

Vejledende eksempler på

Eksamensopgaver i fysik

F&K Forlaget

Vejledende eksempler på

Eksamensopgaver i fysik

- enkeltopgaver i
energi og varme
elektricitet og magnetisme
bølger
atom- og kernefysik
mekanik
- vejledende eksempler på eksamenssæt

Eksamensopgaver i fysik

redigeret af:

Carsten Claussen

Niels Hartling

Steen Hoffmann

Torben Lenskjær

Carl P. Knudsen

Arne Mikkelsen

Nye tegninger: Carsten Claussen

Tilrettelæggelse: Steen Hoffmann

Tryk: Budolfi Tryk, Aalborg

1. udgave 1990

ISBN 87-87229-54-4

Udgivet af Undervisningsministeriet, Gymnasieafdelingen,
i samarbejde med Fysiklærerforeningen

Distribution: F&K Forlaget, Slotsgade 2³, 2200 København N.

Fotografisk genoptryk af værket til brug for salg er ikke tilladt.
Kopiering til eget brug i øvrigt kan frit finde sted.

Forord

Denne opgavesamling viser, hvordan skriftlige opgaver i fysik til studentereksamen kan se ud. Samlingen indeholder eksempler på opgaver i alle hovedområder af pensum, på forskellige typer af opgaver og på opgaver af forskellige sværhedsgrader. Det er vigtigt at understrege, at der kun er tale om eksempler. Hele pensum er ikke dækket af opgaverne, og der kan forekomme eksamensopgaver af andre typer end de, som findes i denne samling.

En fysikopgave indeholder en beskrivelse af en fysisk situation, som kan være abstrakt, dvs. hentet fra en fysisk teori, men som regel er den konkret, hentet fra laboratoriet eller dagligdagen. Situationen beskrives oftest i ord, figurer og grafer, men opgaven kan også tage udgangspunkt i eksperimentelle data, eller i datablade, brochuremateriale, artikler og lignende.

Det er ofte nødvendigt at gøre forenkende antagelser for at besvare opgaven, og man kan ikke regne med, at disse antagelser er anført i opgaveteksten. Det er en del af eksaminandens opgave at vælge en hensigtsmæssig model for den situation, opgaven beskriver. Den perfekte besvarelse er bl.a. karakteriseret ved, at den argumenterer for antagelserne og diskuterer modellens begrænsninger.

I mange spørgsmål bedes der om værdien af en fysisk størrelse. En fuldt tilfredsstillende besvarelse skal som regel indeholde mere end det korrekte facit. Det kan være forklaring i tekst, figurer eller grafiske afbildninger, det kan være argumentation for, at løsningen er korrekt, eller andet. Der er ingen generelle regler for kravene til en fuldt tilfredsstillende besvarelse. Eksaminanden vælger selv, hvad han/hun vil tage med i besvarelsen, men valget indgår i censurs bedømmelse.

I nogle spørgsmål kan der bedes om andet end beregning af en fysisk størrelse. Der kan f.eks. ønskes en vurdering af en opgivet eller beregnet størrelse, en redegørelse for, hvilke konsekvenser man kan drage af nogle eksperimentelle resultater, eller en forklaring af, hvorledes et apparat eller en opstilling virker.

Den 22. juni 1990.

Uffe Gravers Pedersen.

Pensum ved den skriftlige eksamen er kernestoffet fra obligatorisk niveau og fra højt niveau. Det er:

Energi.

Forskellige energiformer og energiomdannelser. Energibevarelse. Energikilder, energiladning og energikvalitet.

Elektricitet og magnetisme.

Kredsløb med lineære komponenter. Eksempler på ikke-lineære og aktive komponenter. Elektriske og magnetiske felter. Ladede partiklers bevægelse i homogene elektriske og magnetiske felter.

Bølger.

Bølgers udbredelse, interferens, spejling og brydning. Lyd. Elektromagnetiske bølger.

Atom-, kerne- og partikelfysik.

Atomers og atomkerners bestanddele. Atomers emission og absorption af stråling. Radioaktive henfald. Ioniserende stråling. Kernereaktioner. Ækvivalensen mellem masse og energi. Q-værdi, bindingsenergi og kernestruktur. Subnukleare partikler.

Mekanik.

Lineær bevægelse med konstant hastighed og med konstant acceleration. Lineær harmonisk bevægelse. Newtons love. Arbejde og energi. Bevægelse i homogene kraftfelter. Jævn cirkelbevægelse. Processer med ideale gasser. Mekanikkens energisætning. Stød. Gravitationsfeltet fra et centrallegeme, satellitbevægelse, kosmologi.

De tilladte hjælpemidler ved den skriftlige eksamen i fysik er: Kompendium i Fysik, Matematisk Formelsamling for obligatorisk niveau samt en lommeregner af godkendt type.

Energi og varme

1. Fjernvarme

Et hus opvarmes med fjernvarme. På en novemberdag var forbruget af varmt vand 140 liter/time. Temperaturen af vandet var 60°C ved indløbet og 30°C ved udløbet.

Angiv den effekt, hvormed vandet afgiver energi.

2. Elektrisk varmelegeme

Et elektrisk varmelegeme tilsluttes en spænding på 220 V. Strømstyrken gennem varmelegemet er da 9,1 A.

Varmelegemet er anbragt i et vandbad, der indeholder 12 liter vand med temperaturen 21°C . Man kan se bort fra varmekapaciteten af beholder og varmelegeme.

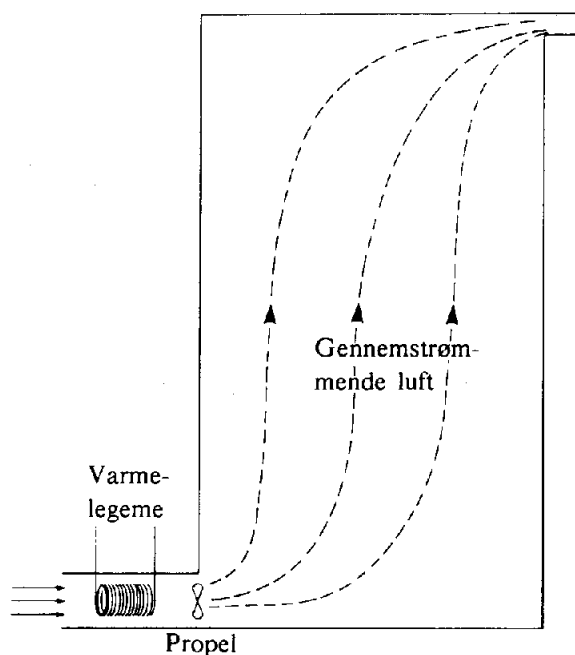
- a) Hvor længe varer det at varme vandet op til 65°C , idet der under opvarmningen er et tab til omgivelserne på 20%?

Når badet har nået temperaturen 65°C , holdes denne temperatur konstant idet varmelegemet styres af en termostat. Uden opvarmning ville temperaturen falde $0,70^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

- b) I hvor stor en brøkdel af tiden går der strøm gennem varmelegemet?

3. Tørreskab

Figuren viser et skab, hvor fugtigt tøj kan tørres ved hjælp af gennemstrømmende luft. Et varmelegeme opvarmer den indstrømmende luft med effekten 1100 W.



Før opvarmningen er luftens temperatur 20°C , og dens densitet er $1,20 \text{ g/L}$. Der indsuges $9,0$ liter pr. sekund. Luftens specifikke varmekapacitet er $1,00 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$.

- a) Hvad er luftens temperatur lige efter, at den har passeret varmelegemet?

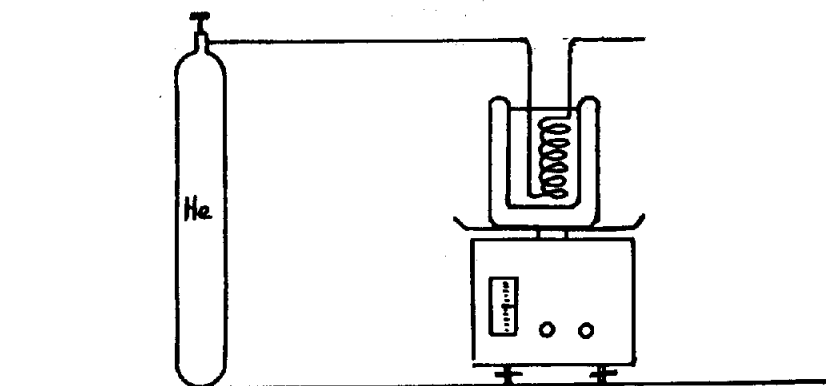
Inde i skabet afgiver luften varme, og man kan regne med, at al den afgivne varme bruges til at fordampe vand fra det fugtige tøj. Når luften strømmer ud af skabet, er dens temperatur 50°C .

- b) Beregn massen af den mængde vand, der fordamper i løbet af $2,0$ timer.

4. Heliums specifikke varmekapacitet

En åben beholder indeholder flydende nitrogen med temperaturen -196°C . På grund af energiudveksling med omgivelserne fordamper der $2,40 \text{ g}$ nitrogen i løbet af $5,0$ minutter. Nitrogens fordampningsvarme er 200 J/g .

- a) Beregn den effekt, hvormed den flydende nitrogen modtager energi.



Fra en trykflaske med helium ledes en langsom heliumstrøm under konstant tryk gennem beholderen. Helium før tilledningen har temperaturen 27°C og antager ved gennemstrømningen temperaturen -196°C . Der tilledes i alt $4,22\text{ g}$ helium i løbet af $8,0$ minutter, hvorved $18,42\text{ g}$ nitrogen fordampes.

- b) Bestem en værdi for heliums specifikke varmekapacitet.

5. Rumopvarmning

I et lille værelse er der en elektrisk radiator. Radiatoren er forsynet med en termostat, der tænder og slukker for radiatoren, således at rumtemperaturen holdes konstant på en ønsket værdi.

Når radiatoren er tændt, afgiver den energi med effekten 800 W . En vindstille dag er temperaturen uden for huset 0°C . Termostaten stilles på 20°C , og det viser sig, at radiatoren er tændt 45% af tiden.

- a) Hvor meget energi afgiver radiatoren i løbet af 6 timer på denne dag?

Værelset afgiver varme til omgivelserne med en effekt P , som er ligefrem proportional med forskellen mellem rumtemperaturen t_2 og temperaturen t_1 uden for huset, dvs.

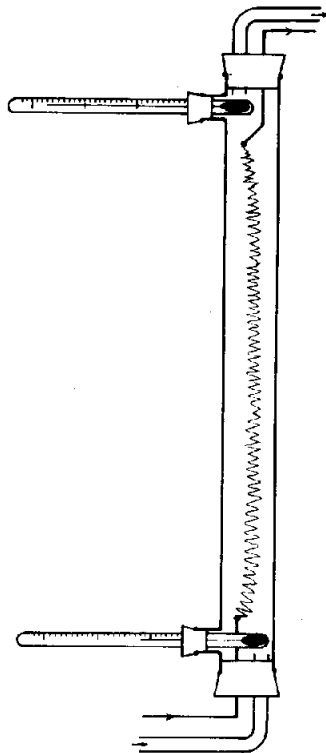
$$P = K \cdot (t_2 - t_1)$$

hvor K er en konstant.

En vindstille nat er det så koldt uden for, at radiatoren kun lige kan holde rumtemperaturen oppe på 20°C .

- b) Bestem temperaturen uden for huset den pågældende nat.

6. Bestemmelse af en væskes specifikke varmekapacitet



En metaltråd opspændes midt i et glasrør, hvorigennem der strømmer en væske. Der sendes strøm gennem metaltråden, så den afgiver energi med effekten 204 W. Der strømmer 261,8 g af en væske gennem røret pr. minut. Herved opvarmes væsken fra 22°C til 37°C .

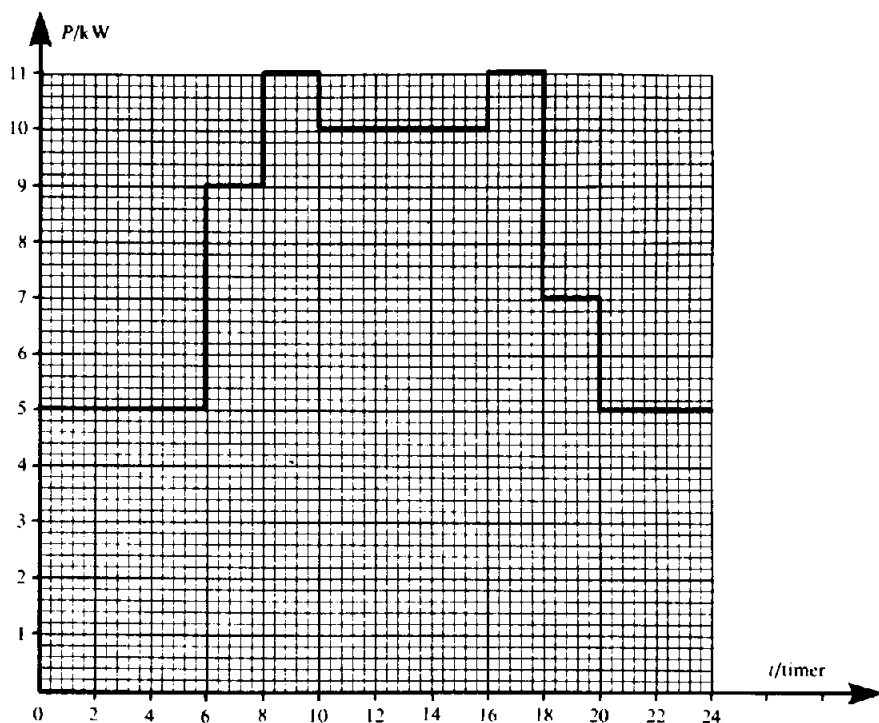
- a) Beregn en værdi for væskens specifikke varmekapacitet, idet der ikke tages hensyn til varmeudvekslingen med omgivelserne.

Der udføres nu et nyt forsøg med en anden gennemstrømningshastighed. Ved at sammenholde resultaterne fra det nye forsøg med resultaterne fra det første forsøg kan man opnå en bedre bestemmelse af væskens specifikke varmekapacitet.

Ved det nye forsøg finder man, at når der strømmer 39,8 g væske gennem røret pr. minut, må den effekt, hvormed energien afgives, formindskes til 43 W, for at væsken som før bliver opvarmet fra 22°C til 37°C ved gennemstrømningen.

- b) Hvor stor er den effekt, hvormed systemet afgiver energi til omgivelserne i de to forsøg?
Bestem heraf en bedre værdi for væskens specifikke varmekapacitet.

7. Anvendelse af solenergi til opvarmning



Grafen viser, hvorledes den elektriske effekt P , der omsættes i en mindre bebyggelse, varierer i løbet af et døgn.

- a) Hvor meget elektrisk energi forbruges i løbet af dette døgn?

Den elektriske energi leveres af en vindmølle. I det pågældende døgn producerer møllen $9,7 \cdot 10^8$ J. Den energi, der ikke bruges i bebyggelsen som elektrisk energi, ledes til en velisoleret vandfyldt tank. Den samlede varmekapacitet af tank med vand er $6,2 \cdot 10^7$ J/K.

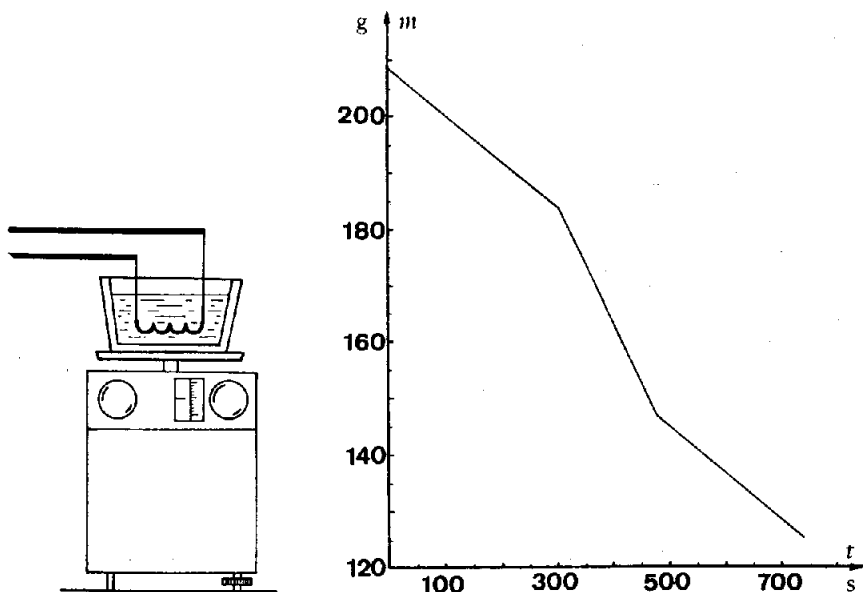
- b) Hvor meget stiger den vandfyldte tanks temperatur i løbet af det pågældende døgn?

Når møllepropellen drejer rundt, overstryger den et areal med størrelsen 80 m^2 vinkelret på vindretningen. Vinden nyttiggør en del af den kinetiske energi i den luft, som passerer dette areal.

Luftens densitet er $1,26 \text{ kg/m}^3$, og man kan regne med, at vindhastigheden er konstant og har størrelsen $8,6 \text{ m/s}$ hele det pågældende døgn.

- c) Hvor mange procent udgør i dette døgn den elektriske energi, som vindmøllen producerer, af den kinetiske energi i den luftmasse, som passerer arealet?

8. Fordampningsvarme for nitrogen



En beholder med flydende nitrogen er anbragt på en vægt. Et varmelegeme er neddyppet i flydende nitrogen uden at berøre beholderen.

Der foregår en fordampning fra væskeoverfladen. Grafen viser, hvorledes massen m af det flydende nitrogen varierer med tiden t . I tidsrummet fra $t = 300$ s til $t = 475$ s er varmelegemet tændt.

- a) Bestem, hvor mange gram nitrogen, der fordamper pr. sekund både når varmelegemet er tilsluttet, og når varmelegemet ikke er tilsluttet.

Når varmelegemet er tændt, afgiver det energi med effekten 27 W.

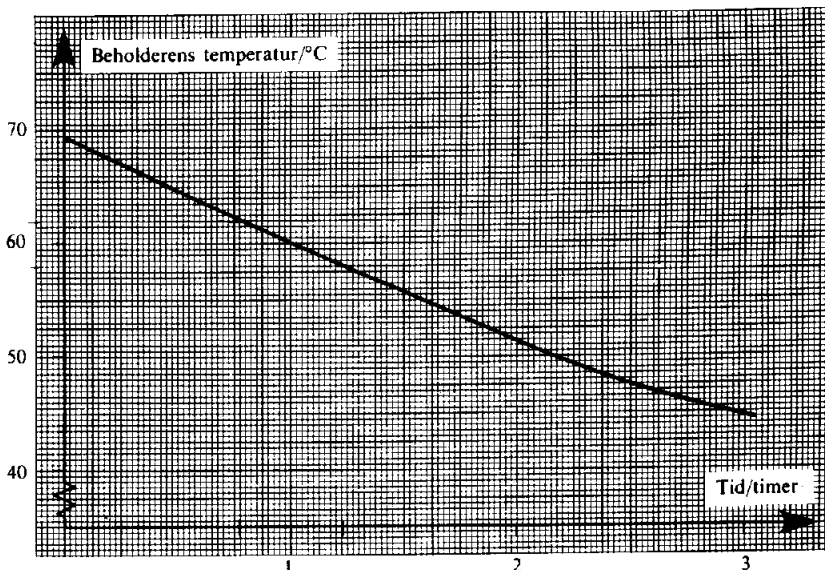
- b) Beregn nitrogens fordampningsvarme.

9. Vandvarmer

Et sommerhus får varmt vand fra en vandvarmer. Vandvarmeren indeholder 30 L vand. Varmekapaciteten for beholder og varmelegeme er $5,4$ kJ/K.

- a) Hvor stor er den samlede varmekapacitet for beholder, varmelegeme og vand?

Efter opvarmning afbrydes varmelegemet. Temperaturen i beholderen aftager da som vist på grafen.

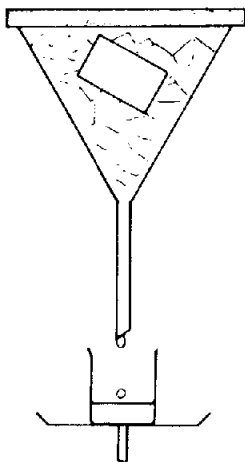


- b) Med hvilken effekt afgiver vandvarmeren energi, mens temperaturen falder fra $62,0^{\circ}\text{C}$ til $58,0^{\circ}\text{C}$?

Varmelegemet tilsluttes på ny. Det tilfører energi til vandet med effekten 1200 W.

- c) Hvor lang tid tager det at øge temperaturen fra $58,0^{\circ}\text{C}$ til $62,0^{\circ}\text{C}$?

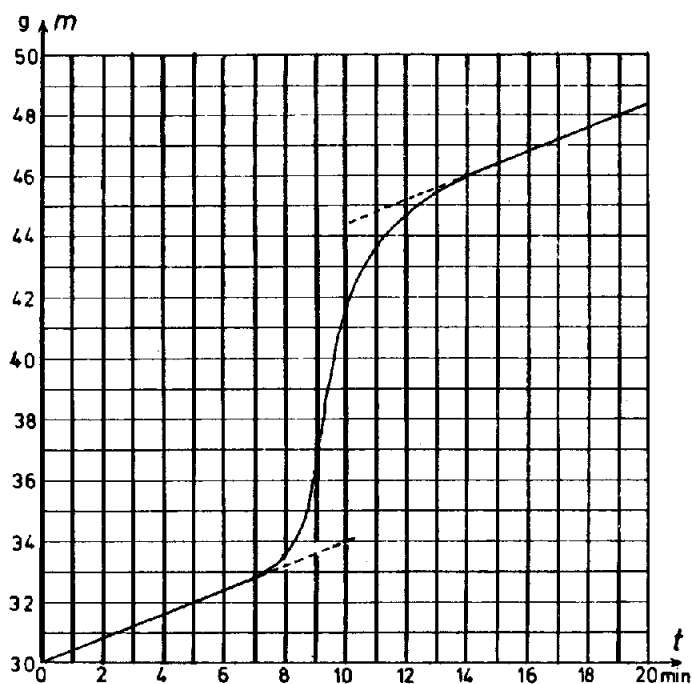
10. Måling af et lods temperatur



I en tragt anbringes knust is, og der lægges et isolerende låg over. Smeltevand løber ned i et bægerglas, der er anbragt på en vægt. Når smeltningen er godt i gang, aflæses vægten hvert minut.

Efter nogen tids forløb flyttes et varmt messinglod over i tragt med is, og låget lægges på plads på ny. Loddets masse er 120 g.

Sammenhængen mellem de aflæste tider og vægtens visning ses af grafen på figuren.



- Beregn den effekt, hvormed der tilføres energi til tragt med indhold fra omgivelserne.
- Bestem loddets temperatur, når det anbringes i tragten.

