

Fysikopgaver

Obligatorisk niveau

HF-tilvalg

Fysikforlaget

Fysikopgaver

Obligatorisk niveau

HF-tilvalg

Fysikopgaver

Obligatorisk niveau og HF-tilvalg

1. udgave, 2. oplag 1997

©Fysikforlaget, Slotsgade 2³, 2220 Kbhvn N,

tlf 3139 0064

fax 3139 4814

Redaktion

Claus Christensen

Carsten Claussen

Niels Hartling

Tegninger og opsætning

Ole Vinther

Sats og tryk

Budolfi Tryk, Aalborg

ISBN 87-7792-022-8

Mekanisk, fotografisk eller anden gengivelse af denne bog eller dens enkelte dele er ikke tilladt uden lovlig hjemmel.

Forord til 1. udgave, 2. oplag

Denne udgave er et uændret genoptryk af 1. udgave. Der er på den sidste side tilføjet en liste over tilføjelser og trykfejl.

Fysikforlaget, 1997

Indhold

Energi og varme	5
Elektricitet	21
Bølger	31
Atom- og kernefysik	41
Mekanik	53
SI-enheder	70
Dekadiske præfixer	70
Andre enheder	71
Nogle tabelværdier	71
Fysiske konstanter	71
Errata	72

Forord

Denne opgavesamling indeholder eksempler på, hvordan skriftlige opgaver og aktiviteter i fysik kan se ud. Opgaverne i samlingen kan bruges på mange forskellige måder. Det kan være i forbindelse med arbejdet i timerne, som skriftlige hjemmeopgavesæt, som oplæg til eksperimentelt arbejde eller som led i et tematisk forløb.

Mange lærere vil kunne genkende de opgaver, der er inspireret af gamle eksamensopgaver. Disse er alle omarbejdet for at kunne anvendes i fysikundervisningen på matematisk linjes obligatoriske niveau eller på hf-tilvalg. Desuden indeholder samlingen en række nye opgaver, der stammer fra opgavekommissionens lager af ubrugte opgaveforslag. Der er også medtaget en række nye aktiviteter, der skal tjene som eksempler på, hvordan man i fysik kan anvende ny skrivepædagogik i timerne og i hjemmearbejdet.

Samlingen indeholder eksempler på opgaver i alle hovedområder af kernestoffet, på mange forskellige typer af opgaver og på opgaver af forskellig sværhedsgrad. I nogle tilfælde kan en opgave kun løses, hvis der indhentes supplerende oplysninger fra fx Databogen eller anden litteratur. Enkelte spørgsmål er så vanskelige, at vi har forsynet dem med en advarselstrekant. Sværhedsgraden ligger her ud over, hvad man normalt kan forvente af elever på obligatorisk niveau eller på hf-tilvalg. Når de alligevel er medtaget, skyldes det dels et ønske om at give mulighed for undervisningsdifferentiering, dels at disse spørgsmål ofte giver en god mulighed for at afrunde problemstillingen.

Ved løsningen af en opgave er det ofte nødvendigt at gøre forenkende antagelser. Man kan ikke altid regne med, at disse antagelser er anført i opgaveteksten. Det er derfor en del af opgavebesvarelsen at vælge en hensigtsmæssig model for den situation, opgaven beskriver. En god besvarelse er blandt andet karakteriseret ved, at antagelserne begrundes, og at modellens begrænsninger diskuteres. Med til besvarelsen hører en forklaring i tekst og figurer eller grafiske afbildninger, en begrundelse for, hvilke formler der er anvendt, samt hvad de forskellige symboler står for. I nogle spørgsmål skal eleven forklare et fænomen eller et resultat. Det er vigtigt, at denne forklaring formuleres i et godt sprog.

En opgavesamling som den foreliggende er mange menneskers værk. Fysikforlaget indbød opgavekommissionen, der producerer årets studentereksamenssæt til højt niveau, til at deltage i arbejdet med udarbejdelsen af samlingen. I løbet af foråret og sommeren 1994 er de mange forslag blevet gennemarbejdet og diskuteret i flere omgange. Opgavekommissionsmedlemmerne Claus Christensen, Carsten Claussen, Paul Jespersgaard, Torben Lenskjær, Arne Mikkelsen og Elsebeth Petersen, fagkonsulenterne Niels Hartling og Steen Hoffmann, samt Carl P. Knudsen, Susanne Stubgaard og Ove Østergaard fra Fysikforlagets bestyrelse takkes for den store indsats, de har ydet i forbindelse med opgavesamlingens tilblivelse. Samtidig takkes de mange deltagere i 30 års opgavekommissionsarbejde til studentereksamen og hf-tilvalg. En række af de eksamensopgaver, de har været med til at fremstille, har fungeret som inspirationskilde for opgaverne i denne samling.

Parallelt med redaktionsarbejdet har Fysiklærerforeningens arbejdsgruppe, kaldet SKRIV, arbejdet med nye opgavetyper, specielt formidlings- og tænkeopgaver. SKRIV-gruppens medlemmer Sussanne Blegaa, Erik von Essen, Kurt Jakobsen, Mikala Nielsen, Anne Winther Petersen, Ove Splittorff og Susanne Stubgaard takkes for at have stillet et udvalg af opgaver til rådighed for samlingen.

Desuden takkes Catch Foto, Orbesen/FDM, Goodyear, A.P.Møller, Irma, Philips, Leif G. Bertelsen/*Politiken*, Rådet for Større Færdselssikkerhed, John R. Taylor/*The Physics Teacher*, *Sky and Telescope* for hjælp og rettigheder til illustrationsmateriale.

Fysikforlaget, oktober 1994.

Energi og varme

V 1. Fjernvarme

Et hus opvarmes med fjernvarme. På en novemberdag var forbruget af varmt vand 115 liter/time. Temperaturen af vandet var $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ved indløbet og $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ved udløbet.

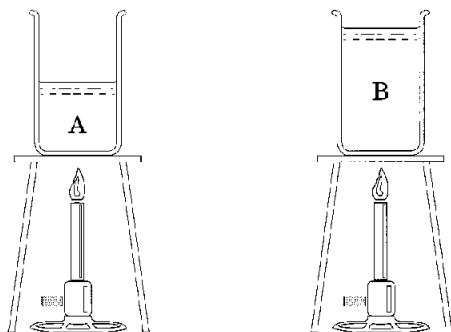
Med hvilken effekt afgav vandet energi den pågældende dag?

V 2. Feber

Kroppens specifikke varmekapacitet er i gennemsnit $3,5\text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

Hvor meget energi skal der tilføres for at varme en person med massen 65 kg op fra $37,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ til $38,7\text{ }^{\circ}\text{C}$?

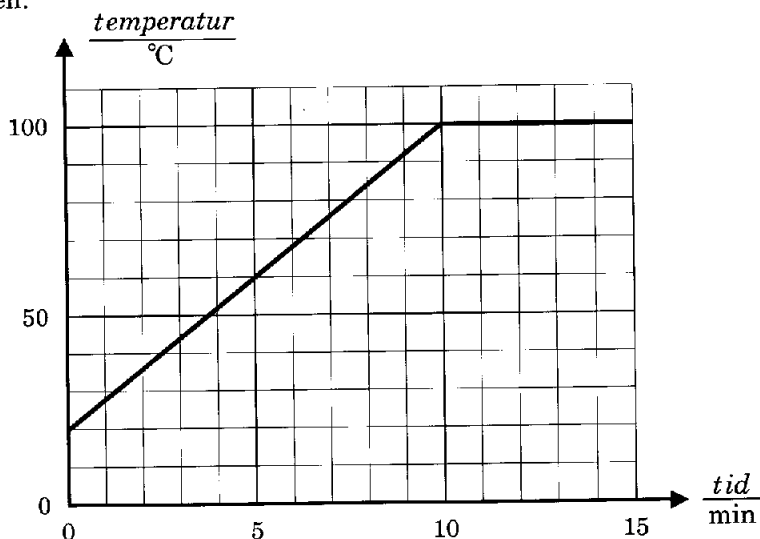
V 3. Opvarmning af vand



Figuren viser to ens bægerglas. I det ene er der dobbelt så meget vand som i det andet.

De to bægerglas opvarmes med hver sin gasbrænder. Der tilføres varme med samme effekt til hvert bægerglas.

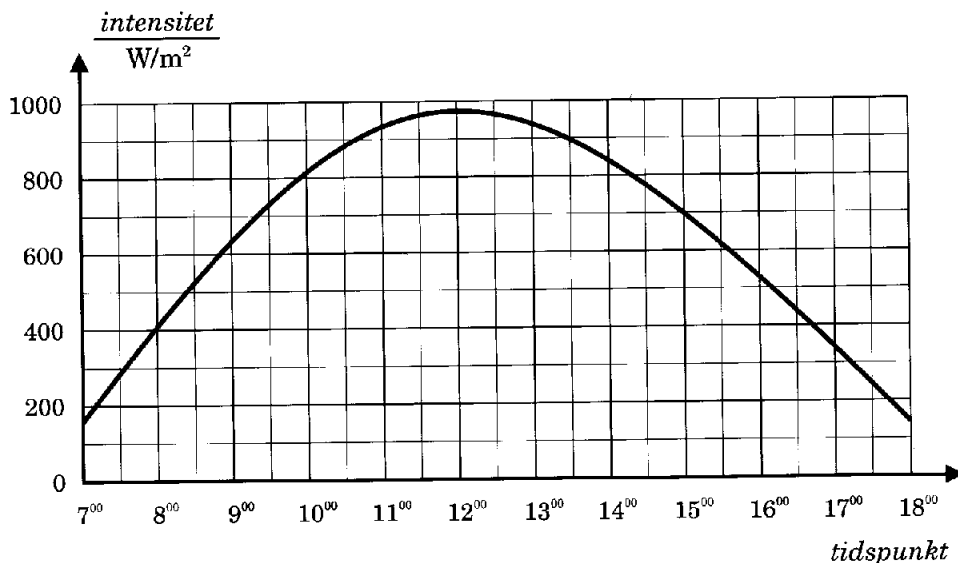
Grafen viser, hvordan temperaturen i bægerglas A ændrer sig som funktion af tiden.



- Forklar grafens forløb.
- Tegn den tilsvarende graf for bægerglas B, og forklar forskellene på de to grafer.

V 4. Solindstråling

Grafen viser, hvordan solindstrålingen på en solfanger varierede i løbet af en klar sommerdag et sted i Danmark. Solfangerens areal er $8,5 \text{ m}^2$.



Hvad var den maksimale energi, solfangeren kunne absorbere den pågældende sommerdag?

V 5. En tekandes varmekapacitet

Et gammelt råd siger, at man skal varme en tekande ved at hælde kogende vand i den, før man begynder den egentlige telavning. Planlæg en lille serie eksperimenter, der kan afsløre om dette råd har en simpel fysisk forklaring.

Et af eksperimenterne må være at bestemme tekandens varmekapacitet. Det kan ske ved at hælde varmt vand i tekanden og måle temperaturen før og efter. Lån et termometer med hjem og udfør eksperimentet.

Beskrivelsen af eksperimenterne skal indeholde en begrundelse for de udførte målinger og beregninger. Diskuter de væsentligste fejlkilder.

V 6. Underafkølet vand

Vand og andre væsker kan under visse omstændigheder afkøles til en temperatur under frysepunktet, uden at væsken størkner. Man siger da, at væsken er underafkølet. Tilstanden er ustabil. Det betyder, at eksempelvis størkning af underafkølet vand sker hurtigt ud fra en lille iskrystal eller ved en lille rystelse af vandet.

Underafkøling af vand kendes fra nedbørsformen isslag, som er underafkølede regndråber, der fryser i det øjeblik, de rammer jordoverfladen.

I en frostbox anbringes et bæger med rent vand. Dette vand afkøles til $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ uden at fryse til is. Idet bægeret tages ud af boxen, omdannes noget af vandet til is.

Hvor stor en brøkdel af vandet bliver til is?

Varmechok skal gøre det af med hussvampen

Ny metode kan spare millioner

Af Leif G. Berthelsen

En ældre beboelsesejendom i det indre København skal i denne uge være forsøgsobjekt for en ny metode til bekæmpelse af hussvamp.

Det er ejendommen Nr. Farimagsgade 44-46, der er opført 1879 og indeholder 24 lejligheder, som midlertidigt er blevet tømt for beboere og deres bohaver.

Derefter er hele ejendommen blevet pakket ind i et telt af isoleringsmåtter,

og fra i dag og fem døgn frem vil huset blive varmet op med 55 grader varm luft fra en stor varmekanon (opvarmingsaggregat), der står på gaden foran ejendommen.

Den varme luft vil fylde hver eneste krog i ejendommen, således at samtlige bygningsdele, mure og træværk bliver opvarmet til 45-50 grader - og så dør hussvampen, for den kan ikke klare en temperatur over 35 grader.

Uddrag fra Politiken af 25. maj 1987.



Ejendommen er pakket ind i et telt, og varmekanonnen sender ca. 55 grader varm luft ind, hvilket dræber hussvampen.

Illustrationen er stillet til rådighed af Leif G. Bertelsen og Dagbladet Politiken

Varmekanonen, der blæser varm luft ind i huset, omsætter energi med effekten 500 kW. Den bruger fyringsolie med en brændværdi på 43 MJ/kg.

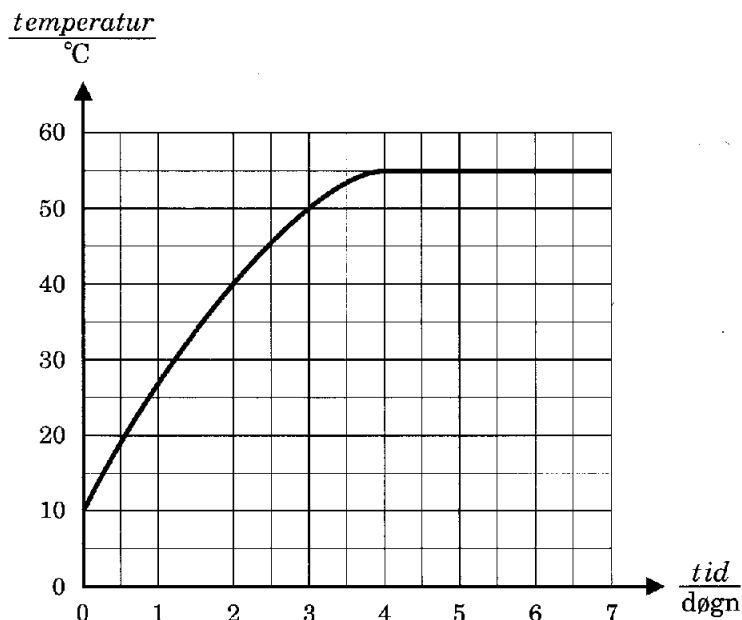
- a) Hvor meget fyringsolie bruger varmekanonen i løbet af fire døgn?

Man kan regne med, at huset består af to typer bygningsmateriale, hvis masse m og specifikke varmekapacitet c er anført nedenfor.

Materiale	$\frac{m}{\text{ton}}$	$\frac{c}{\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})}$
Murværk	1900	0,90
Træværk	80	1,50

- b) Hvor meget energi tilfører den varme luft bygningsmaterialerne, mens husets temperatur stiger fra 10 °C til 55 °C?

Der afgives energi til omgivelserne gennem det isoleringstelt, som omgiver huset. Grafen viser, hvorledes temperaturen t inde i huset varierer i de 7 døgn, behandlingen varer.



Man kan regne med, at temperaturen t_0 uden for teltet hele tiden er 10 °C. Energiafgivelsen til omgivelserne sker med effekten

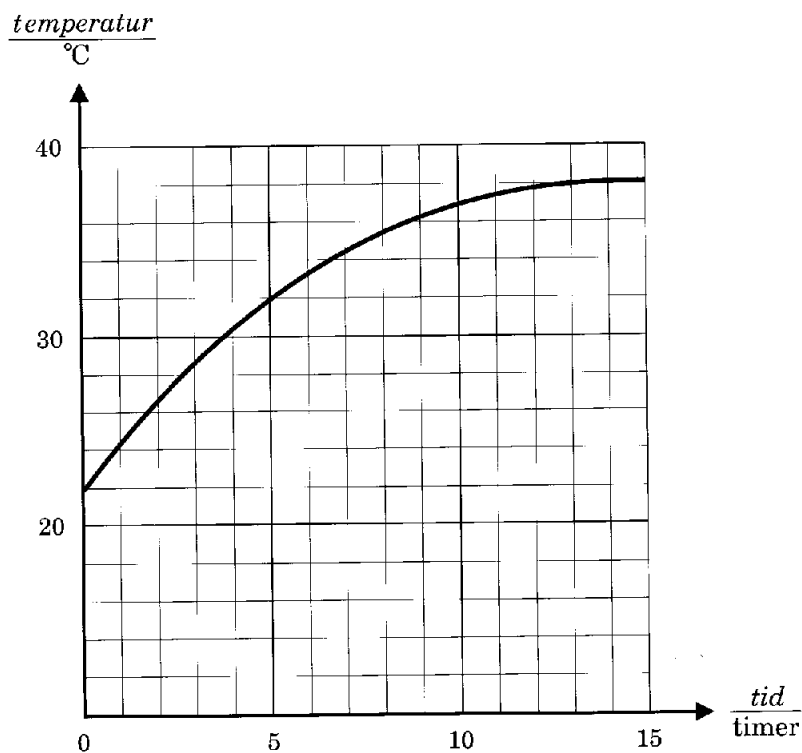
$$P = 7,7 \frac{\text{kW}}{\text{K}} \cdot (t - t_0)$$

- c) Bestem en tilnærmet værdi for den energi, der afgives til omgivelserne i løbet af de 7 døgn, behandlingen varer.

V 8. Varmt vand

Mørke legemer bliver hurtigt varme, når de anbringes i sollys. Det kan man anvende, når man under primitive forhold skal bruge varmt vand.

En spejdergruppe skaffer sig varmt vand ved at hænge en sort plastpose med 15 L vand op i en mast.



Grafen viser, hvorledes vandets temperatur ændrede sig den pågældende dag, efter at posen var anbragt i solen. Omgivelsernes temperatur var 22 °C hele dagen.

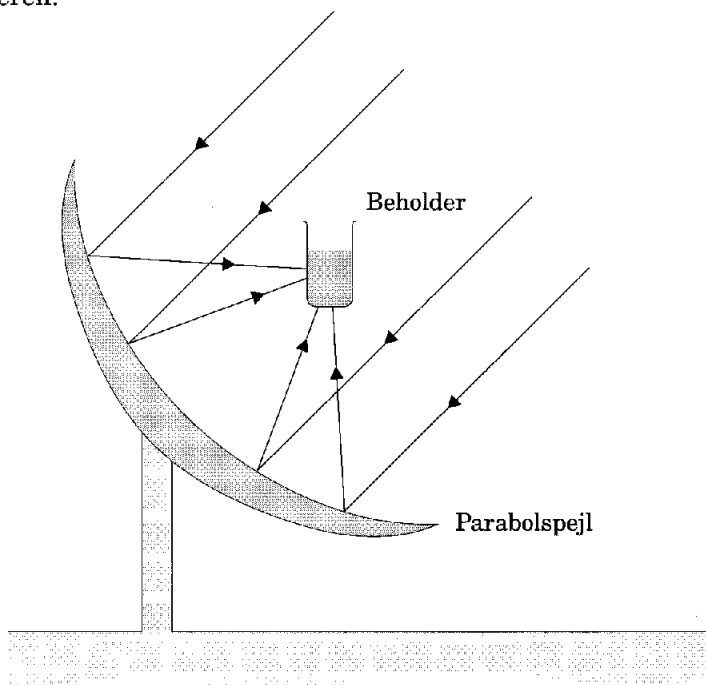
- Giv et overslag over, hvor meget energi posen absorberede i løbet af den første time.
- Forklar, hvorfor grafen krummer.

