 10^{-3}\text{մ} \cdot 2.5^2} (-0.25 \text{վ}^{-1}) = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{մ/վ}$$

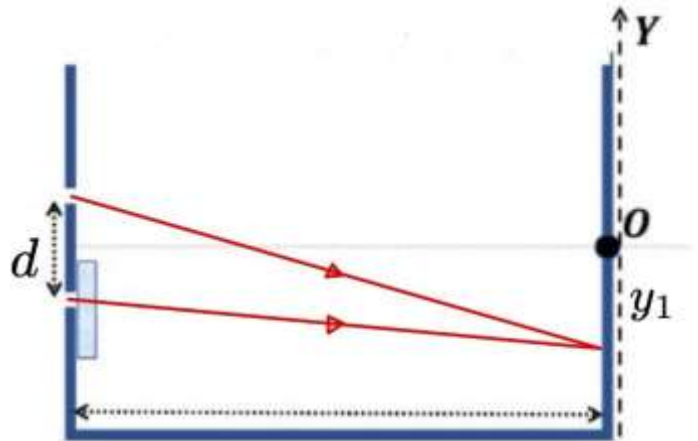
[0.5 միավոր]

կշարժվի դեպի վեր [0.5 միավոր]

դ) Գլխավոր մաքսիմումի կետում երկու ճեղքերից օպտիկական ճանապարհների տարբերությունը պետք է լինի զրո: [0.5 միավոր]

Եշանակենք O կետից գլխավոր մաքսիմումի շեղման մոդուլը y_1 -ով:

$$\begin{cases} \sqrt{D^2 + \left(y_1 + \frac{d}{2}\right)^2} = \frac{D - d_{\text{ու}}}{\cos(\theta)} + \frac{n_{\text{ու}} d_{\text{ու}}}{\cos(\theta)} \\ \cos(\theta) = \frac{D}{\sqrt{D^2 + \left(y_1 - \frac{d}{2}\right)^2}} \end{cases} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$



$$\begin{aligned} \sqrt{D^2 + \left(y_1 + \frac{d}{2}\right)^2} &= \left(1 + \frac{(n_{\text{ու}} - 1) \cdot d_{\text{ու}}}{D}\right) \sqrt{D^2 + \left(y_1 - \frac{d}{2}\right)^2} \\ D \cdot \left(1 + \frac{1}{2D^2} \left(y_1 + \frac{d}{2}\right)^2\right) &= D \cdot \left(1 + \frac{(n_{\text{ու}} - 1) \cdot d_{\text{ու}}}{D}\right) \left(1 + \frac{1}{2D^2} \left(y_1 - \frac{d}{2}\right)^2\right) \\ 1 + \frac{1}{2D^2} \left(y_1 + \frac{d}{2}\right)^2 &\approx \left(1 + \frac{(n_{\text{ու}} - 1) \cdot d_{\text{ու}}}{D}\right) \left(1 + \frac{1}{2D^2} \left(y_1 - \frac{d}{2}\right)^2\right) \\ 1 + \frac{1}{2D^2} \left(y_1 + \frac{d}{2}\right)^2 &\approx 1 + \frac{(n_{\text{ու}} - 1) \cdot d_{\text{ու}}}{D} + \frac{1}{2D^2} \left(y_1 - \frac{d}{2}\right)^2 \end{aligned}$$

$$\frac{2y_1 d}{2D^2} \approx \frac{(n_w - 1) \cdot d_w}{D} \Rightarrow y_1 = \frac{D \cdot (n_w - 1) \cdot d_w}{d} \quad [0.5 \text{ միավոր, միջանկյալ հաշվարկները չեն գնահատվում}]$$

$$y_1 = \frac{D \cdot (n_w - 1) \cdot d_w}{d} = \frac{1.00 \text{ մ} \cdot (1,50 - 1) \cdot 3.60 \cdot 10^{-5} \text{ մ}}{2.00 \cdot 10^{-3} \text{ մ}} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ մ}$$

2) Զգումը մագնիսական դաշտում (6 միավոր)

