

**ՖԻԶԻԿԱ 11-րդ ԴԱՍԱՐԱՆ**  
**ՄԱՐԶԱՅԻՆ ՓՈԽԼ 2025-2026 ուս. տարի**  
**Տևողությունը 180 ր**

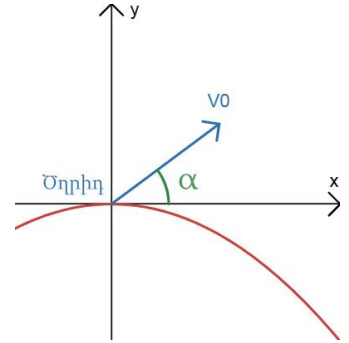
**Խնդիր 1 Ծղրիդը (5 միավոր)**

Պարաբոլական մակերևույթով սարի գագաթին գտնվող ծղրիդը կարող է ցատկել միայն  $v_0$  սկզբնական արագությամբ: Փորձարկումներ կատարելով ծղրիդը նկատում է, որ իր սկզբնական արագության և հորիզոնի միջև եղած  $\alpha$  անկյան որոշակի արժեքների դեպքում նա չի կարողանում վայրէջք կատարել սարի վրա՝ անկախ սարի չափսերից:

ա) Գտեք  $\alpha$  անկյան արժեքների տիրույթը, որոնց դեպքում ծղրիդը չի կարողանա վայրէջք կատարել սարի վրա՝ անկախ սարի չափսերից: **[4 միավոր]**

բ) Հիմնավորեք, որ  $\alpha$ -ի նախորդ կետում բնարկված տիրույթից դուրս բոլոր արժեքների դեպքում ծղրիդը կարող է վայրէջք կատարել սարի վրա, եթե սարի չափսերը բավարար մեծ են: **[1 միավոր]**

$y$  և  $x$  առանցքները համապատասխանում են ուղղաձիգ և հորիզոնական ուղղություններին, սարի պարաբոլական մակերևույթը տրվում է  $y = -kx^2$  օրենքով, որտեղ  $k$ -ն հայտնի մեծություն է: Ազատ անկման արագացումը  $g$  է: Հայտնի է, որ  $v_0^2 > g/2k$ :



**Ծղրիդը, լուծում**

ա) Նախ և առաջ խնդիրը լուծելիս անհրաժեշտ է ստանալ ծղրիդի շարժման հետագծի հավասարումը:

$$\begin{cases} y_1 = v_0 \sin(\alpha)t - \frac{gt^2}{2} \\ x = v_0 \cos(\alpha)t \end{cases}$$

$$y_1 = x \cdot \operatorname{tg}(\alpha) - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2(\alpha)} \quad \text{[1 միավոր, գնահատվում է միայն լրիվ ճիշտ լուծումը]}$$

Այժմ նշենք, որ եթե ծղրիդը սարի վրա է ընկնում, ապա ծղրիդի հետագծի կորը և սարի մակերևույթը պետք է ունենան առնվազն 2 հատման կետ **[0.5 միավոր]**, որոնցից մեկը (0,0) կոորդինատով կետն է՝ շարժման սկիզբնակետը:

$$\begin{cases} y = -kx^2 \\ y_1 = y \quad \text{[0.5 միավոր]} \\ x \cdot \operatorname{tg}(\alpha) - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2(\alpha)} = -kx^2 \end{cases}$$

Այժմ դիտարկելով  $x \neq 0$  դեպքը կարող ենք  $x$ -ը կրճատել և ստանալ՝

$$\operatorname{tg}(\alpha) = x \cdot \left( \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\alpha)} - k \right), \quad x = \frac{2v_0^2 \cos^2(\alpha) \cdot \operatorname{tg}(\alpha)}{g - 2v_0^2 \cos^2(\alpha) \cdot k} \quad \text{[0.5 միավոր]}$$

Կարելի է նկատել, որ  $\cos^2(\alpha) \geq g/(2v_0^2 k)$ , **[0.5 միավոր]** դեպքում հավասարումը չունի լուծում, հետևաբար այս դեպքերում ծղրիդը սարի վրա չի ընկնի:

Այսպիսով սահմանային անկյունը կլինի՝

$$\cos^2(\alpha_0) = g/(2v_0^2 k) \quad \text{[0.5 միավոր]}$$

$$\alpha \leq \arccos\left(\sqrt{\frac{g}{2v_0^2 k}}\right) \quad \text{[0.5 անհավասարման նշան]}$$

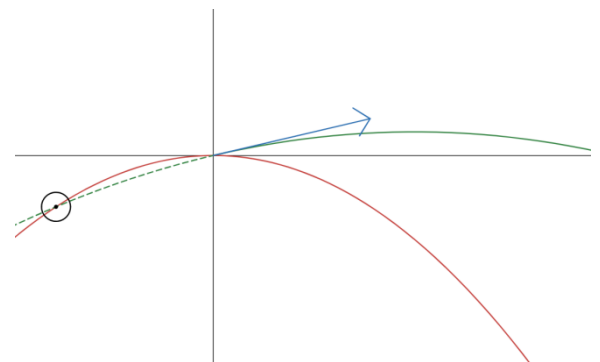
բ) Նշենք, որ անհրաժեշտ է՝

$$x = \frac{2v_0^2 \cos^2(\alpha) \cdot \operatorname{tg}(\alpha)}{g - 2v_0^2 \cos^2(\alpha) \cdot k} > 0 \quad \text{[0.5 միավոր]}$$

$$\text{հետևաբար՝ } \cos(\alpha) < \sqrt{\frac{g}{2v_0^2 k}}$$

Զմոռանալով հավասարության դեպքը ստանում ենք, որ

$$\boxed{\cos(\alpha) < \sqrt{\frac{g}{2v_0^2 k}}} \quad \text{[0.5 միավոր]}$$



## Խնդիր 2: Պղպջակները անոթում (7 միավոր)

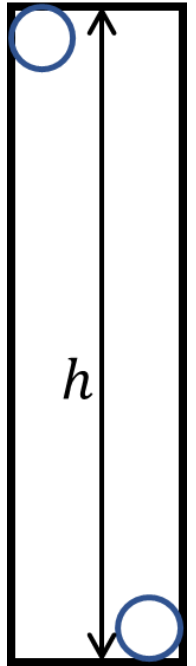
Միևնույն բանակի միատոմ իդեալական գազ պարունակող երկու փոքր պղպջակ մնացել են հերմետիկ փակ անոթի մեջ: Անոթը լցված է անսեղմելի հեղուկով: Պղպջակներից մեկը կպած է անոթի վերին նիստին, մյուսը հատակին և ունի  $V_0$  ծավալ: Ողջ համակարգում սկզբում ջերմաստիճանը  $T_0$  է: Պղպջակների ծավալների հարաբերությունը  $\alpha = 3$  է: Անոթը տաքացրեցին, որից հետո պղպջակների ծավալների հարաբերությունը դարձավ  $\varphi = 4$ :

ա) Ինչքա՞ն է գազի վերջնական ջերմաստիճանը: [4 միավոր]

Համակարգը տաքացնելիս ջրին հաղորդվել է  $Q_2$  ջերմաքանակ:

բ) Որքա՞ն ջերմաքանակ է հաղորդվել ջուր-գազ համակարգին տաքացնելու ընթացքում: [3 միավոր]

Ողջ խնդրի ընթացքում անտեսեք մակերևութային լարվածության ուժերը և կորության մեծությունները: Ներքևի պղպջակը չի պոկվում հատակից: Ինքնուրույն պետք է հասկանաք, թե պղպջակներից, որի ծավալն է ավելի մեծ:  $V_0$ -ն և  $T_0$ -ն հայտնի են: Ձրի ծավալը շատ անգամ մեծ է պղպջակների ծավալից: Ձրի տեսակարար ջերմունակությունը  $c$  է:  $h$ -ը տրված չի:



$$\text{ա) } \begin{cases} p_{20} - p_{10} = p_2 - p_1 & [1 \text{ միավոր}] \\ \frac{p_{20}V_0}{T_0} = \frac{p_{10}\alpha V_0}{T_0} = \nu R & [0.5 \text{ միավոր}] \\ \frac{p_2V_2}{\beta T_0} = \frac{p_1\varphi V_2}{\beta T_0} = \nu R & [0.5 \text{ միավոր}] \\ V_0 + \alpha V_0 = V_2 + \varphi V_2 & [0.5 \text{ միավոր}] \end{cases}$$

$$\beta = \frac{\varphi}{\alpha} \cdot \frac{\alpha^2 - 1}{\varphi^2 - 1} \quad [1 \text{ միավոր, միայն լրիվ ճիշտ լուծման համար}]$$

$$\beta = \frac{32}{45} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

### Խնդիր 3: Պայթող ռումբը (8 միավոր)

$M = 1$  կգ արկը թռչում է ուղղաձիգ դեպի վեր և պայթում է այն պահին, երբ դրա արագությունը  $v_0 = 10$  մ/վ էր դեպի վեր՝ բաժանվելով բազմաթիվ բեկորների, որոնք թռչում են բոլոր ուղղություններով՝ մեծությամբ հավասար արագություններով: Պայթյունից  $t_1 = 0.2$  վ հետո ոչ մի բեկոր դեռ հատակին հասած չի լինում:  $t_1 = 0.2$  վ պահին բեկորներից մեկը շարժվում է հորիզոնական ուղղությամբ՝  $p_1 = 6$  կգ · մ/վ իմպուլսով: Օդի դիմադրությունը անտեսել: Հաշվի առեք, որ Նշված ժամանակահատվածում ծանրության ուժի իմպուլսը չի կարելի անտեսել:

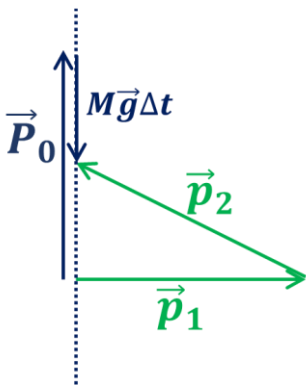
1. Գտեք մնացած բոլոր բեկորների ընդհանուր  $\vec{p}_2$  իմպուլսի մոդուլը  $t_1 = 0.2$  վ պահին: Ազատ անկման արագացումը  $g = 10$  մ/վ<sup>2</sup> է: [2.5 միավոր]

Փոփոխեք խնդրի պայմաններից միայն մեկը: Այն է, արկը բաժանվում է միայն 2 մասի, որոնցից մեկը դա  $t_1$  պահին  $p_1$  իմպուլս կրողն է: Նաև պայթյունից առաջացած բեկորների զանգվածները հավասար են:

2. Ինչքանով է փոխվել համակարգի մեխանիկական էներգիան պայթյունից հետո  $t_1 = 0.2$  վ ընթացքում: [2.5 միավոր]

3. Ինչքան է  $p_1$  իմպուլսով բեկորի իմպուլսը պայթյունից անմիջապես հետո: [0.5 միավոր]

4. Ինչքան է պայթյունի ընթացքում անջատված  $Q$  էներգիան: Համարեք ամբողջ էներգիան վերածվել է բեկորների մեխանիկական էներգիայի: [2.5 միավոր]



1. Քանի որ համակարգի վրա ազդող միակ արտաքին ուժը մինչև բեկորների հատակին հասնելը  $Mg$ -ն է [0.5 միավոր], ապա համակարգի իմպուլսի փոփոխությունը  $t_1$  պահին կլինի՝

$$\Delta \vec{P} = M \vec{g} \Delta t \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

$t_1$  պահին համակարգի իմպուլսը դիագրամման [0.5 միավոր] կնկարագրվի հետևյալ դիագրամով,  $P_0$ -արկի իմպուլսն է մինչև պայթյունը:

Այսպիսով, բեկորների արագությունը կլինի՝

$$p_2 = \sqrt{(P_0 - Mg\Delta t)^2 + p_1^2} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Որտեղից՝  $p_2 = 10$  կգ · մ/վ [0.5 միավոր]

2. Հաշվեք յուրաքանչյուր մարմնի վրա ծանրության ուժի կողմից կատարված աշխատանքը: Բազմապատկելիս պետք է վերցնել վեկտորների սկալյար արտադրյալը:

Առաջին բեկոր՝  $A_1 = m_1 \vec{g} \left( \frac{\vec{g} t_1^2}{2} + \vec{v}_{10} t_1 \right) \quad [0.5 \text{ միավոր}]$

Երկրորդ բեկոր՝  $A_2 = m_2 \vec{g} \left( \frac{\vec{g} t_1^2}{2} + \vec{v}_{20} t_1 \right) \quad [0.5 \text{ միավոր}]$

Այսպիսով լրիվ աշխատանքը կլինի՝

$$A_{\text{ը}} = \frac{M(gt_1)^2}{2} + (m_1 \vec{v}_{10} + m_2 \vec{v}_{20}) \vec{g} t_1 = \frac{M(gt_1)^2}{2} + (m_1 \vec{v}_{10} + m_2 \vec{v}_{20}) \vec{g} t_1 = \frac{M(gt_1)^2}{2} + \vec{P}_0 \vec{g} t_1$$

$$A_{\text{ը}} = \frac{M(gt_1)^2}{2} - P_0 g t_1 \quad [0.5 + 0.5 \text{ միավոր}]$$

$$A_{\text{ը}} = -18 \text{ Ջ} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

3.  $p_{10} = \sqrt{p_1^2 + (mgt_1)^2} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$

4. Այսպիսով՝ պայթյունից անմիջապես հետո էներգիան կլինի՝

$$E_0 = E_{\text{կ}} - A_{\text{ը}} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

$$E_0 = E_{\text{կ}} - A_{\text{ը}} = \frac{p_1^2}{2m} + \frac{p_2^2}{2m} - \frac{M(gt_1)^2}{2} + P_0 g t_1 \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Մինչև պայթյունը էներգիան հավասար էր՝

$$E_{\text{կ,սկզբնական}} = \frac{P_0^2}{2M} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

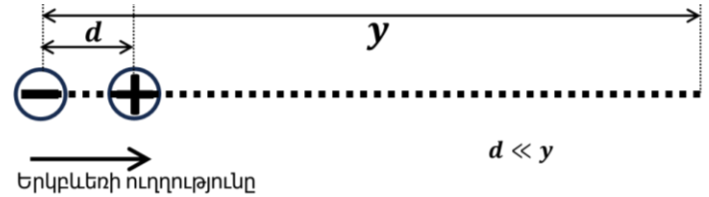
Պայթյունից անջատված էներգիան կլինի՝

$$Q = E_{\text{կ}} - A_{\text{ը}} - E_{\text{կ,սկզբնական}} = \frac{p_1^2}{2m} + \frac{p_2^2}{2m} - \frac{M(gt_1)^2}{2} + P_0 g t_1 - \frac{P_0^2}{2M} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

$$Q = \frac{p_1^2}{M} + \frac{(P_0 - Mg\Delta t)^2 + p_1^2}{M} - \frac{M(gt_1)^2}{2} + P_0 g t_1 - \frac{P_0^2}{2M} = 104 \text{ Ջ} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

#### Խնդիր 4: Երկբևեռ (5 միավոր)

Երկբևեռ է կոչվում իրար շատ մոտ գտնվող երկու մեծությամբ նույն, սակայն նշանով՝ հակառակ լիցքերի համախումբը: Որպես երկբևեռի ուղղություն վերցվում է բացասական լիցքից դեպի դրական լիցք ուղղությունը: Հայտնի է, որ երկբևեռի կենտրոնի հեռավորությունը  $B$  կետից՝  $y$ -ը, շատ մեծ է երկբևեռի չափսերից՝  $d \ll y$  (տես նկարը, նկարում պահպանված չի մասշտաբը):