Posen absorberer kun en vis brøkdelen af energien i den stråling, som rammer den. Den pågældende dag er intensiteten af solstrålingen 950 W/m².

- ▽ c) Vurder, hvilken brøkdelen (i pct.) af den solenergi, der indstråles på posen, der absorberes.

V 9. Solenergi til opvarmning af vand

Energien i solstrålingen kan udnyttes til opvarmning af vand. Et parabol-spejl rettes mod solen, og de reflekterede solstråler samles i brændpunktet som vist på figuren. En beholder med vand placeret i brændpunktet bliver derfor opvarmet. Parabolspejlet dækker et areal på $1,5 \text{ m}^2$ vinkelret på solstrålingens retning og modtager energi med effekten 750 W pr. m^2 . Af den energi i strålingen, som rammer parabolspejlet, overføres 80% til beholderen.



- a) Beregn den energi, som beholderen modtager i løbet af et minut.

Beholder og vand opvarmes fra 20°C til 100°C i løbet af $6,0 \text{ min}$. Den samlede varmekapacitet er $3,7 \text{ kJ/K}$.

- b) Hvor meget energi afgiver beholderen til omgivelserne under opvarmningen?

Vandet koger i $3,0 \text{ minutter}$. Beholderen afgiver energi til omgivelserne med effekten:

$$P = 2,0 \frac{\text{W}}{\text{K}} \cdot \Delta t$$

hvor Δt er forskellen mellem beholderens temperatur og omgivelsernes temperatur, der er 20°C .

- c) Beregn massen af den mængde vand, der fordamper under kogningen.

V 10. Vinkøler

from Florence'



This outstanding product incorporates both beauty and utility. It maintains both red and white wines as well as champagnes at the desired drinking temperature without the need for ice or refrigeration. Immerse your "Cooler" in cold water from 5 to 10 minutes. When the "Cooler" darkens, pour out the water and place it on its coaster. Place the bottle of wine or champagne, already at the preferred temperature, inside the "Cooler". Through the natural process of evaporation, the "Cooler" will maintain the temperature of the wine or champagne for up to 5 hours.

MADE IN ITALY

ITM 10-1000

Vinkøler

Størrelse: 10,5 x 21 cm.

Fremstillet af: RDO-LEL.

Bemærk: Tåler ikke maskinvas.

Advarsel: Bør ikke placeres direkte på møbler, der ikke tåler fugt.

Læg beholderen i koldt vand i ca. 5 - 10 min. Når beholderen bliver mørk i leret, tages den op og placeres på understøtten.

Placer vinfasken eller champagneflasken som allerede har den rette temperatur i beholderen.

Igenem den naturlige fordampling vil beholderen holde vinen eller champagne ved den rette temperatur i op til 5 timer i sølen.

(Importør fra Italien)

Etiketten er afteglet.

94 483

5 718147 134964

13496

2950

Fremstillet for Irma A/S, Rødovre

Illustrationen er stillet til rådighed af IRMA A/S.

- a) Forklar, hvordan vinkøleren virker.

Af varedeklarationen fremgår det, at vinkøleren ophører med at virke efter ca. 5 timers forløb.

- b) Hvordan kan det være?

V 11. Overgangsvarme

- a) Hvorfor brænder man sig, hvis man stikker hånden ind i en dampstråle ved 100 °C, når man godt kan opholde sig i en sauna ved samme temperatur?
- b) Hvorfor hjælper det at puste på den varme mad?
- c) Hvorfor fryser man mere, når man er våd, end når man er tør?

V 12. Fryseren

Redaktøren af den lokale avis modtager en dag et brev fra en læser med en samling spørgsmål:

Kære redaktør Andersen!

Min elregning for det sidste år er ret stor. Jeg tror, det skyldes, at vi har fået en fryser. Derfor vil jeg gerne vide, om en fuld fryser bruger mere strøm end en tom fryser. Er det en fordel at stille fryseren i et koldt rum? Er en kummefryser bedre end en skabsfryser? Hvordan holder en fryser i det hele taget madvarerne frosne hele tiden?

Med venlig hilsen

K.Jensen

Skriv et sammenhængende svar, der kan bringes i næste nummer af avisen.

V 13. Havevanding

Et gammelt råd siger, at man skal lade være med at vande sin græsplæne, mens solen skinner.

En havevander fordeler vandet jævnt over 100 m^2 græsplæne. Havevanderens udsender 12 L/min .

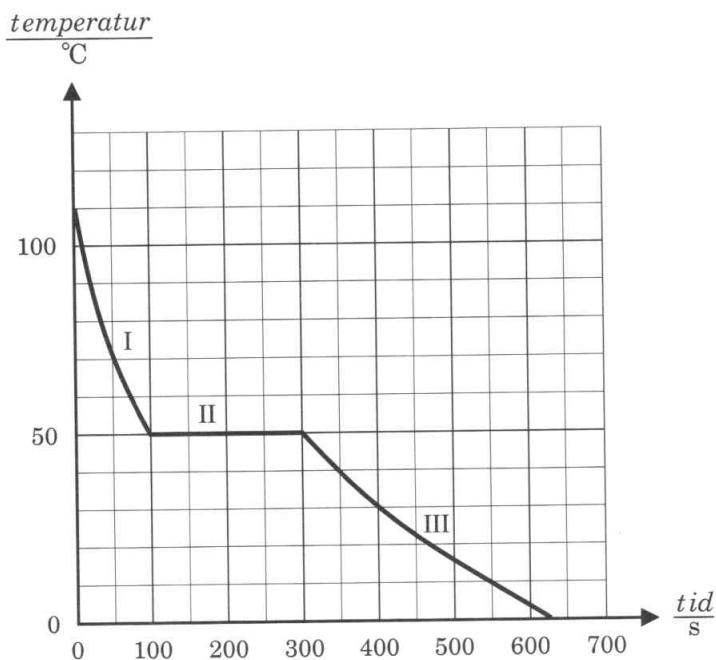
- a) Hvor lang tid varer det, før der er faldet $3,0 \text{ mm}$ vand på græsset?

En dag, hvor solen skinner, modtager græsplænen energi fra solstrålingen med intensiteten 910 W/m^2 . 78% af energien bruges til fordampning af vand fra græsplænen.

- b) Vurder fordampningens betydning for den mængde vand, græsplænen modtager.
- c) Hvad mener du om det gamle råd?

V 14. Afkøling af naphtalen

Et bægerglas med 105 g varm naphtalen stilles til afkøling. Grafen viser, hvordan temperaturen af naphtalen afhænger af tiden.



- Hvad er smeltepunktet for naphtalen?
- Hvorfor krummer kurven i tidsrummene I og III?
- Bestem den effekt, hvormed bægerglasset med naphtalen afgiver energi til omgivelserne under størkningen.

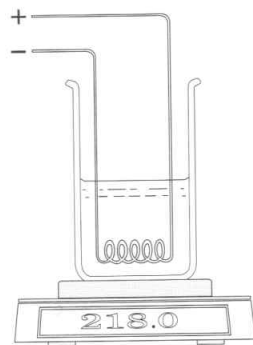
Naphtalens specifikke smeltevarme er 150 J/g.

V 15. Sprits fordampningsvarme

I et bægerglas med sprit er der anbragt et varmelegeme, der omsætter energi med effekten 78 W. Der er 218,0 g sprit i glasset. Sprits specifikke varmekapacitet er 2,45 J/(g·K).

Der ses bort fra bægerglassets varmekapacitet og varmetab til omgivelserne.

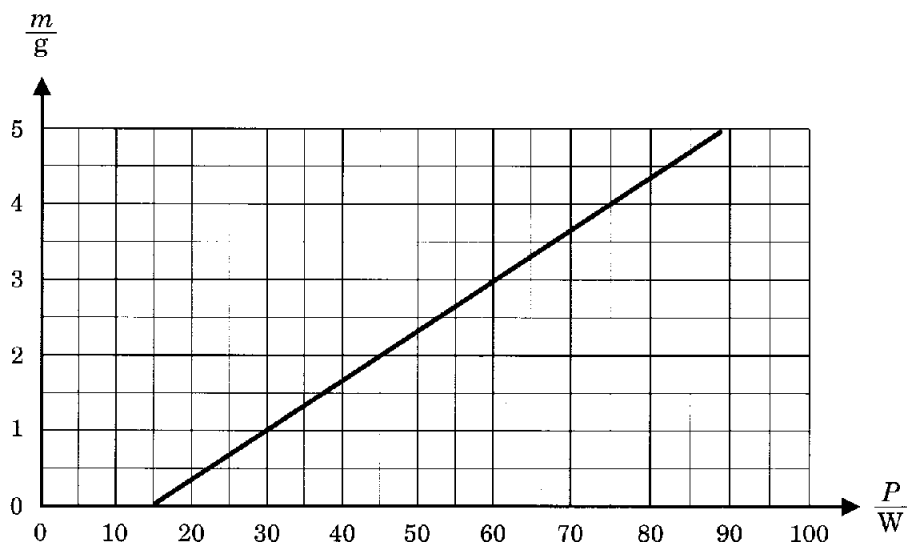
- Hvor lang tid varer det at hæve sprittens temperatur fra 20 °C til 58 °C?



Varmelegemet tilsluttes, og efter nogen tid koger spritten. Under kogningen fordamper der 4,2 g sprit pr. minut.

- b) Hvad er den specifikke fordampningsvarme ved kogepunktet ?

Antagelsen om, at man kan se bort fra varmetab til omgivelserne er ikke realistisk. Ved at måle, hvor meget sprit der fordamper pr. minut ved forskellige effekter, kan man tage hensyn til dette varmetab.



Grafen viser sammenhængen mellem den tilførte effekt og den mængde sprit, der fordamper i løbet af et minut under kogningen.

- c) Forklar grafens udseende, og benyt den til at bestemme en bedre værdi for sprits specifikke fordampningsvarme.

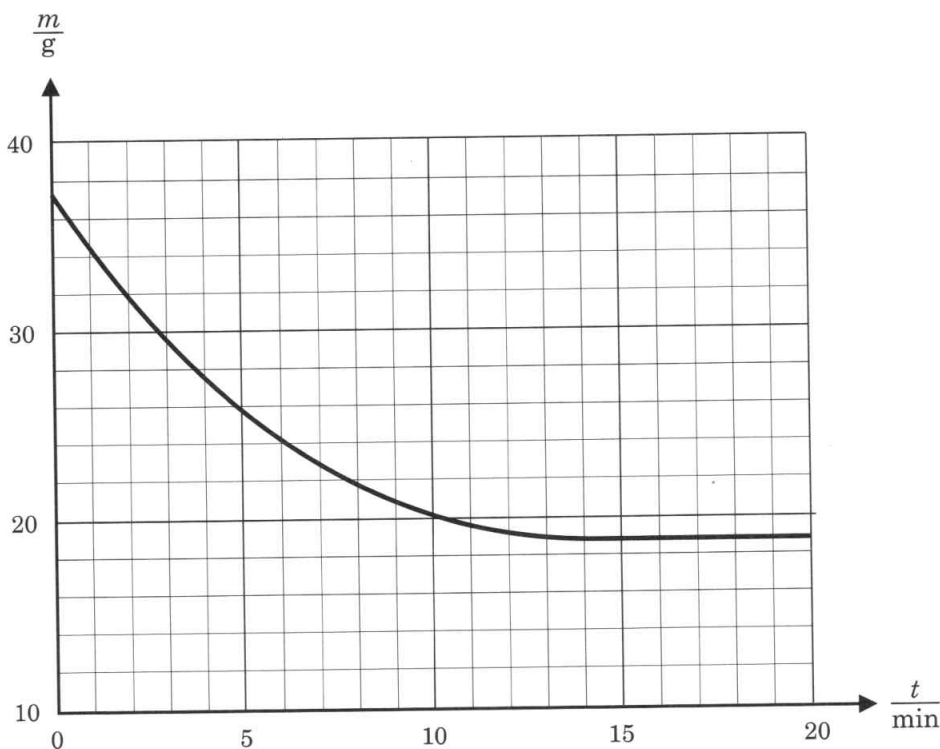
V 16. Varm luft

En hårtørrer består af en ventilator og et varmelegeme. Hårtørderen bruger 30 W, når den blæser med kold luft, og 450 W, når den blæser med varm luft.

Hårtørderen suger 4,2 L luft ind pr. sekund. Før opvarmningen er luftens temperatur 20 °C, densiteten er 1,2 g/L, og den specifikke varmekapacitet er 1,0 J/(g · K).

- a) Hvilken temperatur har luften, når den er blevet opvarmet af varmelegemet ?

Hårtørrerens evne til at tørre afprøves i et eksperiment, hvor den varme luft sendes mod en våd klud. Grafen viser, hvordan massen af den våde klud aftager som funktion af tiden.



- b) Hvor lang tid tager det at fordampe 80 % af vandet? Hvor stor en brøkdel af hårtørrerens energiomsætning er brugt til dette?

V 17. Optøning af frosset vandrør

Et frosset vandrør indeholder 12,3 L is. Selve vandrøret har varmekapaciteten 7,1 kJ/K.

- a) Hvad er den samlede varmekapacitet af vandrør og is?

Det frosne vandrør optøs ved at sende en elektrisk strøm gennem røret. Strømmen afsætter energi med effekten 2,5 kW. Til at begynde med har vandrøret og isen temperaturen $-4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- b) Hvor lang tid varer det, inden al isen er smeltet?

Tabelværdier for is

densitet	0,920 kg/L
specifik varmekapacitet	2,04 kJ/(kg·K)
specifik smeltevarme	334 kJ/kg

V 18. Firewalking

Bearbejd den engelske artikel til en dansk artikel i fx "Illustreret Videnskab". Artiklen må højst fylde, hvad der svarer til to A4-sider inklusiv eventuelle illustrationer.

Firewalking: A Lesson in Physics

John R. Taylor

Department of Physics, University of Colorado, Boulder, CO 80309

The ability to walk barefoot across a bed of red-hot embers has long been considered a sign of supernatural powers. The last few years have seen a flurry of interest in this exploit, presumably because of its popularity in confidence-raising classes. As the climax of this type of class, the students walk on hot coals, and their success is touted as proof that they have learned some unusual power of mind over body.

That thousands of middle-class Americans can be taught to walk on coals suggests strongly that the exercise does *not* require any mystical or supernatural powers, and that there is instead some straightforward physical explanation. This suggestion is correct, and the physical explanation of firewalking has been well described in a recent article by Leikind and McCarthy.¹

The question that needs to be answered is, of course, this: How can one's bare feet spend one or two seconds in contact with red-hot embers above 800K without sustaining any serious damage?

Temperature vs. Heat

The explanation of firewalking involves several physical principles, but above all, it is a beautiful illustration of the difference between temperature and heat. The *temperature* of the embers on which one walks can be extremely high—as already noted, the embers in one of my own footprints were about 920K (1200°F), and the *Guinness Book of World Records* claims that the record is nearly 1090K (1500°F). But the damage done to the feet is principally determined by the *heat* transferred from the embers to the feet; and, for reasons that I shall describe directly, this heat transfer is usually small enough to be perfectly tolerable.

Why is the Heat Transfer Small?

The heat transferred from the hot embers to the feet depends on several factors. The first of these is, of course, the temperature of the embers. In addition, however, there are at least three other considerations of comparable importance:

- the heat capacity of the embers
- the conductivity of the embers
- the time spent in contact with the embers.

The possibility of firewalking without injury reflects that all three of these factors are small.

To illustrate the importance of these factors, Leikind draws an instructive parallel with a loaf of bread heating in the oven.⁶ When you open the oven door, everything inside—the air, the bread, and the metal shelf—is at the same high temperature. Nevertheless, the effects of touching the air, the bread, or the shelf are dramatically different. You can hold your hand in the hot air for several seconds with no difficulty at all. You can touch the bread briefly without damage, but more than a second or two will cause serious discomfort. And even a momentary brush against the metal shelf will burn you.

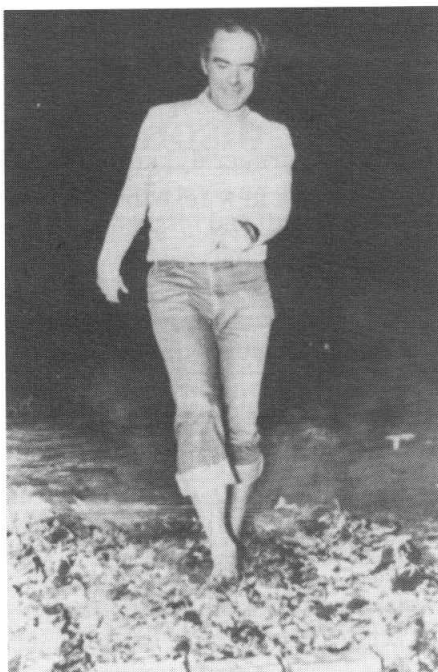


Fig. 1. John Taylor walks across a bed of red-hot embers—1200°F to be exact!

The principal differences between the air, the bread, and the metal shelf are their heat capacity and their conductivity. The heat capacity of air is very low; thus the air has little heat to give to your hand. Furthermore, the conductivity of air is low; thus the air adjacent to your hand can warm you, but the heat from further away is transferred only very slowly. At the other extreme, metal has high heat capacity and high conductivity. Thus, the metal shelf has plenty of heat to give your hand, and even the heat from further away can be transferred very rapidly. Bread is intermediate between air and metal in both respects. Thus, you can safely remain in contact with the bread for much longer than the metal, but certainly not as long as you can with the air.

In this comparison, the hot bread in the oven is closely analogous to the hot embers underfoot. The heat capacity and conductivity of the embers are sufficiently low that one can safely touch them for a second or two without damage. But if you remain in contact for much longer, then serious burns will result. In fact, Leikind cites cases where even supposed experts have spent too long on a bed of coals (perhaps seven seconds total) and have been seriously burned.^{7,8}

Other Factors

There are several other factors that certainly have some bearing on firewalking: (1) the cooling of the surface embers; (2) moisture on the feet; (3) thick skin on the feet; (4) tolerance for pain; (5) other uncontrolled factors. Let me discuss each of these in turn.

(2) Moisture on the feet: It is obvious that water on one's feet would absorb some of the heat that would otherwise go into the feet. Jearl Walker has argued that the resulting water vapor provides an insulating layer between the coals and the feet, like that between the hot metal and a drop of water in the Leidenfrost effect.¹⁰ My own view is that this vapor barrier cannot be especially important. Burns are going to occur at those points where one's weight causes close contact between the embers and the foot, and at precisely these points the pressure will drive any vapor out. Leikind cites firewalkers who dry their feet before walking, because they believe that moisture will cause embers to stick to their soles.¹¹ As I have already noted, we found no perceptible difference between our walks with wet feet and those in which we dried our feet first. Thus, I believe that moisture, although probably helpful, is not essential.

Udklipet er stillet til rådighed af John R. Taylor og *The Physics Teacher*.

V 19. Dykkerflaske

En dykker bruger dykkerflasker til sin luftforsyning under vandet. Hver dykkerflaske er en stålbeholder, som rummer 7,2 L. Før brug pumpes atmosfærisk luft ind i flasken, så trykket i flasken er 20,2 MPa ved 20 °C.