Հավասար m զանգվածներով q և $-q$ ($q > 0$) լիցքեր ունեցող երկու մասնիկներ միմյանցից l հեռավորության վրա պահվում են համասեռ մագնիսական դաշտում, որն ուղղահայաց է մասնիկները միացնող ուղղին (տես նկ): Մասնիկներն բաց են թողնում:



ա) Մագնիսական դաշտի B_{min} ինդուկցիայի ո՞ր նվազագույն արժեքի դեպքում մասնիկները չեն բախվի: [3.5 միավոր]

$+q$

$-q$

բ) Մինչև ո՞ր նվազագույն l_{min} հեռավորության կմոտենան միմյանց մասնիկները այդ դեպքում: [0.5 միավոր]

գ) Նկարել մասնիկների շարժման հետագիծը B_{min} արժեքի դեպքում: Պետք է հետագծի վրա նշել մասնիկների միջև առավելագույն և նվազագույն հեռավորությունների տառային արժեքները, եթե այդպիսիք կան: [2 միավոր]

Լուծում:

$$\text{ա) } m\vec{a} = \vec{F}_l + \vec{F}_v$$

$$ma_y = qv_x B \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Որպես կոորդինատների առանցքի սկզբնակետ վերցնելք դրական լիցքի դիրքը: Այստեղից հետևում է, որ դրական լիցքի համար

$$mv_y = qBx \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Էներգիայի պահպանման օրենքից՝

$$2 \frac{mv^2}{2} - k \frac{q^2}{l-2x} = -k \frac{q^2}{l} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Միևնիմալ հեռավորության վրա $v = v_y$

$$[0.5 \text{ միավոր}]$$

Այս հավասարումներից ստանում ենք՝

$$x^2 - \frac{l}{2}x + \frac{km}{B^2 l} = 0 \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Հավասարումը ունի լուծում, եթե

$$\left(\frac{l}{2}\right)^2 - 4 \frac{km}{B^2 l} \geq 0 \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

$$B \geq 4 \sqrt{\frac{km}{l^3}} \Rightarrow B_{min} = 4 \sqrt{\frac{km}{l^3}} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

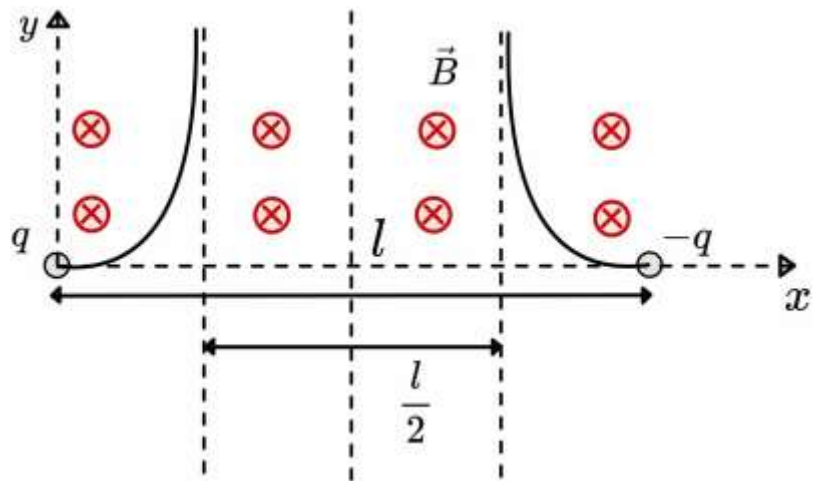
բ) Նվազագույն B -ի դեպքում

$$x = \frac{l}{4}$$

$$l_{min} = l - 2x = \frac{l}{2} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

գ) Երբ հեռավորությունը հավասար է l_{min}

$$F_{կոլոնյան} = \frac{kq^2}{l_{min}^2} = 4 \frac{kq^2}{l^2}$$



$$\text{իսկ } F_{\text{տրեճ}} = qvB_{\text{min}} = qv \cdot 4 \sqrt{\frac{km}{l^3}}$$