ա) Որոշեք երկբևեռի  $p = qd$  դիպոլային մոմենտը, որը իր առանցքի երկայնքով՝ դիպոլի կենտրոնից  $r$  հեռավորության վրա ստեղծում է  $E$  էլեկտրական դաշտ: **[1.5 միավոր]**

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

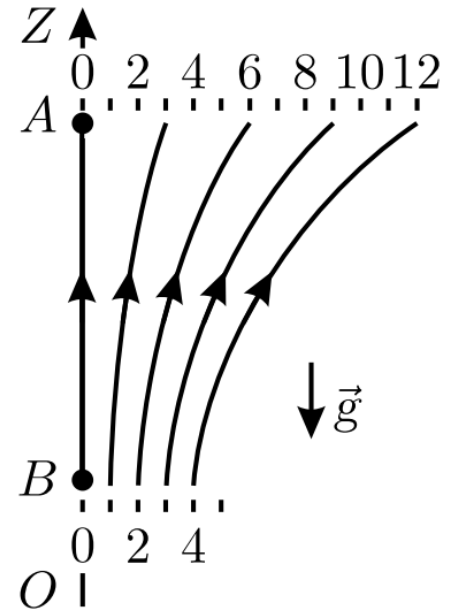
բ) Որակապես գծեք երկբևեռի ուժագծերի բաշխվածությունը: **[0.5 միավոր]**

Նկարում պատկերված է երկբևեռի ստեղծած էլեկտրական դաշտի ուժագծերը թերթիկի հարթության մեջ: Հայտնի է, որ  $AB = x$ : Հայտնի է, որ միավոր մակերեսով անցնող ուժագծերի թիվը համեմատական է էլեկտրական դաշտի լարվածության մոդուլին:

գ) Գտեք դիպոլի հեռավորությունը  $B$  կետից: **[2 միավոր]**

դ) Նշեք դիպոլի ուղղությունը: Բերեք գծագիր: **[0.5 միավոր]**

ե) Որակապես գծեք  $A$  կետով անցնող այն մակերևույթը, որի վրա բոլոր կետերի պոտենցիալները հավասար են (համապոտենցիալ մակերևույթը): Հստակ նշեք այն սկզբունքները, կարևոր առանձնահատկությունները, որոնց հիման վրա կառուցել եք համապոտենցիալ մակերևույթը: **[0.5 միավոր]**



Լուծում:

ա) Դիպոլի ստեղծած դաշտի լարվածությունը կլինի՝

$$E = \frac{kq}{\left(r - \frac{d}{2}\right)^2} - \frac{kq}{\left(r + \frac{d}{2}\right)^2} \quad \text{[0.5 միավոր]}$$

Կատարելով մոտավորությունը կստանանք՝

$$E = \frac{kq}{r^2} \left(1 + \frac{d}{r} - 1 + \frac{d}{r}\right) \quad \text{[0.5 միավոր]}$$

$$E = \frac{2k}{r^3} p$$

Այստեղից՝

$$p = \frac{Er^3}{2k} \quad \text{[0.5 միավոր]}$$

բ) Ճիշտ գծագիր, դիպոլի ուղղությամբ: **[0.5 միավոր]**

գ) Նայելով գծագրին նկատում ենք, որ  $B$  կետում գծագրի վրա ուժագծերի հեռավորությունը 3 անգամ ավելի փոքր է, քան  $A$  կետի մոտ **[0.5 միավոր]**: Այստեղից եզրակացնում ենք, որ  $E_B = 9E_A$  **[1 միավոր]**:

Այսպիսով՝

$$\left(\frac{x+y}{y}\right)^3 = 9 \quad \text{[0.5 միավոր]}$$

$$y = \frac{x}{\sqrt[3]{9} - 1} = 0.926x$$

դ) Ճիշտ գծագիր,  $z$  առանցքի ուղղությամբ: **[0.5 միավոր]**

ե) Նշված է, որ համապոտենցիալ մակերևույթի գծերը ուղղահայաց են ուժագծերին: **[0.5 միավոր]**