Lufts molar masse er 29,0 g/mol.

- a) Hvad er massen af luften i en dykkerflaske, når den er fyldt med luft og klar til brug?

Under dykningen forbruger dykkeren på et minut 35 L luft ved trykket 0,10 MPa og temperaturen 20 °C.

- b) Hvor længe kan dykkeren opholde sig under vand, når han er forsynet med to dykkerflasker?

Massen af en tom dykkerflaske er 7,5 kg, og ståls densitet er 7,9 kg/L. En dykker befinder sig helt nede i vandet.

- c) Bestem størrelse og retning af den kraft, hvormed en dykkerflaske påvirker dykkeren, når flasken er tom.
Bestem størrelse og retning af den kraft, hvormed en dykkerflaske påvirker dykkeren, når flasken er fuld.

V 20. Naturgaslager

Naturgasnettet er med til at gøre Danmark uafhængig af energi fra andre lande. Med til nettet hører to store underjordiske lagre i henholdsvis Himmerland og Vestsjælland, som kan anvendes, hvis produktionen fra Nordsøen af en eller anden grund skulle sætte ud.

I vinterhalvåret bliver der brugt over dobbelt så meget naturgas som i sommerhalvåret, så der kan også være behov for at supplere naturgasproduktionen med gas fra lagrene.

Et underjordisk naturgaslager med rumfanget $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ indeholder gas ved temperaturen 8°C og trykket $11,0 \text{ MPa}$.

- a) Beregn gassens masse.

Lageret fyldes ved at pumpe gas fra naturgasnettet ind i lageret. Pumpen overfører $2,4 \text{ m}^3$ gas pr. sekund fra naturgasnettet, hvor temperaturen er 8°C og trykket $8,1 \text{ MPa}$. Når lageret er fyldt op, er gastrykket 20 MPa og temperaturen 50°C .

- b) Hvor lang tid varer det at fylde gaslageret?

Danmarks årlige energiforbrug til opvarmning er 230 PJ .

- c) Hvilken brøkdel (i pct.) af Danmarks årlige energiforbrug til opvarmning udgør energiindholdet af gassen i lageret?

Tabelværdier for naturgas

molar masse	$17,1 \text{ g/mol}$
brændværdi	49 MJ/kg

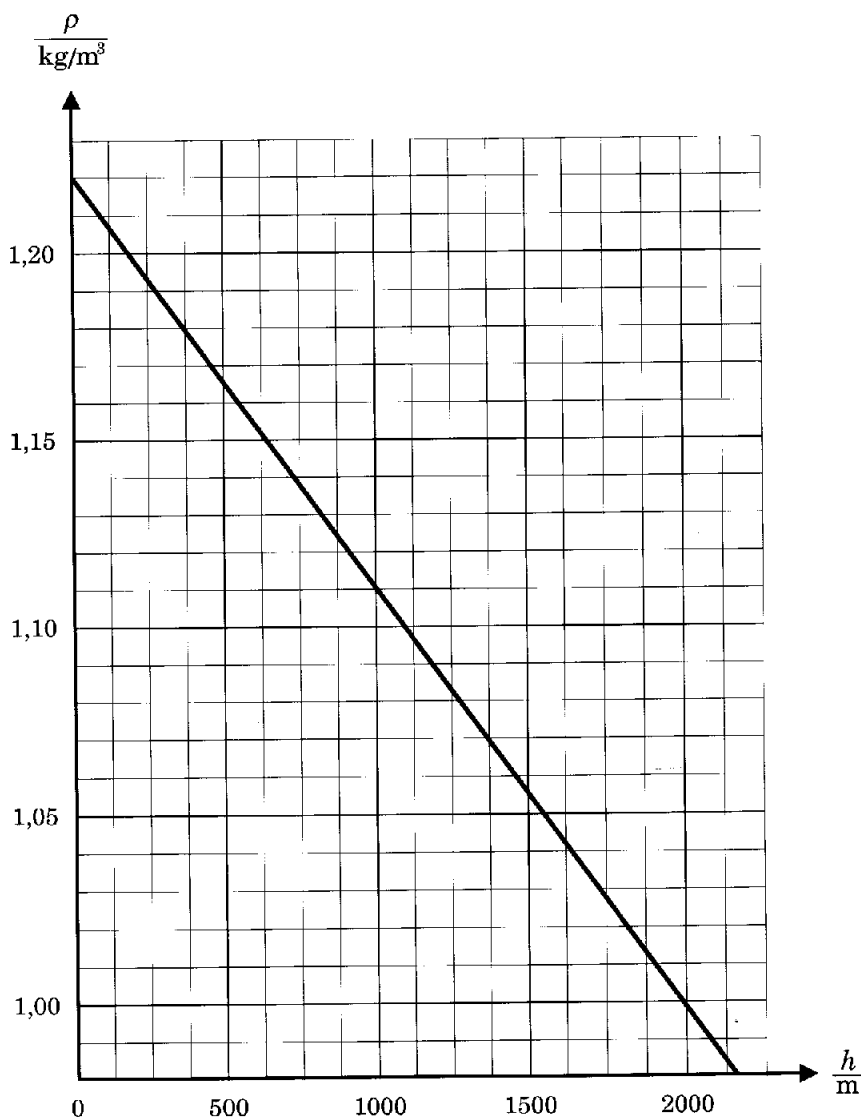
V 21. Luftskib



Et luftskib med rumfanget 1330 m^3 er fyldt med helium. Trykket både indenfor og udenfor er $101,3 \text{ kPa}$, og temperaturen er 19°C .

Heliums molar masse er $4,0 \text{ g/mol}$, mens den for luft er $29,0 \text{ g/mol}$.

- Hvad er massen af helium i luftskibet?
- Hvor stor er opdriften på luftskibet?

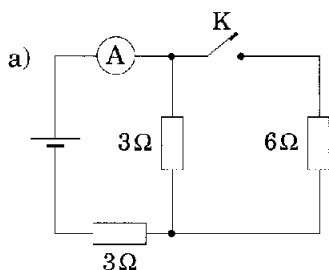


Grafen viser, hvordan densiteten af den atmosfæriske luft afhænger af højden over overfladen.

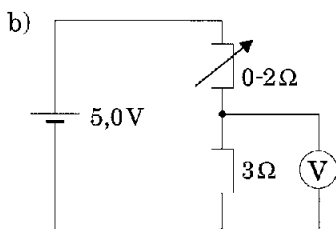
Luftskibet stiger nu op til en vis højde, hvor det holder sig svævende. Luftskibets masse uden helium er 1320 kg .

- Find svævehøjden.

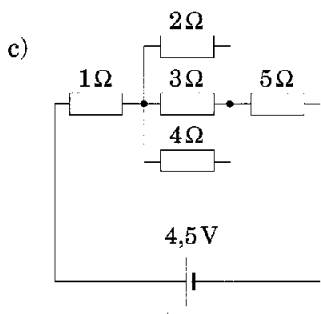
E 1. Elektriske kredsløb



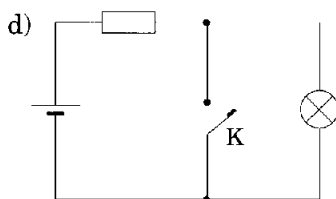
Amperemetret viser 2,0 A. Hvad viser det, når kontakten er sluttet?



Hvad er den mindste værdi, voltmeteret viser, når den variable resistor varieres mellem 0 Ω og 2 Ω?



Gennem hvilken af de viste resistorer er strømstyrken mindst?



Hvad sker der med pæren, hvis kontakten K sluttet?

E 2. El i hjemmet

Man kan lave et skøn over det årlige elforbrug og dets fordeling ved at lave en liste over elektriske apparater og skønne over, hvor lang tid hvert af apparaterne er i gang i løbet af et døgn.

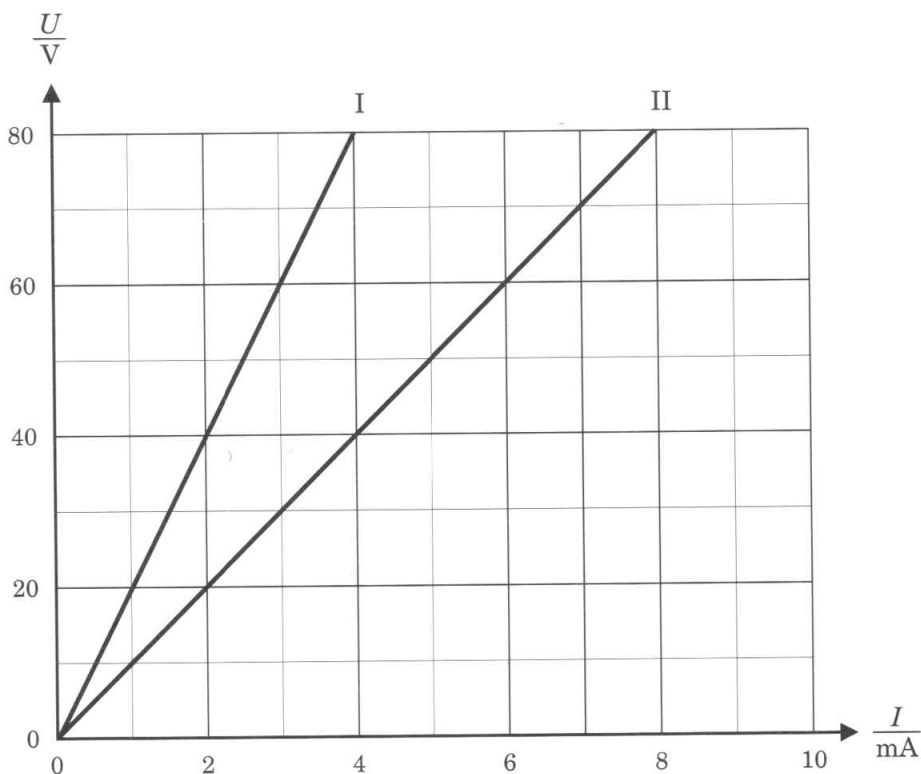
- Lav et skøn over det årlige elforbrug i din egen bolig.
- Besvar følgende brevkassespørgsmål:

Min elregning er alt for stor. Sidste år betalte jeg 4389 kr, hvoraf de 475,80 kr er fast afgift. Desuden har jeg brugt 4119 kWh à 95 øre. Er det meget? Kan man gøre noget for at bruge færre? Hvor meget hjælper det at huske at slukke lyset?

Med venlig hilsen
H. Jensen

PS. Hvad er en kWh?

E 3. Kobling af resistorer

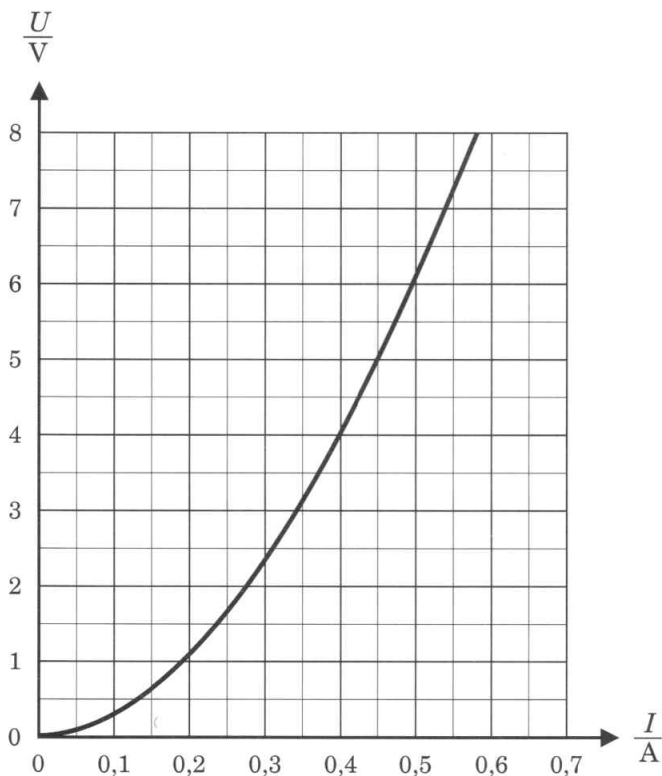


Grafen viser karakteristikkene for to resistorer.

- Bestem resistansen af hver af resistorerne.
- Tegn karakteristikken for seriekoblingen af de to resistorer.
Hvad er strømstyrken gennem koblingen, når spændingsfaldet over den er 120 V?
- Tegn karakteristikken for parallelkoblingen af de to resistorer.
Hvad er strømstyrken gennem parallelkoblingen, når spændingsfaldet over den er 40 V?

E 4. Karakteristik

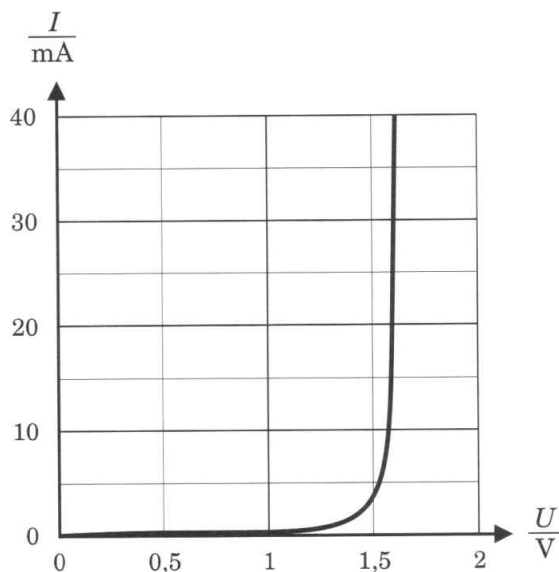
Grafen viser (I, U) -karakteristikken for en elektrisk pære. Pæren sættes i serie med en resistor med resistans $4,70 \Omega$.



- Tegn resistorens (I, U) -karakteristik.
- Tegn karakteristikken for seriekoblingen.
Hvad er strømstyrken gennem seriekoblingen, når spændingsfaldet over koblingen er 6,0 V?

E 5. Lysdiode

Grafen viser karakteristikken for en lysdiode. Lysdioden brænder over, hvis der sendes mere end 40 mA gennem den.



Vurder, hvilken resistans man skal anbringe i serie med lysdioden for at sikre, at lysdioden ikke brænder over, når spændingsfaldet over koblingen er 5,00 V.

E 6. Varmelegeme

Et varmelegemes resistans R kan varieres mellem $50\ \Omega$ og $500\ \Omega$. Varmelegemet er tilsluttet 230 V.

Tegn en graf, der viser, hvordan varmelegemets effekt afhænger af resistansen R .

E 7. Sikring

I el-installationer anvendes for det meste 10A sikringer i de almindelige kredse, mens fx elektriske komfurer normalt er sikrede med 16A sikringer. Forsøger man at skrue en 16A sikring ind i holderen til en 10A sikring, opdager man, at det ikke kan lade sig gøre.

Forklar, hvorfor det ville være farligt, hvis man kunne erstatte en 10A sikring med en 16A sikring.

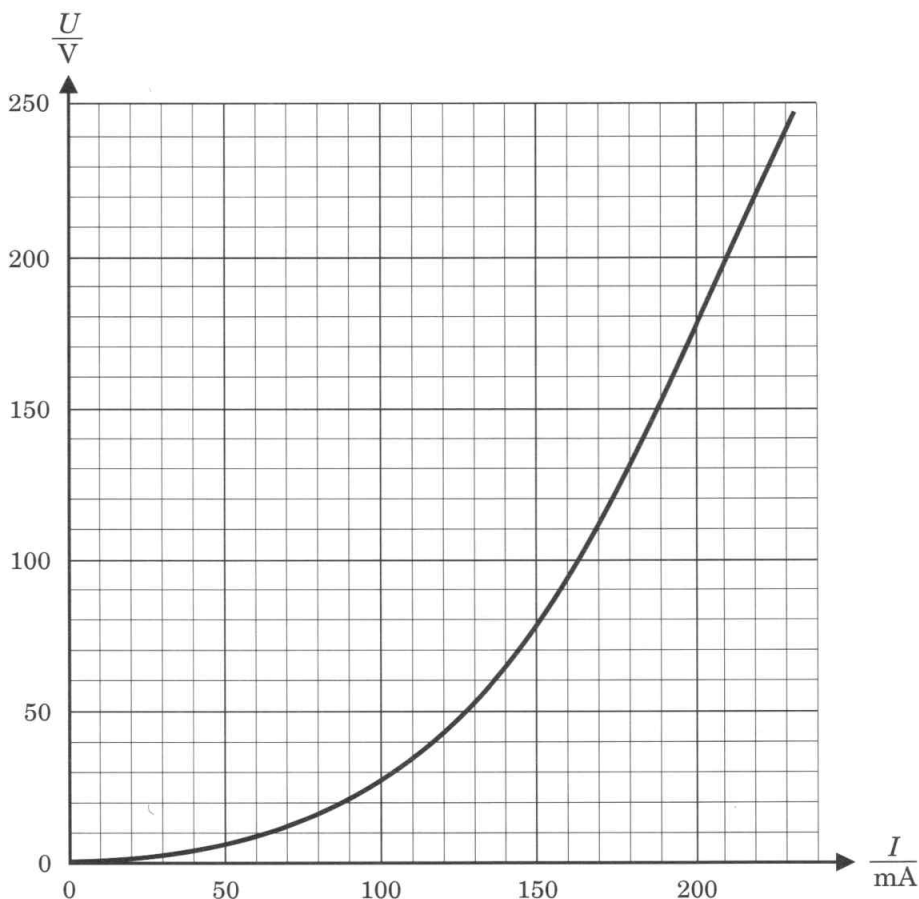
E 8. Kogeplade

En kogeplade indeholder to modstandstråde med resistanserne $54\ \Omega$ og $81\ \Omega$. En omskifter kan lægge netspændingen på $230\ \text{V}$ over hver af de to tråde for sig, over de to tråde koblet i serie eller over de to tråde koblet parallelt.

Find den effekt, hvormed kogepladen omsætter energi i hver af de fire situationer.

E 9. Glødelampe

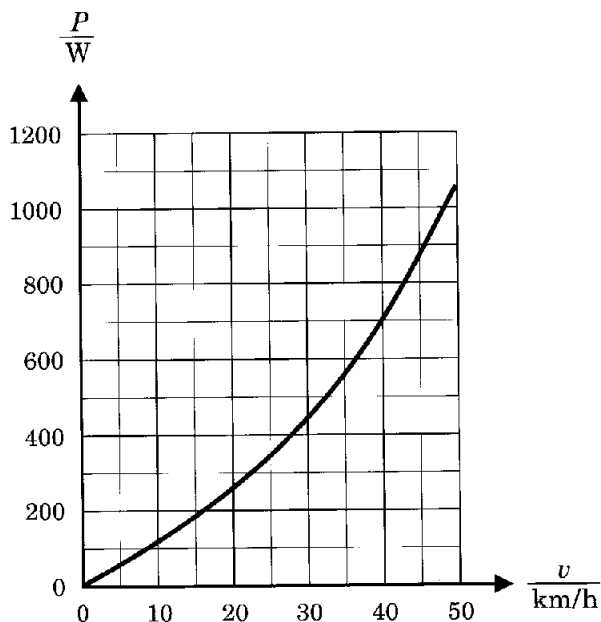
Grafen viser, hvordan spændingsfaldet U over en glødelampe afhænger af strømstyrken I gennem den.