Էներգիայի պահպանման օրենքի հավասարումից ունենք՝

$$v = \sqrt{\frac{2xkq^2}{ml(l-2x)}} = \sqrt{\frac{kq^2}{ml}} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Այստեղից՝

$$F_{\text{տրեճ}} = q \sqrt{\frac{kq^2}{ml}} \cdot 4 \sqrt{\frac{km}{l^3}} = 4 \frac{kq^2}{l^2} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Նկատում ենք, որ $F_{\text{կուլոնյան}} = F_{\text{տրեճ}}$: [0.5 միավոր]

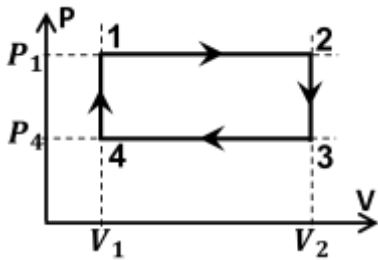
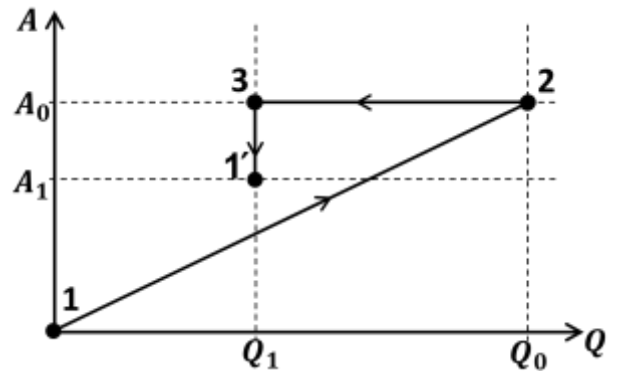
Այսպիսով, մասնիկները կշարժվեն ուղղագիծ հավասարաչափ և պահպանելով $\frac{l}{2}$ հեռավորությունը միմյանց միջև: [0.5 միավոր]

3) A – Q թե՞ P – V (6 միավոր)

Նկարում բերված է P – V կոորդինատային համակարգում միատոմ իդեալական գազի հետ ընթացող շրջանային պրոցեսի գրաֆիկը A – Q առանցքների վրա:

ա) Այս շրջանային պրոցեսի ՕԳԳ-ն 30% է: Ինչքա՞ն է A₁-ի արժեքը, եթե Q₀ = 100Ջ. [0.5 միավոր]

բ) Հայտնի է, որ 1 – 2 պրոցեսն իզոբար է: Գծել այս պրոցեսի որակական գրաֆիկը P – V առանցքների վրա: Նշել պրոցեսի տեսակը բոլոր հատվածներում: [1 միավոր]



գ) Դիցուք P – V դիագրամում բերված է միատոմ իդեալական գազի հետ կատարվող ուղղանկյուն շրջանային պրոցեսի գրաֆիկ, որի ՕԳԳ = η, իսկ 12 պրոցեսում գազին փոխանցվել է Q₀ ջերմաքանակ: Նաև հայտնի է, որ ներքին էներգիայի փոփոխության **մոդուլը** 23 պրոցեսի ընթացքում եղել է ΔU₀: Կառուցել նշված պրոցեսի գրաֆիկը A – Q կոորդինատներում՝ նշելով յուրաքանչյուր վիճակին համապատասխանող կոորդինատների արժեքները: [4.5 միավոր]

Լուծում

ա) $O\Gamma\Gamma = \frac{A_1}{Q_0} = 0.3$

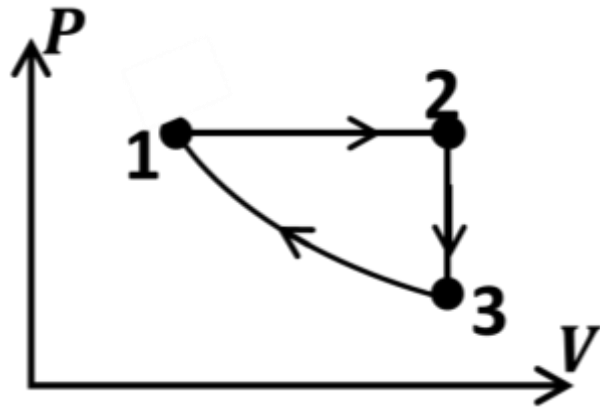
$A_1 = Q_0 * 0.3 = 30 \text{ Ջ}$ [0.5 միավոր]

