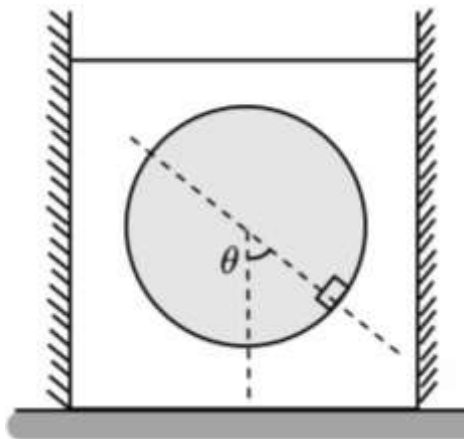
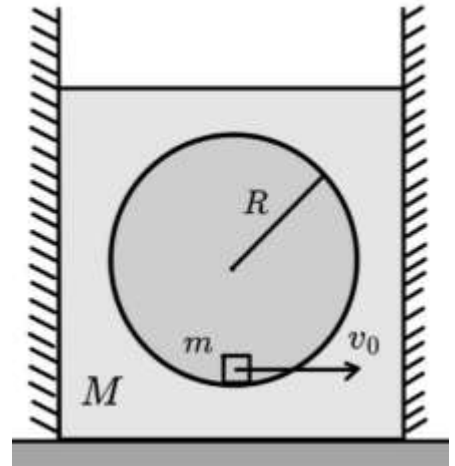


Տևողությունը – 210 րոպե

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, θ մեծություններով՝ համարելով, որ խորանարդը չի պոկվում հատակից: [1.5 միավոր]

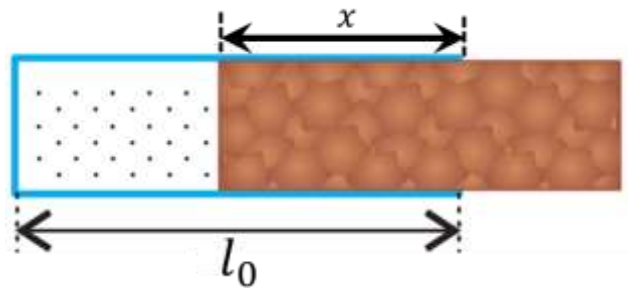
3. Չորսուին հաղորդում են սկզբնական $\sqrt{5gR}$ արագություն: m/M ի՞նչ հարաբերության դեպքում խորանարդը չի պոկվի գետնից չորսուի շարժման ողջ ընթացում: [2.5 միավոր]

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՝

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

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՝ միացրե՛ք դուրս են մղում անոթից: Այդ նպատակով սկզբում աշխատում է ջեռուցիչը, որից հետո սառնարանը՝ ապահովելով պրոցեսի քվազիստատիկ 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]

Ճոճանակը: (5 միավոր)

Ոլորական ճոճանակը ներկայացնում է ճկուն լարից կախված է $l = 14$ սմ երկարությամբ հորիզոնական մեկուսիչ ձող, որին ամրացված են երկու միատեսակ մինչև $q = 10^{-8}$ Կլ լիցքավորված գնդիկներ: Յուրաքանչյուր գնդիկի տրամագիծը $a = 0.5$ սմ է, զանգվածը՝ $m = 0.14$ գ: Ճոճանակի ճկուն լարը միշտ մնում է ուղղահայաց՝ միայն ոլորվում է: Ճոճանակի սեփական տատանումների պարբերությունը $T = 150$ վ է: Տատանվելիս շարժումը նկարագրվում է հետևյալ օրենքով՝

$$\varphi = \varphi_0 * \text{Sin}\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$$

1) Ինչքան կլինի ճոճանակի հորիզոնական ձողի առավելագույն անկյունային շեղումը, եթե գնդիկների հորիզոնական հարթության մեջ հաղորդվի v_0 արագություն՝ ձողին ուղղահայաց ուղղությամբ: Բերեք տառային պատասխան: **[0.5 միավոր]**

