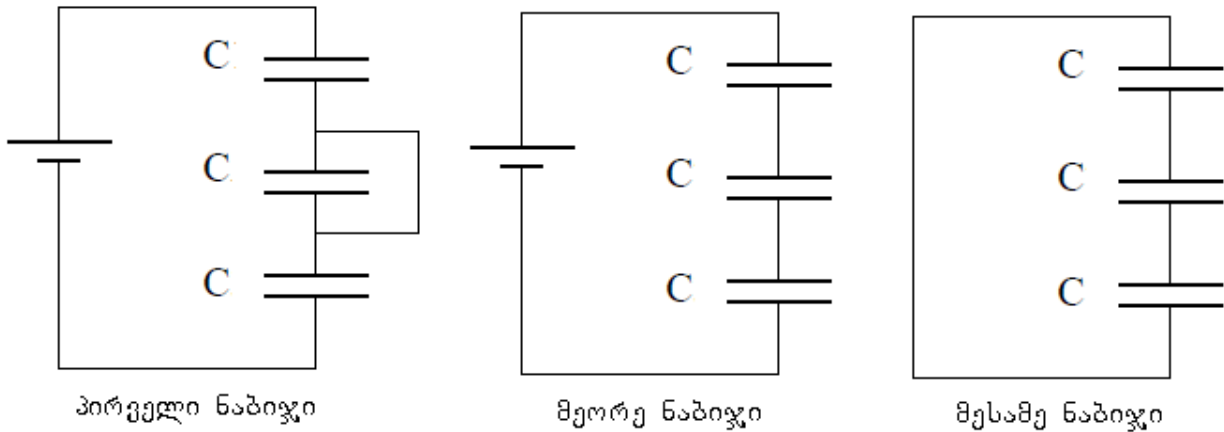


I შესარჩევი წერის ამოცანების ამოხსნები

ამოცანა №1

I გზა

განვიხილოთ ფირფიტების სისტემა როგორც სამი მიმდევრობით შეერთებული ერთნაირი კონდენსატორი. თითოეულის ტევადობა იყოს C . გადადგმული ნაბიჯები შემდეგნაირად გამოისახება:



თავდაპირველად შუა კონდენსატორი არ იმუხტება, ასე რომ საქმე გვაქვს ზედა და ქვედა კონდენსატორის მიმდევრობით შეერთებასთან. თითოეული მათგანზე იქნება $q_0 = CU_0/2$ მუხტი, ამასთან ზედა შემონაფენებზე დადებითი ნიშნის, ხოლო ქვედა შემონაფენებზე – უარყოფითი ნიშნის. მავთულის მოშორებას და შემდეგომ დენის წყაროს ამორთვას არავითარი ცვლილებები არ შეაქვს. ზედა და ქვედა ფირფიტების მავთულით შეერთებას კი მოყვება მუხტების გადანაწილება. აღვნიშნოთ კონდენსატორების ზედა შემონაფენების მუხტები შესაბამისად q_1 -ით, q_2 -ით და q_3 -ით (ზემოდან ქვემოთკენ).

შევნიშნოთ, რომ ზედა და ქვედა კონდენსატორზე, სიმეტრიის გამო, მუხტები და ძაბვები ერთნაირია ($q_1 = q_3$; $U_{12} = U_{34}$).

ზედა და ქვედა შემონაფენებს შორის ძაბვა ნულის ტოლია:

$$2U_{12} + U_{23} = 0 \quad (1)$$

ზედა კონდენსატორის ქვედა შემონაფენის და შუა კონდენსატორის ზედა შემონაფენის მუხტების ჯამი მუდმივია:

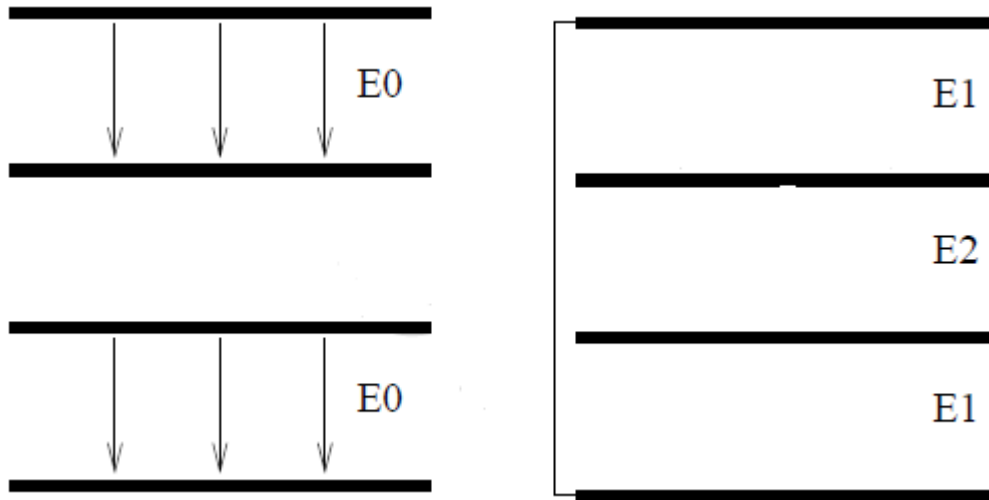
$$-q_1 + q_2 = -q_0 \quad \text{ანუ} \quad -CU_{12} + CU_{23} = -CU_0/2 \quad \text{ანუ} \quad -U_{12} + U_{23} = -U_0/2 \quad (2)$$