- Tegn en (U, P) -graf, der viser, hvordan pærens effekt P afhænger af spændingsfaldet U over den.
- Hvor mange procent stiger effekten, hvis spændingsfaldet over pæren øges fra $220\ \text{V}$ til $230\ \text{V}$?

E 10. Elbil

En elbil kører på vandret vej. Spændingsfaldet over dens motor er 36 V. Grafen viser sammenhængen mellem motorens elektriske effekt P og bilens fart v .



- a) Bestem strømstyrken gennem motoren, når bilen kører med 40 km/h.

Når bilens batteri er fuldt opladet, kan bilen køre med 40 km/h i 2 timer, før batteriets energiindhold er omsat.

- b) Hvor meget energi kan bilens batteri afgive?
c) Hvor langt kan bilen køre med 50 km/h på en fuld opladning?

E 11. Forlængerledning

En forlængerledning anvendes til at slutte en elektrisk varmeovn til lysnettet. Spændingsfaldet over varmeovnen er 230 V, og effekten er da 2,00 kW.

- a) Bestem strømstyrken gennem varmelegemet.

Forlængerledningen er 10,00 meter lang og har to kobberledere, hver med tværsnitsarealet 2,50 mm².

- b) Hvad er resistansen af hver af kobberlederne?

På grund af kobberets resistans omsættes der også energi i selve ledningen. Hvis forlængerledningen er rullet sammen, kan varmen næsten ikke komme væk fra ledningen, og dens temperatur stiger.

I en simpel model går al den omsatte energi til at opvarme kobberet.

- c) Beregn temperaturstigningen i kobberet, hvis varmeovnen er tændt i 30 minutter.

E 12. Elforsyning

En ø forsynes med jævnstrøm fra fastlandet gennem et 43 km langt kobberkabel. Kablets to ledere har hver tværsnitsarealet 240 mm^2 .

- a) Beregn resistansen af hver af lederne.

Spændingsfaldet mellem de to ledere er på fastlandet 150 kV. Kablet kan maksimalt tilføres effekten 74 MW.

- b) Hvad er den maksimale strømstyrke i lederne?
- c) Hvad er spændingsfaldet mellem lederne på øen, når strømstyrken er maksimal?
- d) Hvilken brøkdel (i pct.) af den tilførte effekt afsættes i de to ledere?

E 13. Strækmåler

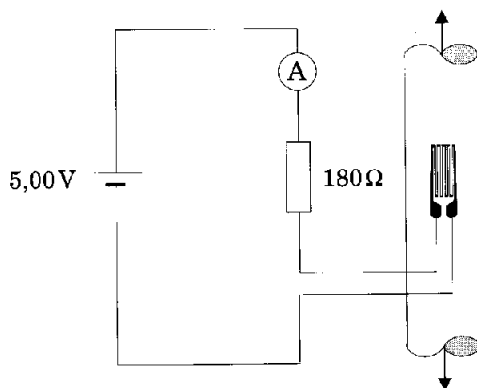
En strækmåler (strain-gauge) er en leder, hvis resistans ændres, når man deformerer den, eksempelvis ved at trække i den og derved forlænge den. Strækmålere anvendes i mange apparater fx digitalvægte. Endvidere anvendes strækmålere ofte til at måle belastning af fx broer, flyvinger og vindmøller.

En strækmåler består af en 76,2 cm lang tråd med et tværsnitsareal på $2,49 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$. Tråden er lavet af et materiale, som har resistiviteten $4,90 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$.

- a) Vis, at trådens resistans er $150,0 \Omega$.

Hvis trådens længde forøges med 1,0%, bliver tværsnitsarealet samtidigt ca. 1,0% mindre.

- b) Hvor meget ændres trådens resistans, hvis dens længde forøges med 1,0%?

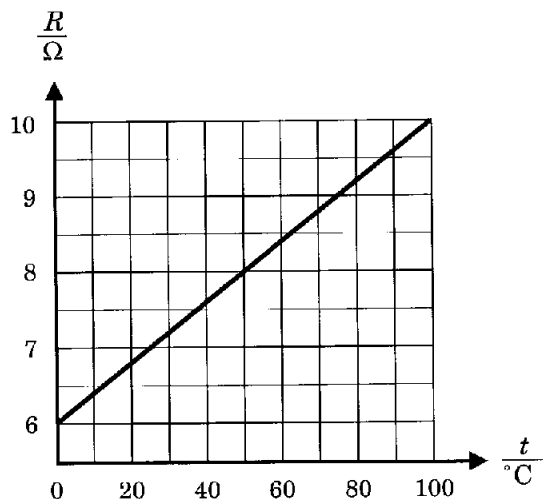


Figuren viser en opstilling, hvor strækmåleren er anbragt i serie med et amperemeter og en resistor. Strækmåleren er anbragt på en metalstang, der forlænges på grund af et træk i den.

Amperemetret viser 14,85 mA.

- c) Hvor mange procent er trådens (og metalstangens) længde forøget?

E 14. Varm tråd



Grafen viser sammenhængen mellem temperaturen t og resistansen R af en metaltråd.

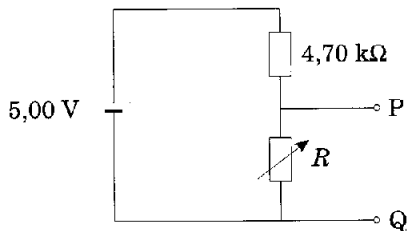
- a) Find ved hjælp af grafen trådens temperaturkoefficient for resistans.
Hvilket materiale kan den være lavet af?

Tråden placeres i en varm ovn, og resistansen måles da til 12,8 Ω.

- b) Hvad er ovnens temperatur?

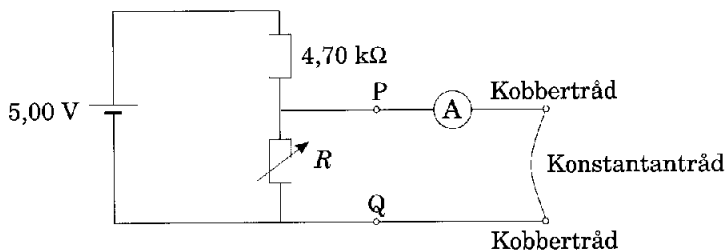
E 15. Termoelement

Figur 1 viser et elektrisk kredsløb med to resistorer. Resistansen R af den variable resistor er $3,25 \Omega$.



Figur 1

- a) Hvad er strømstyrken gennem resistorerne?
Hvad er spændingsfaldet over den variable resistor?



Figur 2

Ved punkterne P og Q tilsluttes nu som vist på figur 2 et amperemeter og et såkaldt termoelement. Termoelementet er en spændingskilde, hvis hviles-pænding (elektromotoriske kraft) U_0 er proportional med temperaturforskellen ΔT mellem de to ender af konstantantråden:

$$U_0 = 43 \frac{\mu\text{V}}{\text{K}} \cdot \Delta T$$

Når den variable resistor har resistansen $2,00 \Omega$, viser amperemeteret 0 A .

- b) Hvad er da temperaturforskellen mellem de to ender af konstantantråden?

E 16. Varmelegeme til bilbagrude

Et elektrisk varmelegeme til bagruden af en bil består af 10 ens metaltråde, der er forbundet parallelt. Hver tråd har længden 1,10 m og tværsnitsarealet $0,040 \text{ mm}^2$. Trådene er lavet af et materiale med resistiviteten $4,10 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$.

- a) Bestem resistansen af hver af trådene og varmelegemets samlede resistans.

Varmelegemet slutes til bilens batteri, som har hvilespændingen 12,0 V og den indre resistans $0,20 \Omega$.

- b) Bestem strømstyrken i kredsløbet og polspændingen over batteriet.
- c) Hvilken brøkdel (i pct.) af den elektriske effekt omsættes i batteriet?

Et batteris evne til at levere strøm angives ved dets ladning, ofte angivet i enheden amperetimer ($\text{A} \cdot \text{h}$).

- d) Hvor lang tid kan batteriet holde varmelegemet tændt, når batteriet indeholder $40 \text{ A} \cdot \text{h}$?

E 17. Højspænding

Hvorfor kan en fugl sidde på en højspændingsledning uden at få stød?

E 18. Havregryns pakker

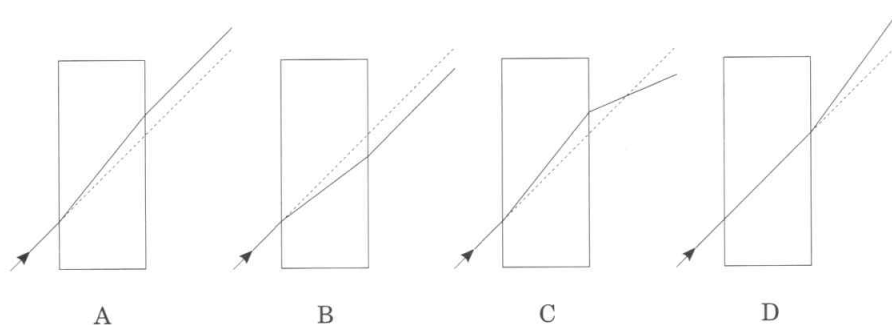
Et havregrynsfirma vil gerne have trykt forklaringer på nogle naturvidenskabelige emner på bagsiden af sine pakninger. Forklaringerne skal kunne forstås af børn, lige fra de begynder at kunne læse.

Lav en forklaring på, hvad der sker i et elektrisk kredsløb med forskellige komponenter, når der går en strøm i det. Bagsiden af pakken har samme størrelse som et A4-ark.

Bølger

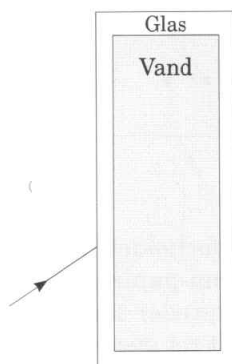
B 1. Brydning

En lysstråle rammer en glasklods, som befinder sig i luft.



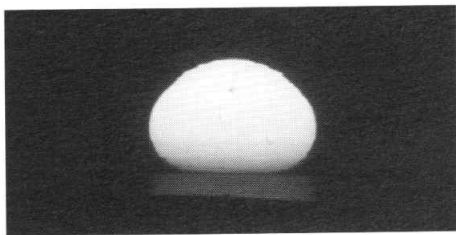
- a) Forklar, hvilken af ovenstående figurer der bedst viser stråle-
gangen.

Glasklodsens erstattes af en glasbeholder med vand, som vist på figuren.



- b) Forklar, hvordan stråle-
gangen nu bliver, og vis den på en skitse.

B 2. Solnedgang



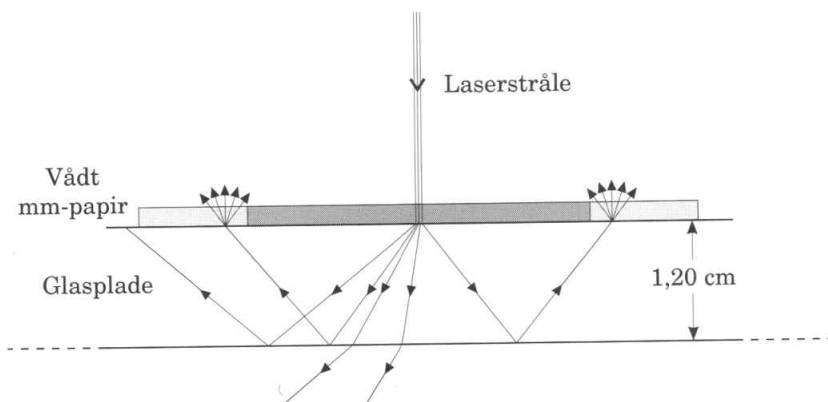
Atmosfærens tæthed aftager med højden over jordoverfladen, hvorfor luftens brydningsforhold varierer fra 1,000292 ved jordoverfladen til 1 i det næsten tomme verdensrum. Lyset fra stjerner mv. ændrer derfor en lille smule retning, når det bevæger sig fra verdensrummet ned gennem

atmosfæren til jordoverfladen. Den tilsyneladende ændring af retningen til himmellegemerne er størst, når de står tæt på horisonten.

Når man står på jordoverfladen, kan man se halvdelen af himmelkuglen over sig. Resten er skjult af Jorden. Vores højde er så lille i forhold til Jordens radius, at retningen til horisonten, dvs. skillelinjen mellem den synlige og den ikke-synlige del af himmelkuglen, kan betragtes som tangent til jordoverfladen. (Billedet er stillet til rådighed af Pekka Parviainen, Turku, Finland, og har været bragt i *Sky and Telescope*, aug 94.)

- Forklar, hvorfor Solen egentlig er under horisonten, når man ser den gå ned.
- Forklar, hvorfor Solen ser fladtrykt ud, når man ser den lige over horisonten.

B 3. Totalrefleksion



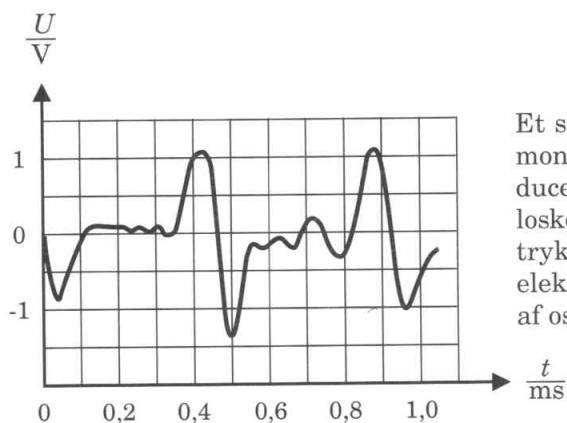
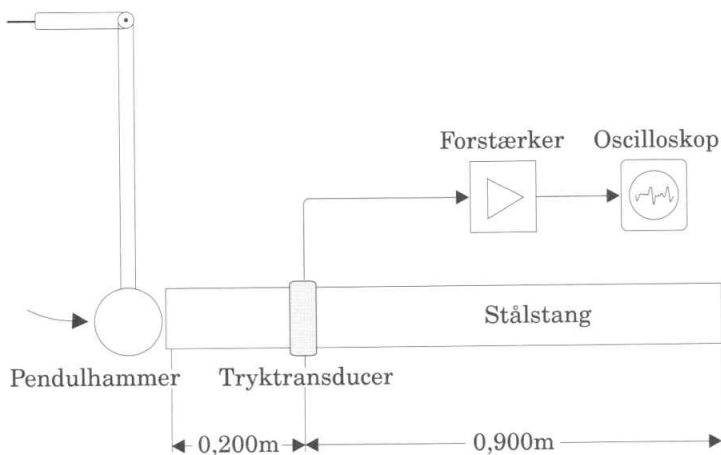
Man kan bestemme brydningsforholdet for glasset i en glasplade på følgende måde: Et stykke vådt mm-papir placeres på glaspladen. Papiret belyses med en laser. Papiret spreder som antydnet på figuren lyset i alle retninger. Lys, der ikke er spredt ret meget, fortsætter gennem glasklodsen og ud på den anden side. Lys, som spredes mere, undergår totalrefleksion fra bagsiden af glaspladen. På papiret fremkommer derfor en mørk ring med lys uden om.

En bestemt glasplade har brydningsforholdet 1,52.

- Beregn indfaldsvinklen for totalrefleksion ved overgangen fra glas til luft.
- Beregn den mørke rings radius.
- Hvorfor skal mm-papiret være vådt?

B 4. Lydens fart i stål

Når man slår på den ene ende af en stålstang udbreder der sig en trykbølge ned gennem stangen. Trykbølgen reflekteres fra stangens anden ende og fortsætter med at bevæge sig frem og tilbage, indtil den til sidst dør ud.

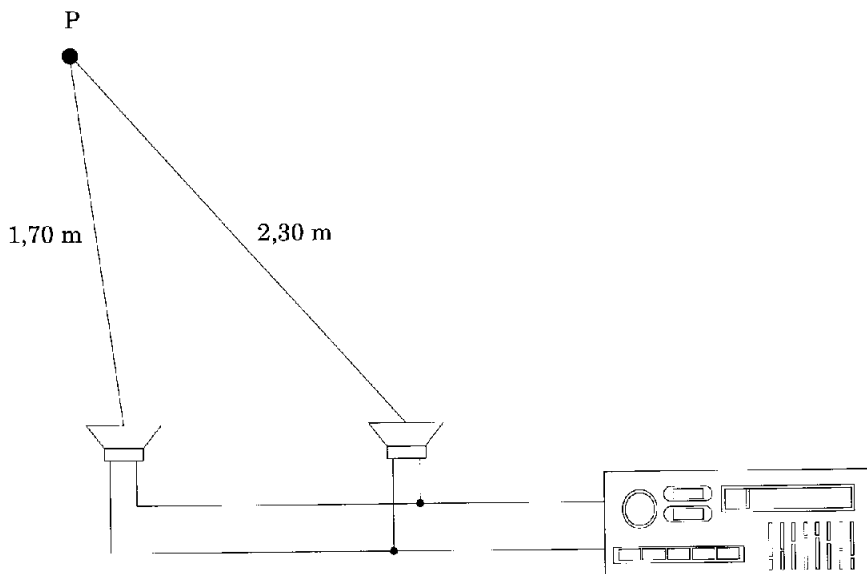


Et stykke inde på en stålstang monteres en såkaldt tryktransducer, som forbindes til et oscilloskop. Når trykbølgen passerer tryktransduceren udsendes et elektrisk signal, som registreres af oscilloskopet.

- Beregn en værdi for lydens fart i stål.
- Forklar oscilloskopbilledets udseende.

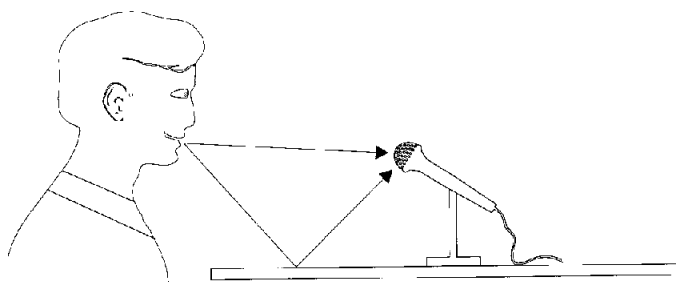
B 5. To højttalere

De to højttalere udsender lydbølger med samme fase og frekvens. I punktet P er der destruktiv interferens.



Beregn den mindste frekvens der kan være tale om.

B 6. Filtervirkning



Hvis en mikrofon anbringes i nærheden af en kraftigt reflekterende overflade, fx et gulv, en rude eller et bord, kan det ske, at mikrofonen ikke bare modtager ét, men to signaler fra en bestemt lydkilde. Først modtager mikrofonen den direkte lyd, og lidt senere kommer den lyd, som er reflekteret fra overfladen og derfor har gennemløbet en længere vejstrækning.

Det reflekterede signal gennemløber en vejlængde, der er 10 cm længere end det direkte signal.

- a) Hvor meget forsinkes det reflekterede signal?

Afhængig af bølgelængden kan der opstå konstruktiv eller destruktiv interferens mellem det direkte og det reflekterede lydsignal.

- b) Bestem den laveste frekvens, der giver destruktiv interferens i den viste opstilling.

B 7. Xylofonen

En xylofon er et musikinstrument, der består af en række træstave. Når man slår på en af stavene, udsendes der en tone.

I en simpel model er stavene udformet som rektangulære stave med højden h og længden L . Når træstaven anslås, fremkommer der en tone med frekvensen f , hvor

$$f = 1,028 \cdot \frac{h}{L^2} \cdot v$$

og v er lydens fart i træet.