Դիտարկենք կոճ, որը փաթաթված է $d = 5.0$ մմ պղնձե լարից մեկ շերտով: Կոճի փաթույթում յուրաքանչյուր գալար հավում է իր երկու հարևանների հետ: Կոճը միացնում են $U_0 = 2.0$ կՎ հաստատուն լարման աղբյուրին: Պղնձի էլեկտրահաղորդականության գործակիցը $\rho = 0.017 * 10^{-6}$ Օհմ·մ է, կոճի շառավիղը $r = 15$ սմ, բարձրությունը $h = 60$ սմ: Երբ կոճը միացնում են լարման աղբյուրին հոսանքի ուժը կոճում փոփոխվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right),$$

որտեղ R -ը կոճի դիմադրությունն է, $L = 2.13 * 10^{-3}$ Հն -ը՝ կոճի ինդուկտիվությունը, ε -ը կիրառված լարումը:

- 2) Ինչքան է լինելու կայունացված հոսանքը կոճում: **[0.5 միավոր]**
- 3) Ինչքան ժամանակում հոսանքը կհասնի սահմանային արժեքի 90% -ին: Այս ժամանակը համարեք կայունացման ժամանակ: **[0.5 միավոր]**
- 4) Նկարել կոճի ստեղծած մագնիսական դաշտի ուժագծերը: Գծագրի վրա պետք է նշված լինի հոսանքի ուղղությունը: **[0.5 միավոր]**
- 5) Նկարել կոճի ներսում մակածված էլեկտրական դաշտի ուժագծերը: Կոճի ներսում մագնիսական դաշտը համարել համասեռ: Գծագրի վրա պետք է նշված լինի հոսանքի ուղղությունը: **[0.5 միավոր]**

Համարենք, թե կոճի հոսանքը հասել է կայունացված արժեքին: Կոճի ներսում մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի մեծությունը հաշվվում է հետևյալ բանաձևով՝

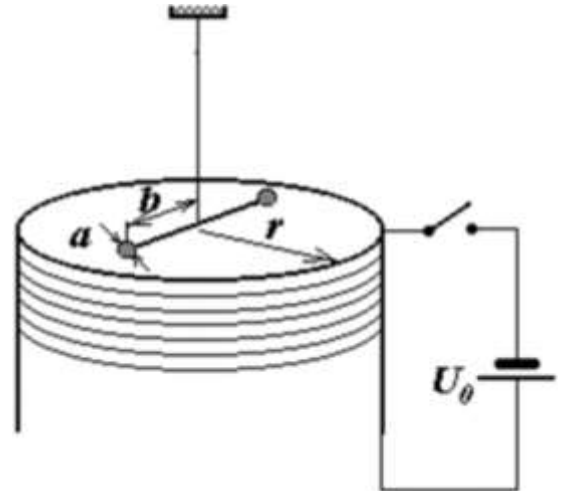
$$B = \mu_0 n I,$$

որտեղ $\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$ Հն/մ, n -ը՝ միավոր երկարության վրա գալարների թիվն է, I -ն կոճով անցնող հոսանքի ուժը:

6) Ինչքան է մագնիսական դաշտի մեծությունը կոճի ներսում՝ եզրերից շատ հեռու: **[0.5 միավոր]**

Ճոճանակը կախել են այնպես, որ հորիզոնական ձողին ամրացված գնդիկները կոճի ներսում են՝ եզրերից շատ հեռու:

7) Գտնել ճոճանակի ոլորման առավելագույն անկյունը, կոճը լարման աղբյուրին միացնող բանալին փակելուց հետո: **[2 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 (Իոֆեն) 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 շառավիղին: 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:

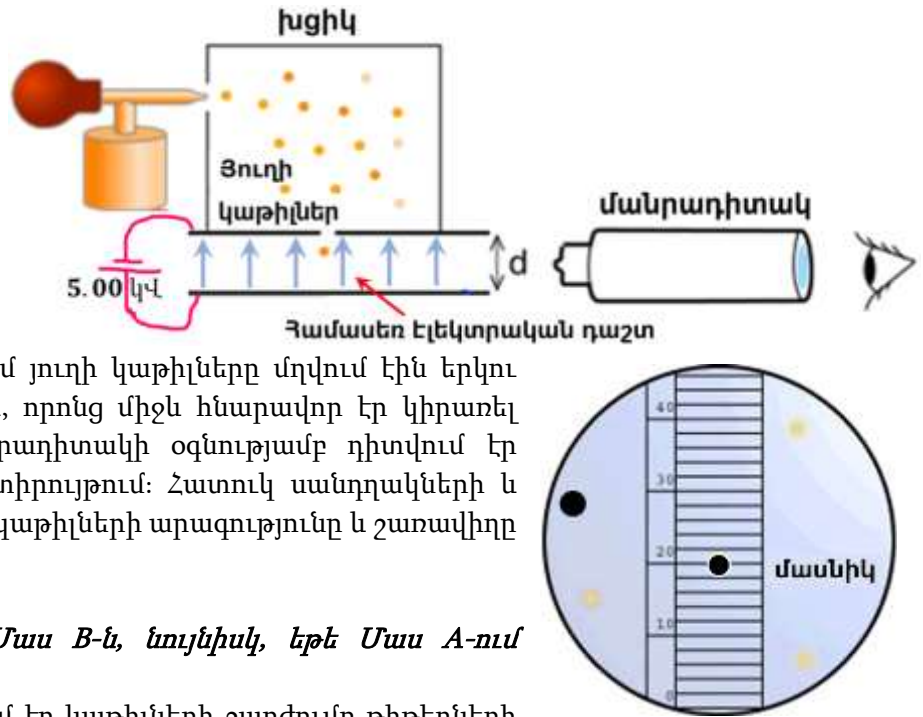
Երկրորդ փուլում կաթիլների վրա ազդում է թիթեղների միջև կիրառված էլեկտրական դաշտը, որը կաթիլներին բարձրացնում է վերև (արագությունը նշանակենք v_1): Թիթեղների միջև հեռավորությունը 1,0 սմ է, իսկ լարումը աղյուսակում նշված է U_0 -ով:

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: Սակայն, ուսումնասիրելով կաթիլների լիցքի համար Ձեր կողմից ստացված արժեքները կարելի է կռահել էլեկտրոնների պակասորդը յուրաքանչյուր կաթիլում:



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 |

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]**

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: Մակայն, միլիկենը օգտագործում էր յուղը քանի որ դրա գոլորշիացման արագությունը շատ ավելի փոքր է քան ջրինը (տես. աղյուսակ):

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

Ցուցում: գնդի շառավղի շատ փոքր Δr 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 ΔP ճնշման փոփոխությունը, β -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:

Աղյուսակ 2

| | |
|--|--------------------------------------|
| Ջրի խտությունը 10^5 Պա | 1000 կգ/մ ³ |
| Ցուղի խտությունը | 910 կգ/մ ³ |
| Օդի խտությունը | 1.29 կգ/մ ³ |
| Ջրի մակերևույթային լարվածության գործակից | 72 մՆ/մ |
| Ցուղի մակերևույթային լարվածության գործակից | 30 մՆ/մ |
| Ջրի գոլորշիացման (20 °C) արագությունը մակերևույթից | $2,78 * 10^{-4}$ կգ/մ ² վ |
| Ցուղի գոլորշիացման (20 °C) արագությունը մակերևույթից | $2,80 * 10^{-9}$ կգ/մ ² վ |
| Ցուղի համակողմանի սեղմման գործակից | $7,0 * 10^{-10}$ Պա ⁻¹ |