(1) და (2) განტოლებებიდან მიიღება:

$$U_{34} = U_{12} = U_0/6 \quad \text{და} \quad U_{23} = -U_0/3.$$

II გზა

აქაც ვიყენებთ სიმეტრიას.



$$2E_0d = U_0 \quad (1)$$

$$2E_1d + E_2d = 0 \quad (2)$$

თუ გამოვიყენებთ გაუსის თეორემას ზევიდან მეორე ფირფიტის ზედაპირისათვის ორივე შემთხვევაში, მივიღებთ:

$E_0 = \square / \square_0$ და $E_1 - E_2 = \square / \square_0$, სადაც \square ფირფიტის ერთეული ფართობის მუხტია.

მაშასადამე, $E_1 - E_2 = E_0 \quad (3)$

გარდა ამისა გვაქვს: $U_{12} = U_{34} = E_1d \quad (4)$ და $U_{23} = E_2d \quad (5)$. ამ განტოლებებიდან

ადვილად მიიღება, რომ $U_{34} = U_{12} = U_0/6$ და $U_{23} = -U_0/3$.

ამოცანა №2

a) ადიაბატური პროცესისათვის პუასონის კანონის თანახმად გვაქვს:

$$32P_0V_0^{\gamma} = P_0V_{max}^{\gamma}$$

ერთატომიანი აირისათვის

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_v + R}{C_v} = \frac{\frac{3}{2}R + R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3}$$

აქედან მიიღება;

$$V_{max} = 8V_0$$

b) აირი სითბოს იღებს 1-2 იზოქორულ პროცესში. ამ პროცესში აირის მუშაობა ნულის ტოლია და თერმოდინამიკის I კანონის თანახმად გვაქვს:

$$Q_{თბ} = U_2 - U_1 = \frac{3}{2}32P_0V_0 - \frac{3}{2}P_0V_0 = \frac{93}{2}P_0V_0$$

c) აირი სითბოს გასცემს 3-1 იზობარულ პროცესში. თერმოდინამიკის I კანონის თანახმად გვაქვს:

$$U_1 - U_3 = -Q_{გაგ} - A_{31}$$

საიდანაც

$$Q_{გაგ} = U_3 - U_1 + A_{13} = \frac{3}{2}P_0 \cdot 8V_0 - \frac{3}{2}P_0V_0 + P_0(8V_0 - V_0) = \frac{35}{2}P_0V_0$$

d) მარგი ქმედების კოეფიციენტისათვის მიიღება:

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{მოც}}} = \frac{Q_{\text{მოც}} - Q_{\text{გაგ}}}{Q_{\text{მოც}}} = \frac{58}{93}$$

ამოცანა №3

a) t მომენტში მიიღებლით მაგნიტოფონის მიერ რაღაც \square მომენტში გამოცემულ ბგერას გვექნება განტოლება:

$$\frac{gt^2}{2} + c(t - \tau) = h$$

საიდანაც

$$\tau = \frac{c \pm \sqrt{c^2 + 2gh - 2gct}}{g}$$

უსასრულოდ დიდი c -ს შემთხვევაში უნდა მივიღოთ $\square = t$, რასაც გვაძლევს ფესვის წინ მინუს ნიშნის არჩევა. ამიტომ

$$\tau = \frac{c - \sqrt{c^2 + 2gh - 2gct}}{g}$$

მომენტში თქვენს მიერ მიღებული ბგერის გამოცემის მომენტში მაგნიტოფონის სიჩქარე იყო

$$v = gt = c - \sqrt{c^2 + 2gh - 2gct}$$

დოპლერის ეფექტის თანახმად გვექნება (გავითვალისწინოთ, რომ დამკვირვებელი უძრავია და წყარო მოძრაობს დამკვირვებლისაკენ):

$$f = f_0 \frac{c}{\sqrt{c^2 + 2gh - 2gct}}$$

b) ექსპერიმენტის თეორიასთან შესადარებლად მიზანშეწონილია წრფივი დამოკიდებულების შემოწმება.

