UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i:	FYS1001 — Innføring i fysikk
Eksamensdag:	Hjemmeeksamen 26.05 - 03.06.2020 kl. 09.00

Oppgavesettet er på 12 sider.

Vedlegg:	Ingen
Tillatte hjelpemidler:	Du kan finne konstanter du trenger på internett eller i bøker. Skriv i besvarelsen hvor du fant tallet du bruker. Formler kan du finne i pensumlitteraturen.

Alle delspørsmål teller likt. Du må begrunne svarene.

Sensorveiledning:

- Maks 8 poeng for hver deloppgave, totalt maks 176 poeng. Det gis bare hele poeng.
- Når et svar ikke er riktig, vil man måtte bruke skjønn for å vurdere studentens prestasjon. En skal da belønne innsikt i problemstillingen og forståelse for en mulig løsning, selv om denne er ufullstendig.
- Det trekkes ikke for følgefeil. Dette gjelder også ved innsetting av numeriske verdier.
- Alle svar skal begrunnes, svar uten begrunnelse gir liten eller ingen uttelling.
- Symboler som ikke står i oppgaveteksten må introduseres på en slik måte at det er klart hvilken størrelse de representerer.
- Feil/manglende enhet gir et trekk på 1 p. Feil antall gjeldene siffer gir et trekk på 1 p.

Oppgave 1

I denne oppgaven ser vi bort fra luftmotstanden.

a) En stein med masse $m = 1{,}0$ kg faller fra høyden $h = 5{,}0$ m. Hvor lang tid tar det før steinen når bakken?

Løsning: Akselerasjonen er konstant og lik $g = 9{,}81$ m/s, så vi finner tiden ved å bruke $h = \frac{1}{2}gt^2$. Dette gir $t = \sqrt{2h/g} = 1{,}0$ s.

b) Hva er hastigheten idet steinen treffer bakken?

Løsning: Vi har $2gh = v^2$, så $v = \sqrt{2gh} = 9{,}9$ m/s.

c) Hvor stor er tyngdekraften som virker på steinen? Hva er motkraften til denne tyngdekraften (størrelse og retning), og hvilket legeme virker den på?

Løsning: Tyngdekraften på steinen er $mg = 9{,}8$ N rett nedover. Motkraften virker på jorda – den er mg rett oppover.

d) Så langt har vi antatt at jorda står i ro, dvs. at den ikke påvirkes av steinen. Men strengt tatt er det ikke bare steinen som akselererer mot jorda; jorda akselererer også mot steinen. Hvor stor er denne akselerasjonen? Uttrykk svaret ved massen m til steinen, massen M til jorda og tyngdeakselerasjonen g. Vis at den kinetiske energien til jorda likevel er mye mindre enn den kinetiske energien til steinen, rett før steinen treffer jorda.

Løsning: Kraften som virker på jorda er mg, så jorda får akselerasjonen

$$a = \frac{m}{M}g = 1{,}6 \cdot 10^{-24} \text{ m/s}^2.$$

oppover. (Tallsvaret var det ikke spurt etter.) Steinen og jorda treffer hverandre i løpet av en tid t. I løpet av denne tiden får steinen hastigheten $v = gt$ og jorda hastigheten

$$V = at = \frac{m}{M}gt = \frac{m}{M}v$$

Forholdet mellom de kinetiske energiene er derfor

$$\frac{E_{\text{k,jorda}}}{E_{\text{k,stein}}} = \frac{\frac{1}{2}MV^2}{\frac{1}{2}mv^2} = \frac{M}{m}\left(\frac{m}{M}\right)^2 = \frac{m}{M} = 1{,}7 \cdot 10^{-25}.$$

Dette forholdet er altså ekstremt lite. Dvs. jorda har neglisjerbar kinetisk energi sammenlignet med steinen.

Merk at det ikke holder å si at den kinetiske energien må bli liten fordi V er så liten. Det kunne jo tenkes at en liten V ble kompensert av den store M'en, men ifølge det ovenfor skjer altså ikke det.

