



Fysikkolympiaden - Norsk finale 2022

Fredag 1. april kl 8.30 til 11.00

Hjelpemidler: Lommeregner og utdelt formelark (2)

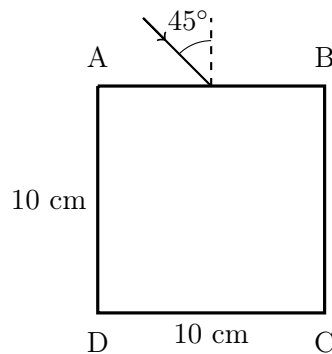
Oppgavesettet består av 2 sider og det er 6 oppgaver.

Alle deloppgaver gir 4 poeng.

Lykke til!

Oppgave 1

En glassbit har kvadratisk tverrsnitt med sidekanter på 10 cm.



Vi sender inn lys midt på siden AB med en innfallsvinkel på 45° . Hvilken side kommer lyset ut gjennom? Brytningsindeksen til glasset er 1,50.

Oppgave 2

En stige med lengden $l = 2,6$ m og massen $m = 10,0$ kg står på gulvet i avstanden $d = 1,00$ m fra og opp mot en vertikal vegg. Den øvre enden av stigen rekker da $h = 2,40$ m opp på veggen. Stigens tyngdepunkt ligger midt mellom endepunktene. Stigen har små hjul øverst, så vi kan se bort fra friksjon mot veggen. Stigen står i ro på grunn av friksjon mot gulvet. For å undersøke hvor trygg stigen er, festes et lodd med massen $M = 80$ kg på stigen i økende avstand fra stigens nedre ende. Idet loddet festes 1,24 m fra stigens nedre ende, begynner stigen å gli langs gulvet vekk fra veggen. Finn friksjonstallet μ mellom stigen og gulvet.

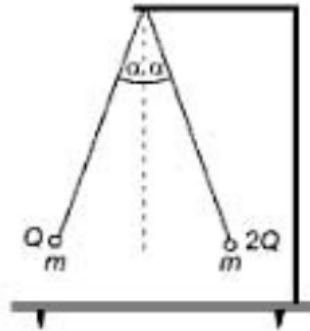
Oppgave 3

Ett mol av en ideell diatomisk gass har volumet $V_0 = 5,7$ l og temperaturen $T_0 = 300$ K. Gassen komprimeres så isotermt til volumet V_1 . Deretter komprimeres den adiabatisk til volumet $V_2 = 0,30$ l. Temperaturen er da 750 K. Finn V_1 og trykket p_1 i den samme tilstanden. Vi oppgir at spesifikk molar varmekapasitet for gassen ved konstant volum er $C_V = \frac{5}{2}R$.

Oppgave 4

To elever står i en avstand av 20 m. De har hver sin fotball, og skal sparke ballene slik at de kolliderer i lufta. Begge sparker samtidig og med samme utgangsfart på 15 m/s, men de kan variere retningen, både i horisontal og vertikalretningen. I hvilket område kan de få ballene til å kolliderer med hverandre? Du må angi posisjoner i horisontalplanet der en kollisjon kan finne sted, men trenger ikke å beregne hvor høyt ballene er idet de kolliderer.

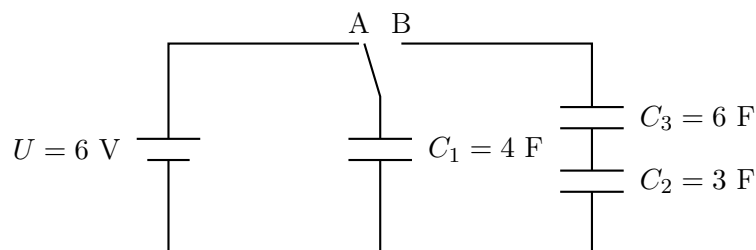
Oppgave 5



To små metallkuler med massen $m = 0,1$ g henger fra det samme punktet i isolerte tråder med lengden $l = 30$ cm. Den ene av kulene har dobbelt så stor ladning som den andre. Vi holder kulene som vist slik at begge trådene danner vinkelen $\alpha = 20^\circ$ med vertikalen (begge trådene ligger i samme plan). Kulene slippes samtidig, og vinkelen mellom de to trådene får en maksimal verdi på $\beta = 84^\circ$. Hva er ladningen til de to kulene?