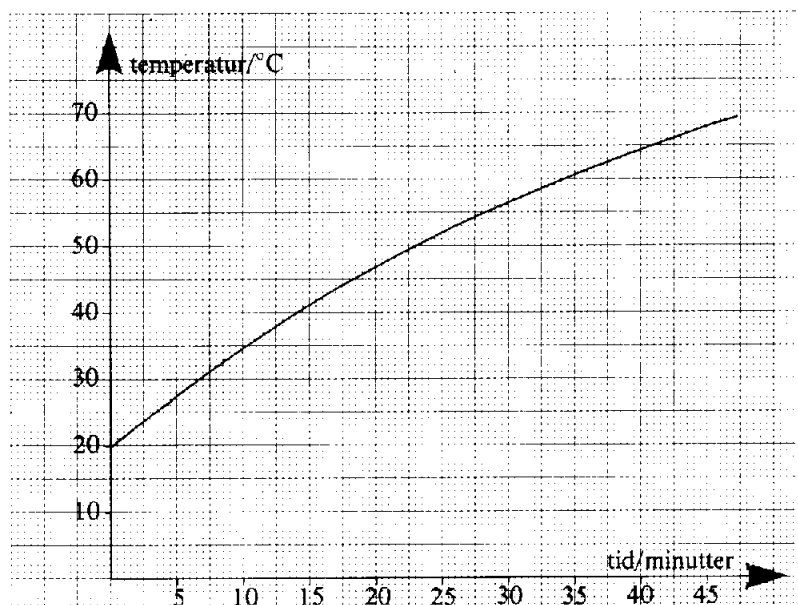
Messings specifikke varmekapacitet er $380 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

11. Solopvarmning af vand

Et vandfyldt kar stilles i solen, hvorved det opvarmes. Grafen viser karrets temperatur som funktion af tiden, regnet fra det øjeblik, hvor karret blev stillet i solen.

Varmekapaciteten af det vandfyldte kar er $7,2 \text{ kJ/K}$.

- Bestem den gennemsnitlige effekt, hvormed det vandfyldte kars indre energi vokser i løbet af de første 20 minutter.



Grafens krumning skyldes, at der afgives varme til omgivelserne. Omgivelsernes temperatur er 20°C .

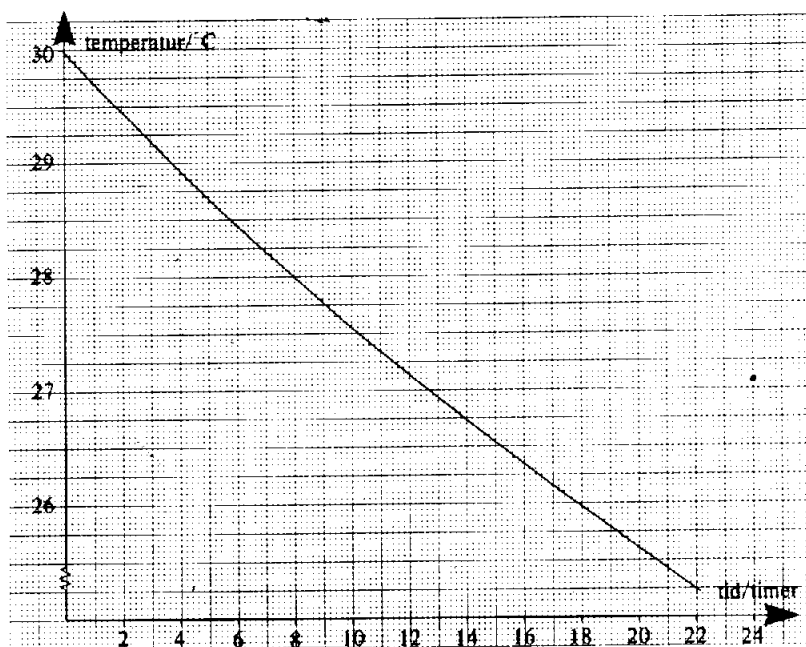
- b) Tegn en graf, som viser, hvordan karrets temperatur ville ændre sig, hvis der ikke skete varmeafgivelse til omgivelserne.

Bestem på grundlag heraf den effekt, hvormed solen tilfører karret energi, samt den effekt, hvormed der afgives varme til omgivelserne, når karrets temperatur er 47°C .

12. Vandseng

Madrassen i en vandseng er en elastisk beholder, som er fyldt med 710 kg vand. Massen af seng og madras uden vand er 55 kg. Sengen står på fire ben, som hver har tværsnitsarealet 110 cm^2 .

- a) Beregn det tryk, som sengens ben udøver på gulvet, når madrassen er fyldt med vand.



Vandet opvarmes af et elektrisk varmelegeme med effekten 390 W. Varmekapaciteten af seng og madras uden vand er uden betydning.

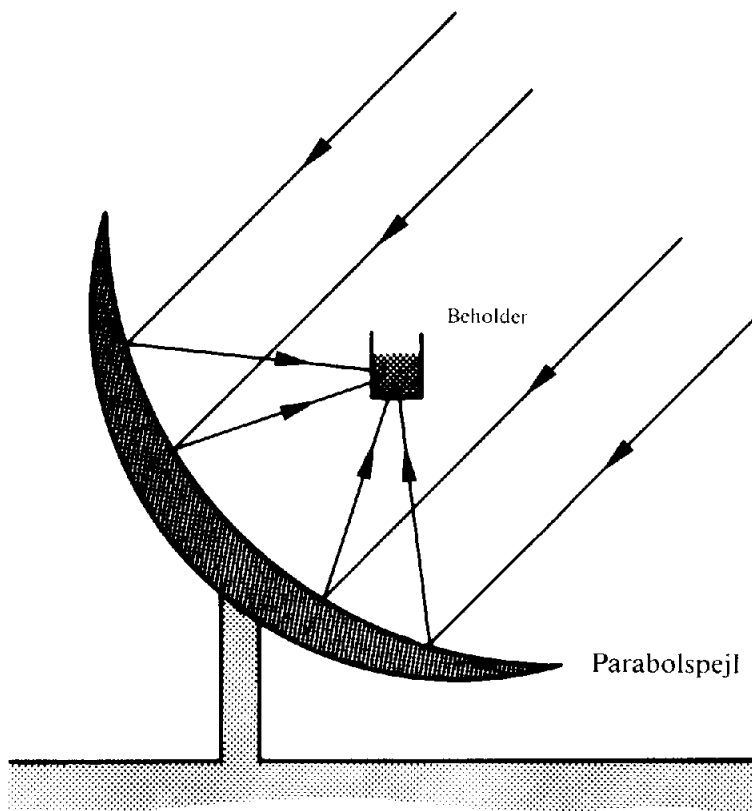
- b) Beregn hvor lang tid det tager at opvarme vandet i madrassen fra 17°C til 30°C , idet der ses bort fra varmeudveksling med omgivelserne.

Vandet opvarmes til 30°C , hvorefter varmelegemet slukkes. Grafen viser, hvorledes temperaturen derefter aftager som funktion af tiden. Omgivelsernes temperatur er hele tiden 17°C .

- c) Bestem den effekt, hvormed vandet skal tilføres varme, for at vandets temperatur kan holdes konstant på 27°C .

13. Solenergi til opvarmning af vand

Energien i solstrålingen kan udnyttes til opvarmning af vand. Et parabolspejl 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 beholder med vand.

- a) Beregn den energi, som beholder med vand modtager i løbet af et minut.

Beholder med vand opvarmes fra 20°C til 100°C i løbet af $6,0$ minutter. Varmekapaciteten af beholder med vand er $3,7 \text{ kJ/K}$.

- b) Beregn den energi, som beholder med vand afgiver til omgivelserne under opvarmningen.

Vandet koger i $3,0$ minutter. Effekttabet til omgivelserne fra beholder med vand er

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

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

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

14. Varmeledning

En lille dåse L af aluminium med massen $39,0\text{ g}$ fyldes med $48,7\text{ g}$ vand. Aluminiums specifikke varmekapacitet er $0,896\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$.

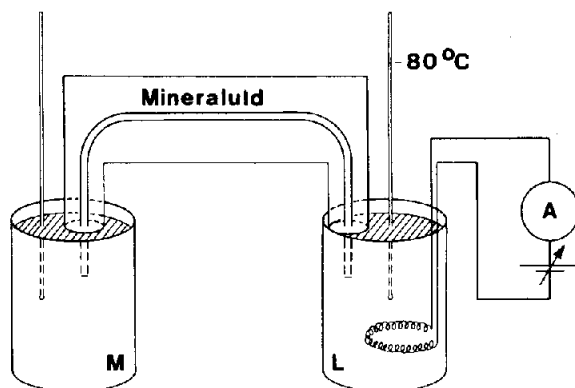
- a) Beregn varmekapaciteten af dåse med indhold.

Ved hjælp af en elektrisk varmetråd opvarmes vandet i dåsen til temperaturen 80°C , hvorefter strømmen gennem varmetråden afbrydes. Derefter falder temperaturen i dåsen i løbet af $5,0$ minutter til 27°C .

- b) Beregn den gennemsnitlige effekt, hvormed dåsen afgiver varme til omgivelserne under afkølingen.

Varmetråden har resistansen $8,7\ \Omega$. Det viser sig, at strømstyrken gennem tråden skal være $3,1\text{ A}$, for at temperaturen i dåsen kan holde sig konstant på 80°C . Dåsen afgiver varme til omgivelserne med en effekt, som er proportional med differensen mellem temperaturen i dåsen og stuetemperaturen. Stuetemperaturen er 21°C .

- c) Bestem proportionalitetskonstanten.



En anden aluminiumsdåse M fyldes med koldt vand. M afgiver også varme til omgivelserne med en effekt, der er proportional med differensen mellem temperaturen i M og stuetemperaturen. For M er proportionalitetskonstanten $1,67 \text{ W/K}$.

En U-formet stang af kobber fastspændes, så dens ender dypper ned i vandet i dåserne. Den tørre del af stangen isoleres med mineraluld. Temperaturen i dåse L holdes konstant på 80°C . Kobberstangen leder nu varme med effekten

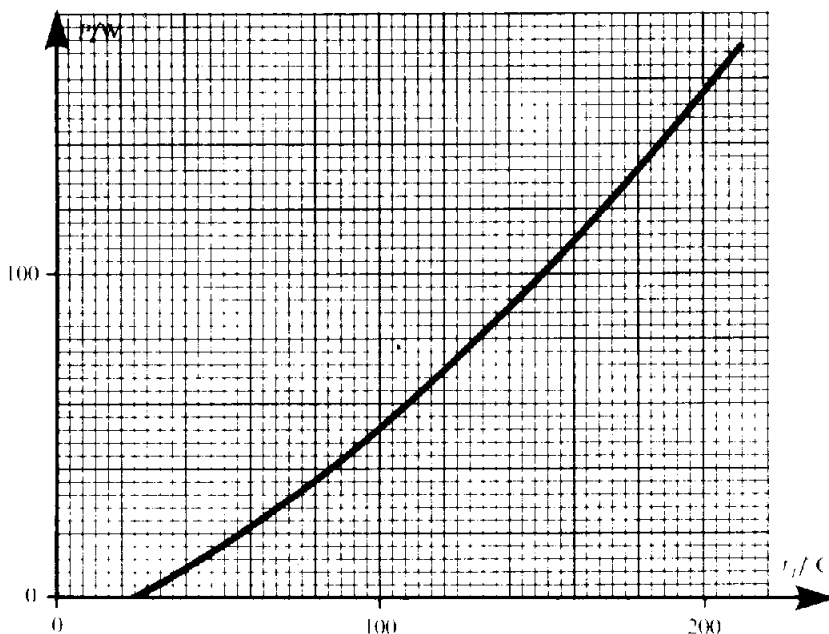
$$P = 0,189 \frac{\text{W}}{\text{K}} \cdot (t_L - t_M)$$

hvor t_L og t_M er temperaturerne i henholdsvis L og M. Efter lang tids forløb er også temperaturen i M konstant.

- d) Bestem den konstante værdi, som temperaturen i M til sidst antager.

15. Strygejern

Et strygejern opvarmes af et elektrisk varmelegeme. Når strygejernet bliver varmt, afgiver det varme til omgivelserne. Grafen viser den effekt P , hvormed denne varmeafgivelse sker, som funktion af strygefladens temperatur t_f .



- a) Hvilken resistans skulle varmelegemet have, hvis temperaturen t_f efter nogen tid skulle være konstant lig med 140°C , når varmelegemet hele tiden var tilsluttet 220 V?

Imidlertid er strygejernet termostatstyret, og varmelegemets resistans er i virkeligheden $48,5\ \Omega$. Med en bestemt indstilling af termostatkappen tilslutter man nu strygejernet 220 V. Når det er blevet tilstrækkelig varmt, afbryder termostaten strømmen gennem varmelegemet. Strygejernet afkøles lidt, hvorefter termostaten tilslutter varmelegemet igen. Dette forløb gentager sig. Efterhånden indtræder en situation, hvor perioderne med varmelegemet tilsluttet alle varer 12 s, og perioderne uden strøm gennem varmelegemet alle varer 18 s.

- b) Beregn den gennemsnitlige effekt, hvormed varmelegemet tilfører strygejernet energi.
Find en gennemsnitsværdi for strygefladens temperatur t_f i denne situation.

Lidt efter, at strygejernet blev tilsluttet 220 V, passede strygefladens temperatur t_f værdien 100°C . Det varede 3,0 s at hæve strygejernets temperatur $5,0^\circ\text{C}$ omkring denne temperatur.

- c) Bestem en værdi for strygejernets varmekapacitet.

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 isoleringsmætter,

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.

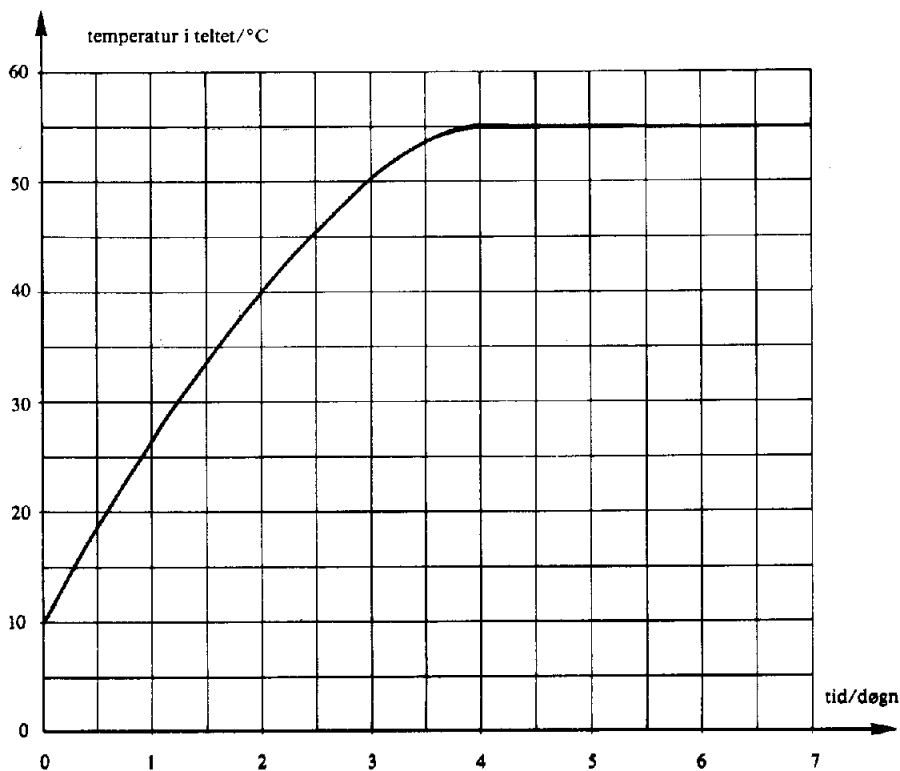
Varmekanonen, der blæser varm luft ind i huset, omsætter energi med effekten 500 kW. Den bruger fyringsolie med en brændværdi på 43 MJ/kg.

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

Man kan regne med, at huset består af to typer bygningsmateriale.

materiale	masse	specifik varmekapacitet
murværk	1900 t	$0,90 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
træværk	80 t	$1,50 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

- 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, hvordan 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

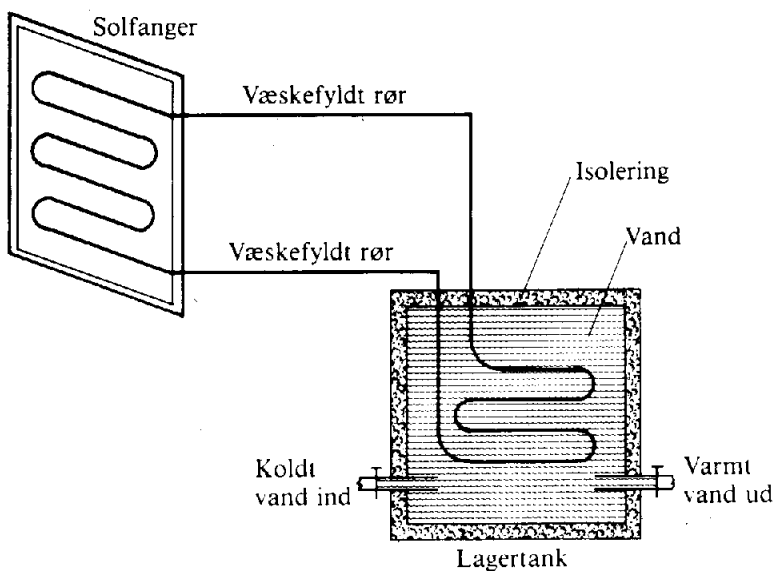
$$P = 7,7 \frac{\text{kW}}{\text{K}} \cdot (t - t_0)$$

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

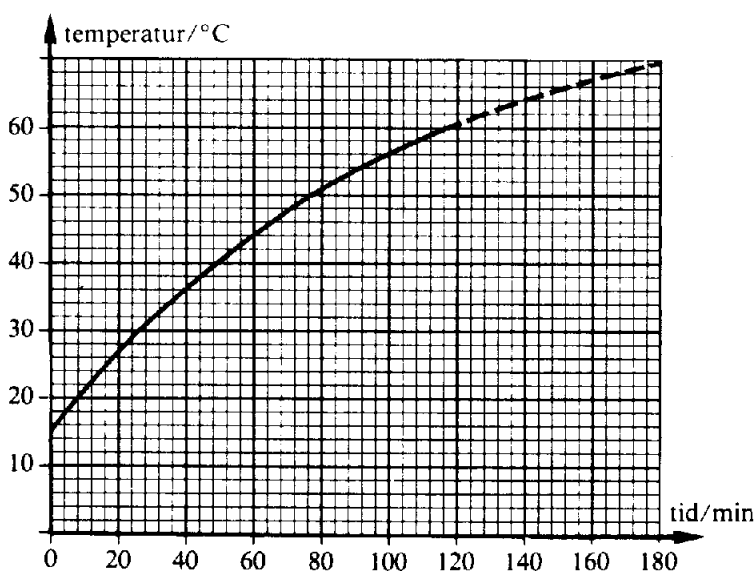
17. Solvarmeanlæg

Figur 1 viser en principskitse af et solfangeranlæg. Lagertanken fyldes med koldt vand, og anlægget startes, idet en væske bringes til at cirkulere i rørene mellem solfanger og lagertank. Grafen på figur 2 viser temperaturen i lagertanken som funktion af den tid, der er gået, siden anlægget blev startet. Lagertanken indeholder 50 L vand.

- a) Hvor meget energi oplagres i vandet i løbet af de første 100 minutter efter anlæggets start?



Figur 1



Figur 2

Når vandets temperatur er blevet 60°C , tappes der 20 L varmt vand fra tanken. Tanken fyldes op igen med 20 L vand med temperaturen 15°C . Det kolde og varme vand blandes hurtigt, så der bliver samme temperatur overalt i lagertanken.

- b) Hvor længe varer det, inden vandet i tanken igen har temperaturen 60°C ?

18. Deponering i indlandsisen

Det har været forslået at deponere radioaktivt affald i indlandsisen. En stålbeholder med det radioaktive affald tænkes anbragt lige under indlandsisens overflade. Aktiviteten af det radioaktive affald har halveringstiden 30 år.

På grund af de radioaktive processer i affaldet afgiver beholderen i begyndelsen energi til omgivelserne med en effekt på 270 W. I tidens løb aftager effekten på samme måde som aktiviteten af affaldet, dvs med samme halveringstid. Så længe den afgivne effekt er større end 130 W, smelter beholderen sig ned gennem isen.

- a) Bestem hvor lang tid efter deponeringen beholderen fortsætter med at synke.

Mens beholderen synker, bruges de 130 W til at forøge omgivelsernes temperatur, så den is, der smelter, har temperaturen 0°C . Den del af den afgivne effekt, der overstiger 130 W, bruges til at smelte is. For hver meter, beholderen synker, smeltes 87 kg is.

- b) Bestem, hvor langt beholderen smelter sig ned i løbet af de første 30 døgn.

Det kan beregnes, at beholderen i alt afgiver varmemængden $1,9 \cdot 10^{11} \text{ J}$ i det tidsrum, der går, fra beholderen deponeres, og indtil den ikke synker dybere.

- c) I hvilken dybde under indlandsisens overflade vil beholderen ophøre med at bevæge sig?

Indlandsisen er ca 3 km tyk og antages at være i ro på deponeringsstedet.

✕ 19. Nedkørsel fra bjergpas

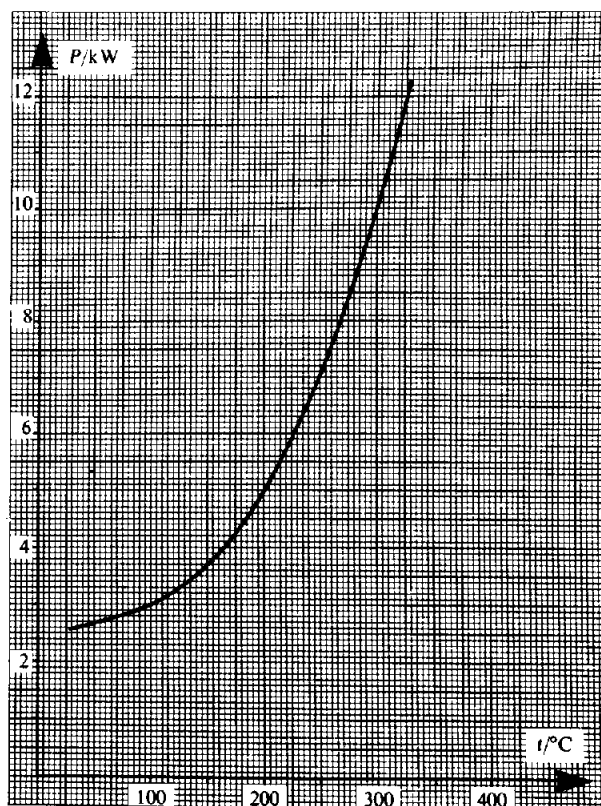
En bil kører ned fra et bjergpas. Bil med passager har massen 1320 kg. Højdeforskellen mellem passets top og dalens bund er 860 m. Man kan regne med, at hele tabet i potentiel energi bliver til indre energi i bilens skivebremser. Skivebremsernes samlede varmekapacitet er 16 kJ/K.

Antag først, at man kan se bort fra varmeudveksling mellem skivebremserne og omgivelserne.

- a) Hvor meget stiger skivebremsernes temperatur da under nedturen?

Bilens fart er konstant 20 km/h. Længden af vejen mellem passets top og dalens bund er 6,1 km. Vejens hældning er konstant.

- b) Hvor meget stiger skivebremsernes temperatur per sekund?



Skivebremserne afgiver imidlertid varme til omgivelserne. Grafen viser, hvorledes den effekt P , hvormed skivebremserne afgiver varme, afhænger af skivebremsernes temperatur t .

- c) Hvad er den højeste temperatur, som skivebremserne kan opnå under nedturen?

20. Effektenheder

I 1827 fandtes i kammerherre Mommers bryggeri, Nygade 89 i København, en dampmaskine, som kunne yde arbejde med effekten 2 hestekræfter. Den brugte da en skæppe kul i timen. En skæppe er et gammelt rummål lig 17,4 L. Kul har brændværdien 29 MJ/kg og densiteten 800 kg/m³. Effektenheden en hestekraft er lig 736 W.

Hvor mange procent udgjorde den effekt, hvormed dampmaskinen ydede arbejde, af den effekt, hvormed der blev omsat energi ved forbrændingen af kullene?

Elektricitet og magnetisme

1. Kogeplade

Inden i en kogeplade er der to resistorer I og II med resistanserne 54Ω og 81Ω .

En omskifter kan lægge netspændingen 220 V over hver af resistorerne for sig, over de to resistorer koblet i serie eller over de to resistorer koblet parallelt.

Find den effekt, der afsættes i kogepladen i hver af de fire koblinger.

2. Elpære

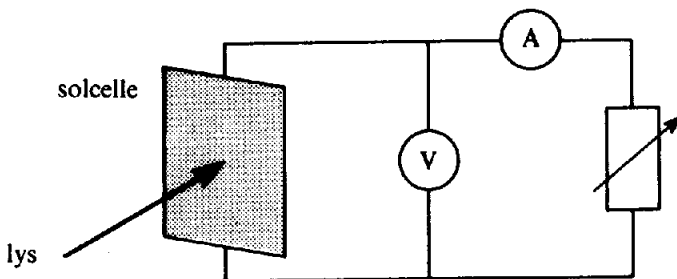
En bestemt type elpære omsætter effekten 100 W , når spændingsfaldet over glødetråden i den er 220 V .

a) Hvor stor er glødetrådens resistans?

Glødetrådens resistans ved 0°C er 46Ω , og dens temperaturkoefficient for resistans er $4,8 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

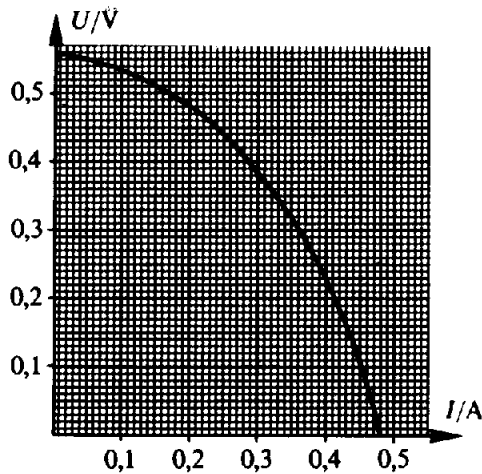
b) Hvad er trådens temperatur, når spændingsfaldet over den er 220 V ?

3. Solcelle



Figur 1.

En solcelle er en komponent, der kan omsætte solstrålingens energi til elektrisk energi, således at solcellen kan bruges som strømforsyning. En solcelle anbringes i konstant belysning. Den kobles til en resistor med variabel resistans i et kredsløb som vist på figur 1. Når resistansen varieres, ændres strømstyrken I gennem solcellen og spændingsforskellen U over den. Grafen på figur 2 viser sammenhængen mellem U og I .



Figur 2.

For en bestemt værdi R_1 af den variable resistans er strømstyrken i kredsen 0,30 A. Amperemetrets resistans er uden betydning.

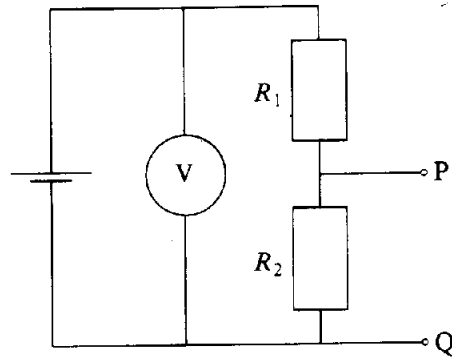
a) Bestem R_1 .

Den variable resistor indstilles nu på $R_2 = 2,0 \Omega$.

b) Bestem ved en grafisk metode strømstyrken i kredsen.

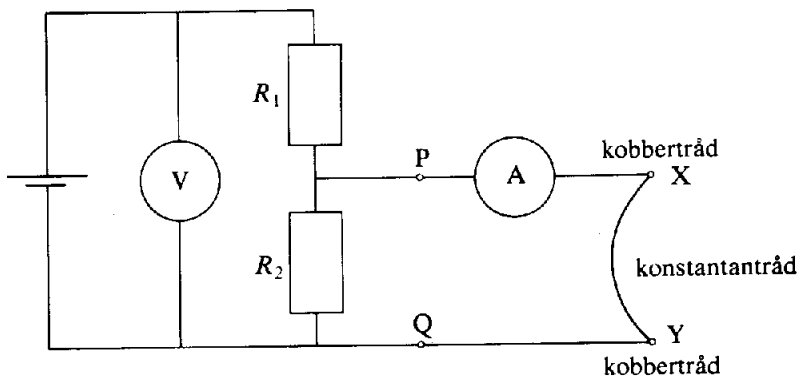
4. Termoelement

Figur 1 viser et kredsløb bestående af en spændingskilde, et voltmetret og to resistorer med resistanserne $R_1 = 490 \Omega$ og $R_2 = 2,00 \Omega$. Voltmetret viser 1,50 V.



Figur 1.

- Bestem strømstyrken gennem de to resistorer.
- Bestem spændingsforskellen mellem punkterne P og Q.



Figur 2.

Ved P og Q tilsluttes nu et amperemeter og et såkaldt termoelement som vist på figur 2. Termoelementet har en elektromotorisk kraft U_0 , der er proportional med temperaturforskellen mellem X og Y, idet der gælder

$$U_0 = 43 \frac{\mu\text{V}}{\text{K}} \cdot (t_x - t_y)$$

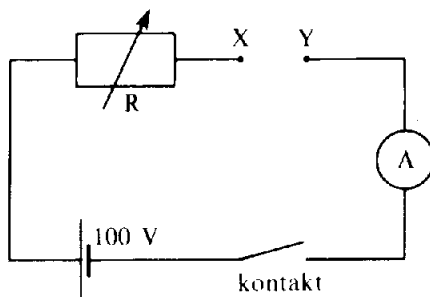
hvor t_x og t_y er temperaturerne ved henholdsvis X og Y.

- Hvad er temperaturforskellen mellem X og Y, når strømstyrken gennem amperemetret er 0 A?

5. Elektrisk sikring

Et stykke konstantantråd med tværsnitsarealet $0,035 \text{ mm}^2$ har resistansen $0,30 \Omega$. Materialekonstanter for konstantan findes i tabellen nedenfor.

- a) Hvor langt er trådstykket ?



FIGUR 1

Trådstykket anbringes mellem punkterne X og Y i diagrammet på figur 1.

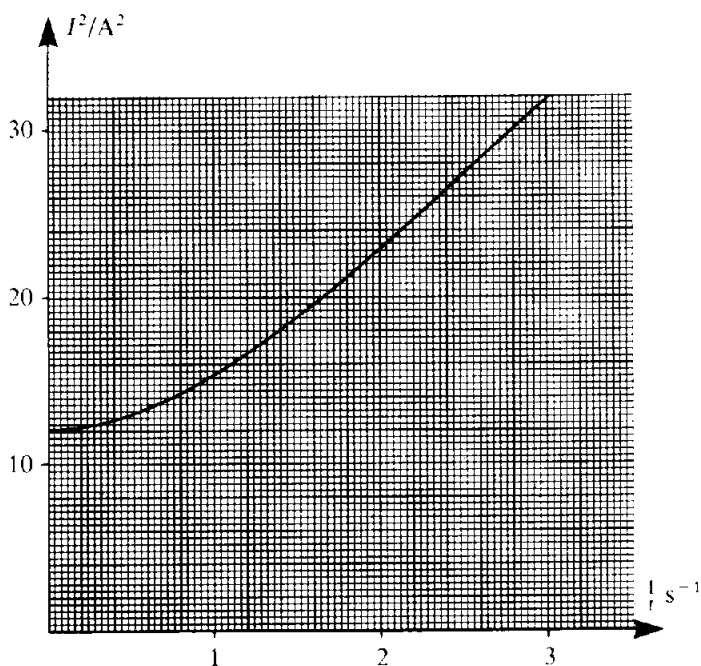
Spændingskilden leverer en konstant spændingsforskel på 100 V. Amperemetrets resistans er $0,20 \Omega$. Man kan regulere strømstyrken i kredsen ved at ændre resistansen af R .

- b) Hvilken værdi har resistansen R , når strømstyrken er $3,00 \text{ A}$?

Der sendes nu en strøm med strømstyrken $6,0 \text{ A}$ gennem trådstykket. Tråden har til at begynde med temperaturen 20°C , og den brænder over, så snart dens temperatur når smeltepunktet.

- c) Hvor længe vil det vare, før tråden brænder over, såfremt der ikke afgives varme fra tråden til omgivelserne?

Opstillingen benyttes til at måle, hvor længe det varer, før et trådstykke brænder over ved forskellige strømstyrker. Når kontakten sluttes, starter et ur, og det standser igen, når trådstykket er brændt over.



FIGUR 2

Grafen på figur 2 viser resultaterne fra en forsøgsrække, hvor der måles på trådstykker magen til det ovenfor nævnte. I^2 er afbildet som funktion af $1/t$, hvor I er strømstyrken i et bestemt forsøg, og t er den tid, som uret målte.

- d) Tegn en graf, der viser, hvordan sammenhængen mellem I^2 og $1/t$ ville være, hvis der ikke blev afgivet varme til omgivelserne.

Beregn den effekt, hvormed der afgives varme til omgivelserne, når tråden er opvarmet til smeltepunktet.

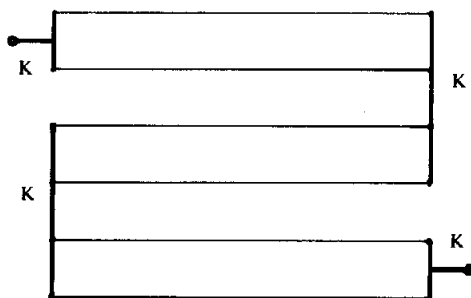
Materialekonstanter for konstantan:

Resistivitet	0,49 ($\Omega \cdot \text{mm}^2$)/m
Densitet	8,6 g/cm ³
Specifik varmekapacitet	0,39 J/(g · K)
Smeltepunkt	1250°C

✓ 6. Varmelegeme til bilbagrude

En metaltråd med længden 1,10 m og tværsnitsarealet $0,15 \text{ mm}^2$ er lavet af et materiale med resistiviteten $0,41 (\Omega \cdot \text{mm}^2)/\text{m}$.

- a) Beregn trådens resistans.



Seks metaltråde af denne type forbindes som vist på figur, hvorved der dannes et varmelegeme. Man kan se bort fra resistansen i forbindelsesstykkerne mærket K.

- b) Beregn varmelegemets samlede resistans.

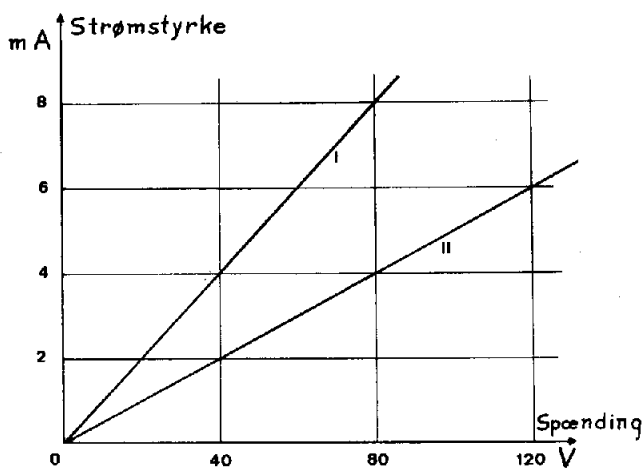
Varmelegemet tilsluttes en akkumulator med elektromotorisk kraft 12,0 V og indre resistans $0,30 \Omega$.

- c) Beregn den effekt, hvormed der afsættes elektrisk energi i varmelegemet.

7. Karakteristik

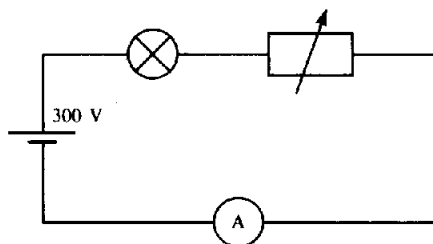
Figuren viser karakteristikkene for to resistorer R_I og R_{II} .

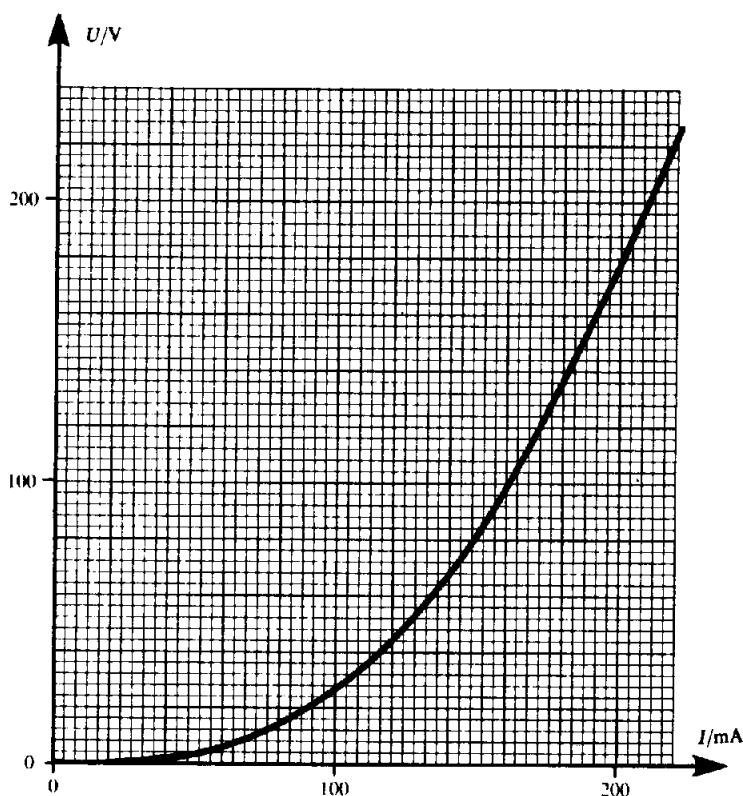
Tegn karakteristikkene for en seriekobling af de to resistorer.



8. Glødelampe

Grafen viser, hvorledes spændingsfaldet U over en glødelampe afhænger af strømstyrken I gennem glødelampen. Glødelampen kobles i serie med en resistor med variabel resistans og tilsluttes en spændingskilde på 300 V.





Den variable resistor indstilles, så strømstyrken i kredsen bliver 200 mA.

- a) Hvor mange procent af den effekt, der ialt afsættes i kredsen, afsættes i glødelampen?
- b) Hvad er i denne situation resistansen af den variable resistor?

Den effekt, som afsættes i glødelampen, kaldes P , og spændingsfaldet over glødelampen kaldes U .

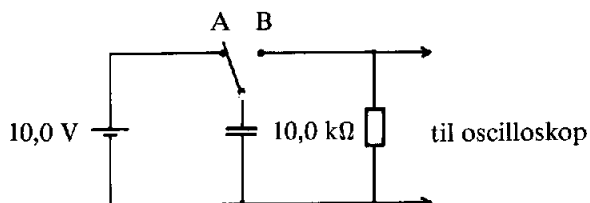
- c) Udfyld en tabel som nedenstående.
Tegn ved hjælp af tabellen en graf, der viser P som funktion af U .

U	50 V	100 V	150 V	200 V
P				

Hvis effekten P i længere tid overstiger 40 W, ødelægges glødelampen.

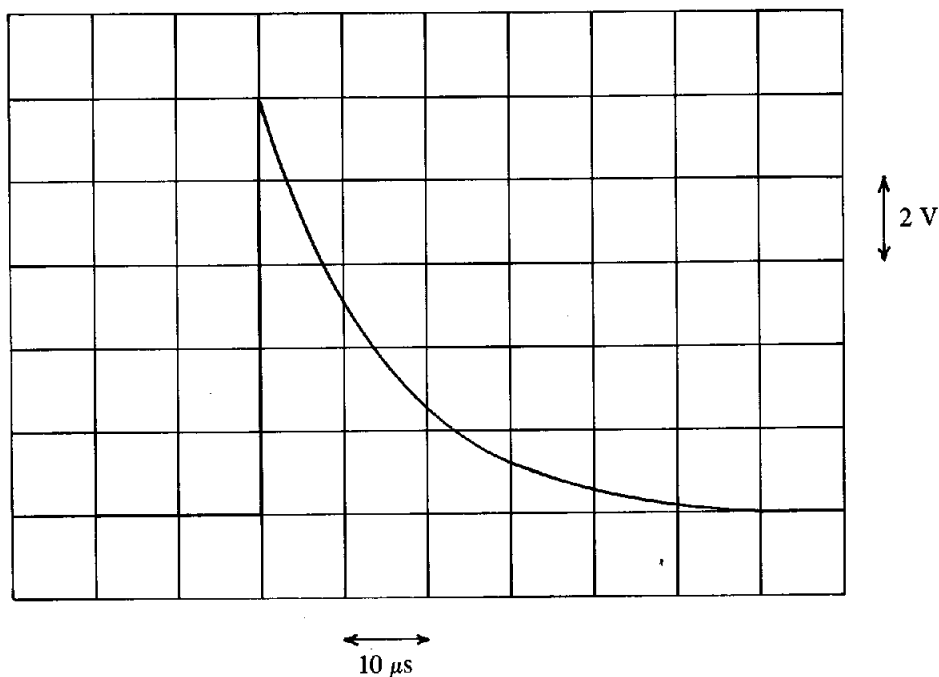
- d) Hvad er den mindste værdi, som resistansen af den variable resistor kan være indstillet på i længere tid, uden at glødelampen ødelægges?

9. Måling af kapacitans



Figur 1.

Opstillingen på figur 1 kan benyttes til bestemmelse af kapacitansen for en kapacitor.

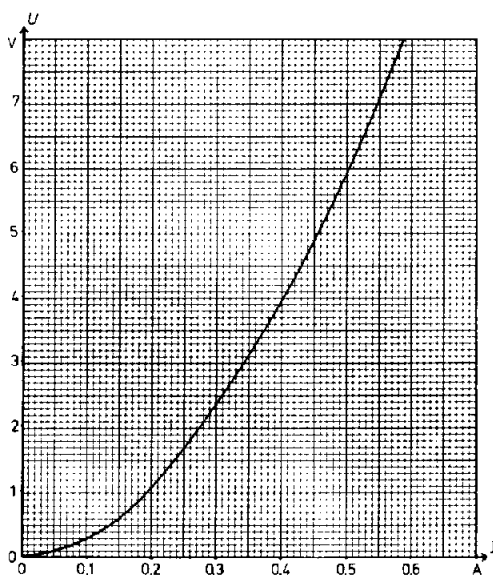


Figur 2.

Med kontakten i stilling A er spændingsfaldet over kapacitoren 10,0 V. Med kontakten i stilling B aflades kapacitoren gennem en resistor med resistansen 10,0 k Ω . Et oscilloskop viser spændingsfaldet over denne resistor. Oscilloskopets skærbillede er vist på figur 2.

- Beregn størrelsen af den maksimale strømstyrke gennem resistoren under afladningen.
- Find ved en grafisk metode en tilnærmet værdi for størrelsen af den elektriske ladning, som passerer resistoren under afladningen.
- Bestem en værdi for kapacitorens kapacitans.

10. Kredsløb med glødelampe

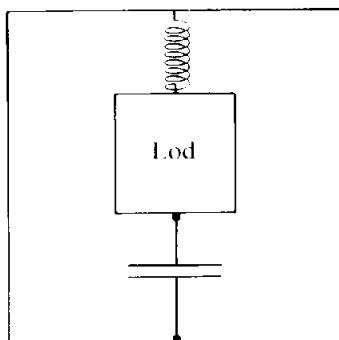


Figuren viser karakteristikken for en glødelampe. Et batteri har den elektromotoriske kraft 6,0 V og indre resistans 1,50 Ω . Når glødelampen tilsluttes batteriet, indstiller der sig en bestemt strømstyrke i kredsløbet.

Find denne strømstyrke, fx ved en grafisk metode.

11. Jordskælv

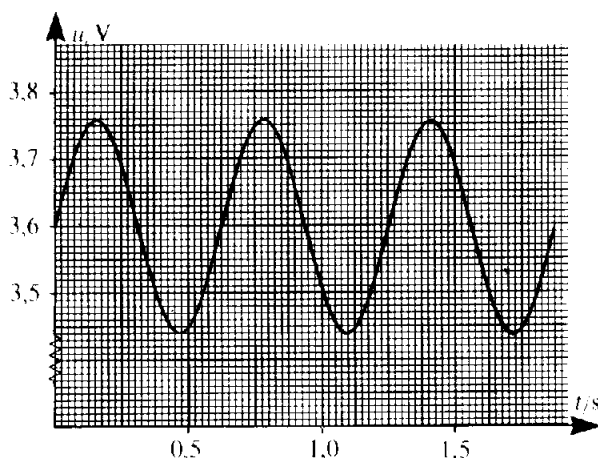
Ved registrering af jordskælv anvendes fx seismografer og seismometre. Skitsen viser, hvorledes et seismometer i princippet er opbygget.



Et lod hænger i en fjeder inde i en lufttom beholder. Den ene plade af en pladekapacitor er fastgjort til loddet, og den anden plade er fastgjort til beholderens bund. Begge plader er fastgjort ved hjælp af elektrisk isolerende materiale.

Kapacitorens plader oplades, indtil spændingsforskellen mellem dem er 3,60 V. Ladningerne på pladerne er numerisk lige store. Pladearealet er 30 cm^2 , og pladeafstanden er 2,5 mm.

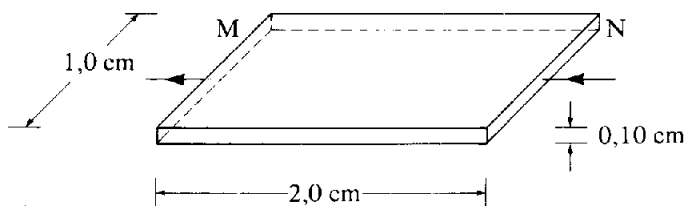
- a) Beregn størrelsen af ladningen på en af pladerne.



Loddet sættes nu i lodrette svingninger. Spændingsforskellen U mellem pladerne varierer derefter som funktion af tiden t som vist på grafen nedenfor. Massen af det svingende system er 27 kg.

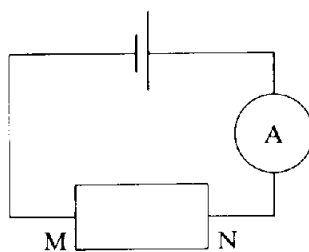
- b) Find fjederkonstanten.
- c) Bestem loddets maksimale udsving fra ligevægtsstillingen.

12. Hall-effekt



Figur 1.

Figur 1 viser et kasseformet stykke halvledermateriale. Længden er 2,0 cm, bredden 1,0 cm og højden 0,10 cm. Det anbringes som vist på figur 2 i et elektrisk kredsløb.

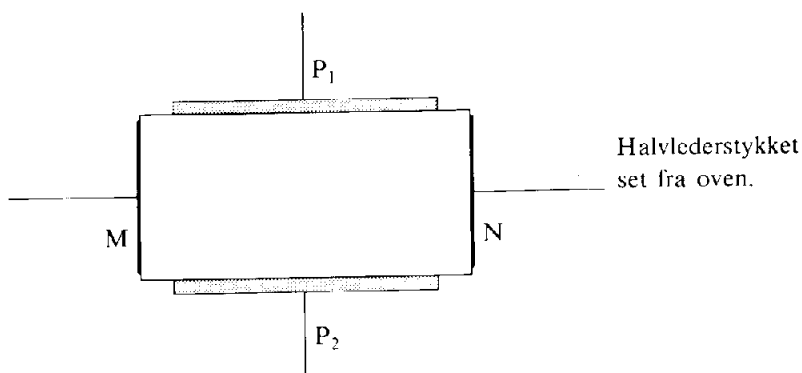


Figur 2.

Spændingsforskellen mellem endefladerne N og M er 2,4 V, og strømstyrken i kredsløbet er 30 mA.

- a) Bestem halvledermaterialets resistivitet.

To metalplader P_1 og P_2 anbringes lige over for hinanden på de to lodrette sideflader. Se figur 3.

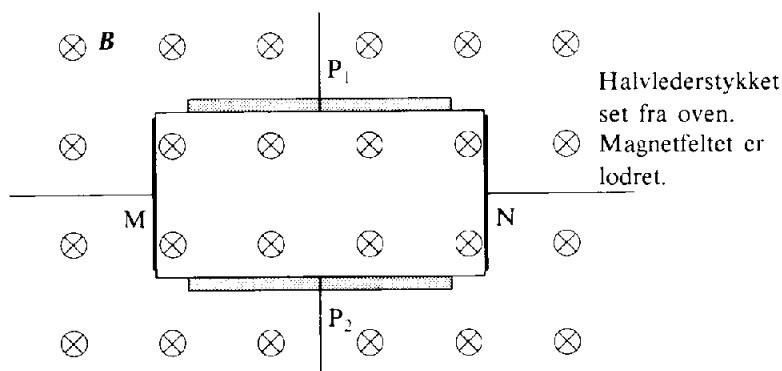


Figur 3.

En spændingsforskel mellem P₁ og P₂ giver anledning til et elektrisk felt i halvledermaterialet.

- b) Hvor stor er den kraft, som dette felt påvirker en elektron med, når spændingsforskellen mellem P₁ og P₂ er 31 mV?

Halvledermaterialet anbringes nu i et homogent magnetfelt, så den magnetiske fluxtæthed B står vinkelret på de to vandrette sideflader. Størrelsen af B er 100 mT. Se figur 4.



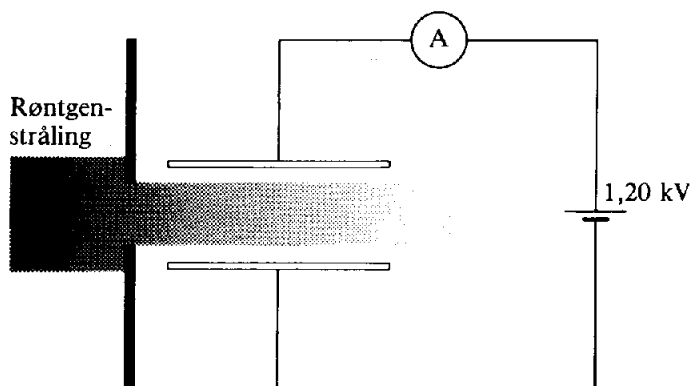
Figur 4.

Der sendes igen en strøm med strømstyrken 30 mA gennem halvledermaterialet fra N til M. På grund af magnetfeltet er der en spændingsforskel mellem P₁ og P₂ på 31 mV. I denne situation bevæger de frie elektroner sig retlinjet gennem materialet fra M til N.

- c) Med hvilken fart bevæger de frie elektroner sig gennem materialet fra M til N ?
- d) Hvor mange frie elektroner findes der i 1 m^3 af det benyttede halvledermateriale ?

13. Røntgendosis

En spændingskilde, en pladekapacitor og et amperemeter er koblet som vist på figuren. Spændingsforskellen mellem pladerne er $1,20 \text{ kV}$, og pladeafstanden er 35 mm .



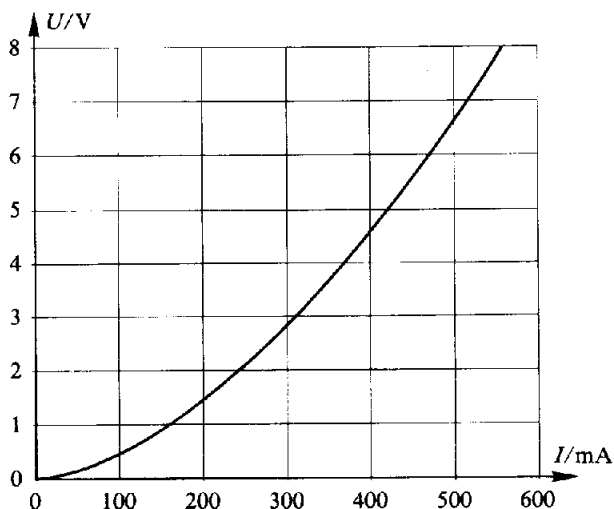
Pladearealet er 36 cm^2 . Mellem pladerne er der atmosfærisk luft med trykket $1,03 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ og temperaturen 25°C .

- a) Bestem massen af den luft, der befinder sig mellem pladerne.

Plademellemrummet bestråles af røntgenstråling, hvorved luften ioniseres. Derved dannes par af enkeltladede ioner. I gennemsnit kræver det energien 34 eV at danne et ionpar. Alle de ioner, der dannes i plademellemrummet, opsamles på pladerne. Amperemetret viser 150 pA . Bestrålingen varer i $2,0$ minutter.

- b) Beregn den absorberede dosis, der afsættes i luften i plademellemrummet.

14. Glødetråd



Grafen viser spændingsfaldet U over glødetråden i en lille pære som funktion af strømstyrken I gennem glødetråden.

- a) Beregn resistansen af glødetråden, når $U = 6,0 \text{ V}$.

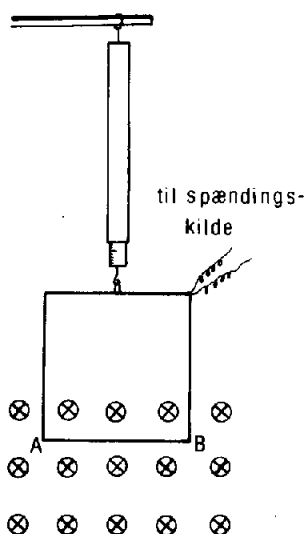
Ved 0°C er resistansen af glødetråden $1,6 \Omega$. Tråden er lavet af wolfram, hvis temperaturkoefficient for resistans er $0,0048 \text{ K}^{-1}$.

- b) Hvilken temperatur har glødetråden, når $U = 6,0 \text{ V}$.

For mange glødende legemer gælder, at den udstrålede effekt P er proportional med T^4 , hvor T er kelvintemperaturen.

- c) Undersøg i hvilken udstrækning den afsatte effekt i glødetråden er proportional med T^4 .

15. Kvadratisk spole i magnetfelt

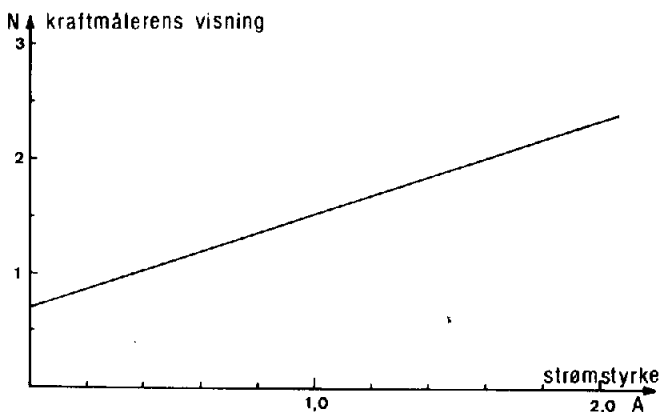


Figur 1

En flad kvadratisk spole er ophængt i en kraftmåler. Kraftmåleren viser 0,70 N.

a) Bestem spolens masse.

Spolen er kvadratisk med kantlængden 6,0 cm, og den har 150 vindinger. Den nederste del af spolen befinder sig i et homogent magnetfelt med retning vinkelret på papirets plan som vist på figur 1.

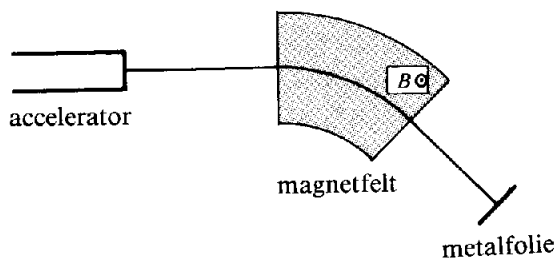


Figur 2

I et forsøg varieres strømstyrken gennem spolen. Strømmen gennem spolen har en sådan retning, at den nedadrettede kraft på spolen vokser, når strømstyrken øges. Sammenhængen mellem strømstyrken gennem spolen og kraftmålerens visning fremgår af figur 2.

- b) Bestem størrelsen af den magnetiske fluxtæthed i magnetfeltet.

16. Protonstråle



Fra en accelerator sendes en stråle af protoner hen imod et homogent magnetfelt, gennem magnetfeltet og derfra videre mod et metalfolie, se figuren. Protonernes fart er $9,2 \cdot 10^5$ m/s.

Størrelsen af den magnetiske fluxtæthed i magnetfeltet er $2,6 \cdot 10^{-2}$ T. I magnetfeltet bevæger protonerne sig vinkelret på feltets retning.

- a) Bestem størrelsen af den resulterende kraft på en proton, når den bevæger sig i magnetfeltet.
- b) Bestem radius af den cirkelbue, langs hvilken protonen bevæger sig i magnetfeltet.

Bevægelsen af protonerne svarer til en strømstyrke på $2,5 \mu\text{A}$ i strålen. Alle protonerne nedbremses i metalfoliet, hvorved deres energi overføres til dette.

- c) Beregn den effekt, der afsættes i metalfoliet.

17. Ionisering af luft

En pladekapacitor består af to plader, hver med arealet 225 cm^2 , anbragt i afstanden $1,0 \text{ cm}$ fra hinanden.

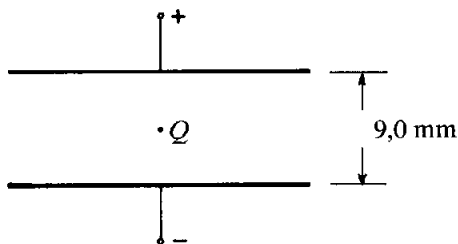
- a) Beregn kapacitorens kapacitans.

En lille radioaktiv kilde udsender α -partikler, som forårsager ioniseringer i luften.

Kapacitoren oplades nu til 2500 V , og α -kilden anbringes i plademellemrummet. Efterhånden aflades kapacitoren, fordi α -partiklerne ioniserer luften. Under de givne omstændigheder forårsager hver α -partikel i gennemsnit 100000 ioniseringer i luften. Man kan regne med, at alle de frembragte ladninger opsamles på kapacitorpladerne, og at der kun frembringes enkeltladede ioner. Kildens aktivitet er 37 kBq .

- b) Hvor længe varer det, før spændingsforskellen mellem kapacitorpladerne er faldet til 2000 V ?

✓ **18. Elektrisk ladet partikel i homogent elektrisk felt**



En pladekapacitor anbringes vandret i tyngdefeltet. Der er vacuum mellem pladerne, og pladeafstanden er 9,0 mm. Spændingsforskellen mellem pladerne er 450 V.

- a) Find den elektriske feltstyrke mellem pladerne.

En meget lille plastickugle med massen $2,0 \cdot 10^{-6}$ kg og med ladningen Q holder sig svævende nøjagtigt midt imellem pladerne.

- b) Find plastickuglens ladning Q .

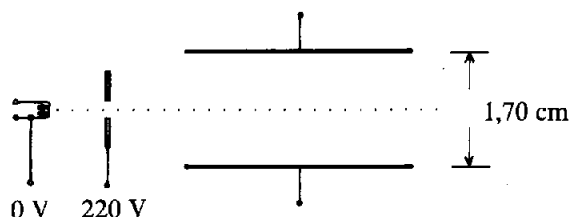
Spændingsforskellen ændres nu momentant til 400 V.

- c) Angiv, hvilken plade kuglen accelereres mod, og find den fart, hvormed kuglen rammer pladen.

19. Hastighedsfilter

To parallelle metalplader anbringes i vacuum. Afstanden mellem pladerne 1,70 cm. Der er en spændingsforskel på 34 V mellem pladerne.

- a) Hvor stor er den elektriske feltstyrke mellem pladerne?



I en elektronkanon, se figuren, accelereres elektroner fra hvile ved at gennemløbe et spændingsfald på 220 V.

- b) Hvilken fart opnår elektronerne herved?

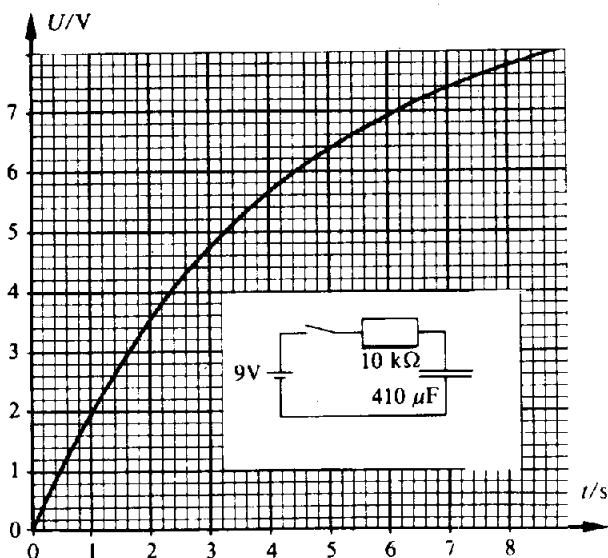
Med denne fart sendes elektronerne hen mod mellemrummet mellem de to plader i en retning, der er parallel med pladerne.

Ved hjælp af et homogent magnetfelt, hvis feltlinier er vinkelrette både på det elektriske felt mellem pladerne og på elektronernes bevægelsesretning, opnår man, at disse bevæger sig jævnt og retlinjet mellem pladerne.

- c) Hvad er størrelsen af den magnetiske fluxtæthed i dette magnetfelt?

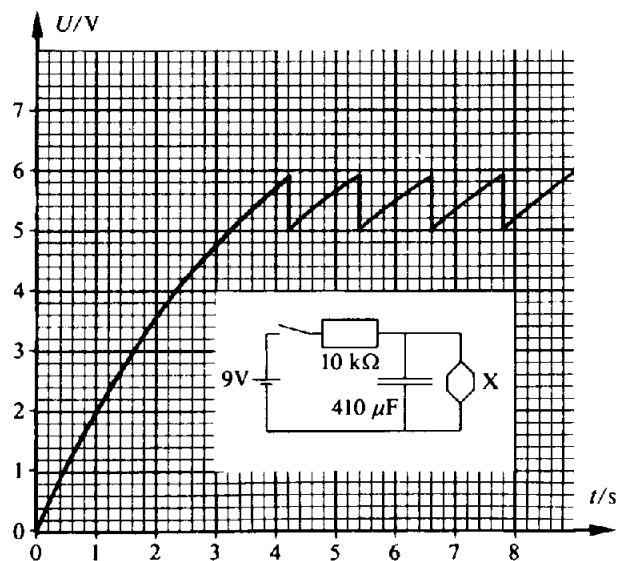
20. Kredsløb med glimlampe

Diagrammet på figur 1 viser et kredsløb bestående af en spændingskilde, en resistor og en kapacitor samt en kontakt. Kontakten sluttes til tidspunktet $t = 0$ s, hvor kapacitoren er uladet. Grafen på figur 1 viser spændingsforskellen U over kapacitoren som funktion af tiden t .



Figur 1.

- a) Find størrelsen af ladningen på én af kapacitorens plader til tiden $t = 5\text{ s}$.



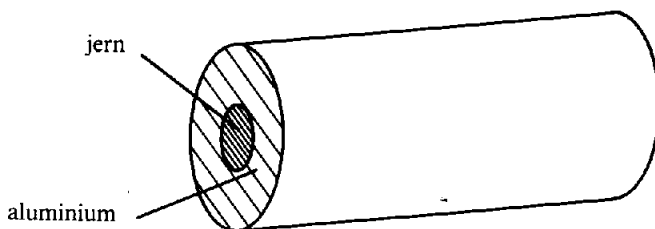
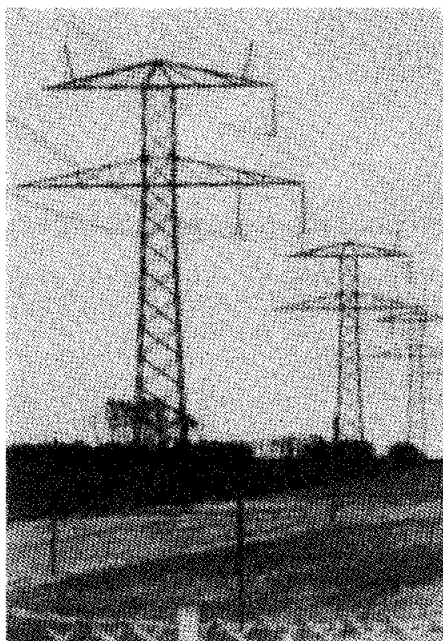
Figur 2.

Kredsløbet på figur 2 er identisk med kredsløbet på figur 1 bortset fra, at der er indkoblet en glimlampe. Glimlampen har den egenskab, at den først begynder at lede strøm, når spændingsforskellen over den vokser op over en bestemt værdi $U_{\text{tænd}}$. Men når den først

er begyndt at lede strøm, fortsætter den med at gøre det, indtil spændingsforskellen over den er faldet ned under en bestemt værdi U_{sluk} . Grafen på figur 2 viser spændingsforskellen U over kapacitoren som funktion af den tid t , som er gået, siden kontakten blev sluttet.

- c) Forklar, hvorledes $U_{tænd}$ og U_{sluk} kan bestemmes af grafen på figur 2. Beregn den energi, kapacitoren afgiver til glimlampen i løbet af ét af de tidsrum, hvori glimlampen leder strøm.

21. Højspændingsledninger



Udsnit af ledning

En højspændingsledning er 25 km lang og har tværsnitsarealet 637 mm^2 . Den består af en kerne af jern omgivet af aluminium. Jernkernen har tværsnitsarealet 72 mm^2 .

Resistiviteten for jern er $0,10 (\Omega \cdot \text{mm}^2)/\text{m}$, og for aluminium er den $0,027 (\Omega \cdot \text{mm}^2)/\text{m}$.

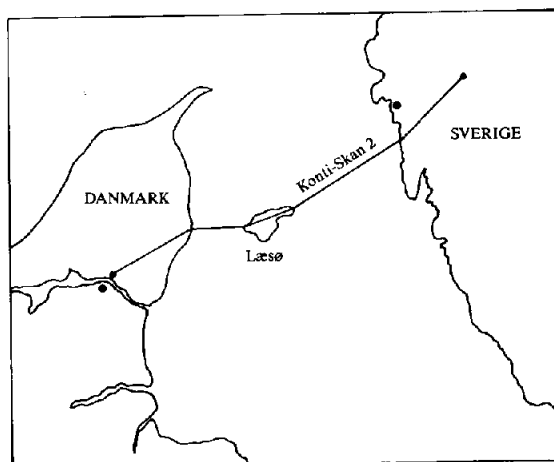
a) Beregn resistansen af jernkernen i ledningen.

b) Beregn ledningens samlede resistans.

Ledningerne er ophængt to og to i afstanden 40 cm fra hinanden. Når ledningerne er strømførende, dannes der et magnetfelt omkring dem, og derfor påvirker ledningerne hinanden med kræfter. På et bestemt tidspunkt er strømstyrken i hver af dem 1280 A.

c) Beregn størrelsen af den kraft, hvormed 1 m af den ene ledning påvirkes af den anden ledning.

22. Konti-Skan 2



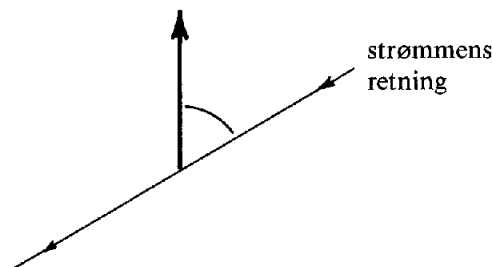
Kabelforbindelsen Konti-Skan 2 mellem Danmark og Sverige er udlagt på bunden af Kattegat med den linjeføring, som er vist på kortet.

En lystbåd befinder sig tæt ved Læsø, og kablet ligger 35 m lodret under lystbåden. I kablet løber der en jævnstrøm med strømstyrken 1050 A.

Den magnetiske fluextæthed påvirkes ikke af vandet.

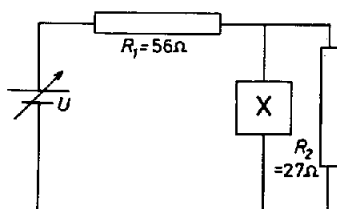
a) Beregn størrelsen af den magnetiske fluextæthed, som strømmen i kablet danner ved lystbåden.

Ved Læsø har den vandrette del af den magnetiske fluxtæthed i Jordens magnetfelt størrelsen $16,3 \mu\text{T}$, og retningen danner en vinkel på 60° med kablets retning som vist på figuren.



- b) Hvor stor en vinkel danner en kompasnål i lystbåden med den vandrette del af Jordens magnetfelt?

23. Kredsløb



Et kredsløb opbygges som vist på diagrammet af en spændingskilde med en variabel polspænding U , to resistorer R_1 og R_2 samt en særlig komponent X .

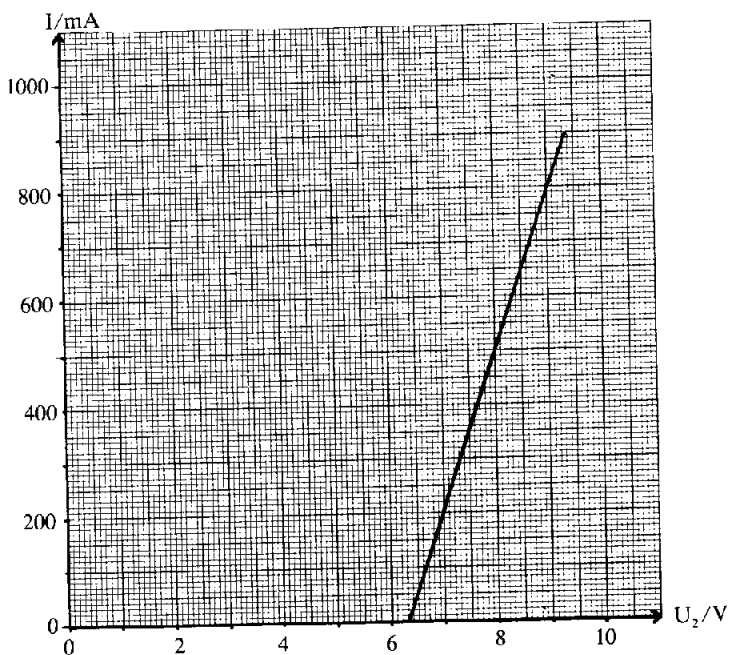
Grafen på bilaget viser, hvorledes strømstyrken gennem komponenten X afhænger af spændingsfaldet over den. Man ser, at X først begynder at lede strøm, når spændingsfaldet over den er mere end $6,3 \text{ V}$.

Med en bestemt indstilling af polspændingen er strømstyrken gennem X 500 mA .

- a) Hvad er da strømstyrkerne gennem R_1 og R_2 ?

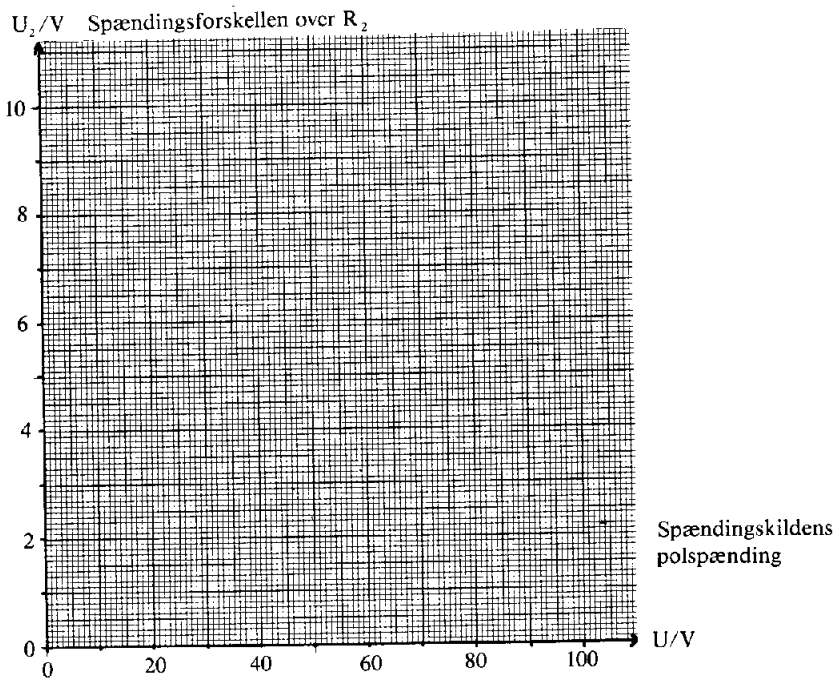
Polspændingen indstilles nu på 0 V , og reguleres derefter op.

- b) Find den værdi af polspændingen, for hvilken X netop begynder at lede strøm.



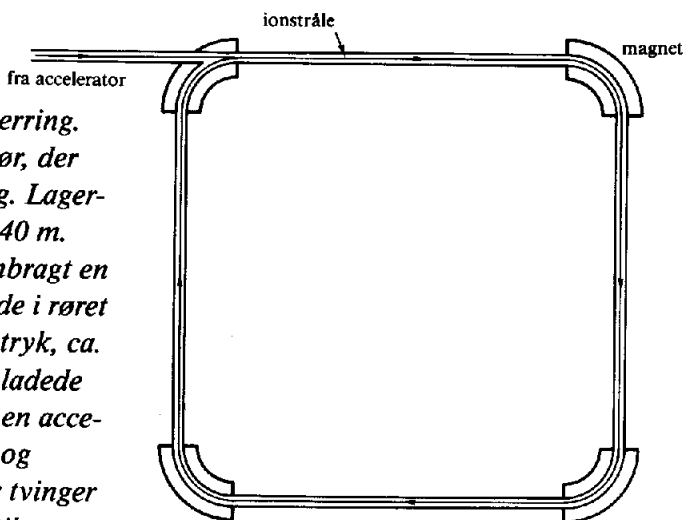
Komponenten X ødelægges, hvis strømstyrken gennem den overstiger 800 mA.

- c) Hvad er den største værdi, spændingskildens polspænding kan have, uden at X ødelægges?
- d) Tegn en graf, der viser spændingsforskellen over R_2 som funktion af spændingskildens polspænding U .



24. Lagerring

Figuren viser en lagerring. Den indeholder et rør, der udgør en lukket ring. Lageringens omkreds er 40 m. Uden om røret er anbragt en række magneter. Inde i røret er der et meget lavt tryk, ca. 10^{-15} atm. Elektrisk ladede partikler skydes fra en accelerator ind i ringen, og afbøjningsmagneter tvinger de ladede partikler til at cirkulere i ringen. I en ring med meget gode magneter og et tilstrækkeligt lavt tryk kan partikler cirkulere (»lagres«) i mange timer.



Grundplan af Aarhus-lagerringen. Ionstrålen afbøjes i kvartcirkler med radius 1,25 m i hvert af de fire hjørner ved hjælp af magneter.



Fotografi fra hallen under Det fysiske Institut, Aarhus Universitet.

En accelerator accelererer en Li^+ ion, så den får energien 100 keV.
Ionens masse kan sættes til 6,0 u.

a) Beregn ionens fart.

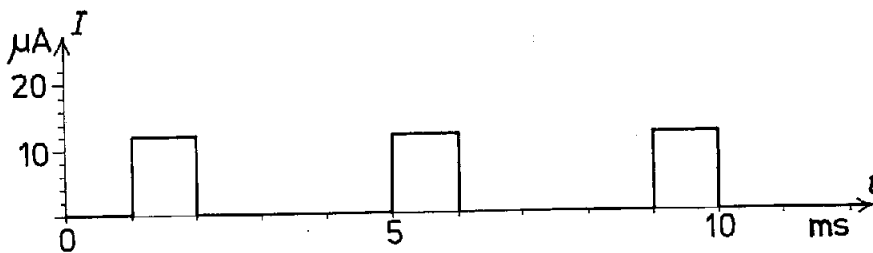
En anden Li^+ -ion skydes ind i lagerringen og opnår farten $5,5 \cdot 10^6$ m/s.

b) Hvor mange omløb udfører ionen pr. sekund?

I lagerringens hjørner bevæger den sidstnævnte enkeltladede ion sig i en kvartcirkel med radius 1,25 m, idet den afbøjes i et homogent magnetfelt.

c) Bestem størrelsen af den magnetiske fluxtæthed.

25. Protonstråle



Fra en partikelaccelerator sendes protoner ind mod et guldfolie. Protonerne kommer i pulser af 1 ms varighed adskilt af pauser på 3 ms. Pulshøjden svarer til en strømstyrke på $12 \mu\text{A}$, se figuren. Partiklernes energi er 5,0 MeV

Acceleratoren er i gang i 60 ms.

a) Hvor mange protoner er der i hver puls?

b) Beregn protonstrålens middeleffekt.

Det antages, at 1% af strålens energi afsættes som indre energi i foliet. Foliet har en tykkelse på $2,1 \cdot 10^{-7}$ m, og arealet er $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. Gulds densitet er $19,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, og dets specifikke varmekapacitet er $128 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$.

Der kan ses bort fra varmeudveksling med omgivelserne.

c) Find guldfoliets temperaturstigning ved bestrålingen.

Bølger

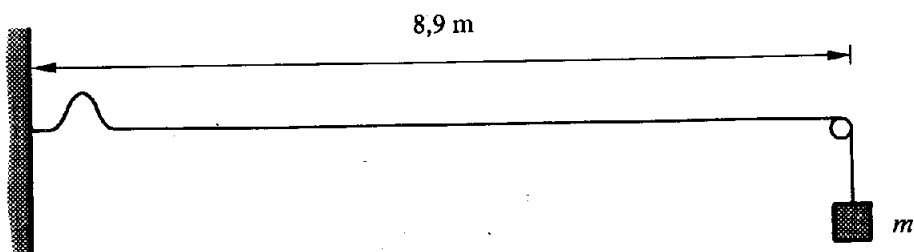
1. Mikrobølger

Fra vakuum sendes elektromagnetiske bølger (mikrobølger) med bølgelængden 2,4 cm ind mod den plane overflade af et kunststof.

For en bestemt stråle bestemmes indfaldsvinklen til 27° og brydningsvinklen til 16° .

Beregn størrelsen af udbredelseshastigheden for strålingen i kunststoffet.

2. Gardinspiral



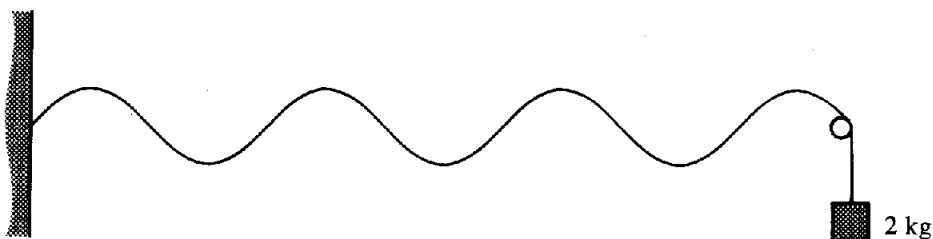
Figur 1

En lang gardinspiral er i den ene ende fastgjort til en væg. I den anden ende er spiralen lagt over en trisse og belastet med et lod. Afstanden fra væg til trisse er 8,9 m. Med et enkelt slag frembringes en bølge på spiralen. Bølgen bevæger sig frem og tilbage mellem væg og trisse. I skemaet ses den tid, bølgen er om at løbe frem og tilbage 10 gange, for forskellige belastninger.

Loddets masse	Tiden for 10 ture frem og tilbage
0,50 kg	16,9 s
1,00 kg	11,2 s
2,00 kg	8,3 s
4,00 kg	5,8 s
8,00 kg	4,2 s

a) Beregn bølgens fart, når belastningen er 2,00 kg.

Når spiralen er belastet med 2,00 kg, frembringer man den stående bølge som vist på figur 2.



Figur 2

- b) Beregn den stående bølges frekvens.

Bølgernes fart kaldes v . Den kraft, hvormed loddet trækker i spiralen kaldes F .

- c) Tegn en graf, der viser sammenhængen mellem v og F . Vis at

$$v = k \cdot \sqrt{F}$$

hvor k er en konstant.

Bestem k .

3. Bølgelængde for den røde hydrogenlinie

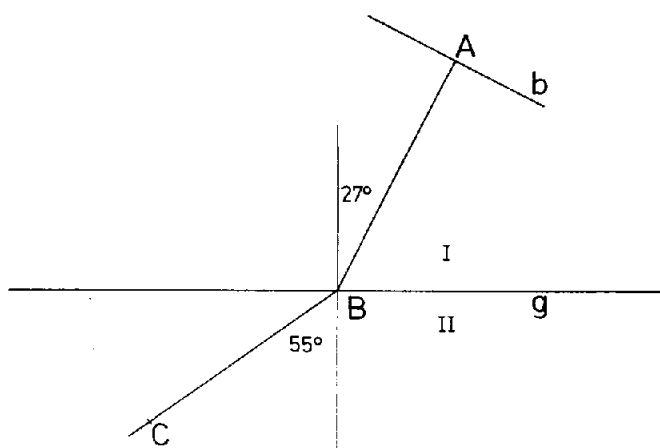
Lys fra et spektralrør med hydrogen sendes vinkelret ind mod et optisk gitter, hvor der er 400 streger pr. mm.

Afbøjningsvinklen for den røde linie i 3.ordens-spektret udmåles til $52,0^\circ$.

Find bølgelængden for det lys, der svarer til denne røde linie.

4. Vandbølger

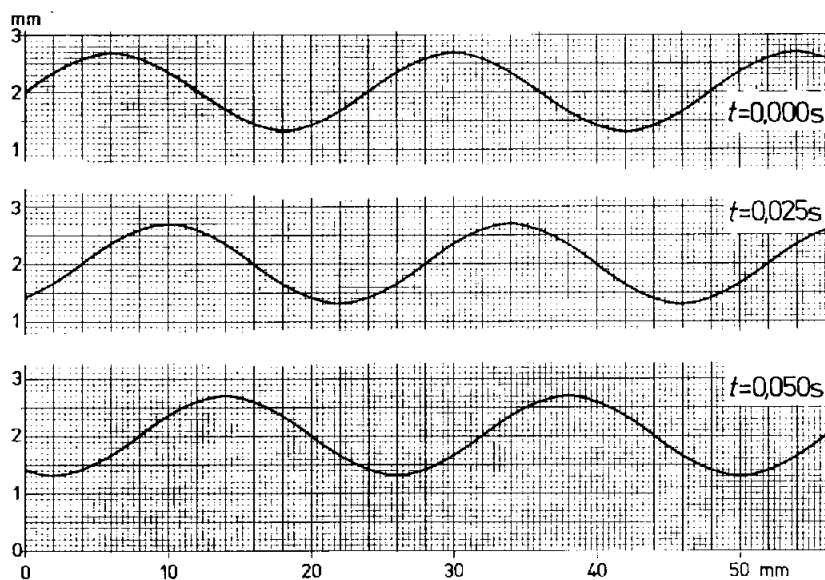
I et kar med vand findes en bølgefrembringer, som sender bølger skråt ind mod en grænselinie mellem to områder med hver sin vanddybde og dermed hver sin udbredelseshastighed for vandbølger.



Figur 1

Figur 1 viser situationen skitsemæssigt, idet b er bølgefrembringeren, og g er grænselinien mellem de to områder, der er betegnet med I og II.

Bølgernes udbredelsesretninger i de to områder er angivet ved retningerne AB og BC.



Figur 2

Figur 2 viser vandoverfladens højde over karrets bund langs linien AB til tiden $t = 0,000\text{ s}$, $t = 0,025\text{ s}$ og $t = 0,050\text{ s}$, som alle ligger inden for samme periode.

- a) Find amplitude og bølgelængde i område I.
- b) Bestem bølgens udbredelseshastighed i område I.

Afstanden AB er 4,5 cm og afstanden BC er 4,0 cm. Vinklen mellem udbredelsesretning og grænselinens normal er 27° i område I og 55° i område II.

- c) Hvor lang tid er en bølgetop om at nå fra A til C?

5. Atlanterhavsbølger

For vandbølger på dybt vand gælder der for størrelsen af udbredelseshastigheden v :

$$v = \sqrt{\frac{g \cdot \lambda}{2 \cdot \pi}}$$

hvor g er tyngdeaccelerationen, og λ er vandbølgenes bølgelængde.

Vandbølgerne i Nordatlanten har typisk en periode på 10 s.

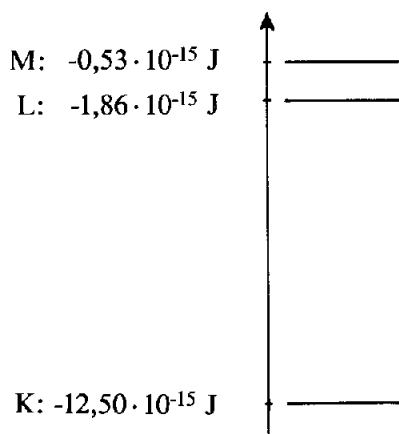
Beregn disse vandbølgers bølgelængde.

Atom- og kernefysik

1. Platin

Energಿನiveaudiagrammet viser tre energiniveauer K, L og M for grundstoffet platin. Der udsendes stråling ved overgang fra M-niveauet til henholdsvis L- og K-niveauet.

Diagram med energinivauerne:



- Beregn fotonenergien i den stråling, der udsendes ved overgang fra M-niveauet til henholdsvis L- og K-niveauet.
- Beregn bølgelængden af den del af strålingen, der har kortest bølgelængde.

2. Fotoelektroner

En metalplade belyses med fotoner med fotonenergien 4,0 eV. Her ved løsriveres elektroner, hvis maksimale kinetiske energi er 1,0 eV.

Løsriveres der elektroner, når pladen belyses med lys med bølgelængden 560 nm?

3. Stråling fra verdensrummet

Et radioteleskop registrerer elektromagnetisk stråling med frekvensen $1,42 \cdot 10^9$ Hz fra verdensrummet.

- a) Hvad er bølgelængden af denne stråling?

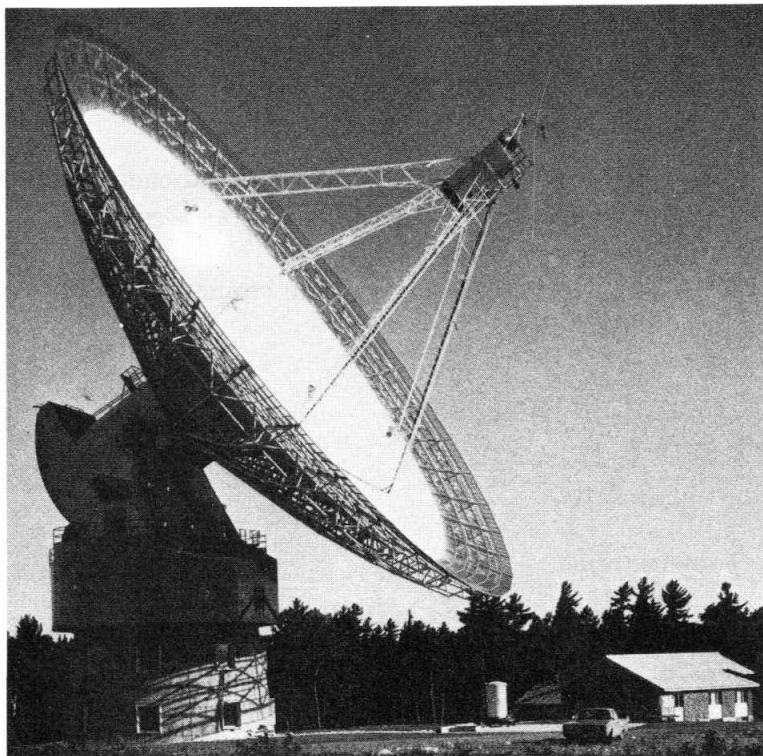
Radioteleskopets antenne modtager energi med effekten $9,9 \cdot 10^{-14}$ W.

- b) Hvor mange fotoner med frekvensen $1,42 \cdot 10^9$ Hz rammer radioteleskopets antenne hvert sekund?

Strålingen udsendes, når hydrogenatomer henfalder fra en tilstand A til en tilstand B. Halveringstiden for henfaldet er $1,1 \cdot 10^7$ år.

Radioteleskopets antenne har arealet 2000 m^2 , og antennen er rettet mod en sky af hydrogen, der befinder sig i afstanden $9,2 \cdot 10^{18}$ m. Skyen udsender lige meget stråling i alle retninger, og man kan se bort fra absorption mellem skyen og radioteleskopet.

- c) Bestem antallet af de hydrogenatomer, der befinder sig i tilstand A i hydrogenskyen.



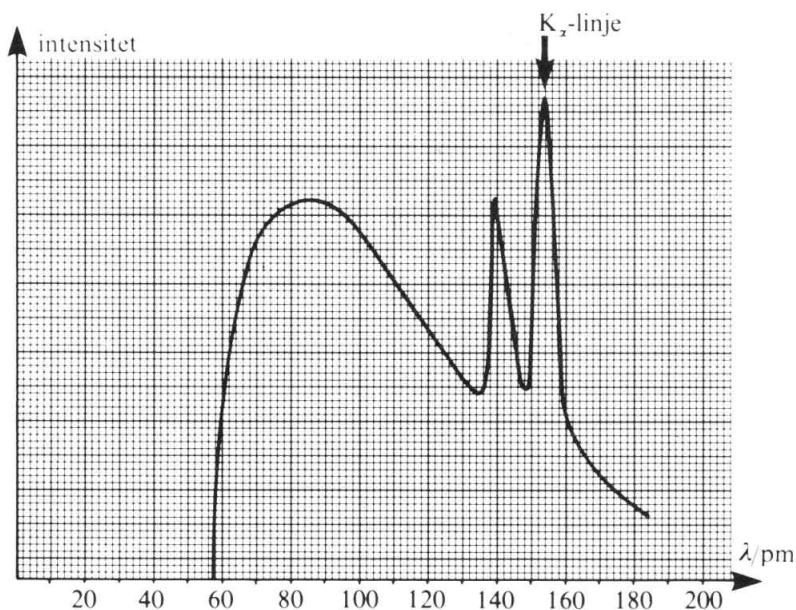
Et radioteleskop.

4. Røntgenstråling

I et røntgenrør accelereres elektroner fra katoden til anoden af en spændingsforskel. Strømstyrken gennem røret er $75 \mu\text{A}$.

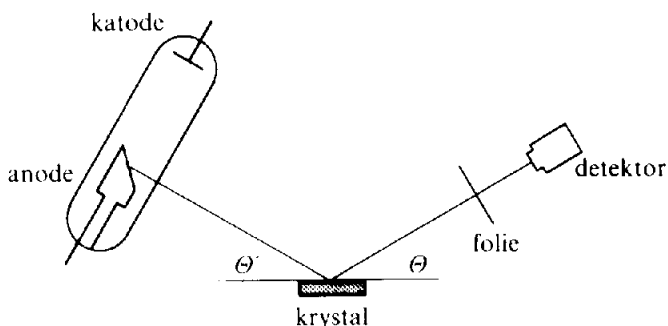
- a) Beregn antallet af elektroner, der rammer anoden i løbet af et sekund.

Ved nedbremsning af elektroner i anoden udsendes røntgenstråling. Grafen viser intensiteten af denne røntgenstråling som funktion af bølgelængden λ .



- b) Beregn spændingsforskellen mellem katoden og anoden.

Røntgenstrålingen sendes mod en krystal, og strålingens retning danner vinklen θ med krystallens gitterplaner. Afstanden mellem gitterplanerne er 201 pm.



- c) Bestem den mindste værdi af vinklen θ , for hvilken stråling med K_{α} -linjens bølgelængde har maksimum efter diffraktion i krystallen.

5. Ioniseringsenergi

I et røntgenrør accelereres elektroner fra katoden mod anoden gennem en spændingsforskel på 20 kV. Når elektronerne nedbremses i anoden, udsendes der røntgenstråling.

- a) Bestem den mindste bølgelængde af den udsendte røntgenstråling.

I en forsøgsrække bestråles en jernplade med monokromatisk røntgenstråling. Herved ioniseres jernatomer, idet elektroner fra et lavtliggende energiniveau, den såkaldte K-skal, løsriver. I hvert forsøg måles frekvensen f af røntgenstrålingen og den kinetiske energi E_{kin} af de løsrevne elektroner. Skemaet viser måleresultaterne.

f/Hz	$1,80 \cdot 10^{18}$	$1,95 \cdot 10^{18}$	$2,10 \cdot 10^{18}$	$2,16 \cdot 10^{18}$	$2,33 \cdot 10^{18}$
E_{kin}/J	$0,58 \cdot 10^{-16}$	$1,50 \cdot 10^{-16}$	$2,50 \cdot 10^{-16}$	$2,90 \cdot 10^{-16}$	$4,00 \cdot 10^{-16}$

- b) Afbild resultaterne i et koordinatsystem, og bestem på grundlag af grafen ioniseringsenergien for elektroner i K-skallen.

6. Henfald

Nuklidet $^{235}_{92}\text{U}$ henfalder ved to på hinanden følgende processer til nuklidet $^{231}_{91}\text{Pa}$.

Opskriv henfaldsskema for de to processer.

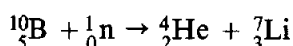
7. Radioaktivitet

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?

8. Kernereaktion med neutron

Ved bestråling af $^{10}_5\text{B}$ med langsomme neutroner finder følgende proces sted



- a) Beregn den energimængde, som frigøres ved processen.

Partiklernes hastigheder før processen er så små, at man kan se bort fra den kinetiske energi og impuls af $^{10}_5\text{B}$ og ^1_0n .

- b) Beregn α -partiklens kinetiske energi.

Uddrag af atommasse tabel

$^{10}_5\text{B}$ 10,0129 u

^7_3Li 7,0160 u

^4_2He 4,0026 u

^1_0n 1,0087 u

9. 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 med halveringstiden 6,0 timer.

En patient får indsprøjtet en mængde $^{99}\text{Tc}^*$ med aktiviteten 500 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?

^{99}Mo (molybdæn) omdannes til $^{99}\text{Tc}^*$ ved en β -proces. Et $^{99}\text{Tc}^*$ -præparat fremstilles ved at isolere det dannede technetium fra en ^{99}Mo -kilde. Dette præparat indeholder dog en smule ^{99}Mo . Halveringstiden for ^{99}Mo er 67 timer. Da $^{99}\text{Tc}^*$ henfalder meget hurtigere end ^{99}Mo , udgør aktiviteten fra ^{99}Mo en stadigt større brøkdel af aktiviteten i præparatet.

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

Præparatet må kun anvendes til indsprøjtning, så længe mindre end 0,015% af aktiviteten i præparatet stammer fra ^{99}Mo .

- c) Hvor længe efter fremstillingstidspunktet må præparatet anvendes til indsprøjtning?

10. Nuklearmedicin

Det radioaktive nuklid ^{51}Cr (chrom) benyttes til nyrefunktionsundersøgelser. ^{51}Cr har halveringstiden 27,8 døgn og henfalder til et stabilt nuklid.

Et præparat med dette radioaktive nuklid har på fremstillingstidspunktet kl. 10.00 en aktivitet på 3,7 MBq. Præparatet anvendes kl. 13.00 samme dag.

- a) Bestem præparatets aktivitet på anvendelsestidspunktet.
- b) Hvad er massen af den mængde ^{51}Cr , der findes i præparatet på fremstillingstidspunktet?

Præparatet indsprøjtes i en blodåre, hvor det blandes med blodet og efterhånden udskilles gennem nyrerne. Over en periode på to timer udtages blodprøver med en halv times mellemrum.

Tabellen viser aktiviteten af lige store mængder blod fra de forskellige blodprøver.

Prøven udtaget	Aktivitet
kl. 13.30	5,5 kBq
kl. 14.00	3,6 kBq
kl. 14.30	2,5 kBq
kl. 15.00	1,7 kBq
kl. 15.30	1,15 kBq

- c) Bestem den brøkdel af præparatets indhold af ^{51}Cr , der udskilles gennem nyrerne pr. sekund.

11. Kalium-argon datering

Et klippestykke indeholder 3,5 g kalium. I klippestykket findes bl.a. kaliumisotopen ^{40}K , og nu udgør massen af ^{40}K -atomerne 0,012% af den samlede kaliummasse i klippestykket.

- a) Beregn, hvor mange ^{40}K -atomer klippestykket indeholder.

^{40}K er radioaktiv med halveringstiden $1,28 \cdot 10^9$ år. Ved 11% af henfaldene dannes den stabile argonisotop ^{40}Ar .

- b) Hvor mange ^{40}Ar -atomer dannes der på denne måde i klippestykket i løbet af et døgn?

Forholdet mellem antallet af ^{40}Ar -atomer og ^{40}K -atomer i klippestykket er nu 0,48. Man kan regne med, at alle ^{40}Ar -atomerne er fremkommet ved henfald af ^{40}K , og at ingen ^{40}Ar -atomer er forsvundet fra klippestykket.

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

12. Radon i kælderrum

Radon er en luftart, der i små mængder siver ud fra overfladen af mange byggematerialer. En prøve, der er udtaget af luften i et kælderrum, har en aktivitet på 180 Bq, der skyldes henfald af prøvens indhold af nuklidet ^{222}Rn .

Halveringstiden for ^{222}Rn er 3,82 døgn.

- a) Hvor stor er prøvens aktivitet efter 1 døgn forløb?

Aktiviteten fra radon i luften i kælderrum må af sundhedsmæssige grunde højst være 100 Bq/m³.

- b) Bestem massen af den mængde ^{222}Rn , der højst må være i 1,0 m³ af luften i rummet.

I et lukket kælderrum, hvis rumfang er 125 m³, og hvis vægge, gulv og loft har en samlet betonoverflade på 175 m², vil der efter nogen tids forløb indstille sig en ligevægtstilstand mellem radonudsivningen fra betonoverfladen 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 ventilationssystem i kælderrummet, således at der pr. time udskiftes 4,0 m³ af luften i rummet med radonfri luft. Derefter indstiller der sig en ny ligevægt.

- d) Bestem den brøkdelt af ^{222}Rn -kerne, der fjernes pr. sekund på grund af ventilationen. Bestem endvidere aktiviteten fra den mængde ^{222}Rn , som befinder sig i 1,0 m³ af luften i rummet, når den nye ligevægtstilstand er indtrådt.

13. Kerneproces

Når en grafitplade bombarderes med tilstrækkeligt energirige ^2_1H -kerner, kan disse reagere med grafitpladens $^{12}_6\text{C}$ -kerner under dannelse af $^{13}_7\text{N}$. $^{13}_7\text{N}$ er β^+ -radioaktiv med halveringstiden 10 minutter.

- a) Opskriv reaktionsskemaet for såvel dannelse som henfald af $^{13}_7\text{N}$.
- b) Beregn Q -værdien for dannelsesprocessen.

Når man i en vis tid har bombarderet grafitpladen med en ^2_1H -ionstrøm med strømstyrken $4,0 \mu\text{A}$, indtræder der en ligevægtstilstand, hvor der pr. sekund henfalder lige så mange $^{13}_7\text{N}$ -kerner, som der dannes. Der henfalder da $5,9 \cdot 10^9$ kerner pr. sekund.

- c) Hvor mange $^{13}_7\text{N}$ -kerner findes der i grafitpladen i denne situation?
- d) Hvor stor er sandsynligheden for, at en indfaldende ^2_1H -kerne reagerer med $^{12}_6\text{C}$ i grafitpladen?

Atommasser:

^2_1H : 2,0141 u

$^{12}_6\text{C}$: 12,0000 u

$^{13}_7\text{N}$: 13,0057 u

14. Kernekraftværk

I kernekraftværker produceres der en række forskellige radioaktive affaldsprodukter. I et bestemt kraftværk produceres der 2,0 g af den radioaktive kryptonisotop $^{85}_{36}\text{Kr}$ pr. døgn.

^{85}Kr henfalder ved en β^- -proces med en halveringstid på 10,8 år. Herved dannes en isotop af rubidium (Rb). De udsendte elektroner har den maksimale kinetiske energi 0,67 MeV. Atommassen for ^{85}Kr er 84,91252 u.

- a) Opskriv reaktionsskemaet for henfaldet af ^{85}Kr .
- b) Beregn atommassen for den dannede rubidiumisotop.
- c) Beregn aktiviteten fra 2,0 g ^{85}Kr .

Tidligere slap man ^{85}Kr ud i atmosfæren, men i dag opsamles den. Antag, at et kraftværk slipper $2,0 \text{ g } ^{85}\text{Kr}$ ud i atmosfæren pr. døgn. Efter lang tids forløb indstiller der sig en ligevægt mellem udslippet fra kraftværket og henfaldet i atmosfæren.

- d) Bestem massen af den mængde ^{85}Kr i atmosfæren, som stammer fra dette kraftværk, når ligevægtstilstanden er indtrådt.

15. Radioaktivt affald

Nuklidet ^{210}Po er radioaktivt med halveringstiden 138,5 døgn.

En stofprøve har aktiviteten $1,66 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$, der stammer fra dette nuklid.

- a) Hvor mange ^{210}Po -atomer indeholder prøven?

^{210}Po er α -radioaktiv og henfalder til et stabilt nuklid.

Processens Q -værdi er $5,41 \text{ MeV}$. Man kan regne med, at henfaldsprodukternes kinetiske energi omdannes til indre energi i prøven.

- b) Beregn den effekt, som henfaldsprodukterne afsætter i prøven.

Prøven deponeres et sted, hvor omgivelsernes temperatur hele tiden er 10°C . Til at begynde med stiger prøvens temperatur. Prøven afgiver varme til omgivelserne med effekten

$$P = 6,1 \cdot 10^{-5} \frac{\text{W}}{\text{K}} \cdot (T - T_0)$$

hvor T og T_0 er temperaturen af henholdsvis prøve og omgivelser. Prøvens varmekapacitet er $6,3 \text{ J/K}$.

- c) Beregn temperaturstigningen pr. sekund, når prøvens temperatur er 80°C .

Nogle dage efter deponeringen bliver den effekt, hvormed prøven afgiver varme til omgivelserne, med god tilnærmelse lig den effekt, henfaldsprodukterne afsætter i prøven.

- d) Beregn prøvens temperatur efter et års forløb.

16. Kalium i kroppen

En person, der vejer 70 kg, indeholder 140 g kalium, hvoraf den radioaktive kaliumisotop ^{40}K udgør 0,012%.

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

I ^{40}K sker 89% af henfaldene som β -henfald og 11% som γ -henfald. Man kan regne med, at der ved et β -henfald i middel afsættes 0,33 MeV i organismen, og at der ved et γ -henfald i middel afsættes 0,73 MeV. Halveringstiden for ^{40}K er $1,28 \cdot 10^9$ år.

- b) Hvor stor en dosis modtager personen pr. år på grund af ^{40}K -henfald i organismen?

17. Bestemmelse af halveringstid

En radioaktiv kilde indeholder 2,7 g af nuklidet ^{60}Fe .

- a) Beregn antallet af ^{60}Fe -atomer i kilden.

^{60}Fe henfalder til $^{60}\text{Co}^*$ med en meget stor halveringstid. $^{60}\text{Co}^*$ er en exciteret tilstand af ^{60}Co , og $^{60}\text{Co}^*$ henfalder til ^{60}Co med halveringstiden 10,5 minutter. Antallet af $^{60}\text{Co}^*$ -kerner i kilden er konstant.

Aktiviteten fra $^{60}\text{Co}^*$ i kilden er $2,0 \cdot 10^3$ Bq.

- b) Beregn antallet af $^{60}\text{Co}^*$ -kerner i kilden.
- c) Bestem halveringstiden for ^{60}Fe .

18. Sporing af utæthed i rør

Boligopvarmning sker ofte ved, at varmt vand cirkulerer i et lukket rørsystem og undervejs passerer gennem radiatorer og enten en kedel eller en varmeveksler. Det kan være vanskeligt og dyrt at finde en utæthed i rørsystemet, fordi rørene tit er støbt ned i gulvet. Ved anvendelse af et radioaktivt sporstof er det imidlertid muligt at finde det sted, hvor et rør er utæt, uden at bryde gulve op. Sporingen foregår på

den måde, at man tilsætter det cirkulerende vand en vis mængde radioaktivt stof, f.eks. nuklidet Br-82. Efter et stykke tid skyller man systemet rent for det radioaktive stof, og fylder det med rent vand igen. Derefter findes det radioaktive stof kun på det sted, hvor det er sivet ud af det utætte rør. Utætheden kan så spores ved simpelthen at undersøge gulve og vægge for radioaktiv stråling.



^{82}Br (brom) er et β -radioaktivt nuklid, der anvendes til sporing af utætheder i rørsystemer. Halveringstiden er 36,3 timer.

Et præparat indeholder ^{82}Br . β -henfaldene sker med aktiviteten 370 MBq.

- a) Hvor stor er aktiviteten af β -henfaldene 49 timer senere?

Et rørsystem undersøges ved tilsætning af en vis mængde ^{82}Br . Aktiviteten af beta-henfaldene i den tilsatte mængde ^{82}Br er 210 MBq, og rørsystemet indeholder 250 liter vand. Et sted på et gulv registrerer en tæller radioaktivitet. Dette tyder på, at der her strømmer vand med ^{82}Br ud gennem en utæthed.

Efter hvert β -henfald udsendes der straks tre fotoner. Tælleren registrerer 0,050% af de udsendte fotoner.

Ved en måling tre timer efter tilsætningen af ^{82}Br registrerer tælleren 410 fotoner pr. sekund.

- b) Hvor mange ^{82}Br -kerner indeholder vandet ved utætheden?
- c) Hvor stort er rumfanget af den mængde vand, der strømmede ud gennem utætheden i de tre timer?

19. Bundaflejrings alder

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

- a) Opskriv reaktionsskemaet for denne proces.

$^{210}_{82}\text{Pb}$ har en halveringstid på 20 år. Aktiviteten fra $^{210}_{82}\text{Pb}$ i en prøve er 27 Bq.

- b) Bestem antallet af $^{210}_{82}\text{Pb}$ -kerner i prøven.

Fem lige store prøver hentes op fra forskellige lag i bundaflejringen i 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) Bestem 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.
 Bestem alderen af lag nr. 1.

20. Pionhenfald

Pionen er en stærkt vekselvirkende partikel (hadron). Den uladete pion (π^0) er ustabil.

Hvilket af følgende tre reaktionsskemaer kan beskrive henfaldet af π^0 ?

(1) $\pi^0 \rightarrow e^+ + e^- + \nu_e$

(2) $\pi^0 \rightarrow e^- + \nu_e$

(3) $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$

Mekanik

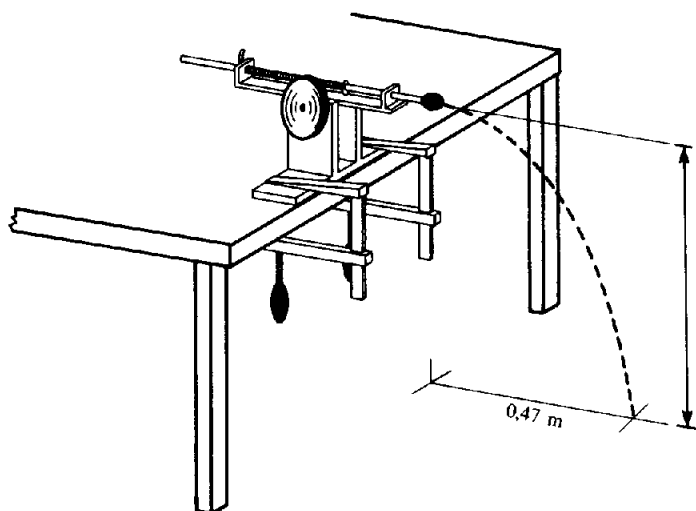
1. Lod i fjeder

En skål hænges op i en fjeder, som herved forlænges lidt. I skålen placeres forskellige lodder. I tabellen er givet sammenhørende værdier af loddernes masse og fjederens samlede forlængelse.

masse af lodder	100 g	200 g	300 g
forlængelse af fjeder	3,5 cm	6,0 cm	8,5 cm

Bestem fjederkonstanten for fjederen.

2. Fjederkanon



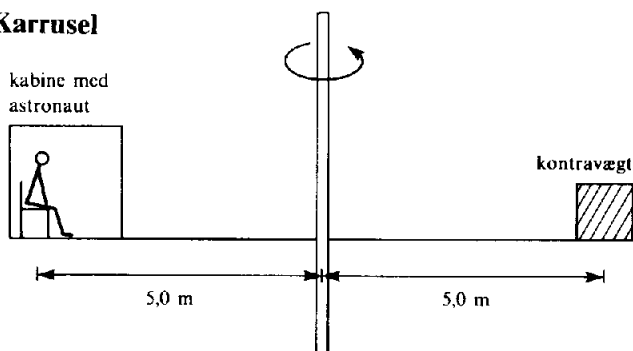
En kugle skydes vandret ud af en fjederkanon og rammer gulvet 0,35 s senere.

a) Beregn den lodrette faldvej.

Under faldet bevæger kuglen sig 0,47 m i vandret retning.

b) Beregn kuglens fart lige før, den rammer gulvet.

3. Karrusel



Figuren viser en karrusel, der bruges til optræning af astronauter. Afstanden fra astronauten til omdrejningsaksen er 5,0 m. Karrusellen roterer med konstant omløbstid, således at astronautens acceleration har størrelsen 90 m/s^2 .

- a) Hvad er omløbstiden?

Kabine med astronaut har massen 800 kg. Kontravægtens masse er ligeledes 800 kg. Der ses bort fra resten af karrusellens masse. Karrusellen bringes i rotation af en motor, der tilfører den effekten 3,4 kW.

- b) Hvor lang tid går der fra karrusellen starter, og indtil astronautens acceleration har fået størrelsen 90 m/s^2 ?

4. Månen

Månen har et tyngdefelt ligesom Jorden, dog er tyngdeaccelerationen ved overfladen kun $1,6 \text{ m/s}^2$. Månens radius er 1740 km.

Find tyngdeaccelerationen 1740 km over Månens overflade.

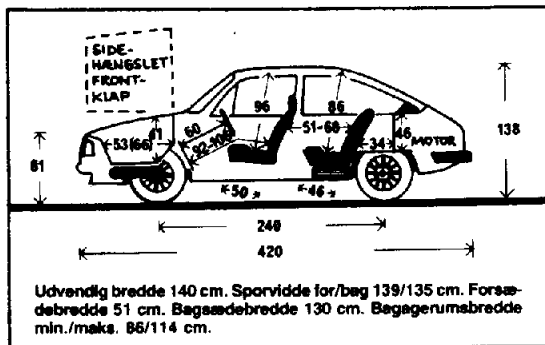
5. Skoda

En bil accelererer i 3. gear fra 60 km/h til 90 km/h i løbet af tidsrummet 7,4 s.

- a) Beregn størrelsen af gennemsnitsaccelerationen i denne bevægelse.

- b) Hvor langt ville bilen køre under denne bevægelse, hvis det var en bevægelse med konstant acceleration?

SKODA 130 RAPID DATA OG MÅLINGER



● Accelerationsevne

Fra 0 til 60 km/h	6.2 sek.
80 km/h	10.0 sek.
100 km/h	16.0 sek.
100 m	8.1 sek.
200 m	12.7 sek.
300 m	16.5 sek.

Fra 60 til 90 km/h	
III gear	153 m 7.4 sek.
IV gear	205 m 10.0 sek.
V gear	324 m 15.7 sek.

Fra 70 til 100 km/h	
III gear	191 m 8.1 sek.
IV gear	255 m 10.9 sek.
V gear	400 m 17.0 sek.

● Hastigheder i gearene

	I	II	III	IV	V
Minimum	0.22	32	39	49	
Maks. moment	21	37	56	73	95
Maks. effekt	37	66	99	129	167
Tophastighed	153 km/h	svarende til 4.567 o/min.	(V gear)		

* Teoretisk værdi.

● Vægt

Typegodkendt egenvægt	875 kg
Tjenestevægt	1.000 kg
Tilladt totalvægt	1.275 kg
Nyttelast	400 kg
Største påhængsvogsvægt	
- med bremser	800 kg
- uden bremser	400 kg

● Motor

4-cyl. vandkølet rækkemotor placeret på langs bag bagakselen. Slag-

volumen 1.289 ccm. Kompressionsforhold 9.7:1. 43 kW/58 HK ved 5.000 o/min. 103 Nm/10.5 kpm ved 2.850 o/min. 1. sideiggende knastaksel (kæde). Elektrisk kølerventilator. Køler med ekspansionstank. Batteri 12 V/37 Ah. 55 A vekselstrømsgenerator. Oktanbehov: 96. Tank: 36 l. Rækkevidde på fuld tank 500 km.

● Transmission

Baghjulstræk. 5-trins gearkasse med udvekslingsforholdene 1:3.8:1, II 2.12:1, III 1.41:1, IV 1.08:1, V 0.83:1. Udveksling i differentiale 3.9:1. Hastighed ved 1.000 o/min i højgear: 33.5 km/h.

● Styretøj

Tandstang 3.5 ratomdrejninger fra stop til stop. Vendecirkel (mellem mure) 11.0 m.

● Bremses

To-kreds, fodbremse (opdeling for/bag). Skiver for, tromler bag. Parkeringsbremse i 1. høj. Bremselængde fra 80 km/h på tør vej 29 m. Pedalkraft 70 N/7 kp.

● Afjedring og hjulophæng

For: Tværsvingarme med skruefjedre. Bag: Uafhængig ophængning m/ skråsvingarme og skruefjedre. Krængningsstabilisator for. Dæk 165 SR 13 på 4" fælge. (Goodyear Grand Prix).

Udsnit af en FDM-test.

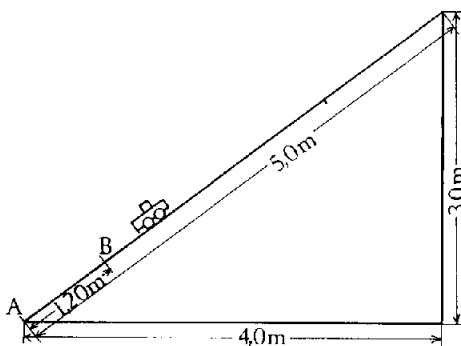
Massen af bil med fører er 1000 kg.

- c) Beregn effekten af den resulterende krafts arbejde på bilen i det øjeblik, farten er 80 km/h i den betragtede bevægelse. Foreslå grunde til, at denne værdi afviger fra den angivne motoreffekt på 43 kW.

Bremselængden ved opbremsning fra 80 km/h er 29 m.

- d) Beregn bremskraften på bilen under denne opbremsning. Beregn endvidere bremselængden fra 80 km/h, når bilen er påmonteret en påhængsvogn uden bremses med massen 400 kg.

6. Kraftprøve



En kraftprøve består i, at en tung vogn accelereres over en kort strækning AB på et skråplan som vist på figuren. Ved B slippes vognen, og den kører videre op ad skråplanet så højt, den kan nå. Vognens masse er 8,0 kg. Vognen passerer B med farten 6,0 m/s.

- a) Hvor langt, regnet fra B, ville vognen nå op ad skråplanet, hvis der kunne ses bort fra gnidning?

Vognen kommer på grund af gnidning kun 2,6 m op ad skråplanet regnet fra B.

- b) Find gnidningskraftens størrelse.

Det antages, at en person påvirker vognen med en konstant kraft parallel med skråplanet på strækningen AB.

- c) Find størrelsen af denne kraft.

7. Rakethylster

En lille raket når en største højde på 88 km over jordoverfladen. Herfra falder rakethylstret lodret ned mod jorden. Tyngdeaccelerationen regnes konstant lig med $9,7 \text{ m/s}^2$ under faldet.

- a) Med hvilken fart ville rakethylstret ramme jorden, hvis der ikke var luftmodstand?

På grund af luftmodstand er rakethylstrets fart lige før nedslaget 500 m/s . Rakethylstrets masse er 55 kg .

- b) Beregn tabet i mekanisk energi under faldet.

Rakethylstret består af aluminium, hvis specifikke varmekapacitet er $880 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$. Det antages, at halvdelen af den tabte mekaniske energi går til forøgelse af rakethylstrets indre energi.

- c) Hvilken temperatur har rakethylstret lige før nedslaget, hvis dets temperatur i højden 88 km var 50°C ?

8. Bil på vandret vej

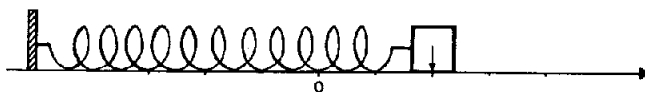
På en lige og vandret vej kører en bil med den konstante fart 100 km/h . Motoren yder da arbejde med effekten $22,8 \text{ kW}$. Af denne effekt bruges de 82% til at overvinde luftmodstanden på bilen.

- a) Beregn størrelsen af luftmodstanden på bilen.

Motoren bruger $1,0 \text{ L}$ benzin for at udføre et arbejde på $7,8 \text{ MJ}$.

- b) Hvor langt kører bilen med den konstante fart 100 km/h på $1,0 \text{ L}$ benzin?

9. Fjeder på bord



En fjeder med en klods ligger på et glat vandret bord. Fjederkonstanten er 280 N/m , og klodsens masse er 180 g . Fjederen strækkes nu $1,5 \text{ cm}$ fra ligevægtsstillingen og frigøres i denne yderstilling. Klodsens foretager derefter en harmonisk svingning.

- Hvor stor er klodsens acceleration i yderstillingen?
- Hvad er klodsens fart $1,2 \text{ cm}$ fra ligevægtsstillingen?

10. Fly på hangarskib

Et fly skal lande på et hangarskibs dæk. Flyets masse er $2,1 \text{ ton}$. Af hensyn til piloten må accelerationens størrelse under landingen maksimalt være 50 m/s^2 , og man kan regne med, at accelerationen under hele landingen har denne værdi. Landingsbanens længde er 170 m .

- Beregn bremsekraftens størrelse.
- Beregn den største fart, hvormed flyet kan påbegynde landingen.

11. DC8-Fly

En startbane er lang nok til, at et fly kan opnå farten 600 km/h på denne bane i en bevægelse med den konstante acceleration $3,0 \text{ m/s}^2$.

- Hvor lang må banen mindst være?

Luftstrømmen forbi en flyvemaskine i fart frembringer en opadrettet kraft på flyvemaskinen. Et DC8-fly med massen 130 ton kører hen ad startbanen.

- Hvor stor skal den opadrettede kraft mindst være, for at flyet kan lette?

Den opadrettede kraft opstår, forbi luften strømmer forbi flyets vinger og krop på en sådan måde, at der fremkommer en trykforskel Δp mellem vingernes overside og deres under side. Dette bevirker en kraft opad på hver af flyets vinger. Desuden frembringer luftstrømmen også en kraft opad på flykroppen, som man kan regne med er lige så stor som kraften på en af vingerne. Den nævnte trykforskel Δp er for DC8-fly tilnærmelsesvis bestemt ved udtrykket

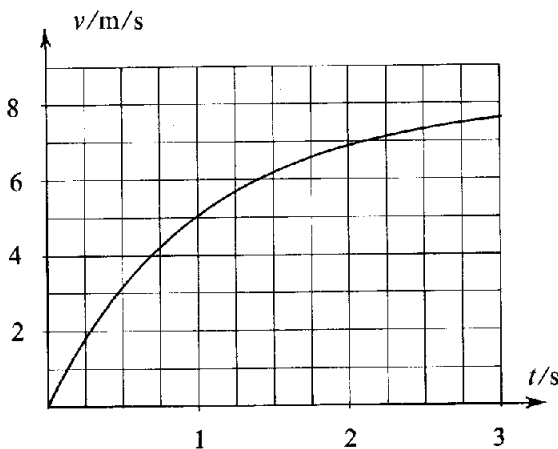
$$\Delta p = 0,10 \cdot \rho \cdot v^2$$

hvor v er flyets fart gennem luften, og ρ er luftens densitet, som er $1,30 \text{ kg/m}^3$. Flyets vinger har hver arealet 147 m^2 .

- c) Hvad er den mindste fart, DC8-flyet skal have, for at det kan lette på en vindstille dag?

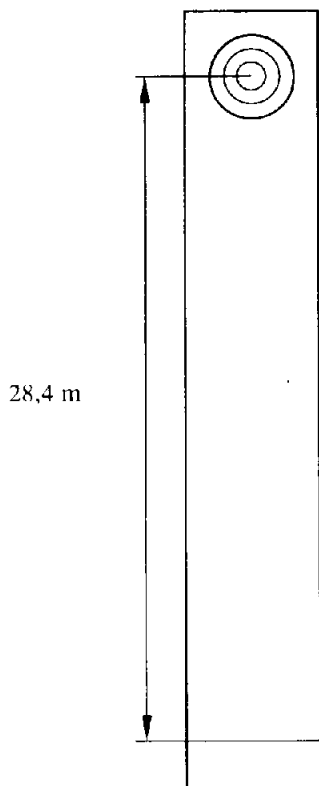
12. 100-meter løb

Grafen viser farten v som funktion af tiden t i de første 3 sekunder af et 100 meter løb.

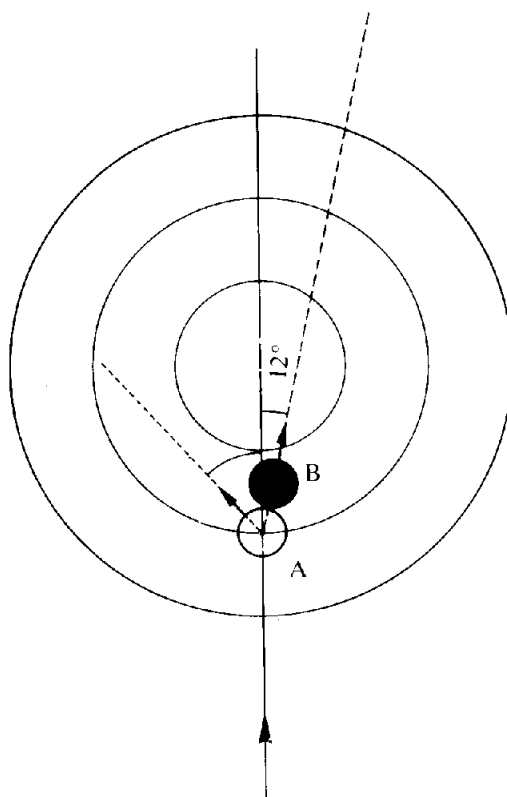


- a) Hvor stor er accelerationen i det øjeblik, hvor farten er $4,0 \text{ m/s}$?
- b) Vis, at accelerationen afhænger lineært af hastigheden. Bestem løberens maksimale fart under løbet.
- c) Beregn en tilnærmet værdi for tiden for de 100 meter.

13. Curling



figur 1



figur 2

Curling er en sportsgren, hvor spillerne lader glatslebne granitsten glide på en isbane. Disse sten har alle massen 19,96 kg. Figur 1 viser startlinjen og det cirkulære »hus«. Afstanden fra startlinjen til husets midte er 28,4 m.

En sten sendes af sted fra startlinjen med farten 3,6 m/s. Stenen standser i husets midte.

- Beregn størrelsen af den resulterende kraft på stenen under bevægelsen.
- Beregn gnidningskoefficienten mellem sten og is.

Under spillet er sten B placeret i huset som vist på figur 2. En spiller skal sende en sten A af sted, sådan at den rammer sten B og støder den ud af huset. Sten A har farten 1,5 m/s, umiddelbart før den rammer sten B.

Sten B får ved det uelastiske sammenstød en sådan hastighed, at den standser efter at have bevæget sig 4,0 m i den retning, som er angivet på figur 2.

- c) Beregn farten af sten A efter sammenstødet.

14. Bobler i væske

Atmosfærens tryk ved overfladen af en væske er 103 kPa. Væskens densitet er 1150 kg/m^3 .

- a) Beregn trykket 1,7 m under væskens overflade.

En boble dannes 1,7 m under væskens overflade. Boblen indeholder en gas, hvis molarmasse er 16 g/mol . Boblens rumfang er $0,21 \text{ L}$, og temperaturen er 20°C .

- b) Beregn massen af gassen i boblen.

Boblen stiger lodret op gennem væsken. Antag først, at boblens rumfang er konstant under opstigningen, og at boblen stiger med konstant fart.

- c) Hvad er da størrelsen af gnidningsmodstanden fra væsken på boblen?

Gnidningsmodstandens størrelse F er med god tilnærmelse bestemt ved

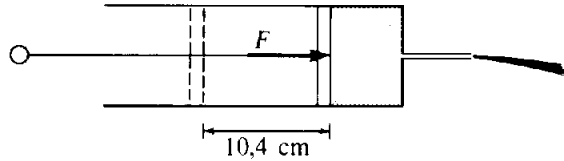
$$F = k \cdot A \cdot v^2$$

hvor A er boblens tværsnitsareal, v dens fart og k en konstant. En stor boble stiger hurtigere op gennem væsken end en lille boble. Antagelsen om, at en bobles rumfang og fart er konstant under opstigningen gennem væsken, er lidt forkert, idet rumfanget og dermed også farten øges lidt under opstigningen.

- d) Forklar, hvorfor en stor boble stiger hurtigere end en lille boble.

Giv et skøn over, hvor mange procent boblens fart er større ved overfladen end 1,7 m under overfladen.

15. Sprøjte



En sprøjte, som er fyldt med vand, er spændt fast i vandret stilling. Stemplet påvirkes med en konstant vandret kraft F med størrelsen 6,4 N. I løbet af 30 s forskydes stemplet herved 10,4 cm mod højre med konstant fart.

Stemplets tværsnitsareal er 26 cm^2 , og mundingens tværsnitsareal er $7,0 \text{ mm}^2$.

- Bestem den fart, hvormed vandet bevæger sig gennem munden.
- Beregn forskellen Δp mellem trykket inde i sprøjten og trykket udenfor sprøjten.

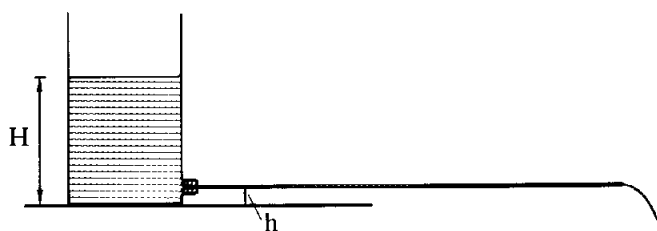
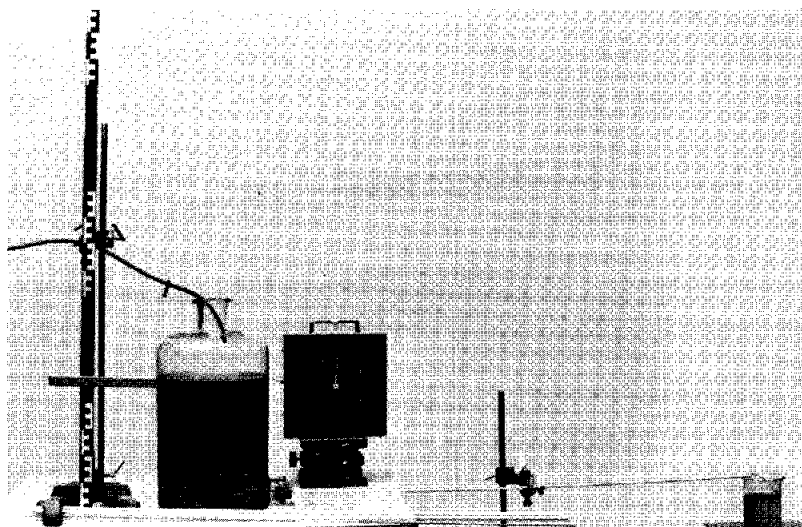
Stemplet påvirkes nu i en række forsøg med vandrette kræfter af forskellig størrelse, hver gang i 30 s. I hvert forsøg bestemmes den fart v , hvormed vandet strømmer ud af munden. Resultaterne fremgår af tabellen nedenfor.

F/N	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$v/(\text{m/s})$	0,72	0,88	1,02	1,14	1,25

- Vis, fx ved en grafisk metode, at v^2 er proportional med trykforskellen Δp .
- Vis, fx ved en grafisk metode, at den samlede kinetiske energi af det udstrømmende vand er proportional med det arbejde, som kraften på stemplet har udført.
Bestem proportionalitetskonstanten.

16. Vandstrøm gennem tynde rør

Et tyndt rør er anbragt vandret i en beholder med vand. Vandet strømmer langsomt ud gennem røret. Vandtilførslen til beholderen kan reguleres, så overfladens højde over beholderens bund er konstant, mens der strømmer vand ud af det tynde rør.



Med denne opstilling gennemføres først en måleserie, hvor der anvendes et rør med radius 1,00 mm. Massen m af den vandmængde, der strømmer ud gennem røret i løbet af et minut, bestemmes for forskellige værdier af vandoverfladens højde H over beholderens bund. Måleresultaterne er:

H / cm	10	15	20	25	30
m / g	13,9	25,5	37,0	48,6	60,1

- a) Afbild resultaterne i et koordinatsystem og bestem rørets højde h over beholderens bund.

I en ny måleserie erstattes røret af andre rør med samme længde som før, men med forskellige radier. Vandoverfladens højde H er hele tiden 10 cm. Når rørets radius r er mindre end en bestemt værdi r_0 , er massen m af den vandmængde, der strømmer ud af røret i et minut, proportional med r^n , hvor n er et helt tal. Måleresultaterne er

r / mm	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00
m / g	13,9	33,9	70,3	222	371	502

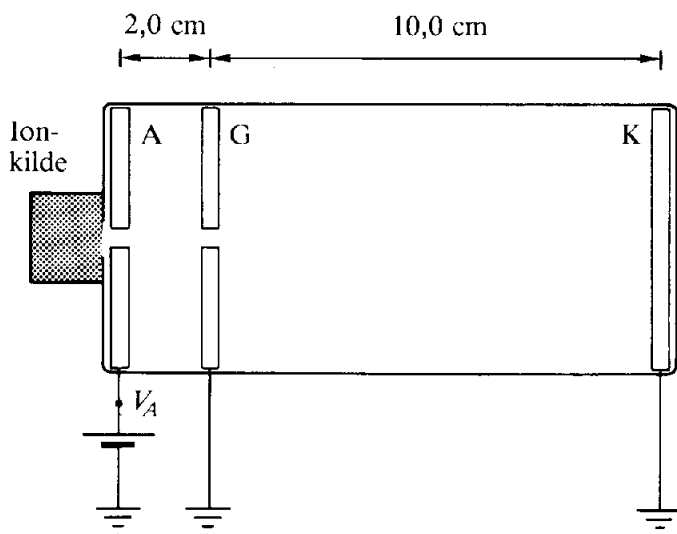
- b) Bestem n på grundlag af måleresultaterne. Bestem en omtrentlig værdi for r_0 .

Til sidst benyttes et rør med radius 1,75 mm og samme længde som før. Vandoverfladens højde H over beholderens bund er 13 cm.

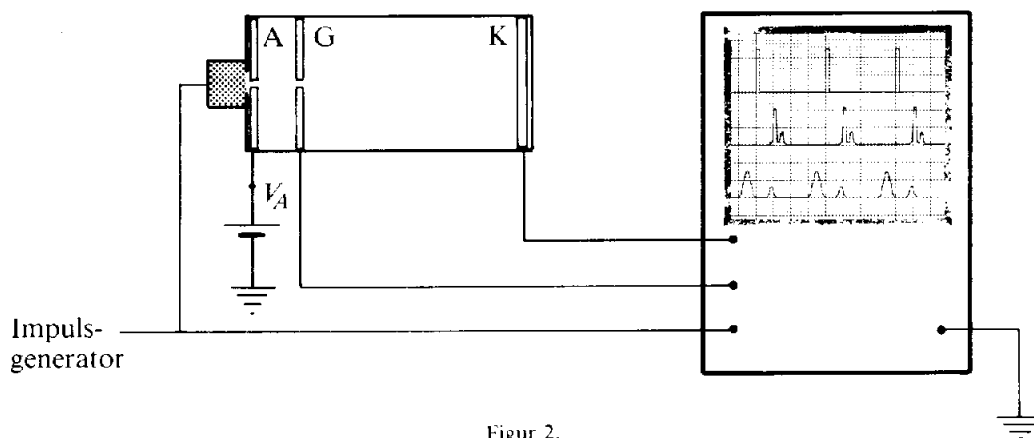
- c) Bestem massen af den vandmængde, der strømmer ud af dette rør i løbet af et minut.

17. Ions masse

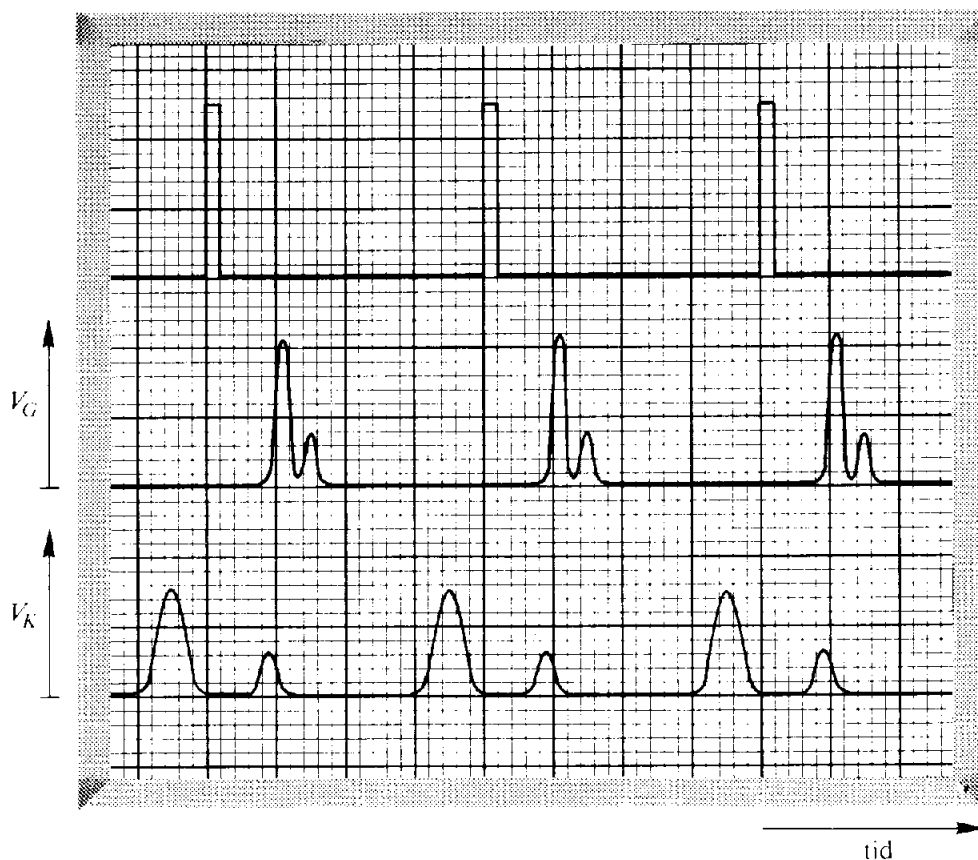
Et udpumpet rør indeholder tre elektroder A, G og K som vist på figur 1. A har den positive spænding V_A , mens G og K har spændingen 0 V.



Figur 1.



Figur 2.



Figur 3.

En ionkilde udsender neon-ioner, hvis masse er 20 u . Ionerne er enkeltladede, og de passerer hullet i A med ubetydelig hastighed. Ionerne accelereres af det homogene elektriske felt mellem A og G. De af ionerne, som passerer gennem hullet i G, fortsætter mod K med den konstante fart $4,1 \cdot 10^4 \text{ m/s}$.

- a) Bestem den tid, det tager for en neon-ion at tilbagelægge den 10,0 cm lange strækning fra G til K.
- b) Bestem spændingen V_A .
- c) Bestem den tid, det tager for en neon-ion at tilbagelægge den 2,0 cm lange strækning fra A til G.

Forsøgsopstillingen ændres nu som vist på figur 2. Spændingen V_A indstilles på 200 V. En impulsgenerator kobles til ionkilden, og impulsgeneratoren samt elektroderne G og K forbindes til et oscilloskop.

Figur 3 viser billedet på oscilloskopets skærm i større målestok. Øverst ses signalet fra impulsgeneratoren. Dette signal styrer ionkilden, så hullet A kun passerer af ioner i de korte tidsrum, hvor spændingen fra impulsgeneratoren er høj. Ingen ioner fra ionkilden passerer hullet i A, når spændingen fra impulsgeneratoren er 0 V.

Toppen på den midterste graf markerer de tidspunkter, hvor G rammes af ioner, og toppene på den nederste graf de tidspunkter, hvor K rammes af ioner. De største toppe på de to nederste grafer skyldes neon-ioner. De mindste toppe stammer fra enkeltladede ioner af en anden gas, der er til stede i ionkilden i ringe mængde.

- c) Beregn massen af en ion af den sidstnævnte gas.

18. Røg

Røgen fra en skorsten indeholder støvpartikler. Hver partikel har rumfanget $1,2 \cdot 10^{-13} \text{ m}^3$, og densiteten af støvpartiklerne er $2,0 \text{ g/cm}^3$.

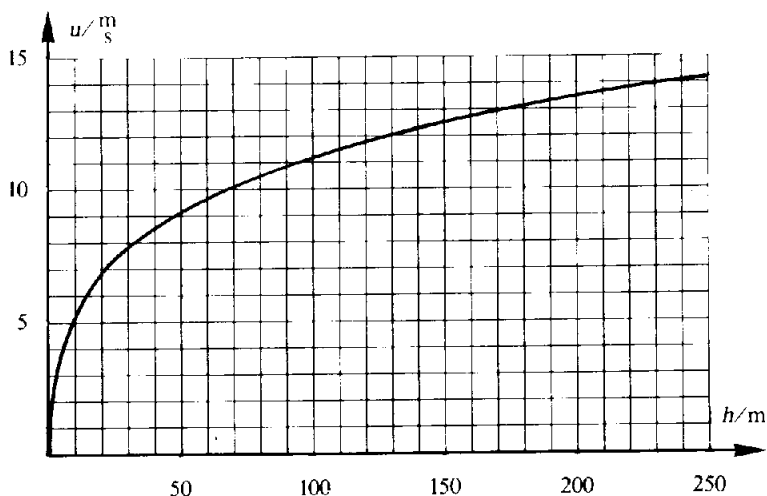
- a) Beregn massen af en partikel.

Når en partikel bevæger sig gennem luften med farten v , påvirkes den af en gnidningskraft med størrelsen

$$F = (1,1 \cdot 10^{-8} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}}) \cdot v$$

I vindstille vejr falder partiklerne mod jorden med konstant fart.

- b) Bestem den fart, hvormed partiklerne falder.



En dag er det blæsevejr. Vindens retning er vandret, og partiklerne føres med vinden, samtidig med at de falder. Grafen viser partiklernes hastighed u i vandret retning som funktion af højden h over jordoverfladen. Partiklerne falder fra højden 200 m.

- c) Find en tilnærmet værdi for den strækning, partiklerne bevæger sig i vandret retning, inden de når jorden.

