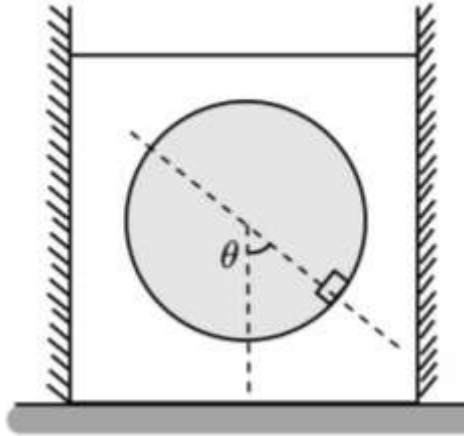
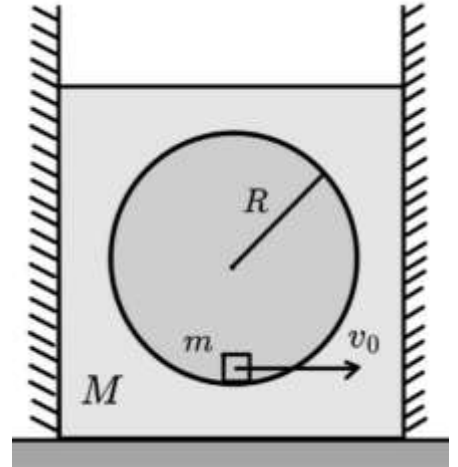


**ՖԻԶԻԿԱ 11-րդ ԴԱՍԱՐԱՆ**  
**ՄԱՐԶԱՅԻՆ ՓՈԻԼ, 2024-2025 ուս. տարի**  
**Տևողությունը – 210 րոպե**

**Թռչկոտում (5 միավոր)**

1) Մարմինը իրենից ներկայացնում է  $M$  զանգվածով խորանարդ, որի մեջ կտրված է  $R$  շառավղով գլանաձև խոռոչ (տես նկարը): Խորանարդը դրված է երկու ուղղաձիգ ողորկ պատերի միջև այնպես, որ չի կարող հորիզոնական ուղղությամբ տեղաշարժվել: Գլանաձև խոռոչի ներսում, ամենացածր կետում տեղադրված է փոքրիկ չորսու, որի չափերը կարող ենք անտեսել: Շփումը բոլոր տեղերում անտեսել: 1. Համարելով, որ խորանարդը չի պոկվում գետնից, գտնել չորսուին հաղորդված նվազագույն հորիզոնական արագությունը, որի դեպքում այն կկատարի լրիվ պտույտ, առանց ներքին մակերևույթից պոկվելու: [1 միավոր]



2. Գտնել չորսուի և խորանարդի միջև փոխազդեցության ուժը արտահայտած  $m, v_0, R, \theta$  մեծություններով՝ համարելով, որ խորանարդը չի պոկվում հատակից: [1.5 միավոր]

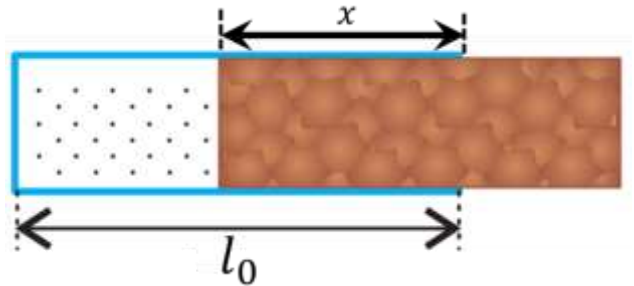
3. Չորսուին հաղորդում են սկզբնական  $\sqrt{5gR}$  արագություն:  $m/M$  ի՞նչ հարաբերության դեպքում խորանարդը չի պոկվի գետնից չորսուի շարժման ողջ ընթացքում: [2.5 միավոր]