Når man anslår en træstav med længden 30,2 cm og højden 7,1 mm fremkommer en frekvens på 349 Hz.

- a) Bestem lydens fart i træstaven.
- b) Bestem bølgelængden i luft og i træstaven.
- c) Hvor lang skal en træstav med samme højde være, hvis den skal udsende lyd med frekvensen 2637 Hz?

B 8. Xylofonforstærker

En xylofon er et musikinstrument, hvor lyden frembringes, når man slår på nogle træstave jf. foregående opgave. Under stavene er der anbragt halvåbne resonansrør, som forstærker lydsignalet. I en simpel model for resonansrøret har den stående lydbølge knude i den lukkede ende og bug i den åbne ende.

- a) Bestem den mindste længde et rør kan have, for at xylofonens dybeste frekvens på 349 Hz bliver forstærket.
- b) Tegn en figur, der viser knuder og buge for henholdsvis 1. og 2. overtone, og bestem frekvenserne for disse overtoner.

I praksis ligger bugene en lille smule uden for rørmundingen. Rørets effektive længde kan beskrives ved

$$L_{\text{eff}} = L + k$$

hvor k er en konstant.

I tabellen nedenfor angives målte rørlængder og frekvenser for xylofonen.

f/Hz	349	392	440	494	523	587	659	698
L/m	0,232	0,205	0,182	0,168	0,150	0,132	0,116	0,109

c) Bestem fx ved en grafisk metode en værdi for lydens fart i luft.

B 9. Ekkolod til afstandsmåling

Flagermus orienterer sig, mens de flyver, ved at udsende ultralydssignaler, dvs. lyd med frekvens over menneskets høregrense på ca. 20 kHz. De kan med deres signaler identificere såvel mure og andre faste genstande som flyvende insekter. Ultralydssignalerne fungerer som ekkolod, hvor flagermusene udsender en kortvarig lydimpuls og analyserer det reflekterede signal.



Med to ultralydstransducere kan man opbygge et system, der viser ekkolod-princippet. Den ene transducer virker som sender, den anden som modtager. Fra senderen udsendes et kortvarigt signal, som reflekteres fra en genstand og modtages af modtageren. Ved at måle den tid, der går fra afsendelsen til modtagelsen, kan afstanden til den reflekterende genstand beregnes.

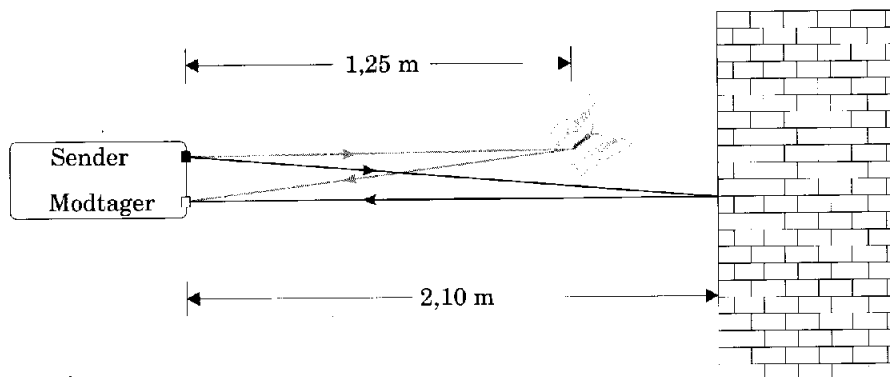
Ved at anbringe den reflekterende genstand i kendte afstande L og måle de tilsvarende tidsrum, før ekkoet registreres, har man målt følgende værdier:

t/ms	1,1	1,4	2,8	5,2	5,8
L/m	0,12	0,19	0,44	0,89	0,99

- a) Tegn en graf, der viser L som funktion af t .
Bestem ud fra grafen en værdi for lydens fart i luft.

Der kan være flere reflekterende genstande i forskellige afstande fra sender/modtager. Når der udsendes en kortvarig puls fra senderen, vil de reflekterede signaler derfor komme tilbage til modtageren på forskellige tidspunkter.

Skitsen viser en forsøgsopstilling med en sender/modtager og to forskellige reflekterende genstande. Til tiden $t = 0$ s udsendes et kortvarigt lydsignal fra senderen.



- b) Indtegn på en tidsakse de modtagne signaler. Hvordan vil det modtagne signal se ud, hvis afstanden til muren i stedet er 5,0 m?

Signalet fra senderen udsendes 20 gange i sekundet. For at kunne identificere signaler skal det reflekterede signal være modtaget, før det næste signal sendes afsted.

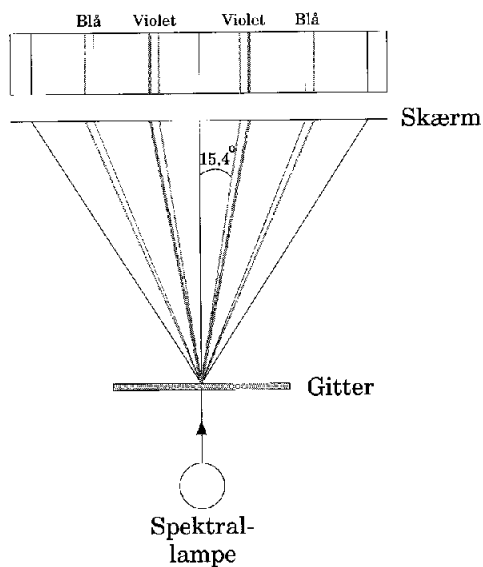
- c) Hvor langt fra sender/modtager kan man anbringe den fjerneste genstand?

De udsendte signaler har en varighed på 0,40 ms.

- ▽ d) Diskuter, om det kan forklare, hvorfor t og L ikke er proportionale i de tidligere givne data.
- ▽ e) Vurder, hvilket afstandsområde sender/modtager kan dække.

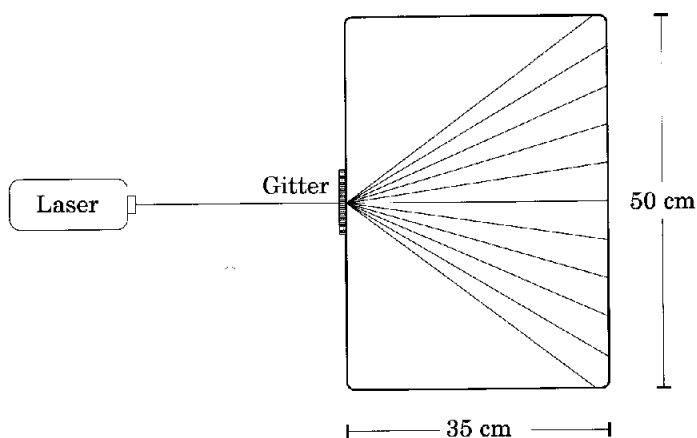
B 10. Gitter

Lys fra en spektrallampe med grundstoffet cadmium sendes vinkelret ind mod et gitter med 600 streger pr. mm.



Markér, gerne med farver, på en figur som ovenstående de vinkler, hvor man kan se lys fra de fem kraftigste spektrallinier i cadmium.

B 11. Gitter i vand



Laserlys med bølgelængden 632,8 nm sendes vinkelret ind mod et optisk gitter. Gitteret er placeret langs den ene langside af et tomt kar. På den anden langside ses en række pletter. Afstanden mellem de to 4. ordens pletter er 39,5 cm. Karret har dimensionerne 35,0 cm $\times$ 50,0 cm.

- a) Bestem gitterkonstanten.

Karret fyldes med vand, hvorved pletterne flytter sig på grund af vandets brydning. Afstanden mellem de to 2. ordens pletter måles til 13,2 cm.

- b) Bestem laserlysets bølgelængde i vand og vands brydningsforhold.
- c) Vurder, hvor mange pletter man nu vil kunne se ramme langsiden af karret.

B 12. Orgelpiber

Redaktøren af den lokale avis modtager en dag et læserbrev med følgende spørgsmål:

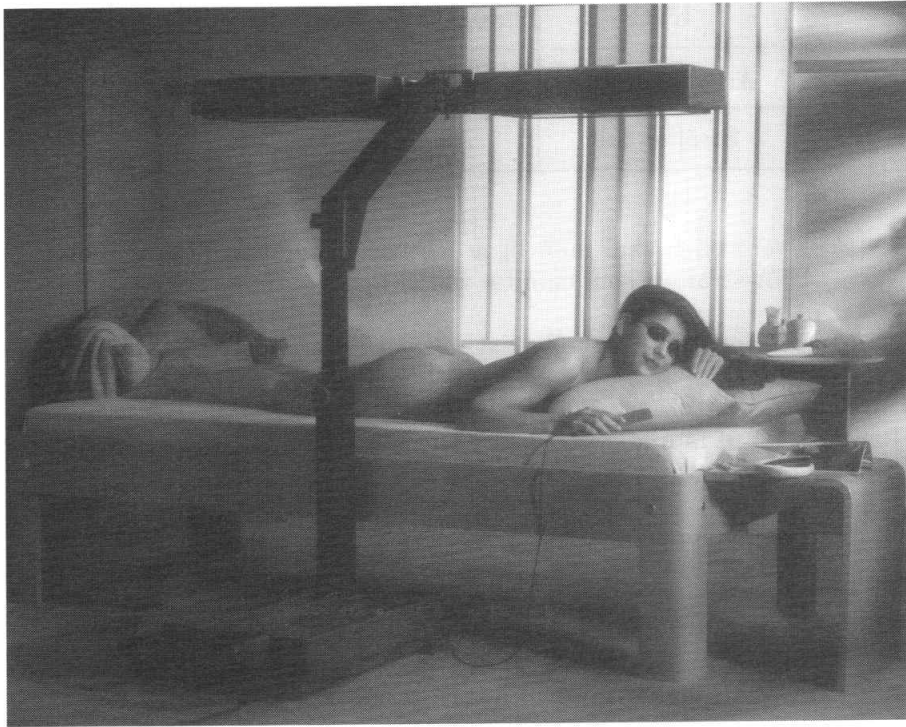
Hvorfor er orgelpiber så store?

Hvorfor har orgler så store piber, når fx fløjter er små? Har det noget med tonen at gøre, eller skyldes det lydstyrken?

Skriv et svar på læserbrevet, gerne med anvendelse af figurer, som kan bringes i næste nummer af avisen.

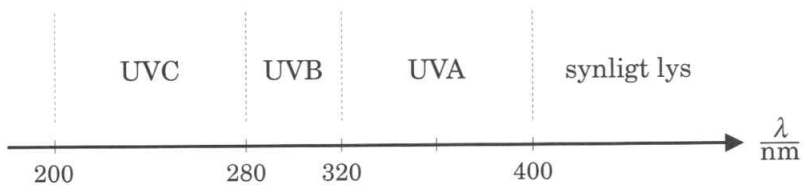
Atom- og kernefysik

A 1. Solarium



Illustrationen er stillet til rådighed af Philips A/S

Ultraviolet stråling (UV-stråling) inddeles, som vist på figuren nedenfor, i tre typer efter bølglængde. Både UVA- og UVB- stråling kan brune huden, men UVB-stråling kan desuden forårsage solskoldning.



I tabellen er solariestrålningens intensitet I , dvs. effekt pr. bestrålet areal, for de forskellige strålingstyper anført. Til sammenligning er de tilsvarende tal for solstrålingen på en klar sommerdag i Danmark anført.

Strålingstype	I_{solarium}	I_{sollys}
UVA	$120 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$	$25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
UVB	$0,032 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$	$0,0390 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
UVC	$0,000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$	$0,000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
Anden stråling	$645 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$	$875 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
Stråling ialt	$765 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$	$900 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

- Hvor længe skal man ligge i solariet for at få lige så meget UVA-stråling, som man får ved at ligge en time i solen?
- Begrund ud fra tabellen, at solariet bruner mere nænsomt end solen.

Risikoen for at få hudkræft er forøget, når huden bestråles med fotoner, hvis energi er større end $0,72 \text{ eV}$.

- Indeholder solariestrålingen fotoner med energien større end $0,72 \text{ eV}$?

A 2. Fotoelektrisk effekt

I en forsøgsserie belyses en metaloverflade med elektromagnetisk stråling med forskellige frekvenser. Herved løsriveres elektroner, og for hver frekvens f bestemmes den maksimale kinetiske energi E_{kin} af de løsrevne elektroner.

Måleresultaterne fremgår af tabellen.

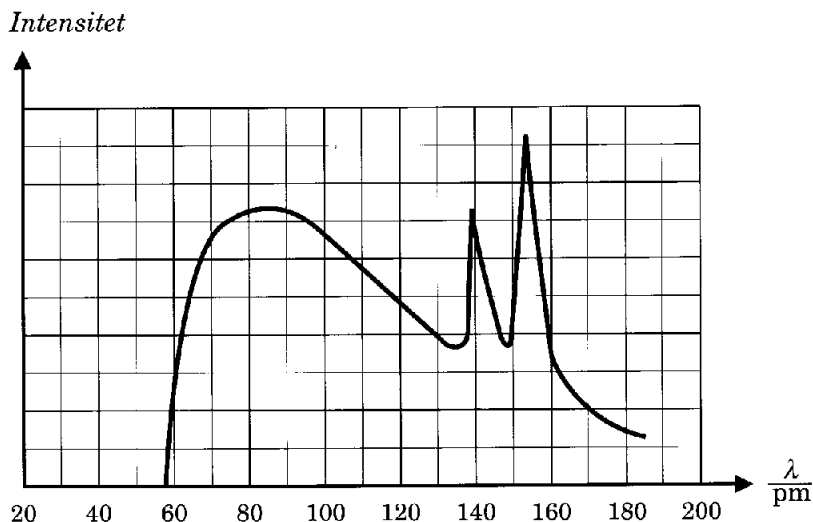
f/PHz	1,17	1,32	1,65	1,90	2,13
E_{kin}/eV	0,11	0,21	0,42	0,56	0,74

- Bestem en værdi for Planck konstanten ud fra forsøgsserien.
- Bestem løsrivelsesarbejdet for metallet, og identificer stoffet.

A 3. Røntgenstråling

Når energirige elektroner nedbremses i et røntgenrørs anode, udsendes der røntgenstråling. Grafen viser intensiteten af denne røntgenstråling som funktion af bølgelængden for et bestemt røntgenrør.

Toppenes placering er bestemt af, hvilket stof anoden er lavet af.



- a) Identificer anodematerialet ved hjælp af Databogen.

Røntgenstråling indeholder fotoner med en energi op til en vis øvre grænse, som er lig de indkomne elektroners kinetiske energi.

- b) Hvad er den maksimale fotonenergi i røntgenstrålingen?

Røntgenstrålingen sendes mod en krystal, hvorved der sker diffraktion. Stråling med bølgelængden 154 pm giver konstruktiv interferens i 1. orden, når strålingen danner vinklen $22,20^\circ$ med krystallens gitterplan.

- c) Hvad er afstanden mellem gitterplanerne?

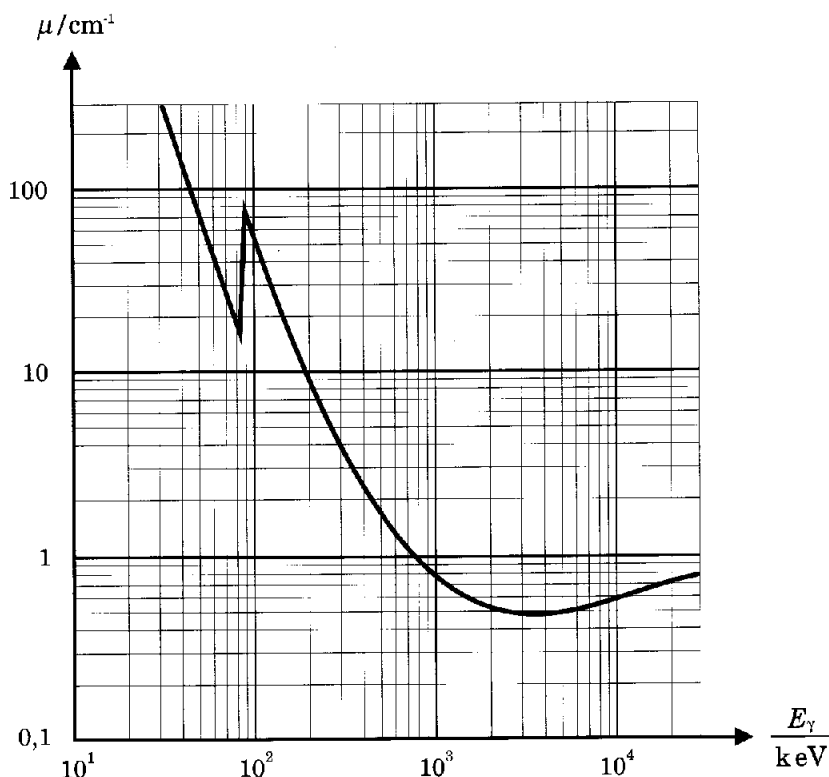
A 4. Absorption af elektromagnetisk stråling

Når γ - og røntgenstråling passerer gennem stof, absorberes en del af strålingen. Strålingens intensitet $I(x)$ efter passage af stoftykkelsen x er

$$I(x) = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$$

hvor I_0 er intensiteten af strålingen før passage af stoffet. Absorptionskoefficienten μ afhænger af stoffet og af fotonenergien.

Grafen viser, hvordan absorptionskoefficienten for bly afhænger af fotonenergien. Man kan regne med, at fotonenergien ved røntgenundersøgelser ligger i området 30 keV til 150 keV.



Ved røntgenundersøgelser anvender man ofte et blyforklæde til beskyttelse af kroppen.

Vurder, hvor meget et sådant blyforklæde kan svække strålingens intensitet. Gør rede for de antagelser, der ligger til grund for beregningerne.

A 5. He-Ne laser

En laser, der indeholder en blanding af helium og neon, udsender rødt lys med bølglængden 633 nm. Det sker ved overgang i neonatomet fra en tilstand A til en tilstand B.

- a) Beregn energiforskellen mellem tilstandene A og B.

Laseren udsender lys med effekten 0,70 mW.

- b) Hvor mange fotoner udsender laseren pr. sekund?

Mens laseren lyser, overgår der altså hele tiden neonatomer til tilstand B, og disse atomer henfalder derefter til grundtilstanden i neonatomet. Som følge heraf er antallet af neonatomer i tilstand B konstant, mens laseren lyser.

Når laservirkningen ophører, aftager antallet af neonatomer i tilstand B eksponentielt med halveringstiden 10 ns.

- ▽ c) Hvor mange neonatomer befinder sig i tilstand B, mens laseren lyser?

A 6. Radioaktivitet

Et radioaktivt præparat indeholder et stof med halveringstiden 3,0 døgn. Aktiviteten fra præparatet er til at begynde med 600 Bq.

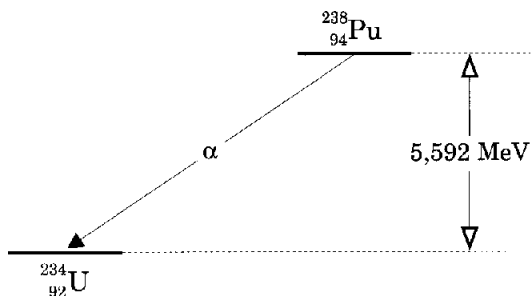
Hvor mange kerner henfalder i løbet af det første døgn?