բ) 12 իզոբար

23 իզոխոր

31 ադիաբատ

[0.5 + 0.5 միավոր]



գ) 1 վիճակին համապատասխանող կոորդինատները կլինեն՝

$A_1 = 0; Q_1 = 0$ [0.5 միավոր]

2 վիճակին համապատասխանող կոորդինատները կլինեն՝

$A_2 = 0.4Q_0; Q_2 = Q_0$ [0.5 միավոր]

3 վիճակին համապատասխանող կոորդինատները կլինեն՝

$A_3 = A_2 + A_{23} = A_2 = 0.4Q_0; Q_3 = Q_0 - \Delta U_0$ [0.5 միավոր]

4 վիճակին համապատասխանող կոորդինատները գտնելու համար, հաշվի առնենք, որ

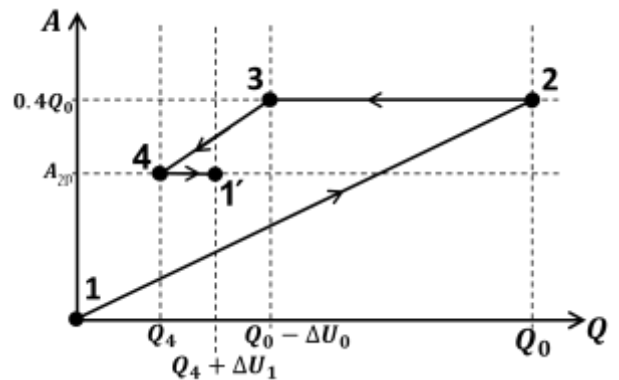
$$\begin{cases} \frac{A_{12}}{Q_0 + \Delta U_1} = \eta \\ \frac{0.4Q_0 - A_{12}}{Q_0 - \Delta U_0 - Q_4} = 0.4 \\ Q_4 + \Delta U_1 = A_{12} \end{cases} \text{ [0.5 + 0.5 + 0.5 միավոր]}$$

Այս համակարգից ստանում ենք՝

$\Delta U_1 = \frac{0.4\Delta U_0 - 0.6\eta Q_0}{\eta - 0.4\eta + 0.4}$ [0.5 միավոր]

4 վիճակին համապատասխանող կոորդինատներն են՝

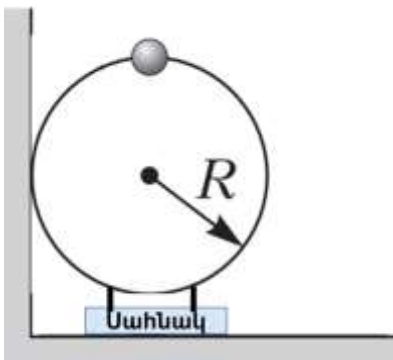
$A_4 = A_{12} = \eta \cdot (Q_0 + \Delta U_1); Q_4 = A_{12} - \Delta U_1 = \eta Q_0 + (\eta - 1)\Delta U_1$ [0.5 միավոր]



1' վիճակին համապատասխանող կոորդինատները կլինեն՝

$A_{1'} = A_{12} = \eta \cdot (Q_0 + \Delta U_1); Q_{1'} = A_{12} = \eta \cdot (Q_0 + \Delta U_1)$ [0.5 միավոր]

4) Օղակաշարժիչ (8 միավոր)



M զանգվածով և R շառավղով սահնակին ամրացված օղակը դրված է ողորկ պատի և ողորկ հատակի անկյունում: m զանգվածով հուլունքը գտնվում է օղակի գագաթում: Հուլունքը բաց թողնելուց հետո, այն առանց շփման սկսում է սահել օղակի աջ կիսաշրջանագծով:

ա) Հուլունքը օղակի կենտրոնին միացնող շառավղի վեկտորի ուղղաձիգի հետ կազմած, ինչ անկյան դեպքում օղակը կպոկվի պատից: [2 միավոր]