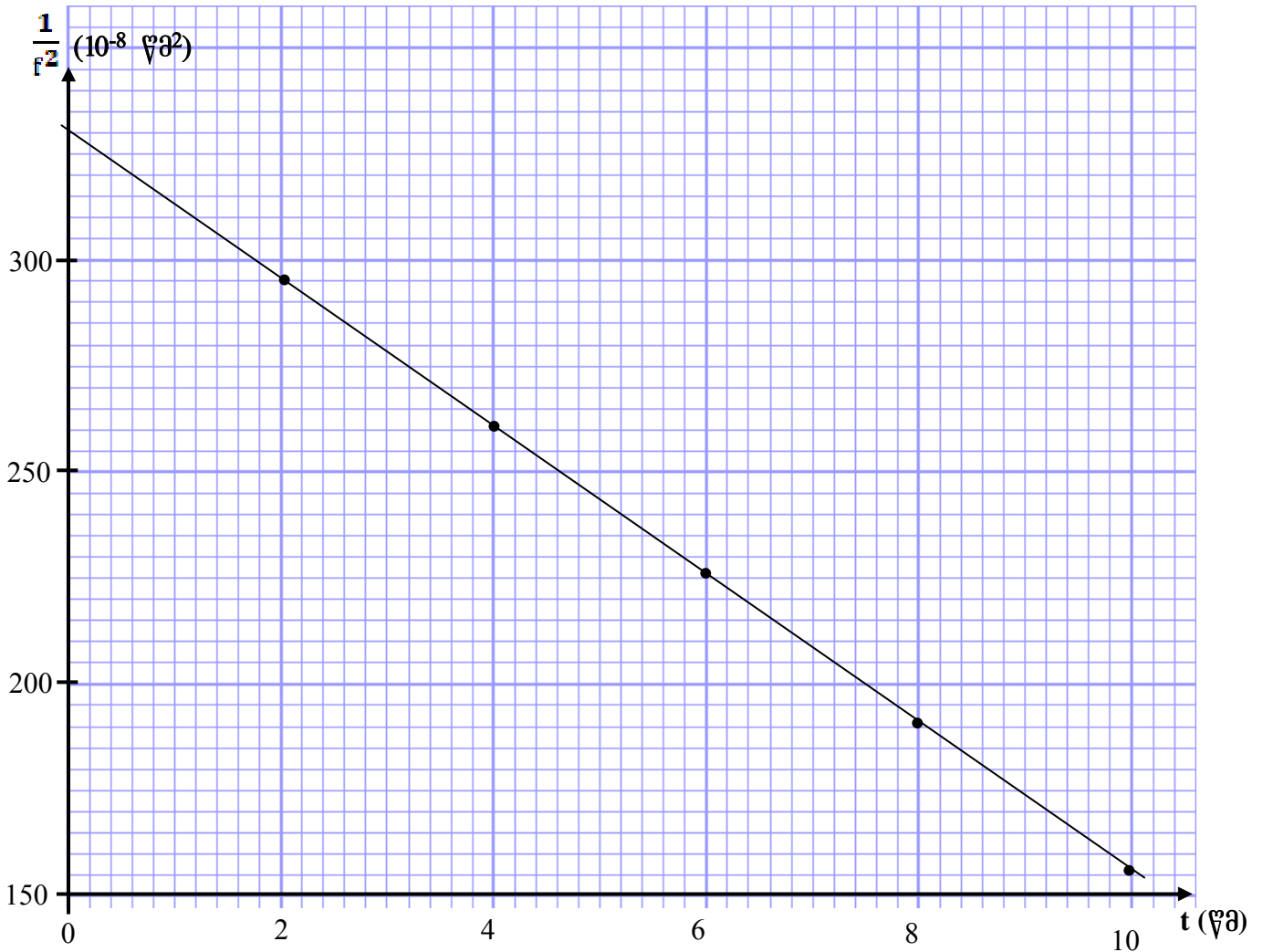
ზედა ფორმულიდან გამომდინარე წრფივი დამოკიდებულებაა $\frac{1}{f^2}$ -სა და t დროს შორის:

$$\frac{1}{f^2} = \frac{1}{f_0^2} \left(1 + \frac{2gh}{c^2} - \frac{2g}{c}t \right)$$