Oppgave 6

Bryteren står først i stilling A til systemet har fått en stasjonær tilstand. Så skiftes bryteren til stilling B. Finn ladningene på de tre kondensatorene etter lang tid når en ny stasjonær tilstand er nådd.

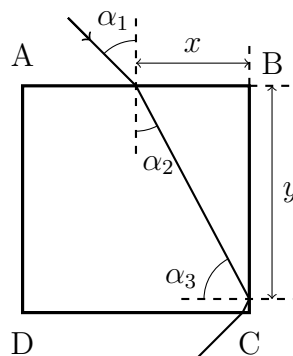


Fysikkolympiaden – Norsk finale 2022

Løsningsforslag

Oppgave 1

Vi kaller innfallsvinkelen $\alpha_1 = 45^\circ$.



Brytningsvinkelen α_2 finner vi fra Snells brytningslov

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

der $n_1 = 1,00$ er brytningsindeksen i luft og $n_2 = 1,50$ er brytningsindeksen i glasset. Da blir $\sin \alpha_2 = \sin \alpha_1 / n_2 = 0,471$ og $\alpha_2 = 28^\circ$. Vi må regne ut hvor den brutte strålen treffer siden BC og kaller avstanden fra innfallspunktet til hjørnet B for $x = 5$ cm og avstanden fra B til punktet der den brutte strålen treffer BC for y . Hvis $y < 10$ cm treffer strålen BC, ellers treffer den DC. Vi har at $x/y = \tan \alpha_2$, og da blir $y = x / \tan \alpha_2 = 9,4$ cm. Stålen treffer altså siden BC. For å se om lyset kommer ut må vi sjekke om det blir totalreflektert eller ikke. Grensevinkelen for totalrefleksjon er $\alpha_g = \sin^{-1} 1/n_2 = 41,8^\circ$. Innfallsvinkelen mot siden BC er $\alpha_3 = 90^\circ - \alpha_2 = 62^\circ$. Siden $\alpha_3 > \alpha_g$ blir strålen totalreflektert i siden BC. På grunn av symetrien blir innfallsvinkelen mot siden DC lik α_2 og strålen går ut gjennom siden DC. Noe blir også reflektert, og fortsetter inne i glasset.

Oppgave 2

Friksjonskrafta fra gulvet på stigen er lik og motsatt rettet F , langs gulvet inn mot veggen. Normalkrafta fra gulvet på stigen er $N = (m + M)g$. Vi har idet stigen skal til å gli:

$$F = \mu N = \mu(m + M)g.$$

For å finne F , velger vi rotasjonsakse gjennom stigens kontaktpunkter mot gulvet og summerer kraftmomentene. Vi lar x være avstanden opp til loddets festepunkt og θ vinkelen mellom gulvet og stigen. Da blir

$$Fh = Mgx \cos \theta + mg \frac{d}{2} = Mgx \frac{d}{l} + mg \frac{d}{2}$$

siden $\cos \theta = d/l$. Dermed har vi

$$\mu(m + M)gh = Mgx \frac{d}{l} + mg \frac{d}{2}$$

som vi kan løse for

$$\mu = \frac{M \frac{x}{l} + \frac{m}{2}}{(M + m) \frac{h}{d}} = 0,20.$$

Oppgave 3

Temperaturen er konstant langs en isoterm, så temperaturen der prosessen skifter fra isoterm til adiabatisk er $T_1 = 300$ K. Langs adiabaten er