Oppgave 2

a) Du har en sprøyte som vist på bildet, som er fylt med 10 ml vann. Den indre diameteren i hoveddelen av sprøyten er 15,9 mm, og den indre diameteren på utløpet er 1,2 mm. Med hvor stor kraft må du trykke på stempelet for at du skal klare å tømme sprøyten for vann i løpet av 10 sekunder? Du kan se bort fra friksjonen til stempelet og vannets viskositet.

Løsning: Kraften F_1 på stempelet er gitt av trykket p_1 på den tykke siden av sprøyten gjennom $F_1 = (p_1 - p_0)A_1$. Trykket kan vi finne fra Bernoulli-likningen:

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

der $h_1 = h_2$ og $p_2 = p_0 = 101$ kPa.

Vi skal ha volumstrømmen $q_V = 1{,}0$ ml/s $= 1{,}0 \cdot 10^{-6}$ m^3/s. Da kan vi finne v_2:

$$v_2 = \frac{q_V}{A_2} = \frac{q_V}{\pi(d_2/2)^2} = \frac{1{,}0 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{m^3/s}}{(\pi/4)(1{,}2 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m})^2} = 0{,}884\ \mathrm{m/s}$$

Videre gir kontinuitetslikningen at

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$
$$v_1 = \frac{A_2}{A_1} v_2$$

Setter dette inn i Bernoulli-likningen for å finne p_1:

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$
$$p_1 = p_0 + \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$$
$$p_1 = p_0 + \frac{1}{2}\rho\left[v_2^2 - \left(\frac{A_2}{A_1}v_2\right)^2\right]$$
$$p_1 = p_0 + \frac{1}{2}\rho\left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2\right]v_2^2$$

$$\begin{aligned} p_1 - p_0 &= \frac{1}{2}\rho\left[1 - \left(\frac{d_2^2}{d_1^2}\right)^2\right]v_2^2 \\ &= \frac{1}{2}1000\ \mathrm{kg/m^3} \cdot \left[1 - \left(\frac{1{,}2 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}}{15{,}9 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}}\right)^4\right](0{,}884\ \mathrm{m/s})^2 \\ &= 391\ \mathrm{Pa} \end{aligned}$$

$$F_1 = (p_1 - p_0)A_1 = (p_1 - p_0) \cdot \frac{1}{4}\pi d_1^2 = 391\ \mathrm{Pa} \cdot \frac{1}{4}\pi(15{,}9 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m})^2 = 0{,}078\ \mathrm{N}$$

b) Nå setter du en kanyle på sprøyten, med lengde 25 mm og indre diameter 0,210 mm. Hvis du trykker på stempelet med kraften 0,10 N, hvor lang tid vil det ta å tømme sprøyten? Nå kan du ikke lenger se bort fra viskositeten til vannet, som er $\eta = 0{,}0010$ Pas.

Løsning: Volumstrømmen til en viskøs væske gjennom et rør med lengde L og radius r er gitt av Hagen-Poiseuille-loven:

$$q_V = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8\eta L}$$

Med $F_1 = 0{,}10$ N blir trykkforskjellen

$$\Delta p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{0{,}10 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} \cdot (15{,}9 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2} = 504 \text{ Pa}$$

slik at volumstrømmen blir

$$q_V = \frac{\pi \cdot (0{,}105 \text{ mm})^4 \cdot 504 \text{ Pa}}{8 \cdot 0{,}0010 \text{ Pas} \cdot 25 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 9{,}62 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{s}$$

Tiden det vil ta å tømme sprøyten blir

$$t = \frac{V}{q_V} = \frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{9{,}62 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{s}} = 10400 \text{ s} = 2{,}9 \text{ timer.}$$

Oppgave 3

Hydrogen i naturen har tre isotoper, hvorav den tyngste, ^{3}H (tritium), er radioaktiv med halveringstid $t_{1/2} = 12{,}3$ år. ^{3}H dannes kontinuerlig i atmosfæren slik at det finnes omtrent en kjerne av ^{3}H for hver 10^{17} kjerne av ^{1}H ("normalt hydrogen") i alt vann som er i kontakt med atmosfæren. Vi gjør en forenkling her ved å si at vi kan regne atomvekten av alle isotopene av hydrogen lik 1 og oksygen lik 16.

a) Hvis du har vann i en fullstendig lukket beholder (uten kontakt med atmosfæren), hvor lang tid tar det fra du lukker beholderen til bare 1 % av tritiumet er igjen i beholderen?

Løsning: Vi starter med et antall N_0 tritiumkjerner og vil vite hvor lang tid t det tar før vi sitter igjen med $N = 0{,}01 N_0$ kjerner. Vi har

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \frac{t}{t_{1/2}} \ln\left(\frac{1}{2}\right)$$

$$t = t_{1/2} \frac{\ln(\frac{N}{N_0})}{\ln(\frac{1}{2})} = 81{,}7 \text{ år}$$

b) Aktiviteten A til et antall N kjerner av et radioaktivt stoff er gitt ved

$$A = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} N \cdot$$

Hva er tritiumaktiviteten pr. liter vann?

Løsning: Vekten av 1 vannmolekyl er $(1 + 1 + 16) \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27}$ kg $=$ $2{,}99 \cdot 10^{-26}$ kg. I 1 liter vann, som veier 1 kg, er det 1 kg$/2{,}99 \cdot 10^{-26}$ kg $=$ $3{,}35 \cdot 10^{25}$ vannmolekyler. Antall hydrogenkjerner er det dobbelte av dette, $6{,}69 \cdot 10^{25}$. Av disse er 10^{-17} tritium, slik at det er $N = 6{,}69 \cdot 10^{8}$ tritiumkjerner.

Aktiviteten blir

$$A = \frac{\ln 2}{12{,}3 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} \cdot 6{,}70 \cdot 10^{8} \text{ Bq} = 1{,}2 \text{ Bq}$$

Oppgave 4

Forskere har utviklet en type paneler som kan generere elektrisitet fra regn, ved at en del av bevegelsesenergien i regndråpene som treffer panelet blir omdannet til elektrisk energi.

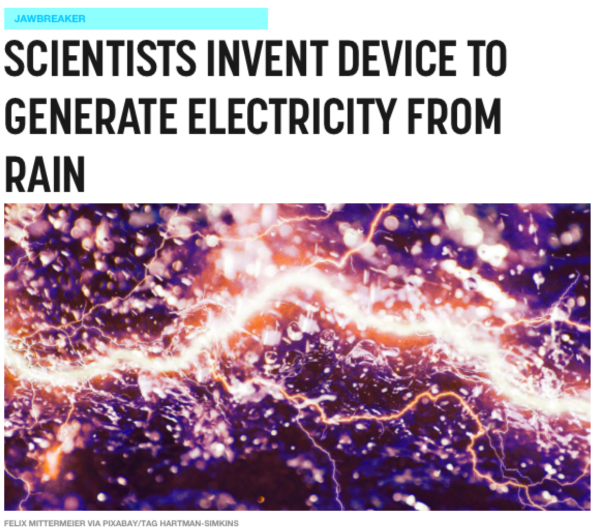


Figure 1: Februar 2020: Nyhet fra https://futurism.com/the-byte/generate-electricity-rain

a) I testene har forskerne sluppet en enkelt dråpe på 100 mikroliter fra en høyde på 15 cm over panelet, og målt at den kan generere en elektrisk energi på 3,24 μJ. Hvor stor andel av bevegelsesenergien til dråpen blir omdannet til elektrisk energi? Se bort fra luftmotstanden.

