WALLENBERGS FYSIKPRIS

KVALIFICERINGSTÄVLING

25 januari 2024

SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

LÖSNINGSFÖRSLAG KVALTÄVLINGEN 2024

1. Ur diagrammet kan avläsas att fjädern obelastad är $x_0 = 15$ cm lång vilket ger en fjäderförlängning på $\Delta x = 40$ cm (55 cm-15 cm=40 cm). Hookes lag ger fjäderkonstanten:

$$k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{mg}{\Delta x} = \frac{2{,}8 \cdot 9{,}82}{0{,}40}\frac{\text{N}}{\text{m}} = 69\ \text{N/m}$$

Friktionskraften i Haralds fem försök ges av $F_\text{f} = \mu F_\text{N} = \mu mg$ vilket ger
$k\Delta x = \mu mg$
varmed fjäderns längd, $x = \Delta x + x_0$ är en funktion av massan enligt:
$x = x_0 + \frac{\mu g}{k} m$ där riktningskoefficienten är $\frac{\mu g}{k}$.

Riktningskoefficienten i diagrammet, 0,104 m/kg, ger att
$\frac{\mu g}{k} = 0{,}104$ varmed $\mu = \frac{0{,}104 \cdot 68{,}74}{9{,}82} = 0{,}73$

Svar: Friktionskoefficienten för Haralds träningssko är 0,73.

2. a) Resistansen i tråden bestäms med hjälp av effekten, *P,* och spänningen, U

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220 \cdot 220}{1250} = 38{,}72\ \Omega$$

Antag att ledaren är en cylinder, vilket ger den effektiva resistiviteten:

$$R = \rho\frac{L}{\pi r^2}$$

$$\rho = \frac{R\pi r^2}{L} = \frac{38{,}75 \cdot \pi \cdot (3 \cdot 10^{-3})^2}{2{,}18} = 5{,}0 \cdot 10^{-4}\ \ \Omega\text{m}$$

b) Använd definitionen av emittans och Stefan-Bolzmanns lag
$M = \frac{P}{A} = \sigma T^4$ med $A = 2\pi \cdot r \cdot L$

$$T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma \cdot 2\pi \cdot r \cdot L}} = \sqrt[4]{\frac{1250}{5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot 2\pi \cdot 0{,}003 \cdot 2{,}18}} \approx 860\ K \approx 580\ ℃$$

Svar: Värmeslingans resistivitet är $5{,}0 \cdot 10^{-4}$ Ωm och dess temperatur 860 K.

3. Vid A gäller $\frac{mv^2}{r} = qvB$ så att

$E_{kA} = \frac{mv^2}{2} = \frac{(qBr)^2}{2m} = \frac{(2\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19})^2\cdot 2^2\cdot 0{,}225^2}{2\cdot 4\cdot 1{,}66\cdot 10^{-27}}\text{J} = 1{,}564\cdot 10^{-12}\text{J} = 9{,}762\text{ MeV}.$

På samma sätt fås vid B

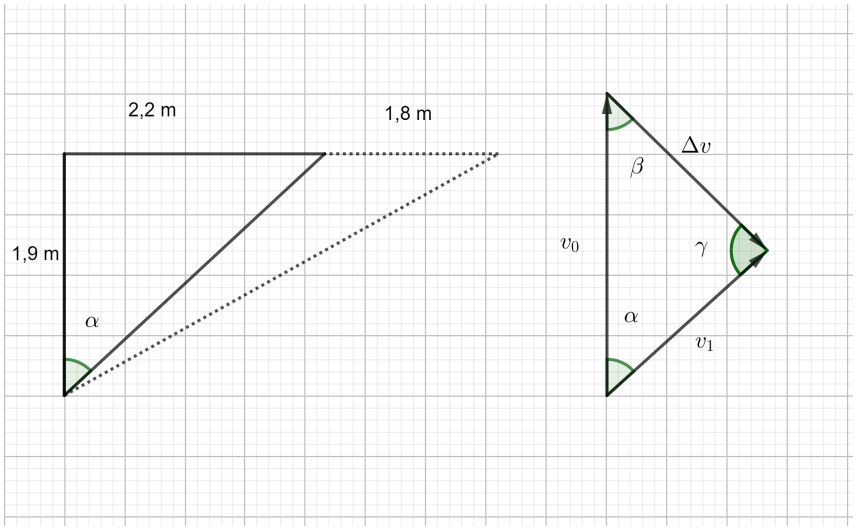
$E_{kB} = \frac{mv^2}{2} = \frac{(qBr)^2}{2m} = \frac{(2\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19})^2\cdot 2^2\cdot 0{,}212^2}{2\cdot 4\cdot 1{,}66\cdot 10^{-27}}\text{J} = 8{,}667\text{ MeV}.$

Avståndet som α-partikeln rört sig fås med avläsningar i diagram och Pythagoras sats till c:a $\Delta x = \sqrt{3^2 + 1^2} = 3{,}2$ cm varmed

$\frac{\Delta E}{\Delta x} = \frac{9{,}762-8{,}667}{3{,}2}\frac{\text{MeV}}{\text{cm}} = 0{,}34\text{ MeV/cm}$.