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}.$$

Adiabatkonstanten er

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{C_V + R}{C_V} = \frac{7}{5}$$

for en diatomisk gass der $C_V = \frac{5}{2}R$. Dermed er

$$V_1 = V_2 \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 3,0 \text{ l.}$$

Trykket finner vi så fra tilstandslikninga

$$P = \frac{nRT_1}{V_1} = 841 \text{ kPa.}$$

Oppgave 4

Vi kaller utgangsfarta v , og vinklene mellom bakken og utgangshastighetene for de to ballene θ_1 og θ_2 . Da er høydene til de to ballene ved tida t

$$y_1 = vt \sin \theta_1 - \frac{1}{2}gt^2$$

$$y_2 = vt \sin \theta_2 - \frac{1}{2}gt^2.$$

Hvis de skal kollider i lufta må $y_1 = y_2$ og dermed også $\theta_1 = \theta_2$. Den horisontale avstanden fra den som sparker til der ballen er ved tida t er $x = vt \cos \theta$, og disse må da være like siden v og θ er like for begge ballene. Det betyr at en kollisjon bare kan skje i punkter som er like langt fra begge elevene. For å bestemme hvor langt ut til siden de kan kollider trenger vi å beregne hvor langt de maksimalt kan sparke. Høyden $y = 0$ ved tida $t = \frac{2v}{g} \sin \theta$, og avstanden fra utgangspunktet er da $x = \frac{2v^2}{g} \cos \theta \sin \theta = \frac{v^2}{g} \sin 2\theta$. Denne er maksimal hvis $\sin \theta = 1$ og ballen lander da i avstanden $d = \frac{v^2}{g}$ fra utgangspunktet. Det lengste fra midtpunktet mellom elevene der ballene kan kollider er dermed $\sqrt{d^2 - (l/2)^2} = 20,6$ m, der $l = 20$ m er avstanden mellom elevene.

Oppgave 5

Siden kulene har samme masse, og samme elektriske kraft virker på dem vil de bevege seg symmetrisk og i det høyeste punktet vil begge trådene danne vinkelen $\beta/2$ med vertikalen. Energien er bevart i prosessen, og både idet vi slipper kulene og når de er på det høyeste punktet er de i ro slik at den kinetiske energien er null. Vi lar kulene ha null potensiell energi dersom de henger rett ned og kaller høyden i startstillingen $h_1 = l - l \cos \alpha$ og det høyeste punktet $h_2 = l - l \cos \beta/2$. Avstandene mellom kulene i de to posisjonene er $r_1 = 2 \sin \alpha$ og $r_2 = 2 \sin \beta/2$. Da får vi

$$2mgh_1 + k_e \frac{2Q^2}{r_1} = 2mgh_2 + k_e \frac{2Q^2}{r_2}$$

som vi løser for å finne

$$Q^2 = \frac{mg(h_2 - h_1)}{k_e(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2})} = \frac{2mgl^2(\cos \alpha - \cos \beta/2) \sin \alpha \sin \beta/2}{k_e(\sin \beta/2 - \sin \alpha)}.$$

Setter vi inn tall får vi $Q = 5,2 \cdot 10^{-8}$ C.

Oppgave 6

Med bryteren i stilling A lades bare kondensatoren C_1 opp. Den får ladninga $Q_0 = C_1 U = 24$ C. Når bryteren flyttes til stilling B vil denne ladninga fordele seg mellom de tre kondensatorene. Kondensatorene C_2 og C_3 får begge like mye ladning Q_2 siden de er i serie. Ladninga på C_1 kaller vi Q_1 , og vi har da at spenninga over C_1 må være lik summen av spenningene over de to andre kondensatorene. Da blir

$$\frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_2}{C_3}.$$

Samtidig vet vi at $Q_1 + Q_2 = Q_0$. Vi løser de to likningene og finner at $Q_1 = \frac{2}{3}Q_0 = 16 \text{ C}$ og $Q_2 = \frac{1}{3}Q_0 = 8 \text{ C}$.