Løsning: Bevegelsesenergien til en dråpe er

$$E_\text{k} = mgh = \rho_\text{v} V gh = 1{,}0 \cdot 10^3 \text{kg/m}^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9}\ \text{m}^3 \cdot 9{,}81\ \text{m/s}^2 \cdot 0{,}15\ \text{m}$$
$$= 1{,}47 \cdot 10^{-4}\ \text{J}.$$

Andelen som blir omdannet til elektrisk energi er

$$\eta = \frac{E_\text{e}}{E_\text{k}} = \frac{3{,}24 \cdot 10^{-6}\ \text{J}}{1{,}47 \cdot 10^{-4}\ \text{J}} = 0{,}022.$$

b) Anta at en typisk regnskur består av tilnærmet kuleformede regndråper med radius 1,7 mm. (Disse har mindre volum enn de i forrige delspørsmål.) For dråper som faller fra stor høyde kan vi ikke lengre se bort fra luftmotstanden. Den er gitt av formelen

$$\frac{1}{2}\rho_\text{l} v^2 C_\text{D} \pi r^2$$

der $\rho_\text{l} = 1{,}23\ \text{kg/m}^3$ er tettheten til lufta, v er farten til dråpen, r er radius til dråpen og $C_\text{D} = 0{,}7$ er en konstant. Hva er den største farten en dråpe vil få, terminalfarten, når den faller gjennom lufta? Hvor stor kinetisk energi har hver dråpe?

Løsning: Volumet til en regndråpe er nå

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 20{,}6\ \mu\text{l}.$$

Terminalfarten nås når tyngdekraften på dråpen er like stor som luftmotstanden. Da kan vi finne farten:

$$\rho_\text{v}\frac{4}{3}\pi r^3 g = \frac{1}{2}\rho_\text{l} v^2 C_\text{D} \pi r^2$$

$$\rho_\text{v}\frac{8}{3} r g = \rho_\text{l} v^2 C_\text{D}$$

$$v = \sqrt{\frac{8 r g \rho_\text{v}}{3 \rho_\text{l} C_\text{D}}} = 7{,}19\ \text{m/s}$$

Da blir den kinetiske energien til hver dråpe

$$E_\text{k} = \frac{1}{2}\rho_\text{v} V v^2 = 0{,}531 \cdot 10^{-3}\ \text{J}.$$

c) I en kraftig regnskur faller 10 mm regn på en time. Dette tilsvarer 135 regndråper per kvadratmeter per sekund. Hvilken effekt vil man få fra disse panelene i en kraftig regnskur? Sammenlign svaret ditt med den typiske effekten fra et solcellepanel, som er på rundt 150-200 W/m^2.

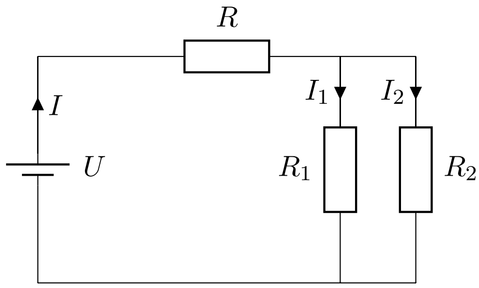
Løsning: Hver dråpe gir ηE_k elektrisk energi, der η ble funnet i spørsmål a), og E_k i spørsmål b). Per kvadratmeter og per sekund gir dette effekten

$$P = 135\ \mathrm{m}^{-2}\mathrm{s}^{-1} \cdot \eta E_\mathrm{k} = 1{,}6\ \mathrm{mW/m}^2$$

som er ca. 10^{-5} av effekten fra et typisk solcellepanel.

Oppgave 5

a) Vi skal nå se på kretsen i figuren, der et batteri med spenning U er koblet sammen med tre motstander.



Anta at $U = 10$ V, $R = 20\,\Omega$, $R_1 = 30\,\Omega$ og $R_2 = 60\,\Omega$. Finn de tre strømmene I, I_1 og I_2.

Løsning: Resistansen til parallellkoblingen av R_1 og R_2 kaller vi $R_\parallel$. Da har vi

$$\frac{1}{R_\parallel} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_\parallel = 20\,\Omega.$$

Strømmen I er da gitt av

$$I = \frac{U}{R + R_\parallel} = 0{,}25\ \mathrm{A}$$

Vi lar U_1 være spenningen over motstandene R_1 og R_2. Den er $U_1 = U - RI = 5$ V. Dette gir

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} \approx 0{,}17\ \mathrm{A},$$

$$I_2 = \frac{U_1}{R_2} \approx 0{,}083\ \mathrm{A}.$$

Vi kan evt. finne I_2 ved å bruke $I_1 + I_2 = I$ i stedet.

b) Vi lar nå R_2 variere, mens U, R og R_1 er som før. Finn I, I_1 og I_2 i de tre tilfellene at $R_2 = \infty$, $R_2 = 0$, og $R_2 = 30\,\Omega$.

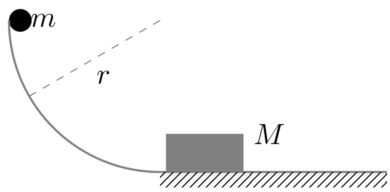
Løsning:

- $R_2 = 0$ betyr at R_2 erstattes av en ledning / kortslutning. Da vil all strømmen gå der og ikke gjennom R_1. Spenningen over R blir U. Vi får da $I_1 = 0$ og $I_2 = I = U/R = 0{,}50$ A.

- $R_2 = \infty$ betyr at vi tar bort R_2. Da må strømmene bli $I_2 = 0$ og $I = I_1 = U/(R + R_1) = 0{,}20$ A.
- Når $R_2 = R_1$ vil strømmen fordele seg likt mellom R_1 og R_2, så $I_1 = I_2 = I/2$. Siden R_1 og R_2 nå er like, blir parallellkoblingen av dem $R_1/2 = 15\,\Omega$, så $I = 10/(20 + 15)$ A $\approx 0{,}29$ A.

Oppgave 6

a) En kule med masse $m = 0{,}10$ kg sendes ned i en kulebane. Kulebanen består av en kvart sirkel med radius $r = 2{,}0$ m. Vi ser bort fra friksjon og luftmotstand. Når kula er på sitt laveste punkt, treffer den en boks med masse M.



Vis at hastigheten til kula idet den er på sitt laveste punkt (rett før den treffer boksen), er $v_0 \approx 6{,}3$ m/s. Finn også normalkraften på kula rett før den forlater den sirkulære kulebanen.

Løsning: Hele den potensielle energien mgh (der $h = r = 2{,}0$ m), går over til kinetisk energi, så vi får

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = mgh \Rightarrow v_0^2 = 2gh$$

Hastigheten blir $v_0 = \sqrt{2gh} = 6{,}3$ m/s. Normalkraften N_{kule} blir gitt av tyngden + sentripetalkraften:

$$N_{\text{kule}} = mg + m\frac{v_0^2}{r},$$

der $r = h$. Vi får

$$N_{\text{kule}} = mg + m\frac{2gh}{h} = 3mg = 2{,}9 \text{ N}.$$

b) Når kula forlater den sirkulære kulebanen, treffer den en boks med masse $M = 1{,}0$ kg. Boksen er klissete på venstre side, så kula blir sittende fast til boksen. Boksen ligger på et bord. Friksjonstallet mot underlaget for det sammensatte legemet (boks+kule) er $\mu = 0{,}3$. Hva blir hastigheten til det sammensatte legemet rett etter sammenstøtet? Hvor langt flytter legemet på seg etter dette støtet? Se bort fra luftmotstand.

Løsning: Bevegelsesmengden før støtet er mv_0. Etter støtet er den $(m+M)v$, der positiv retning er definert mot høyre. Bevaring av bevegelsesmengde gir

$$mv_0 = (m+M)v,$$

dvs. hastigheten

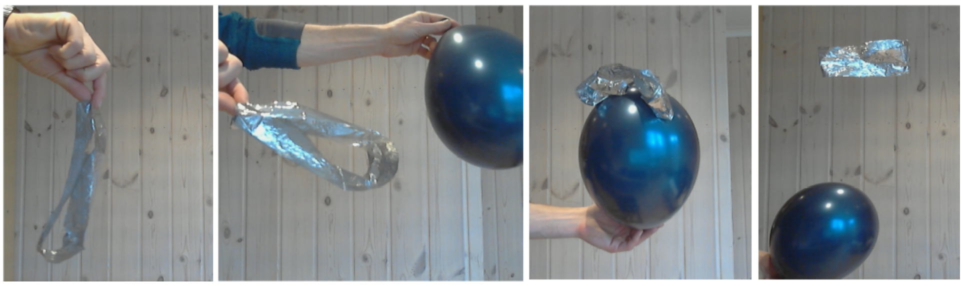
$$v = \frac{m}{m+M}v_0 = 0{,}57 \text{ m/s}.$$

Normalkraften på (boks+kule) er $N = (m+M)g$. Friksjonskraften er da $F = \mu N = \mu(m+M)g$. Samtidig gir Newtons 2. lov at $F = (m+M)a$, så vi får akselerasjonen $a = \mu g$ mot venstre. Siden denne er konstant, kan vi finne forflytningen s vha. $2as = v^2$. Alternativt kan vi bruke at energien $\frac{1}{2}(m+M)v^2$ er lik arbeidet som friksjonskraften utfører på underlaget:

$$\frac{1}{2}(m+M)v^2 = Fs = \mu Ns = \mu(m+M)gs \Rightarrow s = \frac{v^2}{2\mu g} = 0{,}055 \text{ m}.$$

Oppgave 7

a) Se på bildeserien som viser et eksperiment. Bildene er i kronologisk rekkefølge. Tegn skisser og gi en forklaring.



1. Metallfolien henger fritt.

2. Ballongen har blitt gnidd mot en ullgenser. Metallfolien tiltrekkes av ballongen.

3. Folien og ballongen er i kontakt et lite øyeblikk.

4. Folien svever over ballongen.

Løsning:

1. Metallfolien henger fritt, holdes i hånda og er uladet.
2. Ballongen har blitt gnidd mot en ullgenser. Da blir den negativt ladd, fordi noen av elektronene til genseren hopper over på ballongen. Siden metallfolien er en leder, vil elektronene kunne flytte fritt på seg. De frastøtes av ballongen og ender derfor opp i motsatt ende, evt. i hånda. Da blir metallfolien positivt ladd nærmest ballongen, og tiltrekkes derfor av den negative ballongen.
3. Folien og ballongen er i kontakt. Da vil elektroner hoppe over fra ballongen til folien. Begge blir dermed negativt ladd slik at...
4. ...folien frastøtes av ballongen og svever.

b) Du går på ski en fin og varm vårdag med blå himmel. Midt på dagen er snøen bløt overalt på grunn av den høye temperaturen. Ut på ettermiddagen legger du merke til at der det er åpent terreng blir snøen isete og hard selv om det fortsatt er varmegrader. I skogen, derimot, er snøen fortsatt like bløt og myk. Hvordan kan dette skje? Anta at lufttemperaturen er lik overalt.

Løsning: Dette er et resultat av termisk utstråling. Termisk utstråling ved 0°C utgjør ca. 300 W/m^2 ifølge Stefan-Boltzmanns lov. Dette er et overraskende stort tall. Grunnen til at utstrålingen ofte ikke merkes så godt, er at alle legemer stråler ut, så utstråling fra ett legeme kan kompenseres av innstråling fra et annet. I dette tilfellet stråler snøen ut mot verdensrommet når det er blå himmel, mens hvis det er skyer eller trær i nærheten som dekker den blåe himmelen, vil disse stråle tilbake mot snøen.

Utstrålingen gjør at snøen mister energi og blir avkjølt. Snøen kan derfor fryse selv om lufttemperaturen er godt over null. Dette har ikke så lett for å skje dersom det er skyer eller trær som dekker for deler av himmelen, siden disse da vil gi tilbake energien.

c) Hvor mye energi (målt i kWt) trengs for å tørke klær som inneholder 10 liter vann? Anta at klærne henges opp i et rom med elektrisk oppvarming med termostat. Energien kommer fra et vannkraftverk med 100 meter fall fra dammen til turbinen. Hvor mye vann må kjøres gjennom vannkraftverket for å generere nok elektrisk energi?

Løsning: Fordampingsvarmen er

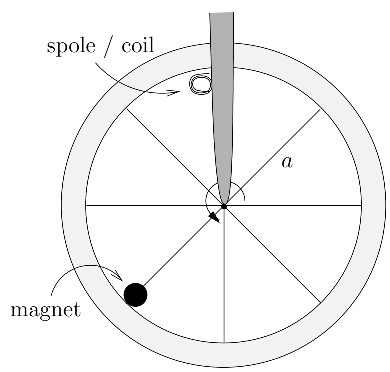
$$Q = 10 \text{ kg} \cdot 2{,}259 \cdot 10^6 \text{J/kg} = 2{,}259 \cdot 10^7 \text{ J}.$$

Dette er $2{,}259 \cdot 10^7$ Ws $= 2{,}259 \cdot 10^7/3600$ Wt $= 6{,}3$ kWt. Ved å sette $Q = mgh$, finner vi at

$$m = \frac{Q}{gh} = 23 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

dvs. 23 m^3 vann.

d) Den ivrige syklisten P. Dahl har montert en permanentmagnet fast på sykkelhjulet og en spole (strømsløyfe med mange viklinger) på den faste gaffelen, se figur. Dette utstyret skal brukes til å gi strøm til lys. Forklar Dahl hva som skjer fysisk og hvilken sentral fysisk lov som er involvert.



Løsning: Når hjulet går rundt, vil magneten komme i nærheten av spolen en gang per omdreining. Da vil den gi en magnetisk fluks gjennom spolen. Siden denne fluksen endres med tiden, gir Faradays lov en indusert ems i spolen. Systemet kan derfor brukes som en spenningskilde. (Spenningen vil variere med tiden, men det kan Dahl fikse på ved å bruke passende elektronikk inklusive en kondensator til lagring.)

e) Du hører på musikk fra en enkelt høytaler. Forklar hvorfor lydintensiteten (målt i W/m^2) blir 4 ganger sterkere hvis du halverer avstanden din til høytaleren. Hva skjer med lydintensitetsnivået (målt i dB) hvis du halverer avstanden din?

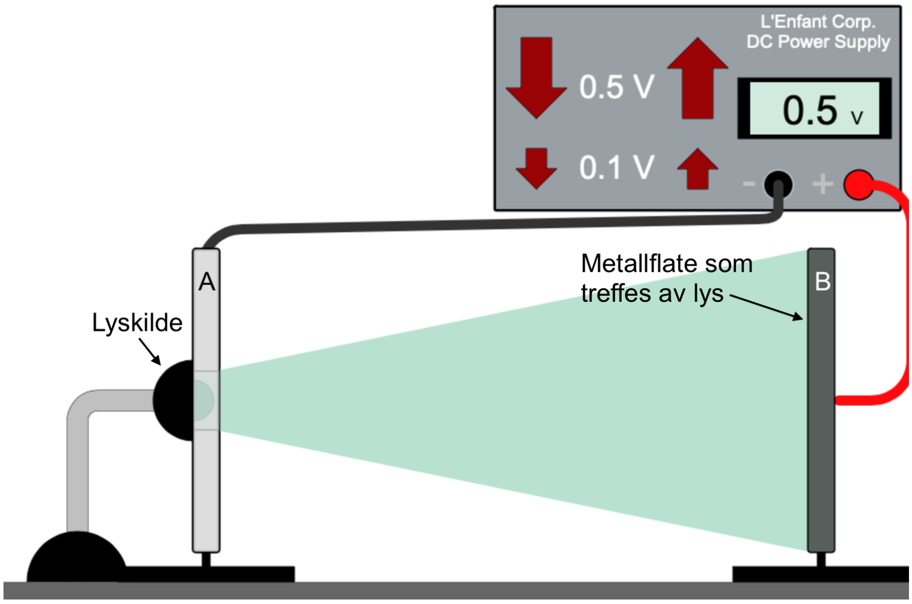
Løsning: Når lyden forplantes utover fra høytaleren, spres den utover et areal. Dette arealet vil være proporsjonal med r^2, der r er avstanden til høytaleren. F.eks. hvis høytaleren sender likt i alle retninger framover, vil lyden spres utover en halvkuleflate, som har areal $2\pi r^2$. Intensiteten er da $I = P/\text{areal} = P/(2\pi r^2)$, der P er effekten som sendes ut. Intensiteten er altså proporsjonal med $1/r^2$. Hvis vi halverer r, blir altså intensiteten fire ganger så sterk.