A 7. Nyttetvirkning af kernebatteri

I måneraketten Apollo 12 fandtes et kernebatteri, som indeholdt 3,8 kg ^{238}Pu . Halveringstiden for ^{238}Pu er 87,7 år.

- a) Beregn aktiviteten fra ^{238}Pu i dette batteri.

^{238}Pu henfalder ved en α -proces, som vist på energidiagrammet. I kernebatteriet omdannes noget af den frigjorte energi fra α -henfaldene til elektrisk energi. Batteriet afgiver elektrisk energi med effekten 60 W.



- b) Hvad er kernebatteriets nyttevirkning?

A 8. ^{14}C i atmosfæren

Den kosmiske stråling giver anledning til produktion af ^{14}C i atmosfæren. Den dannede ^{14}C indbygges i bl.a. CO_2 og CH_4 .

^{14}C er radioaktivt med halveringstiden 5730 år, og aktiviteten fra ^{14}C i 1,00 kg carbon i atmosfæren kan antages at være konstant lig med 245 Bq. I atmosfæren findes $5,0 \cdot 10^{14}$ kg carbon.

Hvad er massen af den mængde ^{14}C , som dannes i atmosfæren i løbet af et sekund?

A 9. ^{14}C datering

Man kan bestemme alderen af fx tøjrester i arkæologiske fund ved at måle, hvor stor en brøkdel ^{14}C -isotopen udgør af alle carbonatomerne i tøjet. Følgende metode kan anvendes: I et apparat omdannes carbonatomer fra tøjet til C^{3+} -ioner. Ionerne sorteres derefter i en analysator efter masse.

C^{3+} -ionerne transporterer elektrisk ladning gennem analysatoren med strømstyrken 38 μA .

- a) Hvor mange C^{3+} -ioner passerer gennem analysatoren i løbet af 2,0 minutter?

En meget lille brøkdel af de analyserede ioner er ^{14}C -ioner. Resten kan antages at være ^{12}C -ioner. Man kan derfor regne med, at massen af en C^{3+} -ion er 12,0 u. I løbet af 2,0 minutter registreres $6,7 \cdot 10^8$ ^{14}C -ioner.

- b) Hvor mange ^{14}C -ioner indeholder 1,00 g af carbon i tøjet?

^{14}C er β^- -radioaktivt med en halveringstid på 5730 år. Aktiviteten fra 1,00 g carbon i tøjet på grund af ^{14}C henfald var 0,22 Bq, da tøjet blev fremstillet.

-  c) Hvor længe er det siden, at tøjet blev fremstillet?

A 10. Aldersbestemmelse af bjergarter

^{87}Rb (rubidium) er β^- -radioaktivt og henfalder til ^{87}Sr (strontium), som er stabilt. Halveringstiden er $47 \cdot 10^9$ år. En sten indeholdt $2,36 \cdot 10^{21}$ ^{87}Rb -atomer, da den blev dannet for $3,0 \cdot 10^9$ år siden.

- a) Hvad var aktiviteten fra ^{87}Rb -atomerne i stenen, da den blev dannet?
- b) Hvor mange Rb-atomer er der nu i stenen?

En bjergart indeholder nu $2,05 \cdot 10^{21}$ ^{87}Rb -atomer pr. kg og $8,25 \cdot 10^{20}$ ^{87}Sr -atomer pr. kg. Ved at sammenligne med andre bjergarter har man bestemt indholdet af ^{87}Sr -atomer til $7,73 \cdot 10^{20}$ pr. kg på det tidspunkt, bjergarten blev dannet.

- c) Hvor mange år er der gået, siden bjergarten blev dannet?

A 11. Kalium i kroppen

En person med massen 70 kg indeholder 17 mg af den radioaktive isotop ^{40}K .

- a) Hvor mange ^{40}K -atomer indeholder personen?

Halveringstiden for ^{40}K er $1,28 \cdot 10^9$ år.

- b) Hvad er aktiviteten fra ^{40}K i personens krop?

^{40}K omdannes såvel til ^{40}Ca som til ^{40}Ar . Ved omdannelserne udsendes i 89 % af tilfældene β -partikler og i 11 % af tilfældene γ -fotoner. Man kan regne med, at β -partiklerne i middel afsætter energien 0,43 MeV i kroppen, og at γ -fotonerne i middel afsætter 0,73 MeV i kroppen.

- c) Hvilken helkropsdosis modtager personen i løbet af et år på grund af ^{40}K -henfald i kroppen?
Afhænger denne dosis af personens masse?

A 12. Technetium

$^{99}\text{Tc}^*$ (technetium) er et radioaktivt nuklid, som anvendes ved medicinske undersøgelser. $^{99}\text{Tc}^*$ henfalder ved udsendelse af gammastråling til ^{99}Tc . Halveringstiden er 6,0 timer. En patient med massen 75 kg får indsprøjtet en mængde $^{99}\text{Tc}^*$ med aktiviteten 700 MBq.

- a) Hvor stor er aktiviteten i patienten fra $^{99}\text{Tc}^*$ 2,0 timer efter indsprøjtningen?
- b) Hvor stor er massen af den mængde $^{99}\text{Tc}^*$, som blev indsprøjtet?

Energien af γ -fotonerne er 140 keV, og man kan regne med, at 60 % af fotonerne afsætter energien i kroppen.

- c) Hvor stor er den helkropsdosis, som patienten maksimalt kan få på grund af den mængde $^{99}\text{Tc}^*$, som blev indsprøjtet?

^{99}Mo (molybdæn) omdannes til $^{99}\text{Tc}^*$ ved en β^- -proces. Et $^{99}\text{Tc}^*$ -præparat fremstilles ved kemisk at isolere det dannede technetium fra en ^{99}Mo -kilde. Man kan dog ikke undgå, at et $^{99}\text{Tc}^*$ -præparat indeholder en lille smule ^{99}Mo . Man er interesseret i at andelen af ^{99}Mo bliver så lille som muligt, da det kun er γ -strålingen fra $^{99}\text{Tc}^*$, som bruges i de medicinske undersøgelser. Et $^{99}\text{Tc}^*$ -præparat må således kun anvendes, hvis aktiviteten fra ^{99}Mo udgør mindre end 0,015% af den samlede aktivitet i præparatet.

Da ^{99}Mo henfalder meget langsommere end $^{99}\text{Tc}^*$, udgør andelen af ^{99}Mo en stadig større del af præparatet.

I et $^{99}\text{Tc}^*$ -præparat udgør aktiviteten fra ^{99}Mo på et tidspunkt 0,010% af den samlede aktivitet i præparatet.

Halveringstiden for ^{99}Mo er 66 timer.

▽ d) Hvor længe endnu kan dette præparat anvendes?

A 13. Slid på stempelring

Når en motor er i gang slides der jern af den stempelring, som sørger for, at stemplet slutter tæt til motorblokken. Det afslidte jern fordeler sig jævnt i motorolien.

En stempelring bestråles i en reaktor. Herved dannes det radioaktive nuklid ^{59}Fe , som henfalder med halveringstiden 44,6 døgn.

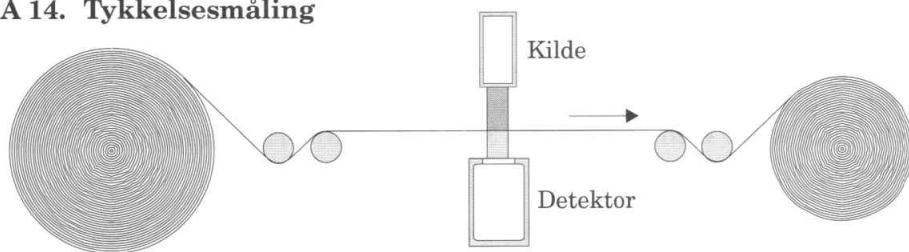
For at bestemme sliddet udtages efter nogle dages kørsel noget af motorolien, og man måler aktiviteten fra ^{59}Fe .

En stempelring, hvor aktiviteten fra ^{59}Fe er 333 MBq, placeres i en motor. Motoren sættes i gang, og efter 10 døgn prøvekørsel udtages 0,20 L motorolie. Aktiviteten fra ^{59}Fe i denne mængde olie er 0,81 kBq på udtagelsestidspunktet.

Massen af stempelringen er 25 g, og motoren indeholder 7,6 L motorolie.

Hvor meget jern er der slidt af stempelringen i løbet af de 10 døgn prøvekørsel?

A 14. Tykkelsesmåling



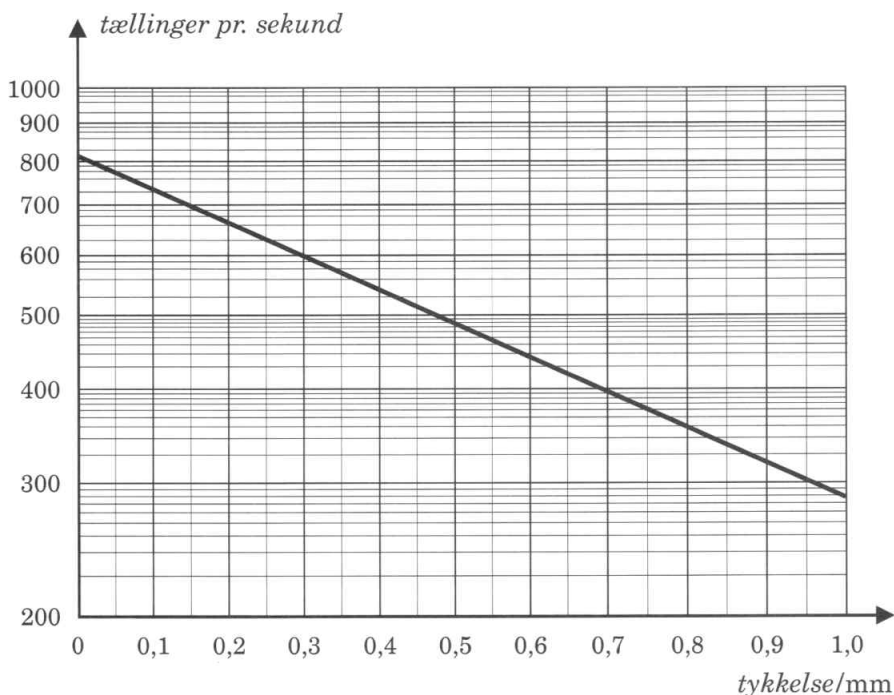
En radioaktiv kilde indeholder nuklidet $^{204}_{81}\text{Tl}$ (thallium), som ved en β^- -proces henfalder til et nuklid af Pb (bly).

- a) Hvilket atomnummer og nukleontal har dette Pb-nuklid?

Kilden bruges på en papirfabrik, hvor man ønsker at kontrollere papirets tykkelse under produktionen. Ved anskaffelsen var kildens aktivitet 3,1 MBq. Halveringstiden for $^{204}_{81}\text{Tl}$ er 3,8 år.

- b) Hvor mange $^{204}_{81}\text{Tl}$ -atomer indeholdt kilden ved anskaffelsen?

En del af β^- -strålingen passerer gennem papirbanen og rammer en detektor. Grafen viser sammenhængen mellem tykkelsen af papiret og antal tællinger pr. sekund ved anskaffelsen.



Ved en måling 25 måneder efter at kilden er taget i brug registrerer detektoren 478 tællinger pr. sekund.

- c) Hvad er papirtykkelsen?

A 15. Måling af stålpladers tykkelse

På stålvalseværket i Frederiksværk kontrolleres de fremstillede stålpladers tykkelse ved hjælp af strålingen fra en radioaktiv kilde. Man bruger en ^{137}Cs -kilde med aktiviteten 37,0 GBq. Halveringstiden for ^{137}Cs er 30,2 år.

- a) Hvor længe varer det, før aktiviteten er faldet til 20,0 GBq?

Kilden udsender γ -stråling. Når γ -stråling passerer gennem stof, absorberes en del af strålingen. Tællehastigheden $I(x)$ efter passage af stoftykkelsen x er

$$I(x) = I_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{x/x_{1/2}}$$

hvor $I_0 = 1,54 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$ er tællehastigheden, når der ikke er nogen stålplade mellem kilde og detektor. Halveringstykkelserne er $x_{1/2} = 1,05 \text{ cm}$.

- b) Hvad er stålpladetykkelsen, når tællehastigheden I måles til $4,11 \cdot 10^5 \text{ s}^{-1}$?

A 16. Radon i kælderrum

Radon er en luftart, der i små mængder siver ud fra overfladen af mange byggematerialer. Aktiviteten fra radon i luften i kælderrum må af sundhedsmæssige grunde højst være 100 Bq/m^3 .

En prøve, der er udtaget af luften i et kælderrum, har en aktivitet på 180 Bq, fra henfald af ^{222}Rn . Halveringstiden for ^{222}Rn er 3,82 døgn.

- a) Hvor stor er prøvens aktivitet efter et døgn forløb?
- b) Beregn massen af den mængde ^{222}Rn , der højst må være i $1,0 \text{ m}^3$ af luften i rummet.

I et lukket kælderrum, hvis rumfang er 125 m^3 , og hvis vægge, gulv og loft har en samlet overflade på 175 m^2 , vil der efter nogen tids forløb indstille sig en ligevægtstilstand mellem radonudsivningen fra overfladen og henfaldet af radon i luften. Man kan regne med, at udsivningen af ^{222}Rn er 150 kerner pr. sekund pr. kvadratmeter.

- c) Bestem aktiviteten fra den mængde ^{222}Rn , der findes i rummet, når ligevægtstilstanden er indtrådt.

Nu installeres et ventilatorsystem i kælderrummet, således at der pr. time udskiftes $4,0 \text{ m}^3$ af luften i rummet med radonfri luft. Efter nogen tids forløb indstiller der sig en ny ligevægt.

- ▽ d) Bestem den brøkdel af ^{222}Rn -kernerne, der fjernes pr. sekund på grund af ventileringen.
Vurder om aktiviteten fra radon i luften kommer under grænsen på 100 Bq/m^3 .

A 17. Bundaflejrings alder

Det radioaktive nuklid $^{210}_{82}\text{Pb}$ henfalder ved en β^- -proces til et nuklid af Bi (vismuth).

- a) Opskriv reaktionsskemaet for denne proces.

$^{210}_{82}\text{Pb}$ har en halveringstid på 22,3 år. Aktiviteten for $^{210}_{82}\text{Pb}$ i en prøve er 27 Bq .

- b) Hvor mange $^{210}_{82}\text{Pb}$ -kerner er der i prøven.

Fem lige store prøver hentes op fra forskellige lag i bundaflejringen af en sø. Ved alderen af et lag forstås den tid, der er gået, siden laget blev aflejret.

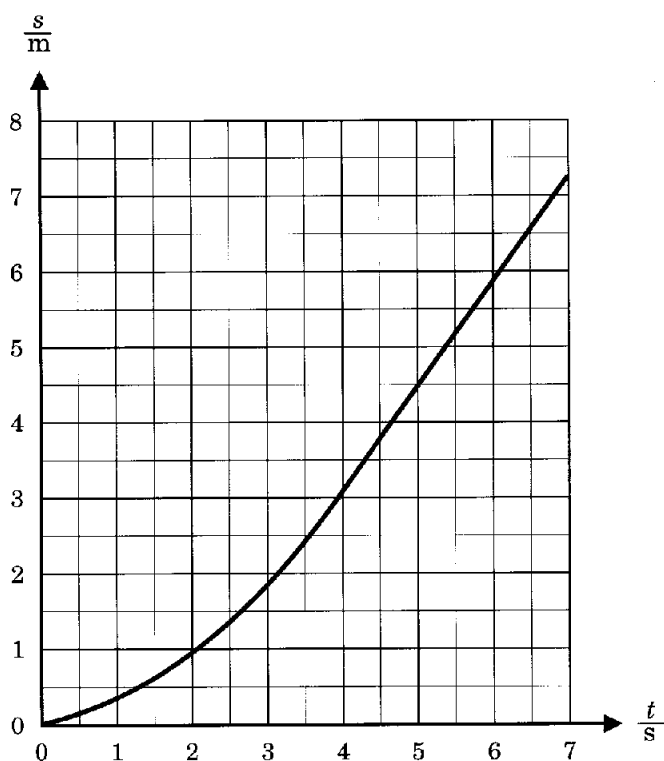
Tabellen viser aktiviteten fra $^{210}_{82}\text{Pb}$ i de fem prøver. Man kan regne med, at alle prøverne indeholdt den samme mængde $^{210}_{82}\text{Pb}$, da de blev aflejret.

Lag nr.	1	2	3	4	5
Aktivitet / Bq	17	7,6	3,6	1,7	0,68
Dybde / mm	22	53	81	110	145

- c) Hvad er aldersforskellen mellem lag nr. 5 og lag nr. 1?
- ▽ d) Tegn en graf, der viser dybden som funktion af aldersforskellen mellem de enkelte lag og lag nr. 1.
Bestem på grundlag af grafen, hvor tykt et lag der aflejres pr. år.
Hvad er alderen af lag nr. 1?

Mekanik

M 1. Bordtennisbold



Figuren viser (t,s) -grafen for en bordtennisbold, der falder lodret ned gennem luften under påvirkning af tyngdekraften og luftmodstanden.

Hvad er den største fart, bordtennisbolden kan opnå?

M 2. Ud at køre...

Man kan fastlægge en bils bevægelse ved at aflæse speedometret med jævne mellemrum. Undersøgelsen foregår bedst i bytrafik, hvor en passager med en båndoptager indtaler aflæsningerne af speedometret fx hvert 10. sekund i en periode af 5 minutter. Desuden aflæses km-tælleren før og efter turen

- Tegn en (t,v) -graf for turen og beskriv, hvordan turens forskellige oplevelser afspejles på grafen.
- Hvordan stemmer arealet under (t,v) -grafen med aflæsningen af kilometertælleren?

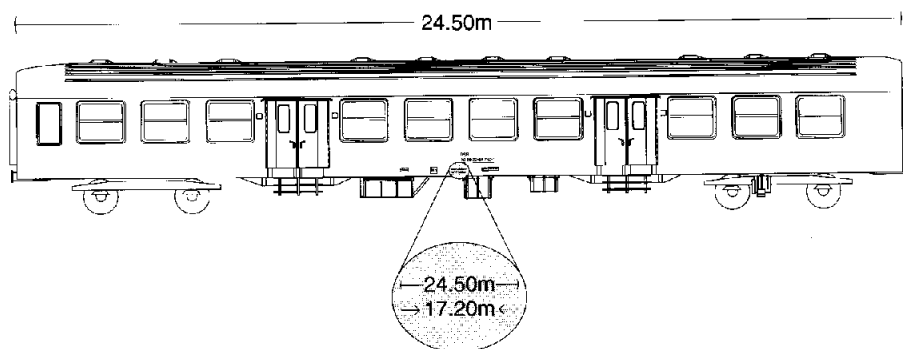
M 3. Dyb brønd

Når en sten falder ned i en dyb brønd, varer det 2,6 s, inden man hører "plumpet".

Hvor dyb er brønden?

Er det nødvendigt at tage hensyn til lydens udbredelsesfart?

M 4. Togstart



Man kan undersøge en togstart ved at stille sig ved forenden af forreste vogn. Når toget sætter igang, startes et stopur, og man aflæser tiden, hver gang en togvogn har passeret.

Togvognenes længde fremgår af påskriften på siden af vognen, jf. figuren.

- Tegn (t,s) -grafen for det startende tog.
- Bestem togets (t,v) -graf ud fra den tegnede (t,s) -graf.
Er accelerationen konstant?

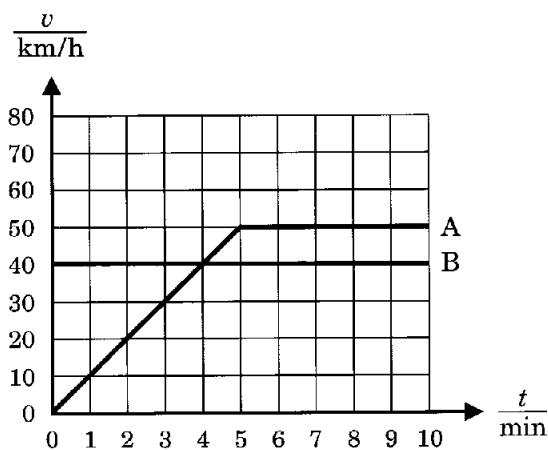
M 5. IC3-tog

Et IC3-tog skal køre strækningen mellem Odense og Nyborg. Afstanden mellem de to byer er 29 km. Kørslen kan inddrages i tre faser. Først accelererer toget konstant i 2 minutter med accelerationen $1,0 \text{ km/min}^2$. Derefter fortsætter toget med den opnåede fart i 12 min. Til sidst bremser toget med konstant acceleration.

- Hvad er den højeste fart toget opnår?
- Tegn en (t,v) -graf og bestem størrelsen af accelerationen under opbremsningen.

M 6. Rødt lys

Figuren viser (t,v) -graferne for to biler A og B. Idet A starter, kører B forbi med konstant fart.

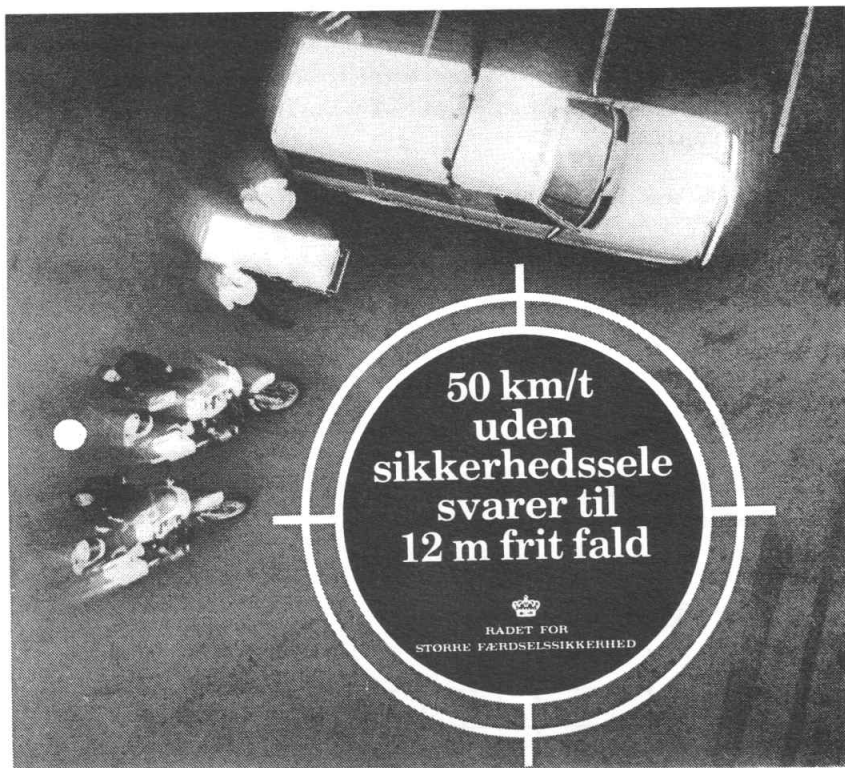


- Hvor lang tid varer det, inden A indhenter B?
- Hvor langt bevæger bilerne sig i løbet af dette tidsrum?

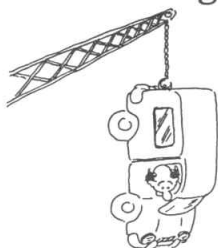
M 7. Lastbil på vej

En lastbil kører halvdelen af en vejstrækning med 30 km/h.

Hvor stærkt skal den køre på den anden halvdel af turen, for at den i gennemsnit har kørt med henholdsvis 40 km/h og med 60 km/h?



1 »Sikkerhedsselen er ikke så vigtig ved lave hastigheder...«



Et sammenstød med bare 50 km/t svarer til et frit fald på 12 meter. Se på forsiden - turde du vove springet? Sikkerhedsselen har størst betydning ved lave hastigheder. Her gør den ofte forskellen mellem at blive alvorligt kvæstet og slippe totalt uskadt.

2 »Føreren kan som regel forudse sammenstødet og holde imod med armene...«

Det er svært at få en realistisk forestilling om de kræfter, et sammenstød slipper løs. Ved bare 50 km/t - for at nøjes med de lave hastigheder - bliver kroppens vægt 30-doblet. For at holde imod skal en voksen mand præstere godt 2.000 kilo med armene. Det svarer til, hvad en 9 tons lastbil kan skubbe i 1. gear.



Illustrationerne er stillet til rådighed af Rådet for Større Færdselssikkerhed.

Under punkt 1 påstås det, at man opnår en hastighed på 50 km/h ved et frit fald på 12 meter.

- a) Undersøg, om denne påstand er korrekt.

Under punkt 2 nævnes, at kroppens vægt 30-dobles ved et sammenstød med farten 50 km/h. Det betyder, at accelerationen under sammenstødet er $30 \cdot g$, hvor g er tyngdeaccelerationen.

- b) Forklar, hvad der kan menes med påstanden: "For at holde imod skal en voksen mand præstere godt 2000 kilo med armene."
Beregn massen af den omtalte "voksne mand".

M 9. Fiat Punto



Tekniske data for Fiat Punto er vist næste side. Data og foto stammer fra FDMs medlemsblad MOTOR, nr. 3/94.

- a) Hvor lang tid er en Fiat Punto om at bruge 1 L benzin, når den kører med 90 km/h?
- b) Beregn den gennemsnitlige acceleration, når en Fiat Punto accelererer fra 60 km/h til 100 km/h i 4. gear.
- c) Tegn (t,v) -graf for en Fiat Punto, der accelererer fra 60 km/h til 100 km/h i 5. gear.
Hvor langt bevæger bilen sig under denne acceleration?
- d) Hvor meget længere kommer bilen på samme tid, hvis man i stedet accelererer fra 60 km/h til 100 km/h i 4. gear og derefter fortsætter med 100 km/h?
- e) Bestem den resulterende krafts effekt, når farten er 80 km/h, og der med fuld last accelereres i 4. gear.
- f) Bestem bremsekraften, når bremselængden ved 80 km/h er 29 m. Hvad bliver bremselængden, når bilen påmonteres en påhængsvogn uden bremser med massen 400 kg?

TEKNISKE DATA

Motor:

4-cylindret rækkemotor placeret på tværs over forakslen. Slagvolumen 1242 ccm. Kompressionsforhold 9,8:1. Maks. effekt 54 kW/ 75 hk ved 6000 o/min. Maks. drejningsmoment 106 Nm ved 4000 o/min. 1 overliggende knastaksel (tandrem) med 2 ventiler pr. cylinder. Multipoint benzinindsprøjtning. Batteri 12 Volt/40 Ah. Generator 65 A. Oktanbehov 95 blyfri. Tankindhold 47 liter. Rækkevidde på fuld tank cirka 700 km (ECE).

Transmission:

Forhjulstræk. 5-trins manuel gearkasse med udvekslingsforholdene I: 3,91:1 II: 2,16:1 III: 1,48:1 IV: 1,12:1 V: 0,90:1. Slutdrev: 3,73:1. Hastighed ved 1000 o/min. i I/IV/V gear: 7,1/24,8/30,8 km/t.

Styretøj:

Tandstang uden servo. 3,5 ratomdrejninger fra stop til stop. Vendediameter mellem kantsten: 9,7 meter.

Bremser:

To-kreds diagonalt opdelt fodbremse med lastafhængig bremsekraftregulator til baghjulene. Skiver for (dia. 240 mm) og tromler bag (dia. 180 mm). Parkeringsbremse til baghjulene. Bremselængde fra 80 km/t på tør vej: 29 meter. Pedalkraft 140 N/ 14 kp.

Affjedring og hjulophæng:

For: Tværsvingarm og fjederben med skruefjeder (McPherson). Bag: Langsgående bærearmløst op-hængt i skruefjeder. Krængningsstabilisator for og bag. Dæk 165/65 R14 78 T (Good-Year GT2)

Mål og vægt:

Længde 3,76 m
Bredde 1,63 m
Højde 1,46 m
Akselafstand 2,45 m
Bagagerumsvolumen 275 l
– bredde min./max. 109/109 cm
– længde min./max. 60/118 cm
– højde under hattehylde .. 50 cm
– læsehøjde 70 cm
Typegodk. egenvægt 875 kg
Tilladt totalvægt 1.400 kg
Lasteegne 525 kg
Max. påhængsvogsvægt
– med bremses 1.000 kg
– uden bremses 400 kg
Max. bredde 2,23 m

Garanti og service:

8 års gennemtæringsgaranti, 3 års garantilak og et år på resten af bilen. Olieskift hver 15.000 km eller 1 gang årligt. Store eftersyn hver 30.000 km.

Forhandlernet:

Importør: Fiat Automobiles Danmark A/S, Valby. Tlf.: 36 30 48 00. 65 autoriserede forhandlere med værksted.

Det kan den:

ACCELERATION:

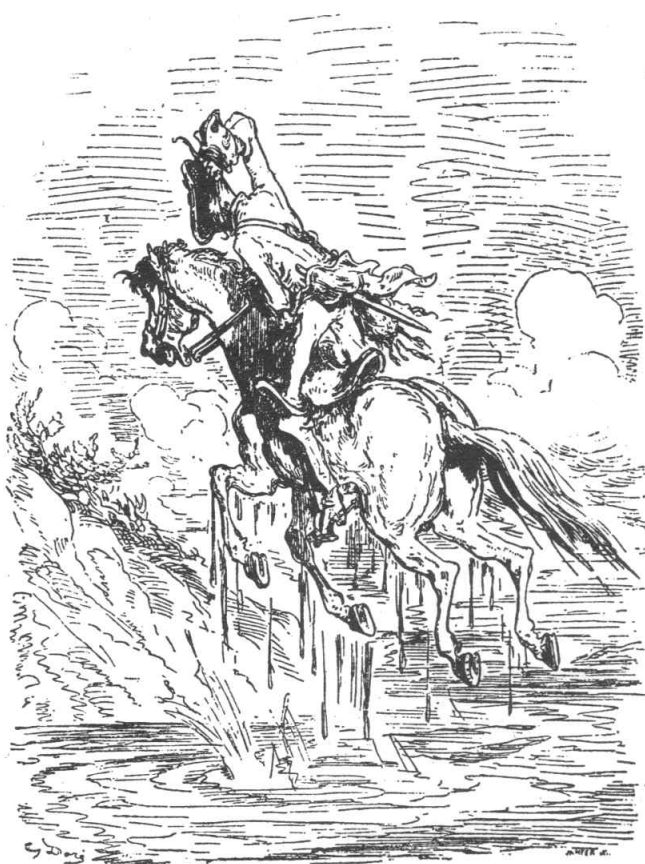
0-100 km/t	sek.	12,0
60-100 km/t, 4. gear/5. gear	sek.	12,4/17,8
80-120 km/t, 4. gear/5. gear	sek.	13,8/20,4

TOPHASTIGHED:	km/t	170
---------------	------	-----

BENZINØKONOMI:

– ved 90/120/by (ECE)	km/l	18,9/14,5/12,8
– ECE-snit	km/l	15,0
– Testgennemsnit	km/l	11,5

M 10. Friherre von Münchhausen



Tegning: Gustave Doré

I romanen *Friherre von Münchhausens vidunderlige rejser og eventyr til vands og til lands* – sådan som han selv fortæller dem ved et godt glas i sine venners kreds hedder det:

“...En anden gang ville jeg sætte over en stærkt mudret sumpstrækning, som jeg først ikke anså for særlig bred. Men midt i springet blev jeg klar over, at jeg havde taget fejl. Svævende i luften vendte jeg derfor om for at tage et længere tilløb. Alligevel sprang jeg også anden gang for kort og sank i lige til halsen tæt ved den anden bred. Her var jeg bestemt omkommet i dyndet, hvis jeg ikke havde grebet fat i min hårpisk og trukket så kraftigt til, at jeg løftede både mig selv og hesten, som jeg holdt fast mellem knæene, op på bredden.”



Skriv en figurtekst som forklarer, hvorfor det er umuligt for von Münchhausen at trække sig selv og sin hest op på den beskrevne måde.

M 11. Mette Mærsk



Billedet er stillet til rådighed af rederiet A.P.Møller

Containerskibet *Mette Mærsk* ejes af rederiet A.P.Møller og sejler i liniefart mellem Europa, USA og Det fjerne Østen.

Skibets hoveddata er anført i tabellen nedenfor :

<i>Hoveddata</i>	
længde	294,22 m
bredde	32,22 m
sidehøjde	21,50 m
max. dybgang	13,50 m
egenvægt	23500 ton
max. last	60600 ton
servicefart	24 knob
motor	60000 HK

- a) Angiv størrelse og retning af de kræfter, der påvirker skibet, når det ligger stille.

Skibet befinder sig i saltvand med densiteten 1030 kg/m^3 .

- b) Hvad er rumfanget af den fortrængte vandmængde?

I en simpel model kan *Mette Mærsk* antages at være kasseformet med de mål, der fremgår af tabellen.

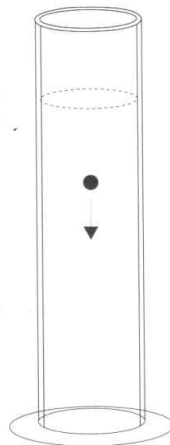
- c) Beregn dybgangen, dvs. vandoverfladens højde over skibets bund, når skibet ikke er lastet.
Hvad er dybgangen, når skibet er lastet maksimalt?
Sammenlign resultatet med tabellens oplysninger om skibets maksimale dybgang og giv forslag til forklaring på afvigelsen.

M 12. Faldende kugler

Et højt cylinderglas er fyldt med glycerol. Når en kugle bevæger sig ned gennem væsken, påvirkes den af en gnidningsmodstand, som vokser med kuglens fart. Hvis man slipper en kugle i væskens overflade, opnår den derfor hurtigt en konstant fart ned gennem væsken.

En stålkugle med massen 4,2 g slippes i væskens overflade.

- Hvad er stålkuglens rumfang?
- Beregn størrelsen af opdriften på kuglen, når den er nede i glycerolen.
- Tegn en figur, der viser de kræfter, der virker på kuglen, når den bevæger sig med konstant fart gennem væsken.
Hvad er da størrelsen af gnidningskraften på kuglen?



Tabelværdier

densitet af stål	8,02 g/cm ³
densitet af glycerol	1,26 g/cm ³

M 13. Varmluftballon

En ballon har et volumen på 1590 m³. Den samlede masse af ballonhylster, kurv og last er 350 kg. Den varme luft inde i ballonen har densiteten 0,92 kg/m³, mens luften uden om ballonen har densiteten 1,20 kg/m³.

- Hvad er størrelsen af opdriften og tyngdekraften på ballonen?

Ballonen stiger lodret op fra jorden.

- Bestem ballonens acceleration umiddelbart efter starten.

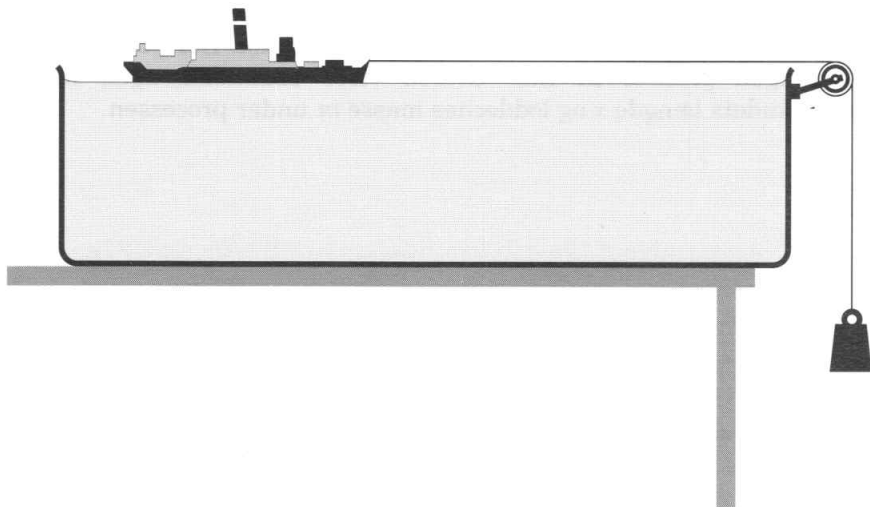
Kort tid efter starten bliver ballonens fart konstant. Størrelsen af luftmodstanden på ballonen under opstigningen er:

$$F_{\text{luftmodstand}} = \left(380 \frac{\text{kg}}{\text{m}}\right) \cdot v^2$$

hvor v er ballonens fart.

- Beregn den konstante opstigningsfart.
- Lav en plakat, som i figur og tekst fortæller om varmluftballoner, og som forklarer, hvordan de virker. Plakaten skal kunne forstås af en elev i parallelklassen.

M 14. Skibsmodel



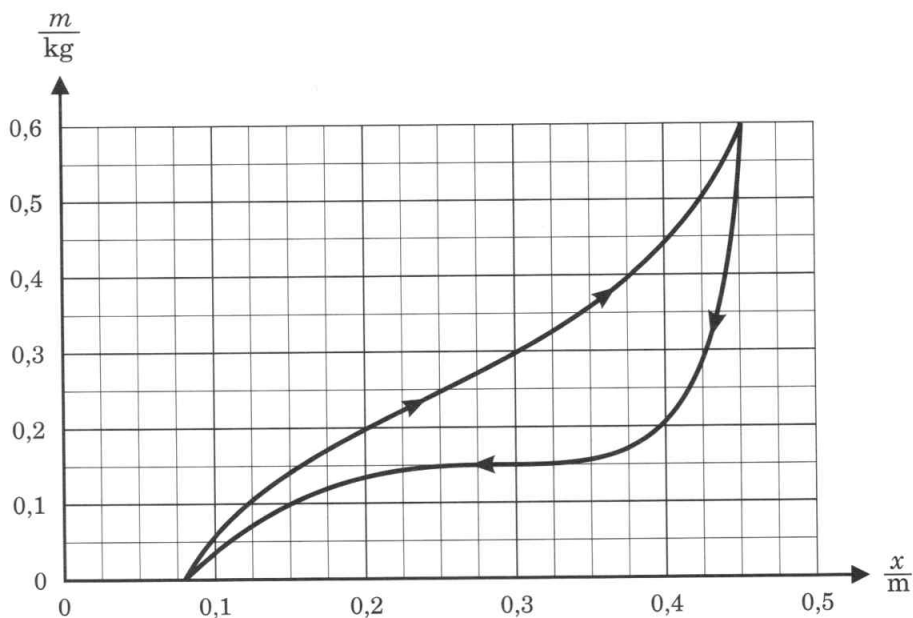
Figuren viser en opstilling, hvor en skibsmodel trækkes gennem vand ved hjælp af en snor, der over en trisse er forbundet med et lille lod. Tabellen viser skibsmodellens fart v som funktion af tiden t efter starten. Massen af skibsmodellen er 54 g, og massen af det lille lod er 2,0 g.

t/s	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40
$v/(m/s)$	0,00	0,069	0,131	0,181	0,220	0,247	0,266	0,278
$v^2/(m^2/s^2)$	0,00							
$a/(m/s^2)$	0,35							

- Tegn en (t, v) -graf for bevægelsen, og vis at accelerationen til tidspunktet $t = 0,00$ s er $0,35 \text{ m/s}^2$.
- Udfyld en tabel som ovenfor.
- Vis grafisk, at accelerationen er en lineær funktion af v^2 .
Bestem den maksimale fart, som skibsmodellen kan opnå under denne bevægelse.
- ⚠ Angiv – med pile – størrelse og retning af de kræfter, der virker på skibsmodellen til tidspunktet $t = 1,00$ s.
- ⚠ Gør rede for, at modstandskraften mod bevægelsen kan skrives som $F = k \cdot v^2$, hvor k er en konstant.
Bestem k .