**Խցանահան (5 միավոր)**

2) Հորիզոնական դիրքով դրված անոթը փակ է ձախ կողմից և բաց է աջ կողմից: Անոթի մեջ մտցված է խցան: Խցանը հերմետիկ է: Հայտնի է, որ խցանի և անոթի պատերի միջև շփման ուժը համեմատական է խցան-անոթ հպման մակերեսին և տրվում է՝

$$F_{2\phi} = \frac{2P_0 S}{l_0} x$$

բանաձևով, որտեղ  $S$  -ը խցանի կտրվածքի մակերեսն է,  $l_0$ -ն անոթի ներքին մասի երկարությունը,  $x$ -ը խցանի անոթի մեջ մտցված մասի երկարությունն է: Խցանի և անոթի միջև մնացած օդի ճնշումը հավասար է  $2.5P_0$ , որտեղ  $P_0$ -ն մթնոլորտային ճնշումն է: Ընդ որում, այս ճնշման դեպքում, խցանը հավասարակշռության մեջ է, իսկ խցանի և անոթի միջև շփման ուժը հավասար է սահքի շփման ուժին՝ առավելագույնն է տվյալ  $x$ -ի համար: Կարգավորելով գազի ջերմաստիճանը՝ միտցրե՛ք դուրս են մղում անոթից: Այդ նպատակով սկզբում աշխատում է ջեռուցիչը, որից հետո սառնարանը՝ ապահովելով պրոցեսի քվադրատատիկ լինելը:



ա) Ստացե՛ք գազի ճնշման ծավալից կախվածության բանաձևը և կառուցե՛ք այդ կախվածության գրաֆիկը: [2 միավոր]

բ) Ինչքա՞ն ջերմաքանակ է տվել ջեռուցիչը: [3 միավոր]

## Հեռահարություն (5 միավոր)

Մարմինը նետում են  $h$  բարձրությունից  $v_0$  արագությամբ (տես նկարը):

ա) Արտահայտել գետնին հասնելու արագությունը  $v_0$ -ով,  $h$ -ով և ազատ անկման արագացմամբ: [0.5 միավոր]

բ) Կառուցել

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$$

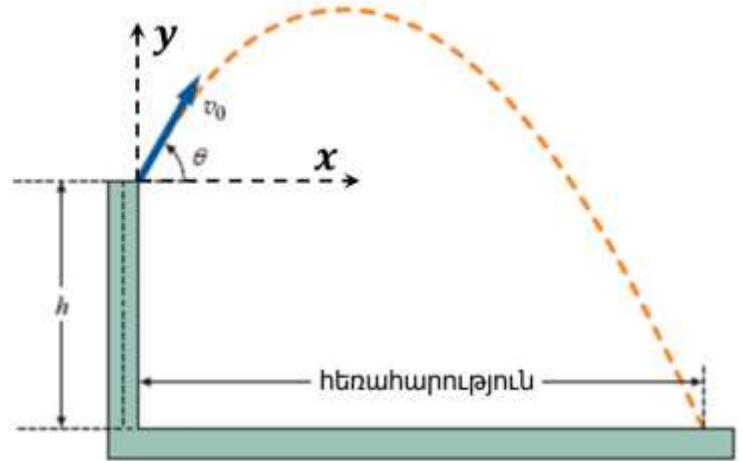
հավասարումով ներկայացվող վեկտորական եռանկյունը, որտեղ  $\vec{v}$ -ն և  $\vec{v}_0$ -ն վերջնական և սկզբնական արագություններն են և  $\vec{g}$ -ն ազատ անկման արագացումը,  $t$ -ն ժամանակը թռիչքի սկզբից: [0.5 միավոր]

գ) Ստացեք մարմնի շարժման հետագծի հավասարումը՝  $y$ -ի կախվածությունը  $x$ -ից: Հաշվարկման սկզբնակետ ընտրեք նետման կետը: [0, 5 միավոր]

դ) Որոշեք մարմնի առավելագույն հեռահարությունը ( $h$ -ով,  $v_0$ -ով և  $g$ -ով):