გადავზომოთ ვერტიკალურ ღერძზე $\frac{1}{f^2}$ ხოლო ჰორიზონტალურ ღერძზე – t . შევადგინოთ ცხრილი:

t (წმ)	f_0 (ჰც)	$\frac{1}{f^2}$ (10^{-6} წმ ²)
2.0	581	2.96
4.0	619	2.61
6.0	665	2.26
8.0	723	1.91
10.0	801	1.56

ცდომილების ფარგლებში მიღებული ექსპერიმენტული გრაფიკი იქნება წრფე, რაც ასაბუთებს თეორიას.



c) გრაფიკის B კუთხური კოეფიციენტი, თეორიული ფორმულის თანახმად, არის

$$B = -\frac{2g}{cf_0^2}$$

ხოლო ექსპერიმენტული გრაფიკიდან $B \approx -1.75 \cdot 10^{-7}$ წმ-ს, მაშასადამე

$$f_0 = \sqrt{\frac{2g}{-B}} = 574 \text{ ჰც}$$

d) გრაფიკის მიერ ვერტიკალურ ღერძზე მოკვეთილი მონაკვეთი, თეორიული ფორმულის თანახმად, არის

$$A = \frac{1}{f_0^2} \left(1 + \frac{2gh}{c^2} \right)$$

ხოლო ექსპერიმენტული გრაფიკიდან $A \approx 3.31 \cdot 10^{-6}$ წმ². აქედან მიიღება, რომ

$$h \approx 533 \text{ მ}$$

დიახაც რომ ფანტასტიკურად მძლავრი მაგნიტოფონია, მისი ხმა რომ ამ სიმაღლიდან გვესმის!

ამოცანა №4

1. ცენტრალური სიმეტრიის გამო

$$\overline{r^2} = (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 = 3(\Delta x)^2$$

$$\overline{p^2} = (\Delta p_x)^2 + (\Delta p_y)^2 + (\Delta p_z)^2 = 3(\Delta p_x)^2$$

ვინაიდან

$$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar/2$$

ამიტომ

$$\overline{r^2} \overline{p^2} \geq 9\hbar^2/4$$

2. ელექტრონის სრული ენერჯიაა

$$E_{z-1} = \frac{p^2}{2m} - \frac{kZe^2}{r}$$

რადგანაც $pr = \hbar$, ამიტომ $E_{z-1} = \frac{p^2}{2m} - \frac{kZe^2 p}{\hbar}$.

როდესაც ენერჯია მინიმალურია, მაშინ $\frac{dE_{z-1}}{dp} = 0$, საიდანაც $p = \frac{kZe^2 m}{\hbar}$ და საბოლოოდ

$$E_{z-1} = -\frac{k^2 Z^2 e^4 m}{2\hbar^2}$$

3. ორი ელექტრონის სრული ენერჯიაა

$$E_{z-2} = \frac{p_1^2}{2m} + \frac{p_2^2}{2m} - \frac{kZe^2}{r_1} - \frac{kZe^2}{r_2} + \frac{ke^2}{r_{12}}$$

პირობიდან გამომდინარეობს, რომ $p_1 = p_2 = p$ და $r_1 = r_2 = \frac{\hbar}{p}$, მაშასადამე

$$E_{z-2} = \frac{p^2}{m} - \frac{kZe^2}{r_1} - \frac{ke^2 p}{\hbar} \left(2Z - \frac{1}{2} \right)$$

როდესაც ენერჯია მინიმალურია, მაშინ $\frac{dE_{z-2}}{dp} = 0$, საიდანაც $p = \frac{ke^2 m}{\hbar} \left(Z - \frac{1}{4} \right)$ და

საბოლოოდ

$$E_{z-2} = -\frac{k^2 e^4 m}{\hbar^2} \left(Z - \frac{1}{4} \right)^2$$

4. ენერჯიისა და იმპულსის მუდმივობის კანონები გვაძლევს:

$$-\frac{k^2 Z^2 e^4 m}{2\hbar^2} = \frac{(M+2m)v^2}{2} - \frac{k^2 e^4 m}{\hbar^2} \left(Z - \frac{1}{4} \right)^2 + \hbar\omega_0$$

$$(M + 2m)v = \frac{\hbar\omega_0}{c}$$

ამ განტოლებებიდან, იმის გათვალისწინებით, რომ $\frac{\hbar\omega_0}{mc^2} \ll 1$, და მცირე წევრების გადაგდებით მიიღება განტოლება:

$$Z^2 - Z - 12 = 0$$

საიდანაც ფიზიკურად აზრიანი ამონახსნია $Z=4$.