բ) Ինչքան է հուլունքի արագությունը օղակի պատից պոկվելու պահին: [0.5 միավոր]

գ) Ինչքան է հուլունքի կենտրոնաձիգ արագացումը օղակի պատից պոկվելու պահին: [0.5 միավոր]

դ) Ինչքան է հուլունքի արագությունը այն պահին, երբ հուլունքը օղակի կենտրոնին միացնող շառավղի հորիզոնական է $\beta = 90^\circ$: [3 միավոր]

ե) Ինչքա՞ն է հուլունքի վրա օղակի կողմից ազդող հակազդեցության ուժը η) կետում նկարագրված պահին:
[2 միավոր]

Լուծում

a) Էներգիայի պահպանման օրենքից, միևնույն պահպանվելը

$$m \cdot \frac{v^2}{2} = mg(R - R \cdot \cos(\alpha)) \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

$$\frac{mv^2}{R} = mg \cdot \cos(\alpha) - N \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Այս երկուսից՝

$$N = mg(3 \cos(\alpha) - 2)$$

Պոկվելու պայմանն է՝ $N = 0$, **[0.5 միավոր]** այստեղից՝ $\cos(\alpha_0) = \frac{2}{3}$: **[0.5 միավոր]**

b) $v_0^2 = gR \cdot \cos(\alpha_0) = \frac{2}{3}gR \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2}{3}gR}$ **[0.5 միավոր]**

c) $a = \frac{v^2}{R} = \frac{2}{3}g$ **[0.5 միավոր]**

d) Նշանակենք հուլունքի արագության ուղղաձիգ բաղադրիչը v_1 -ով, իսկ հորիզոնական բաղադրիչը u -ով:
 Յուլունքի արագությունը կլինի $v_{\text{ը}}^2 = v_1^2 + u^2$ **[0.5 միավոր]**

$$\begin{cases} mv_0 \cdot \cos(\alpha_0) = (m + M)u & [1 \text{ միավոր}] \\ \frac{mv_0^2}{2} + mgR\cos(\alpha_0) = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{(m + M)u^2}{2} + mgR \cdot \cos(90^\circ) & [0.5 \text{ միավոր}] \end{cases}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgR\cos(\alpha) = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{(m + M)u^2}{2}$$

$$v_0^2 + 2gR\cos(\alpha) - \frac{(m + M)u^2}{m} = v_1^2$$

$$\begin{aligned} v_1^2 &= \frac{2}{3}gR + 2gR\frac{2}{3} - \frac{(m + M)}{m} \left(\frac{mv_0 \cdot \cos(\alpha_0)}{(m + M)} \right)^2 = \frac{2}{3}gR + 2gR\frac{2}{3} - \frac{m}{m + M} \frac{2}{3}gR \left(\frac{2}{3} \right)^2 = \frac{2}{3}gR \left(1 + 2 - \frac{m}{m + M} \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right) \\ &= \frac{2}{3}gR \left(3 - \frac{m}{m + M} \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right) \end{aligned}$$

$$v_{\text{ը}}^2 = v_1^2 + u^2 = \frac{2}{3}gR \left(3 - \frac{m}{m + M} \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right) + \left(\frac{m}{m + M} \right)^2 \frac{2}{3}gR \cdot \left(\frac{2}{3} \right)^2 = \frac{2}{3}gR \left(3 - \frac{m}{m + M} \left(\frac{2}{3} \right)^2 + \left(\frac{m}{m + M} \right)^2 \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right)$$

**[1 միավոր, 0.5 միավոր եթե ճիշտ ստացվել է v_1 կամ u
 – երից որևէ մեկը, միջանկյալ հաշվարկները չեն գնահատվում]**

e) $\begin{cases} Ma_x = N & [0.5 \text{ միավոր}] \\ m \left(a_x - \frac{v_1^2}{R} \right) = -N & [1 \text{ միավոր}] \end{cases} \Rightarrow \frac{mM}{m + M} \frac{v_1^2}{R} = N$ **[0.5 միավոր]**