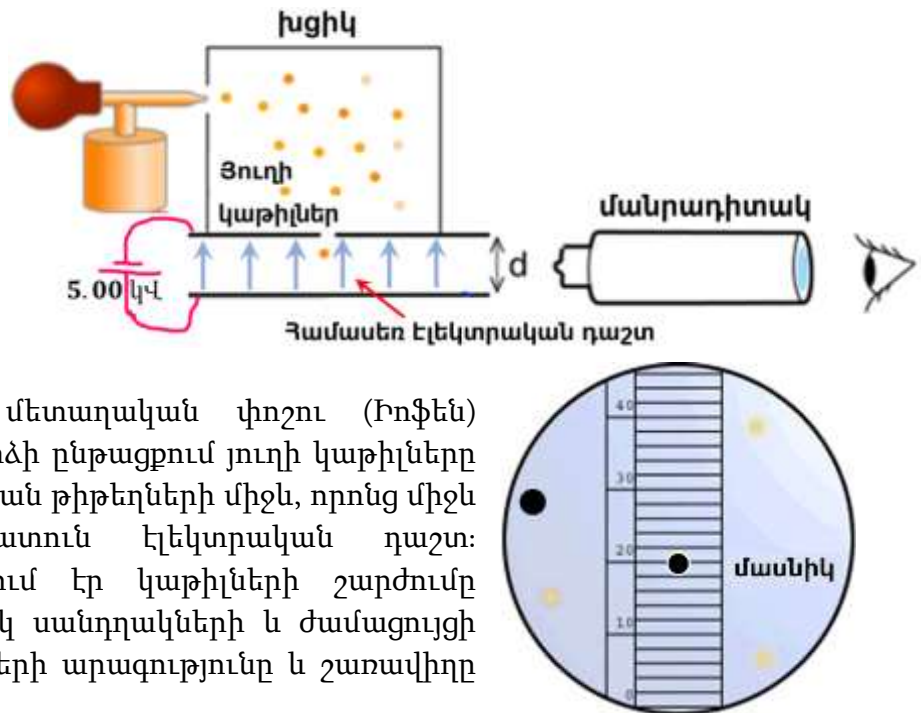
*Ցուցում:* Կարող եք օգտվել 2)-րդ կետում կառուցված եռանկյան վերլուծությունից կամ 3) կետում արտածված հավասարումից: [2, 5 միավոր]

ե) Որոշեք սկզբնական արագության հորիզոնի հետ կազմած այն անկյունը, որի դեպքում մարմնի հեռահարությունը առավելագույնն է: Պետք է նշեք այդ անկյան  $\sin$ ,  $\cos$ ,  $\tan$  մեծություններից որևէ մեկը ( $h$ -ով,  $v_0$ -ով և  $g$ -ով): [1 միավոր]



## Միլլիկենի փորձը (10 միավոր)

Էլեկտրական լիցքի հատկությունները ուսումնասիրելու համար Ռ. Միլլիկենը և Ա. Իոֆֆեն իրարից անկախ 1909-1910 թվականներին կատարել են բազմաթիվ փորձեր: Իրենց փորձերում ուսումնասիրել են յուղի (Միլլիկենը), սնդիկի կաթիլների, մետաղական փոշու (Իոֆֆեն) շարժումը էլեկտրական դաշտում: Փորձի ընթացքում յուղի կաթիլները մղվում էին երկու զուգահեռ մետաղական թիթեղների միջև, որոնց միջև հնարավոր էր կիրառել հաստատուն էլեկտրական դաշտ: Մանրադիտակի օգնությամբ դիտվում էր կաթիլների շարժումը թիթեղների միջև տիրույթում: Հատուկ սանդղակների և ժամացույցի օգնությամբ չափվում էր նաև կաթիլների արագությունը և շառավիղը (տես նկարը):



**Մաս A: Էլեկտրոնի լիցքի որոշումը:**

*(Խորհուրդ ենք տալիս փորձել լուծել Մաս B-ն, նույնիսկ, եթե Մաս A-ում հաջողության չեք հասել)*

Առաջին փուլում, ուսումնասիրվում էր կաթիլների շարժումը թիթեղների միջև՝ առանց էլեկտրական դաշտի կիրառման: Հայտնի է, որ օդում շարժվելիս միկրոմետրական կաթիլների վրա ազդող օդի դիմադրության ուժը ուղիղ համեմատական է դրանց արագությանը և շատավրին: Այդ դիմադրությունը այնքան էական է, որ կաթիլները թիթեղների միջև տարածություն մտնելիս արդեն շարժվում են հավասարաչափ: Կաթիլի արագությունը էլեկտրական դաշտի բացակայության ընթացքում նշանակենք՝  $v_0$ : Այս խնդրում օդի դիմադրությունը կհամարվի անկախ կաթիլի լիցքից:

Ինչպես նշվել էր, կաթիլները ձեռք են բերում լիցք մղվելու ընթացքում, երբ կաթիլները ճառագայթահարվում են ուլտրամանուշակագույն ճառագայթներով: Այսպես հնարավոր էր ստանալ լիցքի տարբեր արժեքներ:

Երկրորդ փուլում կաթիլների վրա ազդում է թիթեղների միջև կիրառված էլեկտրական դաշտը, որը կաթիլներին բարձրացնում է վերև (արագությունը նշանակենք՝  $v_1$ ): Թիթեղների միջև հեռավորությունը 1,0 սմ է, իսկ լարումը աղյուսակում նշված է  $U_0$ -ով:

Փորձի բոլոր նրբությունները հաշվի առնելը շատ բարդ է և աշխատատար, սակայն հիմնական սկզբունքները կուսումնասիրենք: Աղյուսակ 1-ում բերված են փորձարարական մի քանի տվյալներ:

ա) Օգտագործելով աղյուսակի տվյալները գտեք յուրաքանչյուր տողում կաթիլի լիցքի մեծությունը և լրացրեք այդ տվյալներով, եվս մեկ սյունյակ աջից: **[2,5 միավոր]**

Հազարավոր փորձարարական տվյալներից պարզ երևում էր, որ լիցքի արժեքները ընդհատ են:”

Փորձը միշտ ունենում է սխալանք, այդ պատճառով կաթիլի լիցքի մեծության ստացվող արժեքների մեջ ներդրում են ունենալու նաև պատահական սխալանքները: Մակայն, ուսումնասիրելով կաթիլների լիցքի համար Ձեր կողմից ստացված արժեքները կարելի է կռահել էլեկտրոնների պակասորդը յուրաքանչյուր կաթիլում:

բ) Վերլուծելով աղյուսակային տվյալները գնահատեք տարրական լիցքի մեծությունը: Մեկնաբանեք ձեր պատասխանը: Օգտագործելով Ձեր գնահատականը լրացրեք ևս մեկ սյունյակ աջից, որտեղ նշված կլինի էլեկտրոնների պակասորդի թիվը յուրաքանչյուր կաթիլում: Պակասորդի թիվը պետք է կլորացնել մինչև ամբողջ թիվ: **[1 միավոր]**

գ) Կառուցեք գրաֆիկ կաթիլի լիցքի՝ էլեկտրոնների թվի պակասորդից կախվածության համար: Օգտվելով այդ գրաֆիկից (հաշվելով թեքության անկյան տանգենսը) ստացեք էլեկտրոնի լիցքը: Կարող եք օգտագործել կցված միլիմետրական թուղտը: **[1,5 միավոր]**

*Աղյուսակ 1*

№	$r$ , մկմ	$v_0$ , $\frac{\text{մմ}}{\text{վ}}$	$U_0$ , կՎ	$v_1$ , $\frac{\text{մմ}}{\text{վ}}$
1	1,3	0,19	5,0	0,18
2	1,7	0,32	5,0	0,51
3	1,7	0,32	5,0	0,24
4	1,2	0,16	5,0	0,23
5	1,4	0,22	5,0	0,29
6	2,0	0,44	5,0	0,39
7	1,6	0,28	5,0	0,46
8	1,5	0,25	5,0	0,38
9	2,2	0,53	5,0	0,22
10	1,4	0,22	5,0	0,63

**Մաս B: Ամեն ինչ այսքան հեշտ չէ**

Իրականում Միլիկենը ստացել էր իրական արժեքից ավելի փոքր արժեքներ: Փորձի մեջ տարբեր սխալանքի աղբյուրների առկայության հաշվի առնելով և դրանք չեզոքացնելով է, որ ստացվել է էլեկտրոնի լիցքի ներկայումս քաջ հայտնի բավականին ճշգրիտ արժեքը: Եկեք դիտարկենք դրանցից մի քանիսը:

Ջուրը շատ ավելի էժան և հեշտ ճարվող է քան հատուկ յուղը, որը օգտագործում էր Միլիկենը իր փորձերում: Սակայն, միլիկենը օգտագործում էր յուղը քանի որ դրա գոլորշիացման արագությունը շատ ավելի փոքր է քան ջրինը (տես. աղյուսակ):

*Աղյուսակ 2*

Ջրի խտությունը $10^5$ Պա	1000 կգ/մ <sup>3</sup>
Յուղի խտությունը	910 կգ/մ <sup>3</sup>
Օդի խտությունը	1.29 կգ/մ <sup>3</sup>
Ջրի մակերևութային լարվածության գործակից	72 մՆ/մ
Յուղի մակերևութային լարվածության գործակից	30 մՆ/մ
Ջրի գոլորշիացման (20 °C) արագությունը մակերևութից	$2,78 \cdot 10^{-4}$ կգ/մ <sup>2</sup> վ
Յուղի գոլորշիացման (20 °C) արագությունը մակերևութից	$2,80 \cdot 10^{-9}$ կգ/մ <sup>2</sup> վ
Յուղի համակողմանի սեղմման գործակից	$7,0 \cdot 10^{-10}$ Պա <sup>-1</sup>

ա) Ստացեք բանաձև, որը արտահայտում է  $r$  շառավղով կաթիլի շառավղի նվազման արագությունը՝ կախված հեղուկի մակերևութից գոլորշիացման  $q$  արագությունից և հեղուկի խտությունից: Այս մեծությունների միավորները բերված են աղյուսակում: **[1 միավոր]**

Ցուցում: *գնդի շառավղի շատ փոքր  $\Delta r$  փոփոխությունից գնդի ծավալը փոխվում է  $\Delta V = 4\pi r^2 \Delta r$  չափով:*

բ) Օգտագործելով աղյուսակ 2-ում բերված տվյալները՝  $r = 1.3$  մկմ շառավղով կաթիլի օրինակի վրա բացատրեք, թե ինչու է յուղի օգտագործումը մեծացնում ճշտությունը: **[2 միավոր]**

գ) Իրականում կաթիլները սեղմվում են լապլասյան ճնշման ազդեցության տակ: Հեղուկի խտության փոփոխությունը ճնշման ազդեցության տակ կարելի է նկարագրել հետևյալ բանաձևով,

$$\Delta \rho = \beta \rho_0 * \Delta P$$

որտեղ  $\Delta \rho$ -ն հեղուկի խտության փոփոխությունն է, իսկ  $\Delta P$  ճնշման փոփոխությունը,  $\beta$ -ն համակողմանի սեղմման գործակիցը: Օգտագործելով աղյուսակ 2-ում բերված տվյալները՝  $r = 1.3$  մկմ շառավղով կաթիլի համար հաշվեք, թե քանի տոկոս ճշտում է ավելացնում կաթիլի լիցքի արժեքի մեջ կաթիլի խտության փոփոխության հաշվի առնելը: **[1 միավոր]**

դ) Իրականում օդի կողմից կաթիլի վրա ազդում է Արքիմեդյան ուժ: Քանի տոկոս ճշտում է ավելացնում կաթիլի լիցքի արժեքի մեջ Արքիմեդյան ուժի հաշվի առնելը: **[1 միավոր]**

Այս կետերը շատ չնչին մասն են այն բոլոր սխալանքների աղբյուրների, որոնք հաշվի են առնվել այս փորձում: Այսպիսի տիտանական աշխատանք և բազմաթիվ չափումներ կատարելու պարզևատրումը եղավ 1923թ-ին Միլիկենին շնորհված Նոբելյան մրցանակը: Միլիկենի փորձին կրկին դիմեցին գիտնականները, երբ ի հայտ եկավ քվարկների տեսությունը: Ինչքան էլ կատարելագործված կայանքներ հավաքվեցին միևնույն է չհաջողվեց հայտնաբերել  $\pm \frac{2}{3}e$  կամ  $\pm \frac{1}{3}e$  լիցք, ինչը լրացուցիչ հիմնավորում էր այն բանի, որ բնության մեջ ազատ վիճակում քվարկներ չկան:

