UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i:	FYS1001 — Innføring i fysikk
Eksamensdag:	Hjemmeeksamen 3. juni 2022
Tid for eksamen:	15.00 – 19.00 (+ en halvtime til å levere)

Oppgavesettet er på 11 sider.

Vedlegg:	Ingen
Tillatte hjelpemidler:	Alle. Eksamen skal gjennomføres selvstendig. Du kan finne formler og konstanter på formelarket eller i pensumlitteraturen.

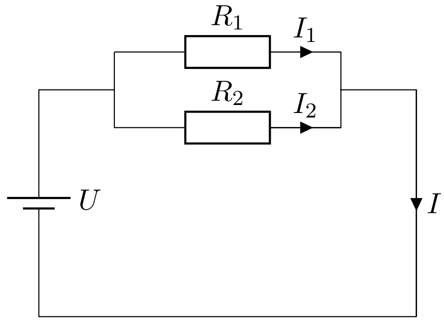
Alle delspørsmål teller likt. Du må begrunne svarene.

Sensorveiledning:

- Midtveiseksamen teller 20%, avsluttende eksamen teller 80%.
- Vi gir inntil 4 poeng per deloppgave. Vi gir alltid kun hele poeng. Maks poengsum fra avsluttende eksamen blir da 92 poeng. Total score regnes ut slik: (poeng avsluttende)·80/92+(poeng midtveis).
- Alle svar skal begrunnes, svar uten begrunnelse gir liten eller ingen uttelling. Argumentet må henge sammen.
- Det kan trekkes når svar er for lange og inneholder irrelevant informasjon, særlig hvis det kan tolkes som helgardering. Det kan også trekkes noe hvis besvarelsen er dårlig eller rotete skrevet.
- Symboler som ikke står i oppgaveteksten må introduseres på en slik måte at det er klart hvilken størrelse de representerer.
- Hvis alt er rett unntatt en liten slurv for tallsvaret, trekkes 1p.
- Det trekkes ikke for følgefeil.
- Feil/manglende enhet gir trekk på 1p.
- Feil antall gjeldende siffer kan det trekkes noe for hvis det er ekstremt eller gjennomgående.

Oppgave 1

Vi skal se på kretsen i figuren, der et batteri med spenning U er koblet sammen med to motstander. Anta at $U = 3\,\mathrm{V}$, $I = 0{,}1\,\mathrm{A}$ og $R_2 = 130\,\Omega$.



a) Hva er likningen som beskriver sammenhengen mellom I, I_1 og I_2?

Løsning: Kirchhoffs strømlov:

$$I = I_1 + I_2$$

b) Hvilken spenning måler man over motstanden R_2?

Løsning: Kirchhoffs spenningslov og ingen spenningsfall over ledningene, ergo samme som over batteriet, dvs U = 3 V.

c) Finn I_1 og R_1.

Løsning:

$$U = R_2 I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{3\,\mathrm{V}}{130\,\Omega} = 0{,}02\,\mathrm{A}$$

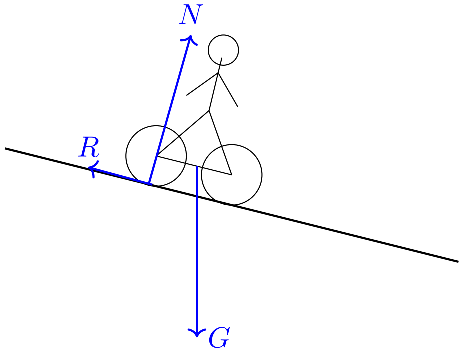
$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I_1 = I - I_2 = 0{,}1\,\mathrm{A} - 0{,}02\,\mathrm{A} = 0{,}08\,\mathrm{A}$$

$$U = R_1 I_1 \Rightarrow R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{3\,\mathrm{V}}{0{,}02\,\mathrm{A}} = 37{,}5\,\Omega \approx 40\,\Omega$$

Oppgave 2

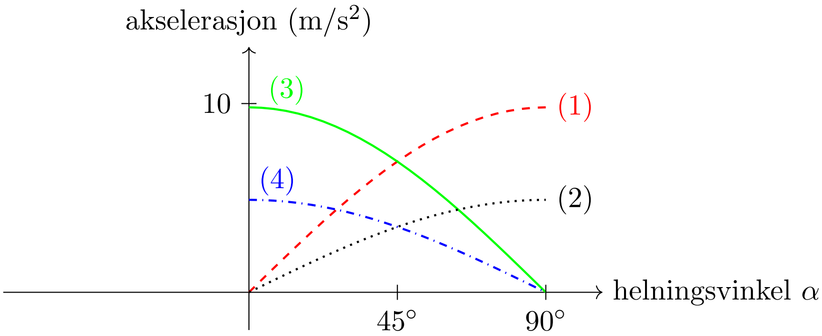
a) Den ivrige syklisten P. Dahl bremser av full kraft og sklir nedover en bakke med låste hjul. Vi ser på Dahl og sykkelen som ett legeme. Tegn inn kreftene som virker på dette legemet.

Løsning:



Tyngdekraften er $G = mg$, der m er massen til sykkel + Dahl, normalkraften N og friksjonskraft R.

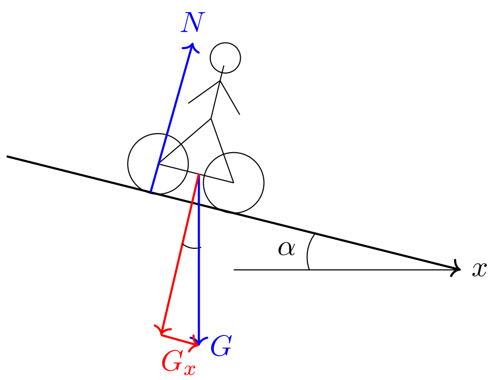
b) P. Dahl triller nå nedover en bakke med helningsvinkel α i forhold til horisontalen. Se bort fra luftmotstanden og rullemotstanden. Figuren nedenfor viser fire alternative kurver som skal angi akselerasjonen som funksjon av α, men kun en av dem er korrekt. Bruk eliminasjonsmetoden til å finne rett kurve. Helningsvinkelen α er vinkelen som bakken danner med horisontalen; $\alpha = 0°$ svarer til flatmark.



Løsning: Akselerasjonen må øke med helningsvinkelen. Vi kan derfor utelukke (3) og (4). Videre må akselerasjonen være null for $\alpha = 0$, og 9,81 m/s^2 for $\alpha = 90°$. Da må (2) være feil. Vi står igjen med (1), som da må være riktig.

c) Finn et uttrykk for akselerasjonen som funksjon av α ved å bruke Newtons lover.

Løsning:



Her er det viktig å tegne en god figur, og dekomponere tyngdekraften i en kraft parallelt og normalt på bevegelsesretningen. Vinklene som er angitt i figuren er like store og lik α. Bare komponenten G_x parallelt med bevegelsesretningen gir en akselerasjon (den andre komponenten nulles ut av normalkraften). Fra figuren har vi $\sin\alpha = G_x/G$, dvs. $G_x = mg\sin\alpha$. Newtons 2. lov i bevegelsesretningen gir

$$mg\sin\alpha = ma,$$

dvs.

$$a = g \sin \alpha.$$

Vi ser at dette stemmer bra med kurven i forrige delspørsmål.

Oppgave 3

En passasjer på 55 kg står på en vekt i en heis. Vekten måles i newton (N). Først er heisen i ro, men så begynner kabinen å bevege seg vertikalt, og farten øker fra 0 m/s til 8 m/s i løpet av 5 s. Anta konstant akselerasjon.

a) Hva viser vekten (i newton) når heisen er i ro?

Løsning: Vekten viser normalkraften N. Fra Newtons andre lov i vertikalretning har vi at $N - G = ma = 0$, dvs.

$$N = G = mg = 55\,\text{kg} \cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2 = 540\,\text{N}$$

b) Hvor stor er akselerasjonen til heisen?

Løsning: Vi antar konstant akselerasjon, med startfart $v_0 = 0\,\text{m/s}$ og sluttfart $v = 8\,\text{m/s}$:

$$v = v_0 + at \Rightarrow a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{8\,\text{m/s} - 0\,\text{m/s}}{5\,\text{s}} = 1{,}6\,\text{m/s}^2$$

c) Hvilken vekt (i newton) viser vekten når heisen øker farten? Her finnes det to mulige svar!

Løsning: Vi har fra Newtons andre lov at $N - G = m(\pm a)$, der de to fortegnene svarer til akselerasjon oppover eller nedover. Dette gir

$$N = m(g \pm a) = 55\,\text{kg}\ (9{,}81\,\text{m/s}^2 \pm 1{,}6\,\text{m/s}^2) = 628\,\text{N eller } 452\,\text{N}$$

Første svaret gjelder når heisen beveger seg oppover, andre når den beveger seg nedover.

Oppgave 4

a) En vegg består av tre med tykkelse 2,0 cm. Tre har varmeledningsevne $\lambda_1 = 0{,}14\,\text{W/Km}$. Regn ut U-verdien. Hvor stor effekt (målt i watt) forsvinner ut av en slik vegg med areal $20\,\text{m}^2$ hvis det er $23\,°\text{C}$ inne og $-7{,}0\,°\text{C}$ ute?

Løsning:

$$U_1 = \frac{\lambda_1}{L_1} = 7{,}0\,\mathrm{W/m^2K}.$$

$$H_1 = U_1 A \Delta T = 4{,}2\,\mathrm{kW}.$$

b) Veggen får i tillegg et isolerende lag med 10 cm mineralull, med varmeledningsevne $\lambda_2 = 0{,}032\,\mathrm{W/Km}$. Veggen består altså av to lag, lag 1 er tre og lag 2 er mineralull. Forklar hvorfor vi kan se bort fra det ene laget (og hvilket det er) når vi skal gjøre et overslag av U-verdien til veggen. Hva blir dette overslaget av U-verdien? Sammenlign med verdien du får hvis du tar hensyn til begge lagene.

Løsning: Lag 2 inneholder et materiale med betydelig lavere varmeledningsevne enn lag 1. I tillegg er det tykkere. Dermed isolerer lag 2 mye bedre enn lag 1. Hvis vi neglisjerer lag 1, får vi

$$U_2 = \frac{\lambda_2}{L_2} = 0{,}32\,\mathrm{W/m^2K}.$$

Hvis vi derimot skal ta hensyn til begge lagene, blir det mer innviklet. Da bruker vi at varmestrømmen må være lik i de to lagene:

$$H_1 = U_1 A \Delta T_1 = U_2 A \Delta T_2 = H_2$$

Her er ΔT_1 temperaturforskjellen over lag 1, mens ΔT_2 er temperaturforskjellen over lag 2. Ingen av disse er kjent, men vi vet at $\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2$ er temperaturforskjellen over begge lagene, altså mellom inne og ute. Ved å sette inn $\Delta T_2 = \Delta T - \Delta T_1$ i ligningen ovenfor får vi

$$U_1 A \Delta T_1 = U_2 A (\Delta T - \Delta T_1).$$

Her er bare ΔT_1 ukjent, og vi kan løse ligningen med hensyn på denne:

$$\Delta T_1 = \frac{U_2}{U_1 + U_2} \Delta T$$

Varmestrømmen gjennom lag 1 er den samme som gjennom lag 2, og er også den samme som varmestrømmen $H = UA\Delta T$ gjennom begge lagene under ett. Vi finner altså

$$H = H_1 = U_1 A \Delta T_1 = \frac{U_1 U_2}{U_1 + U_2} A \Delta T,$$

og derfor

$$U = \frac{U_1 U_2}{U_1 + U_2} \approx 0{,}31\,\mathrm{W/m^2K}.$$

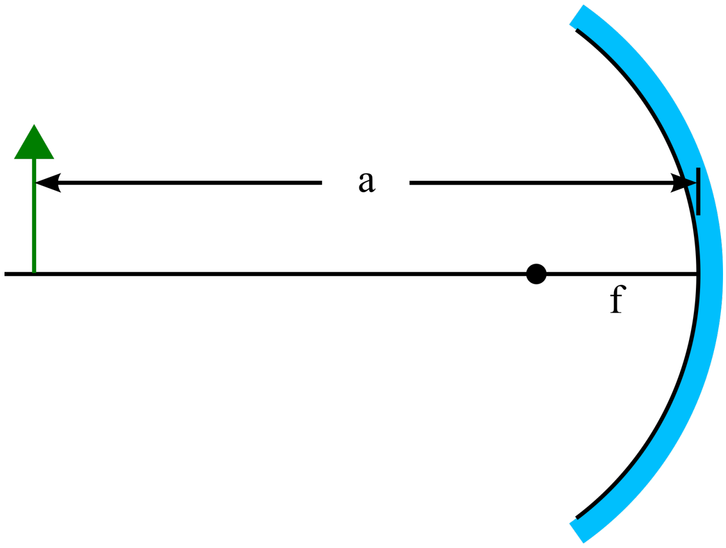
Det er interessant å merke seg at vi kan skrive

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2},$$

tilsvarende til seriekobling av elektriske motstander $R = R_1 + R_2$ hvis vi bytter ut $1/U_1 \mapsto R_1$, $1/U_2 \mapsto R_2$ og $1/U \mapsto R$. Vi kan altså tenke på U-verdien som 1/(motstand for varmestrøm).

Oppgave 5

Et objekt (grønn pil) står foran et sfærisk speil i en avstand $a = 16\,\text{cm}$. Speilet har brennvidde $f = 4{,}0\,\text{cm}$.



a) I hvilken avstand fra speilet dannes bildet? Er det et reelt eller et virtuelt bilde?

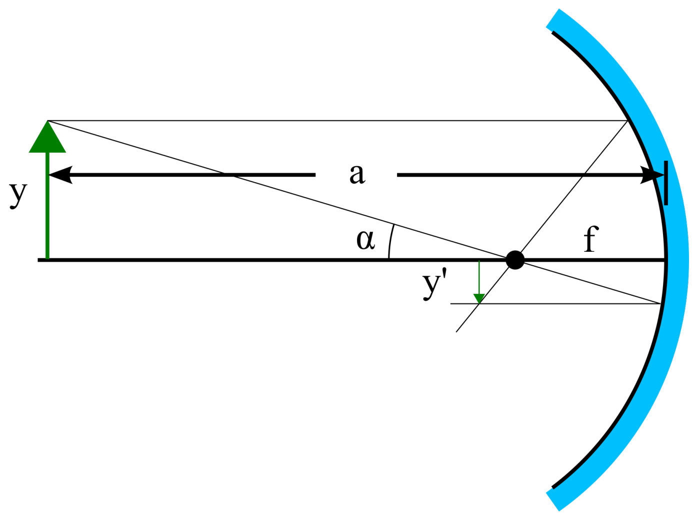
Løsning: Bruke linseformelen:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a} = \frac{1}{4\,\text{cm}} - \frac{1}{16\,\text{cm}} = 0{,}188\,\text{cm}^{-1} \Rightarrow b = 5{,}3\,\text{cm}$$

Bildet er reelt.

b) Hvor stort er bildet hvis objektet har lengden $y = 3\,\text{cm}$? Hva er lengdeforstørringen?

Løsning:



Ifølge transversalteoremet (dette er en tilnærming, siden strålen fra objektet gjennom brennpunktet ikke treffer speilet i avstand f fra brennpunktet hvis målt langs den optiske aksen):

$$\frac{y}{a-f} = \frac{y'}{f} \Rightarrow y' = \frac{yf}{a-f} = \frac{3\,\text{cm} \cdot 4\,\text{cm}}{16\,\text{cm} - 4\,\text{cm}} = 1$$

Alternativet er å bruke likningen

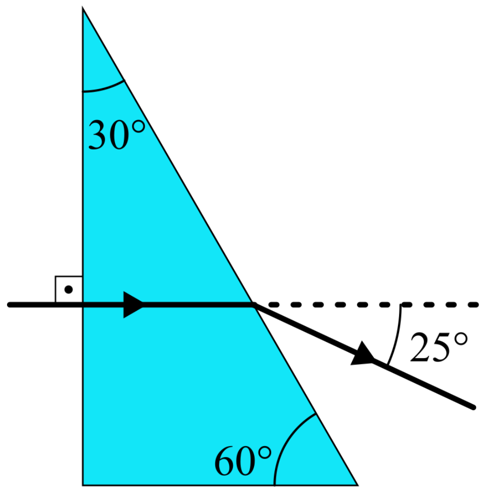
$$\frac{y}{y'} = \frac{a}{b}$$

Lengdeforstørringen er da (faktisk en lengdeforminsking)

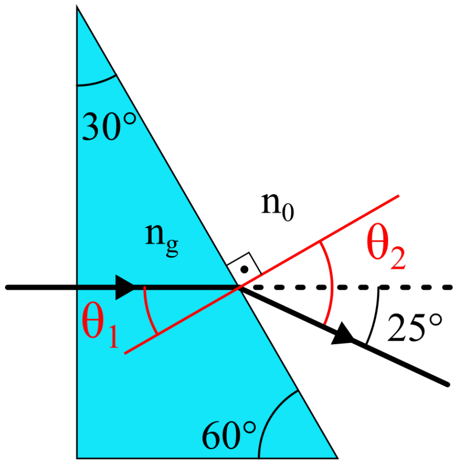
$$M = \frac{y'}{y} = \frac{1}{3},$$

og lengden av bildet blir $\frac{1}{3} \cdot 3\,\text{cm} = 1\,\text{cm}$.

c) Lys (svart linje) faller inn fra luft på et glassprisme (se figur nedenfor). Innfallsvinkelen ved første overgang fra luft til glass er 90°, og strålen endrer retning med 25 ° når den kommer ut av prismet. (Merk at den stiplede linjen *ikke* er innfallsloddet!) Hva er lysfarten i glassprismet?



Løsning: Ved den første grenseflaten går lyset rett gjennom.



Brytningsindeks n_g er for glassprismet, og n_0 er for luft. OBS: Hvor er innfallsloddet?! 25 ° er ikke brytningsvinkelen! Snells lov:

$$n_g \sin\theta_1 = n_0 \sin\theta_2$$

Innfallsvinkelen er $\theta_1 = 30°$, dermed er $\theta_2 = 30° + 25°$. Ergo

$$n_g = n_0 \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = 1\frac{\sin 55°}{\sin 30°} = 1.64$$

Lysfarten blir

$$v_g = \frac{c}{n_g} = \frac{3\times10^8\,\mathrm{m/s}}{1.64} = 1{,}8\times10^8\,\mathrm{m/s}$$

Oppgave 6

Den ustabile isotopen ${}^{131}_{53}\mathrm{I}$ (jod) har en halveringstid på 8,02 døgn. Ett slikt atom har en masse på $2{,}1\times10^{-25}$ kg.

a) Hvor mange nøytroner og elektroner består et ${}^{131}_{53}\mathrm{I}$-atom av?

Løsning: Vi ser fra ${}^{131}_{53}\mathrm{I}$ at atomnummeret er 53, slik at kjernen inneholder 53 protoner, og dermed har atomet 53 elektroner. Antallet nøytroner er $131 - 53 = 78$.

b) Hvis du har 1 mg ${}^{131}_{53}\mathrm{I}$, hvor mange omdanninger får du i løpet av 12 timer?

Løsning: Ett atom har en masse $2{,}1\times10^{-25}$ kg. 1 mg består dermed av

$$N_0 = \frac{1\times10^{-6}\,\mathrm{kg}}{2{,}1\times10^{-25}\,\mathrm{kg/atom}} = 4{,}76\times10^{18}\,\text{atomer}$$

Etter 12 timer har vi

$$N = N_0\cdot 2^{-t/t_{1/2}} = 4{,}76\times10^{18}\cdot 2^{-\frac{0.5}{8{,}02}} = 4{,}56\times10^{18}$$

atomer igjen. Altså skjedde $4{,}76 \times 10^{18} - 4{,}56 \times 10^{18} = 2{,}0 \times 10^{17}$ omdanninger ila 12 timer.

c) ${}^{131}_{53}\mathrm{I}$ er en β^--stråler. Fullfør reaksjonslikningen for henfallet!

$${}^{131}_{53}\mathrm{I} \longrightarrow \qquad + $$

Løsning: I et β^- henfall omdannes et nøytron til et proton, og et elektron sendes ut (og et anti-elektronnøytrino):

$${}^{131}_{53}\mathrm{I} \longrightarrow {}^{131}_{54}\mathrm{Xe} + \mathrm{e}^- \; (+ \bar{\nu}_e)$$

Oppgave 7

a) Du sitter i en bil som bremser opp. Tegn en figur som viser kreftene på deg. Angi på figuren hvilken retning bilen beveger seg i.

Løsning: Her er det viktig å innse at det er ingen krefter som drar deg framover i samme retning som bilen beveger seg. Derimot er det en kraft fra sikkerhetsbeltet (evt. også friksjon fra setet) som bremser deg opp (altså kraft bakover). I tillegg har vi tyngdekraften og normalkraften fra setet.

b) Forklar kort prinsippet for en elektrisk generator (f.eks. en slik som brukes i vannkraftverk). Ca. 2-5 setninger.

Løsning: Når en magnet beveges i forhold til en spole (dvs. en kveil av elektrisk ledning), vil det kunne bli en varierende magnetisk fluks gjennom spolen. Dette vil, ifølge Faradays lov, gi en indusert elektromotorisk spenning (ems). Når spolen kobles til en ytre krets, vil det da kunne gå en strøm.

c) Et vått håndkle har hengt til tørk i et rom med 20 °C en stund, men det er fortsatt vått. Er temperaturen til håndkleet lavere enn romtemperaturen?

Løsning: Det krever mye energi for å fordampe vann. Denne energien må tas fra den indre energien til det våte håndkleet. Dermed blir håndkleet avkjølt. (Fordi håndkleet har lavere temperatur enn lufta rundt, vil det overføres varme fra lufta til håndkleet, slik at lufta også etter hvert blir kaldere.)

d) Ingrid sykler under en høyspentlinje en varm sommerdag og merker små elektriske støt. Forklar hva som skjer.

Løsning: En høyspentlinje har svært høy spenning, f.eks. 320 kV. Det vil da være sterke elektriske felter, særlig mellom lederne, men også mellom en leder og jorda. Det elektriske feltet tar tak i ladningene i den ledende sykkelen, slik at den nederste delen av sykkelen blir f.eks. negativ mens den øvre blir positiv. Samme skjer med Ingrid (som også er en ganske god leder siden kroppen inneholder mye saltvann). Hvis f.eks. beina kommer i kontakt med sykkelen, vil det kunne skje en utladning, dvs. en strøm fra sykkelen over på Ingrid. Det kjennes som støt. Her vil det være bra å tegne en skisse av Ingrid og sykkelen, og tegne inn hvordan ladningen er fordelt med plusser og minuser.

e) Et balansert ventilasjonssystem pumper inn frisk luft i et hus, og trekker ut like mye "brukt" luft. Anta at ventilasjonssystemet pumper inn $170\,\mathrm{m}^3$ i løpet av en time. Systemet har en varmeveksler som gjenvinner 80% av energien som innelufta har i forhold til utelufta. Dvs. at 80% av den ekstra termiske energien til innelufta som pumpes ut, overføres til lufta som pumpes inn. For at det ikke skal bli kald trekk fra ventilasjonen, inneholder ventilasjonssystemet et elektrisk varmeelement i tillegg til varmeveksleren.

En vinterdag er utetemperaturen $-15\,°\mathrm{C}$ og innetemperaturen $22\,°\mathrm{C}$. Hvor stor effekt må varmeelementet gi for at luften som kommer inn i huset skal ha temperatur $19\,°\mathrm{C}$?

Oppgitt for luft: Spesifikk varmekapasitet $1{,}0\,\mathrm{kJ/(kgK)}$ og tetthet $1{,}3\,\mathrm{kg/m^3}$.

Løsning: Vi ser først på $1\,\mathrm{m}^3$ luft, som har massen 1,3 kg. Varmekapasiteten til denne mengden luft er $1{,}3 \cdot 1{,}0$ kJ/K $= 1{,}3$ kJ/K. Energien som innelufta inneholder i forhold til utelufta er da $(22-(-15)) \cdot 1{,}3$ kJ $= 48{,}1$ kJ. 80% av denne energien gjenvinnes, dvs. 38,5 kJ. Energien luften skal inneholde ifølge kravet om $19\,°\mathrm{C}$, er $(19-(-15)) \cdot 1{,}3$ kJ $= 44{,}2$ kJ. Dvs. varmeelementet må avgi 5,7 kJ for å varme opp denne ene m^3 med luft tilstrekkelig. I løpet av en time må varmeelementet tilføre energien $170 \cdot 5{,}7$ kJ $= 969$ kJ. Dette gir effekten $969 \cdot 1000/3600$ W ≈ 270 W.

f) I NM i friidrett utendørs er det motvind langs den ene langsiden og medvind langs den andre. Går det opp i opp, dvs. vil løperne tjene like mye på medvinden som de taper på motvinden? Begrunn svaret. Du kan anta at luftmotstanden til en løper er proporsjonal med v^2, der v er farten til løperen i forhold til lufta. Se bort fra hva som skjer i svingene.

Løsning: Anta at en løper har farten v_1, mens lufta har farten v_0. Da er $v = v_1 - v_0$ der det er medvind, og $v = v_1 + v_0$ der det er motvind. Luftmotstanden som løperen må jobbe mot, er altså $K(v_1 - v_0)^2$ på den ene langsiden, og $K(v_1 + v_0)^2$ på den andre, der K er en konstant. Hvis det hadde vært vindstille, ville luftmotstanden vært Kv_1^2. Spørsmålet er altså om gjennomsnittlig luftmotstand er størst når det er vind eller når det er vindstille. Dvs. er

$$\frac{K(v_1 - v_0)^2 + K(v_1 + v_0)^2}{2}$$

større enn, mindre enn, eller lik Kv_1^2? Ved å bruke kvadratsetningene har vi at

$$\frac{K(v_1 - v_0)^2 + K(v_1 + v_0)^2}{2} = Kv_1^2 + Kv_0^2,$$

så dette er alltid større enn Kv_1^2. Med andre ord går det ikke opp i opp; vinden hindrer mer på den ene langsiden enn den hjelper på den andre.