Lydintensitetsnivået er opprinnelig $L = \log(I/I_0)$, der I er intensiteten og I_0 er høreterskelen. Hvis I blir firedoblet, får vi $L_{\text{ny}} = \log(4I/I_0) = \log 4 + \log(I/I_0)$, så lydintensitetsnivået øker med $(\log 4)\cdot 10$ dB = 6 dB.

f) Langt til fjells finner du litt myrvann. Det ser ut som en oljefilm på vannet, med flotte farger. Hva kommer disse fargene av? Tegn og forklar kort.

Løsning: Se s. 477 i boka, og seminar 14.

g) Du gjør et eksperiment der du skinner lys ved ulike bølgelengder på en metalloverflate (B). Metallet befinner seg i et vakuumkammer, og et stykke fra metalloverflaten er det festet en annen metallflate (A). De to metallplatene er koblet sammen i en elektrisk krets der du kan bestemme spenningen mellom dem, og måle om det går noen strøm mellom dem.



Når du skinner lys med bølgelengden 370 nm på metallet, går det en strøm i kretsen så lenge spenningen er mindre enn 1,3 V. Bruk denne observasjonen til å anslå løsrivningsarbeidet for metallet.

Løsning: Dersom fotonenergien E_f er større enn løsrivningsarbeidet W til metallet, vil det frigjøres elektroner som får en kinetisk energi gitt av Einsteins likning for fotoelektrisk effekt:

$$E_\mathrm{f} = W + E_\mathrm{k}$$

På vei mot plate A beveger elektronene seg i et elektrisk felt rettet mot plate A. Det gjør at elektronene påvirkes av en kraft rettet i motsatt retning, altså tilbake dit de kom fra. Det begynner å gå en strøm når elektronene når frem til plate A. Da må den kinetiske energien til elektronet når det forlater plate B være større enn arbeidet som det elektriske feltet gjør på elektronet mellom platene, $E_\mathrm{k} > W_\mathrm{AB}$. Arbeidet er gitt av spenningen U mellom de to platene og elementærladningen e:

$$W_\mathrm{AB} = eU$$

Ved den spenningen som akkurat er stor nok til å stoppe elektronene, blir derfor

$$E_\mathrm{k} = W_\mathrm{AB} = eU$$

Fotonenergien er gitt ved

$$E_\mathrm{f} = \frac{hc}{\lambda}$$

Løsrivningsarbeidet blir

$$W = E_\mathrm{f} - E_\mathrm{k} = \frac{hc}{\lambda} - eU$$

$$W = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{Js} \cdot 3{,}00 \cdot 10^{8}\ \mathrm{m/s}}{370 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}} - 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C} \cdot 1{,}3\ \mathrm{V} = 3{,}3 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}$$