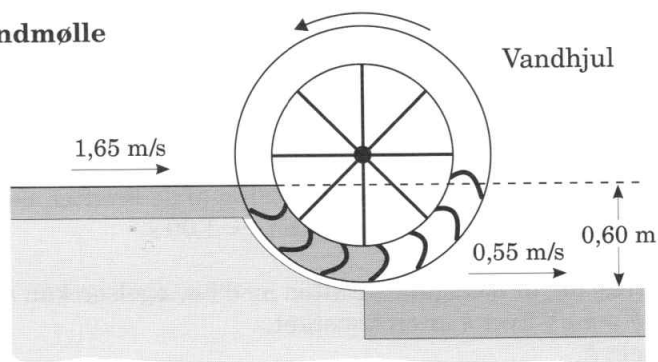
M 15. Gummibånd

Et gummibånd strækkes ved at belaste det med lodder. Belastningen øges gradvis, til gummibåndets længde er 0,45 meter. Herefter reduceres belastningen gradvis til nul. Grafen viser sammenhængen mellem gummibåndets længde x og loddernes masse m under processen.



- Hvor stor er den kraft, hvormed lodderne trækker i gummibåndet, når det har sin maksimale længde?
- Hvor stort et arbejde udføres på gummibåndet under strækningen?
- ⚠ c) Hvad er gummibåndets tilvækst i indre energi under hele processen?

M 16. Vandmølle



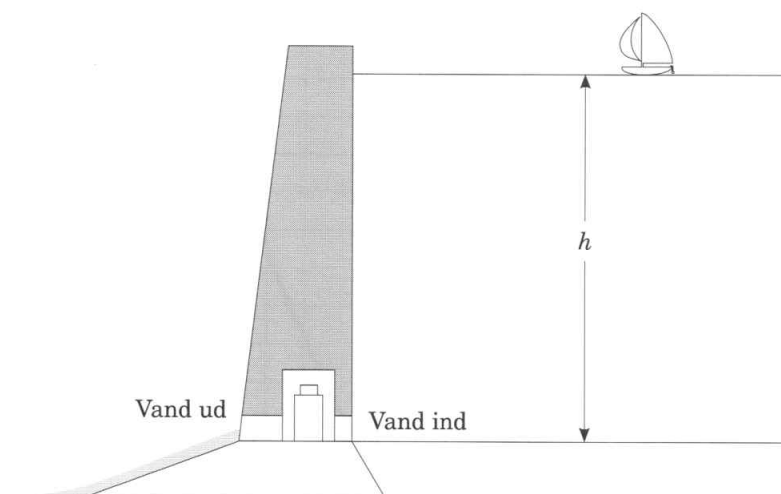
I et vandløb er der et vandhjul, som trækker en el-generator. I løbet af et bestemt døgn produceres der 26,2 kWh elektrisk energi.

- a) Hvad er vandmøllens gennemsnitlige effekt i dette døgn?

Vandmøllen passerer af 600 L vand pr. sekund.

- b) Hvad er vandmøllens nyttevirkning?

M 17. Vandkraftværk



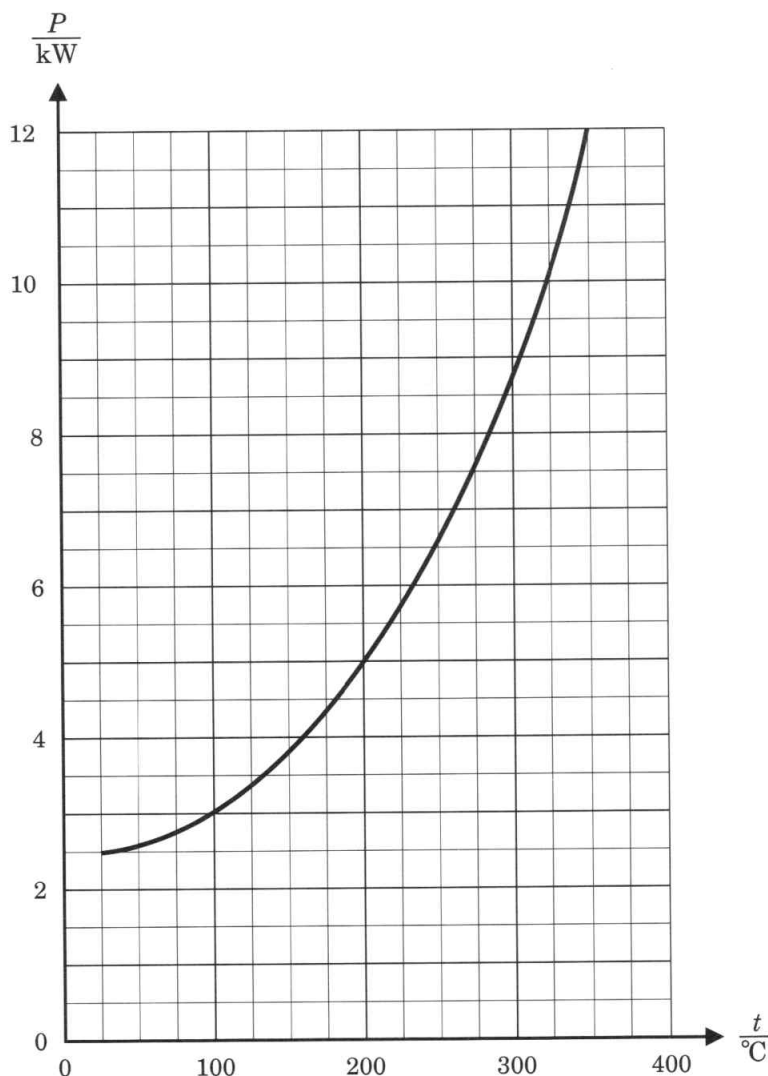
Bag Okerdæmningen i Harzen opstemmes vandet i floden Oker, så vanddybden h lige før dæmningen er 80 m. I foden af dæmningen er indbygget turbiner, der driver generatorer til elektricitetsproduktion.

- a) Beregn trykforskellen mellem overflade og bund i vandet lige før dæmningen.
- b) Hvor stort er det maksimale arbejde, vandet kan aflevere til turbinerne, når 1 m^3 vand løber gennem dem?
- c) Hvilken elektrisk effekt leverer generatorerne, når vandstrømmen gennem turbinerne er $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$, og nyttevirkningen af turbinerne er 82%.

M 18. Bjergpas

En bil kører den 6,1 km lange tur ned ad et bjerg. Den samlede højdeforskel er 860 m, og bilen kører med den konstante fart 20 km/h. Bilen med passagerer har massen 1320 kg. Man kan regne med, at hele tabet i potentiel energi bliver til indre energi i bilens skivebremser. Skivebremsenes samlede varmekapacitet er 16 kJ/K.

- a) Hvor meget ville skivebremsenes temperatur stige under nedturen, hvis man kunne se bort fra varmeudveksling med omgivelserne?



Grafen viser sammenhængen mellem skivebremsenes temperatur t og den effekt P , hvormed skivebremserne afgiver varme til omgivelserne.

- b) Hvad er den højeste temperatur skivebremserne kan opnå under nedturen?

M 19. Rulle- og luftmodstand

Når en bil kører, er den påvirket af to gnidningskræfter : luftmodstand og rullemodstand.

Størrelsen af rullemodstanden er

$$F_{\text{rul}} = \mu \cdot F_n$$

hvor F_n er størrelsen af normalkraften. Gnidningskoefficienten μ er uafhængig af bilens masse og fart, men afhænger af bl.a. dæk og vejbelægning.

Størrelsen af luftmodstanden afhænger af bilens fart v og kan skrives

$$F_{\text{luft}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

hvor c_w er bestemt af bilens form. A er det maksimale areal af et tværsnit vinkelret på bevægelsesretningen. Luftens densitet ρ kan sættes til $1,20 \text{ kg/m}^3$.

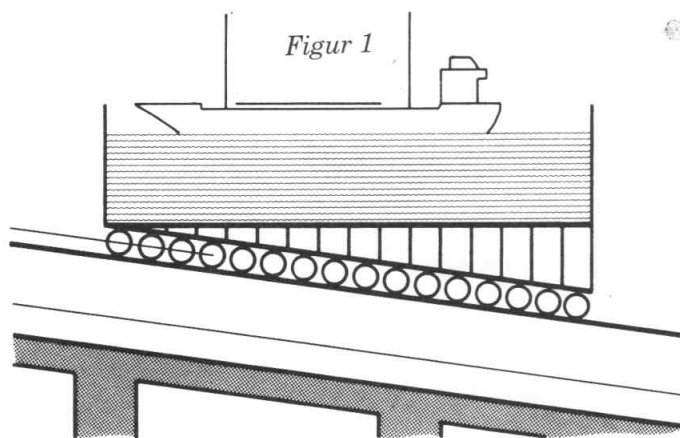
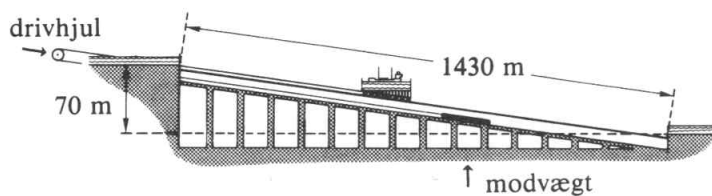
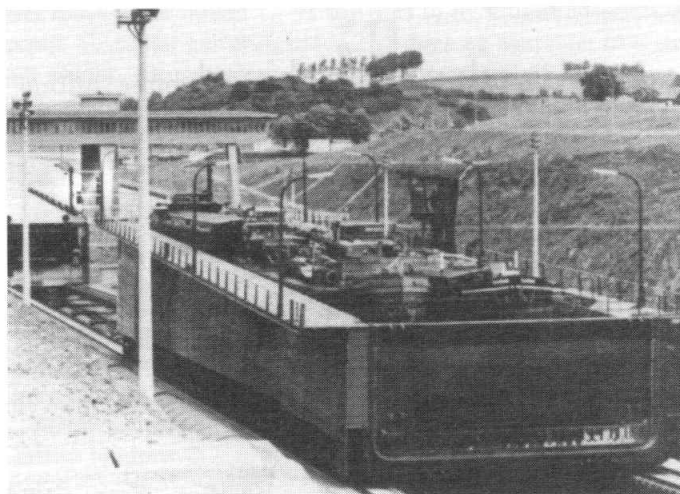
- Bestem størrelsen af rullemodstand og luftmodstand, når bilen kører med farten 50 km/h .
- Hvilken effekt skal motoren yde, for at bilen kan holde den konstante fart 50 km/h ?
- Tegn en graf, der viser sammenhængen mellem bilens konstante fart v , og den effekt motoren skal yde for at overvinde rulle- og luftmodstand.
Hvad er bilens maksimale fart?

Data for prøvebil

masse af bil med fører	m	980 kg
tværsnitsareal	A	$2,50 \text{ m}^2$
c_w -værdi	c_w	0,32
gnidningskoefficient	μ	0,021
motoreffekt	P	90 HK (66 kW)

M 20. Sluseanlægget ved Ronquières

Ved Ronquières i Belgien er der en stor højdeforskel over en kort strækning af Bruxelles-Charleroi-kanalen, og her er der bygget en skråplansluse: En stor vandfyldt tank kan køre på skinner langs et skråplan, som forbinder den højtliggende og den lavtliggende del af kanalen.



Figur 2

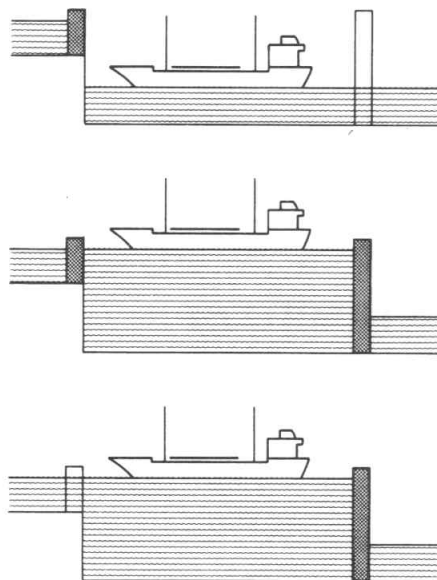
Tankens ender og de to kanaldele er forsynet med vandtætte porte. Når tanken befinder sig ved skråplanets nederste ende, åbnes portene og flodskibene kan sejle ind i tanken. Portene lukkes, og tanken trækkes op til den øverste ende af skråplanet, hvorefter skibene kan sejle videre i den øverste del af kanalen. Fotografiet samt diagrammerne på figur 1 og 2 viser tanken på vej op ad skråplanet. Skråplanet er 1430 m langt, og højdeforskellen mellem enderne er 70 m.

Et kabel forbinder via et drivhjul tanken med en modvægt, der kører på andre skinner, som er parallelle med skråplanet. Tanken trækkes op ad skråplanet med konstant fart. Samtidig bevæger modvægten sig nedefter. Bevægelsen varer 8,0 minutter. Tanken med indhold har massen 4500 ton, mens modvægten vejer 4200 ton. Den elektromotor, der er koblet til drivhjulet, udfører arbejde med en effekt på 670 kW.

- a) Beregn den samlede tilvækst i potentiel energi for systemet bestående af tank og modvægt.
Hvilken brøkdelen af det tilførte arbejde bliver til potentiel energi i tyngdefeltet?

Der strømmer intet vand gennem skråplanslusen. I stedet ledes vandet fra den øverste del af kanalen ned gennem et vandkraftværk til den nederste del af kanalen. Derved opretholdes en vis vandstrøm gennem kanalen, og der vindes energi. Vandkraftværket omsætter 70 procent af den potentielle energi, som vandet mister, til elektrisk energi.

I stedet for skråplanslusen kunne man have bygget et anlæg bestående af fx 14 almindelige slusekamre med samme areal som tanken, dvs. længden 90 m og bredden 12 m. Figur 3 illustrerer, hvordan et almindeligt slusekammer fungerer. Hver gang et skib går igennem det, flyttes der vand fra den øverste til den nederste del af kanalen.



Figur 3

- ▽ b) Hvor meget vand skal der bruges for at hæve et skib fra den nederste til den øverste sluse?
- ▽ c) Vurder, om den vandmængde, der skal bruges til at hæve et skib mest energiøkonomisk anvendes i et anlæg med almindelige slusekamre eller i skråplansslusen.

SI-Enheder

længde	$s, x, y, \dots$	meter	m	grundenhed
masse	m	kilogram	kg	grundenhed
tid, tidsrum	$t, \Delta t$	sekund	s	grundenhed
strømstyrke	I	ampere	A	grundenhed
stofmængde	n	mol	mol	grundenhed
absolut temperatur	T	kelvin	K	grundenhed
frekvens	f	hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
kraft	F	newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
tryk	p	pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
arbejde, energi,	A, E, Q	joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
varme		watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
effekt	P			
elektrisk ladning	q	coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
elektrisk spænding,	V, U, U_0			
spændingsfald, hvile-				
spænding (elektro-				
motorisk kraft)		volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$
resistans	R	ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
aktivitet	A	becquerel	Bq	$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$
absorberet dosis	D	gray	Gy	$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$
dosisækvivalent	H	sievert	Sv	$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$

Dekadiske præfixer

E	P	T	G	M	k	h	da
exa	peta	tera	giga	mega	kilo	hekto	deka
10^{18}	10^{15}	10^{12}	10^9	10^6	10^3	10^2	10^1
d	c	m	μ	n	p	f	a
deci	centi	milli	mikro	nano	pico	femto	atto
10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}

Andre enheder

liter	L	$1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$
år	år	$1 \text{ år} = 3,156 \cdot 10^7 \text{ s}$
atommasseenhed	u	$1 \text{ u} = 1,660 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
ton	t	$1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$
bar	bar	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
atmosfære	atm	$1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
kilowatt-time	kWh	$1 \text{ kWh} = 3,600 \cdot 10^6 \text{ J}$
elektronvolt	eV	$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
energiækvivalentet til 1u		$1,492 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 931,5 \text{ MeV}$

Nogle tabelværdier

Vand:

densitet ved 20 °C	$1,00 \text{ g/cm}^3$
specifik varmekapacitet ved 20 °C	$4,18 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$
fordampningsvarme ved 100 °C	$2,26 \cdot 10^3 \text{ kJ/kg}$
isens smeltevarme ved 0 °C	334 kJ/kg
molar masse	$18,0 \text{ g/mol}$

Jorden og Solen:

tyngdeaccelerationen i Danmark	$9,82 \text{ m/s}^2$
Jordens masse	$5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Jordens middelfradius	$6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$
afstanden mellem Jorden og Solen	$1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}$
Solens masse	$1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

lydens fart i luft (20 °C)	343 m/s
----------------------------	-------------------

Fysiske konstanter

lysets fart i vakuum	c	$3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Planckkonstanten	h	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
elementarladningen	e	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Avogadrokonstanten	N_A	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
gaskonstanten	R	$8,31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$
Boltzmannkonstanten	k	$1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
vakuumpermeabiliteten	μ_0	$1,257 \cdot 10^{-6} \text{ (V} \cdot \text{s)/(A} \cdot \text{m)}$
vakuumpermittiviteten	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
elektronens masse	m_e	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 5,49 \cdot 10^{-4} \text{ u}$
protonens masse	m_p	$1,007276 \text{ u}$
neutronens masse	m_n	$1,008665 \text{ u}$
gravitationskonstanten	G	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ (N} \cdot \text{m}^2)/\text{kg}^2$

Errata

1. V7, side 9:
I spm. b) ændres første linie til: Hvor meget energi tilfører den varme luft i alt bygningsmaterialerne,....
2. V8, side 10
I linie 4 tilføjes: Posen anbringes således, at den har et tværsnitsareal på 0,090 m² vinkelret på solstrålingens retning.
3. V14, side 14
Grafen skal have 20 °C som vandret asymptote.
4. V20, side 19
spm c) skal slutte: ...udgør energiindholdet i det fyldte gaslager?
5. B4, side 33
I den kursiverede teksts 1. linie og i teksten ved siden af grafen skal ordet trykbølge erstattes af ordet trykpuls.
6. M9, side 58
I spm f) skal første linie være: Bestem bremsekraften, når bremselængden for en fuldt lastet bil ved 80 km/h er 29 m.
7. M11, side 61
I spm a) skal første linie være: Angiv størrelse og retning af de kræfter, der påvirker det ulastede skib...

ISBN 87-7792-022-8



9 788777 920226