Svar: Stopping power för alfapartikeln är 0,34 MeV/cm.

4. Geometrin för rörelsen och hastighetsvektorerna visas nedan



Hastigheten före den korta impulsen är $v_0 = 15$ m/s.

Hastighetsförändringen på grund av impulsen ges av $\Delta v = \frac{I}{m} = \frac{2{,}16}{0{,}16}\text{m/s} = 13{,}5\text{m/s}$

För att träffa vid den vänstra stolpen är vinkeln $\alpha = \text{atan}\left(\frac{2{,}2}{1{,}9}\right) = 49{,}18°$

Sinussatsen ger vinkeln γ:

$$\frac{\sin(\alpha)}{\Delta v} = \frac{\sin(\gamma)}{v_0}$$

$\gamma = \text{asin}\left(15\cdot\frac{\sin(49°)}{13{,}5}\right) = 57°$ och $180° - 57° = 123°$

Vinkeln som pucken skall skjutas med för att träffa den vänstra stolpen är alltså $\beta = 180° - \alpha - \gamma = 74°$ eller 8°. Vinklarna däremellan kommer att träffa till höger om vänstra stolpen.

För att träffa vid den högra stolpen är vinkeln $\alpha = \text{atan}\left(\frac{4}{1{,}9}\right) = 65°$

Sinussatsen ger vinkeln γ:

$$\frac{\sin(\alpha)}{\Delta v} = \frac{\sin(\gamma)}{v_0}$$

$\sin(\gamma) = 15\cdot\frac{\sin(65°)}{13{,}5} = 1{,}004 > 1$, vilket saknar lösningar.

Svar: Alla vinklar i intervallet $8° < \beta < 74°$ kommer att träffa målet.

5. Sambandet $f = (2n+1)f_0$ tillsammans med $\lambda_0 = \frac{c}{f_0}$ ger att våglängden för grundtonen är
$\lambda_0 = (2n+1)\dfrac{c}{f_\mathrm{n}} = (2n+1)\lambda_\mathrm{n}$
Med hjälp av avläsningar i diagrammet får vi följande resultat:

Ordning $2n+1$	Våglängd, λ (nm)	$\lambda_0 =$ $(2n+1)\lambda$ (nm)
9	118	1062
11	97	1067
13	81	1053
15	71	1065
17	63	1071
19	56	1064
21	51	1071

Medelvärdet av $\lambda_0 = (2n+1)\lambda$ ger $\lambda_0 = 1065$ nm med grundfrekvensen
$f_0 = c/\lambda_0 = 2{,}8 \cdot 10^{14}$ Hz.

Svar: Våglängden för grundfrekvensen för lasern är 1,06 µm.

6. Bryggan är en parallellkoppling av $(R_1 + R_2)$ och $(R_3 + R_\mathrm{x})$ så att spänningen över båda dessa delar är 9,0 V.

a) Samma potential $V_\mathrm{D} = V_\mathrm{B}$ ger att $U_1 = U_3$ och $U_2 = U_\mathrm{x}$ så att
$\frac{R_1 \cdot I_1}{R_2 \cdot I_1} = \frac{R_3 \cdot I_3}{R_x \cdot I_3}$ och $R_\mathrm{x} = \frac{R_3 R_2}{R_1} = 1{,}0\ \Omega$

Svar: Resistansen är $R_\mathrm{x} = 1{,}0\ \Omega$.

b) Eftersom det är samma ström genom R_1 och R_2 ges spänningen över U_2 enligt:
$I_1 = \frac{U_0}{R_1+R_2} = \frac{U_2}{R_2}$ vilket ger $\frac{9}{1010} = \frac{U_2}{10}$ och $U_2 = \frac{9}{101}$ V.

På liknande sätt gäller att: $I_\mathrm{x} = \frac{9}{100+R_\mathrm{x}} = \frac{U_\mathrm{x}}{R_\mathrm{x}}$ så att $U_\mathrm{x} = \frac{9R_\mathrm{x}}{100+R_\mathrm{x}}$. Notera att $U_2 > U_\mathrm{x}$ eftersom $U_\mathrm{DB} = V_\mathrm{D} - V_\mathrm{B} = 0{,}0081\ \mathrm{V} > 0$. Det gäller alltså att
$U_\mathrm{DB} = U_2 - U_\mathrm{x}$,
$0{,}0081 = \frac{9}{101} - \frac{9R_x}{100+R_x}$ som ger $R_x = 0{,}908\ \Omega$

Temperaturberoendet för R_x ger då $0{,}908 = (1 + 5 \cdot 10^{-3} \cdot T) \cdot 1$ och
$T = \frac{1-0{,}908}{-5 \cdot 10^{-3}} = -18°\mathrm{C}$.

Svar: Temperaturen i frysen är $-18°\mathrm{C}$.