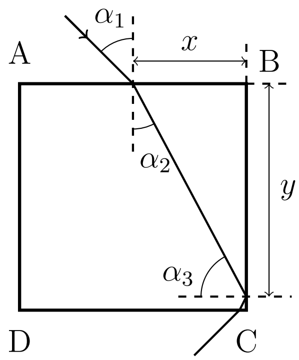
Fysikkolympiaden – Norsk finale 2022
Løsningsforslag

Oppgave 1

Vi kaller innfallsvinkelen $\alpha_1 = 45°$.



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 $\alpha_2 = 28°$. 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 $\alpha_g = sin^{-1} 1/n_2 = 41,8°$. Innfallsvinkelen mot siden BC er $\alpha_3 = 90° - \alpha_2 = 62°$. 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 skfter 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 kollidere 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 kollidere 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 kollidere 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 stiling 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 $Q_1 = \frac{2}{3}Q_0 = 16$ C og $Q_2 = \frac{1}{3}Q_0 = 8$ C.