19. Ishagl

Et ishagl dannes i en sky, hvorfra det falder mod jordoverfladen. Haglet er påvirket af luftmodstand, som bremser bevægelsen. Størrelsen af luftmodstanden F er

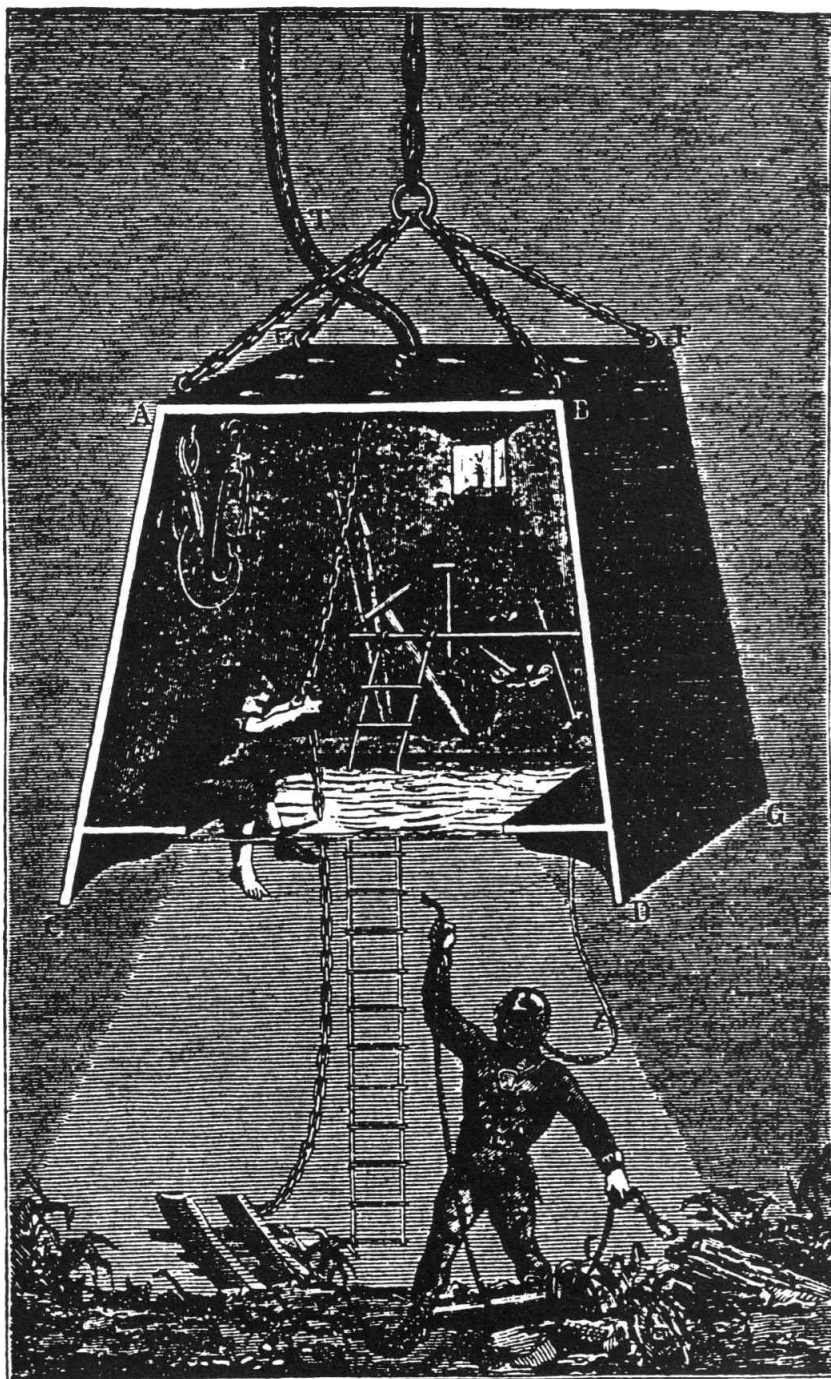
$$F = \left(6,4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m}}\right) \cdot v^2$$

hvor v er haglets fart. Luften er stillestående. Haglets masse er $5,2 \cdot 10^{-5}$ kg under hele faldet. Haglet bevæger sig med konstant fart det sidste stykke, før det rammer jordoverfladen.

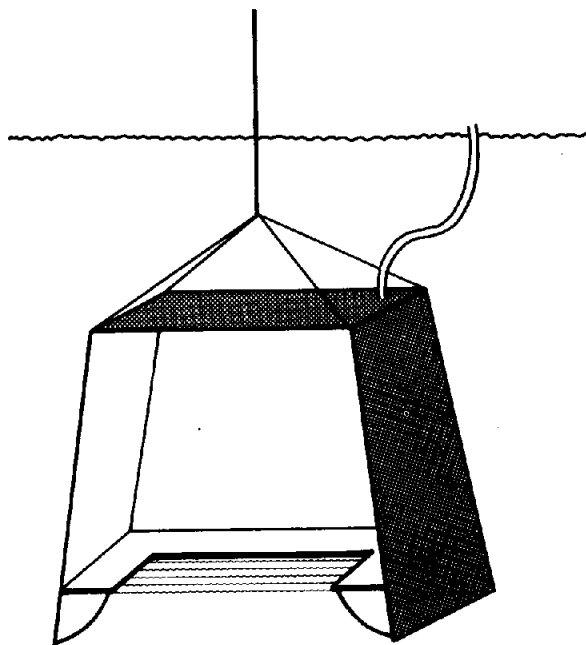
Forklar hvorfor haglets fart bliver konstant det sidste stykke, før det rammer jordoverfladen.

Bestem denne fart.

20. Dykkerklokke



Billedet er fra Ellinger:
»Naturen og dens kræfter«, 1897-98.



Figuren viser en primitiv dykkerklokke. Det er en beholder uden bund, der hænger i et kabel. Man kan pumpe luft gennem slangen ind i dykkerklokken.

Den luftfyldte dykkerklokke sænkes ned i havet, sådan at dens bund er 6,0 m under vandoverfladen. Herved stiger vandet et stykke op i dykkerklokken på grund af det øgede tryk. Efter at dykkerklokken er sænket ned i vandet, pumpes der netop så meget luft ind, at dykkerklokken er helt fyldt med luft.

Barometerstanden er 101 kPa.

- a) Beregn trykket i dykkerklokken, efter at den er fyldt med luft.

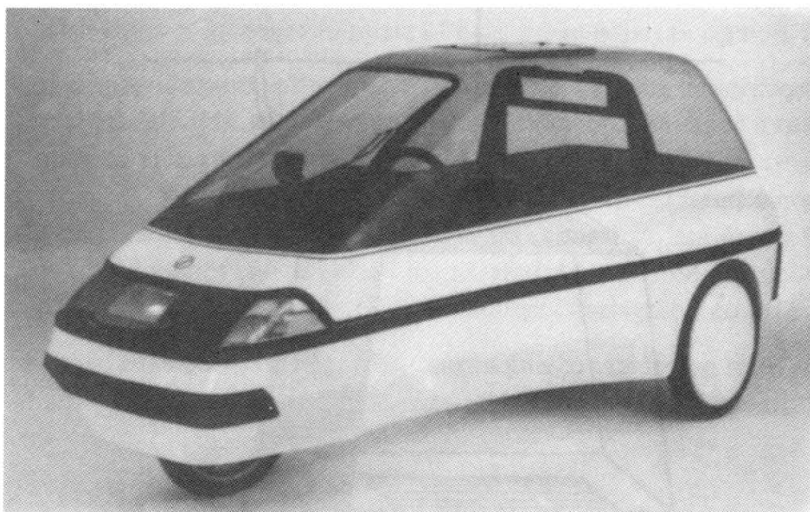
Dykkerklokkens indre rumfang er $12,0 \text{ m}^3$. Luften og vandet har temperaturen 20°C .

- b) Hvor mange mol luft blev der pumpet ind i dykkerklokken, efter at den var sænket ned i vandet?

Dykkerklokken er lavet af stål, og dens masse er 15,4 ton. Densiteten af stål er $7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

- c) Beregn trækket i kablet, når den luftfyldte dykkerklokke hænger stille med bunden 6,0 m under vandoverfladen.

21. Ellerten



Firmaet El-Trans i Randers har udviklet en dansk elbil, populært kaldet »ellerten«.

Når ellerten kører, er den påvirket af den såkaldte rullemodstand, der er en kraft rettet mod bevægelsen. Rullemodstanden er uafhængig af farten, og dens størrelse er 1,1% af normalkraften.

En ellert med fører har massen 380 kg.

- a) Beregn størrelsen af rullemodstanden, når ellerten kører på vandret vej.

En kørende ellert er også påvirket af luftmodstand. Luftmodstanden F på en ellert, der bevæger sig med farten v i forhold til luften, er

$$F = (0,184 \frac{\text{N} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^2}) \cdot v^2$$

Ellerten kører på vandret vej i vindstille med farten 35 km/h.

- b) Beregn den effekt, som motoren skal yde for at overvinde rullemodstand og luftmodstand.

Den største effekt, som motoren kan yde gennem længere tid, er 880 W.

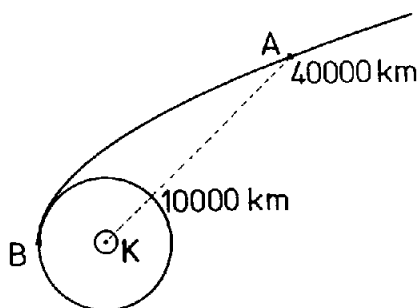
- c) Find en tilnærmet værdi for den største fart, som ellerten kan holde gennem længere tid, når den kører på vandret vej i vindstille.

De fuldt opladede akkumulatorer kan sende ladningsmængden 320 kC gennem motoren ved spændingsforskellen 36 V, før de skal genoplades. Motoren yder 80% af den effekt, som akkumulatorerne afgiver.

Til at begynde med er akkumulatorerne fuldt opladede.

- d) Beregn, hvor langt ellerten kan køre med den største fart på vandret vej i vindstille, før akkumulatorerne skal genoplades.

22. Rumskib



Et rumskib med massen 980 kg befinder sig i position A, 40000 km fra centrum af en klode K, der har massen $7,5 \cdot 10^{22}$ kg. Begge befinder sig langt borte fra andre kloder.

- a) Find størrelsen af gravitationskraften på rumskibet i position A.

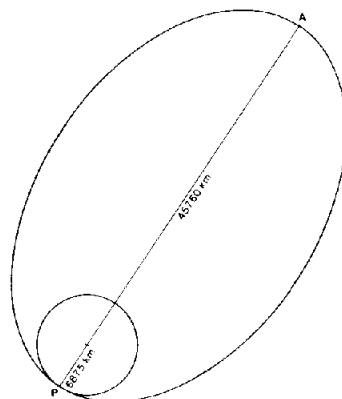
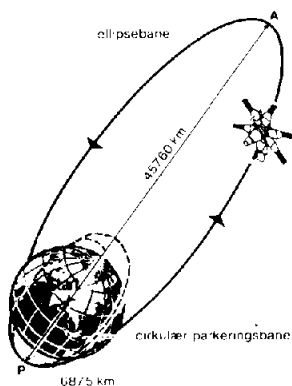
Rumskibet skal styres ind i en cirkelbane omkring K, som det herefter skal følge alene påvirket af gravitationskraften fra K. Radius i cirkelbanen skal være 10000 km.

- b) Find farten i cirkelbanen.

I positionen A er rumskibets fart 500 m/s. Rumskibet bevæger sig i en bane AB, der ved B meget nær følger den ønskede cirkelbane. For at rumskibet herefter kan følge cirkelbanen, skal der ske en opbremsning, når rumskibet når B. Mellem A og B er rumskibet udelukkende påvirket af gravitationskraften fra K.

- c) Hvor stor skal fartændringen under opbremsningen ved B være?

23. Satellit



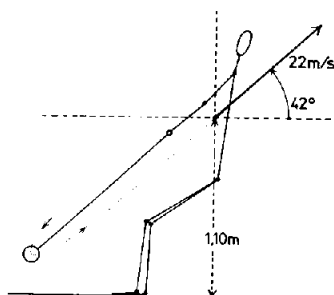
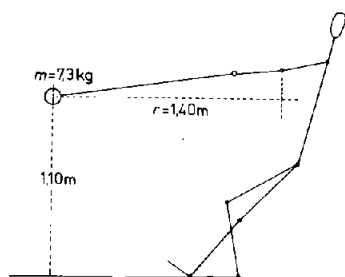
En satellit med massen 244 kg bevæger sig omkring Jorden i en cirkelformet parkeringsbane med radius 6875 km. Jordens masse er $5,98 \cdot 10^{24}$ kg.

a) Find satellittens fart.

Man ønsker nu at give satellitten en elliptisk bane, hvor den i det nærmeste punkt P fortsat har afstanden 6875 km fra Jordens centrum, mens den i det fjerneste punkt A skal have afstanden 45760 km fra Jordens centrum. Dette opnås ved, at man i en lille omegn omkring P øger satellittens hastighed i banetangentens retning, så den nye fart ved P bliver 10,04 km/s.

b) Hvor stor bliver hastigheden i A?

24. Hammerkast



En hammer til hammerkast består af en tung kugle, hvori der er fastgjort en tynd stålwire med et håndtag. Kasteren kan svinge kuglen rundt i en cirkel.

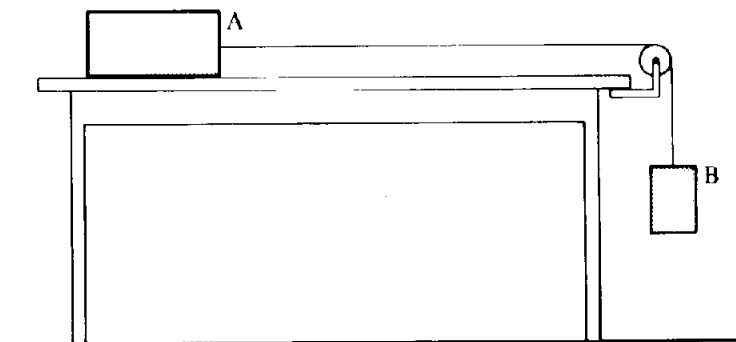
Efter de første omgange, begyndelsesfasen, bevæger kuglen sig i en vandret jævn cirkelbevægelse i højden 1,10 m over jordoverfladen. Kuglens masse er 7,3 kg, dens omløbstid er 0,90 s, og cirkelens radius er 1,40 m.

- a) Find størrelsen af den resulterende kraft på kuglen.

I løbet af de sidste omgange, inden kuglen frigøres, slutfasen, øger kasteren kuglens fart og sender den afsted med farten 22 m/s fra højden 1,10 m over den vandrette jordoverflade. Bevægelsens retning danner en vinkel på 42° med vandret.

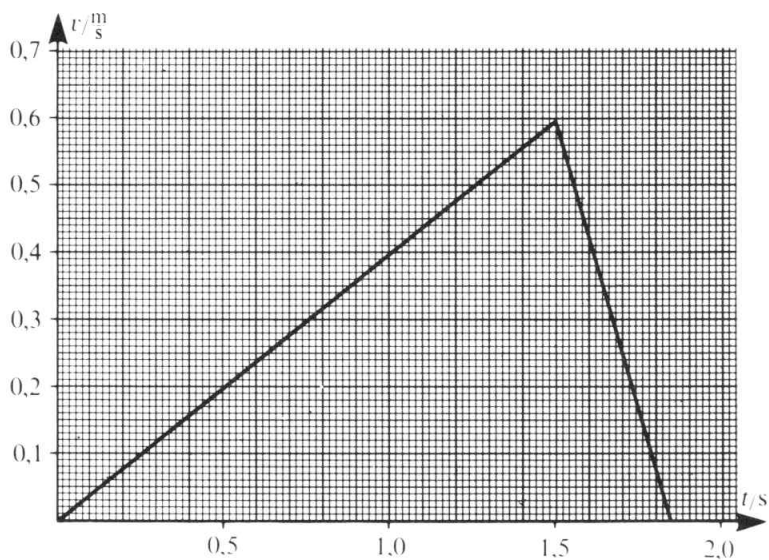
- b) Find det arbejde, der udføres på kuglen i slutfasen.
- c) Find den vandrette afstand mellem frigørelsespunktet og nedslagspunktet.

25. Klods på bord



Figuren viser to klodser A og B, der er forbundet med en let snor over en lille og letløbende trisse. Massen af A er 2,6 kg. Grafen viser hastigheden v af A som funktion af tiden t . B rammer gulvet til tiden $t = 1,5$ s.

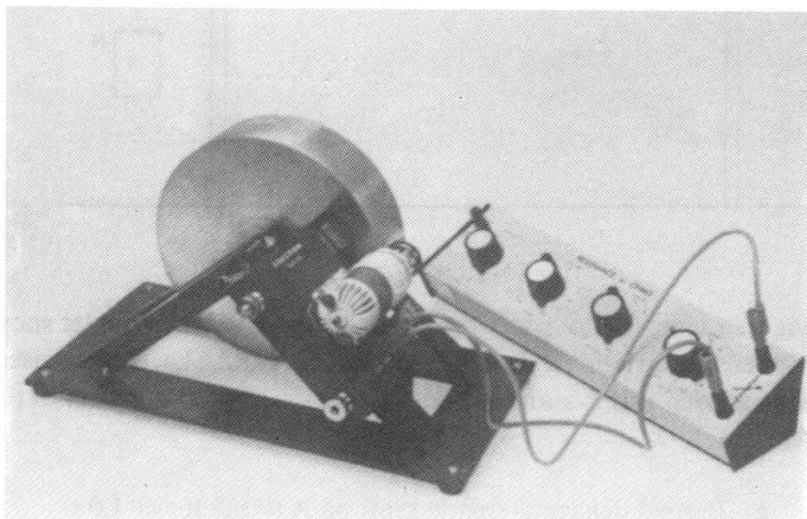
- a) Bestem den resulterende kraft på A til tiden $t = 1,0$ s.



b) Beregn gnidningskoefficienten.

c) Bestem massen af B.

26. Svinghjul



Et lille svinghjul, der roterer med vinkelhastigheden ω , har den kinetiske energi

$$E_{\text{kin}} = (0,040 \text{ kg} \cdot \text{m}^2) \cdot \omega^2$$

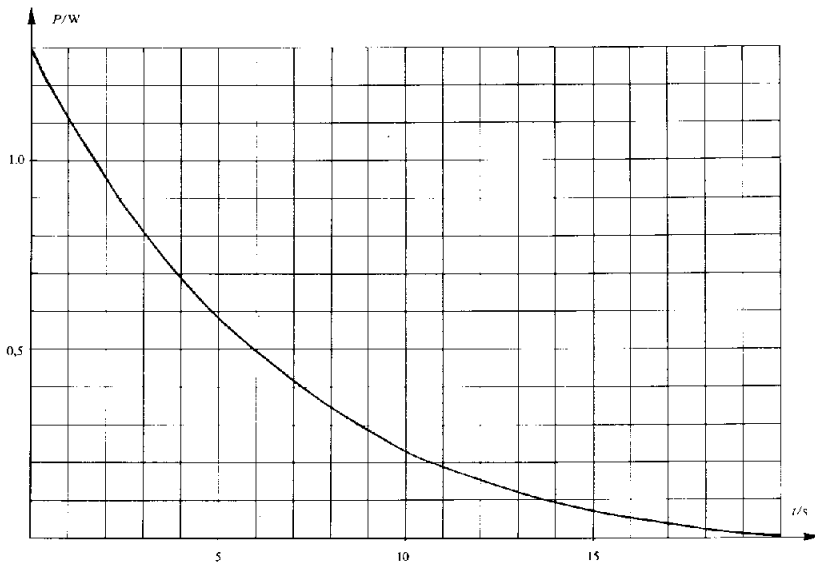
Svinghjulet udfører 10 omdrejninger pr. sekund.

a) Beregn svinghjulets kinetiske energi.

Nu lader man svinghjulet trække en dynamo, som ved opbremsning af svinghjulet omsætter en del af svinghjulets energi til elektrisk energi.

Dynamoen er forbundet med en resistor som vist på figuren.

Grafen viser den effekt P , som omsættes i resistoren, som funktion af tiden t .

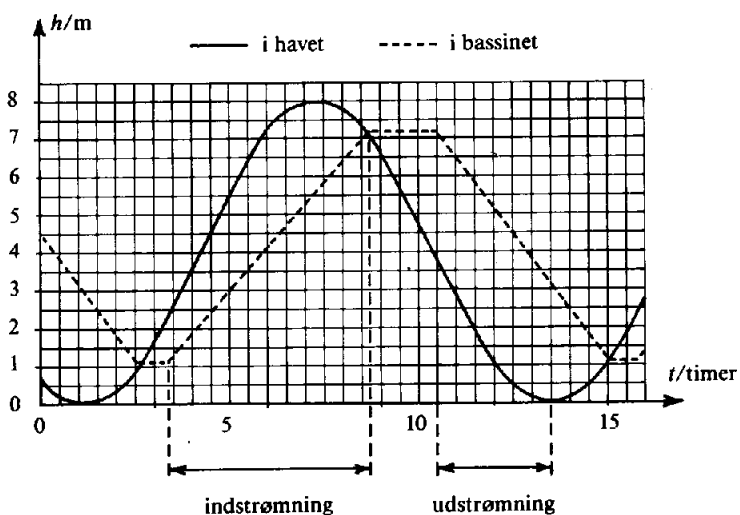


b) Bestem fx ved en grafisk metode, hvor mange procent af svinghjulets kinetiske energi der afsættes i resistoren.

27. Tidevandskraftværket la Rance



Ved den franske atlantehavskyst, hvor floden la Rance løber ud i havet, er der bygget en dæmning tværs over floden. I dæmningen er placeret turbiner, der kan udnytte energien i tidevandet. Der kan produceres elektrisk energi, både når vandet strømmer ind, og når det strømmer ud gennem turbinerne.



Figuren viser, hvorledes vandoverfladens højde h varierer som funktion af tiden t dels i havet foran dæmningen, dels i bassinet bag dæmningen. Arealet af bassinet er 17 km^2 .

- a) Beregn massen af den vandmængde, der strømmer ind, mens bassinet fyldes op.

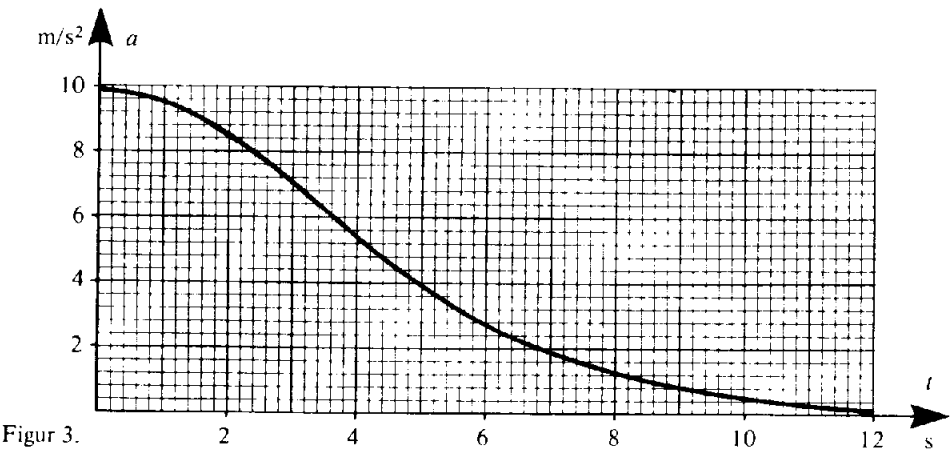
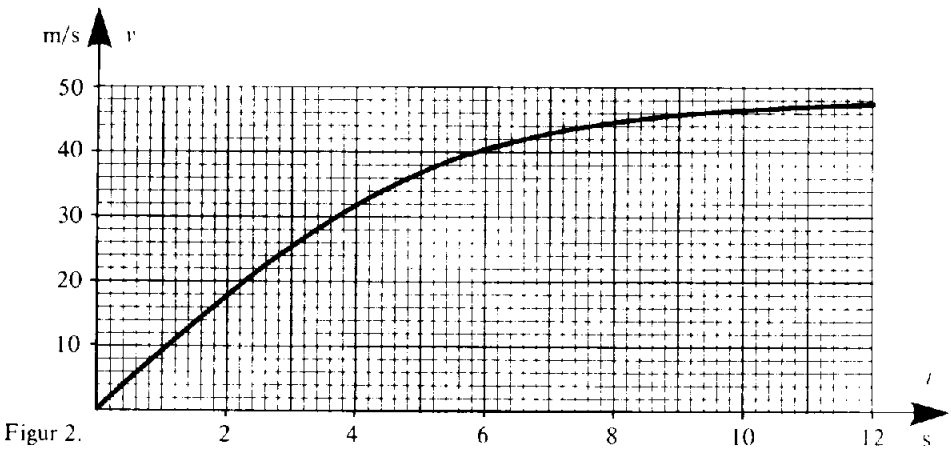
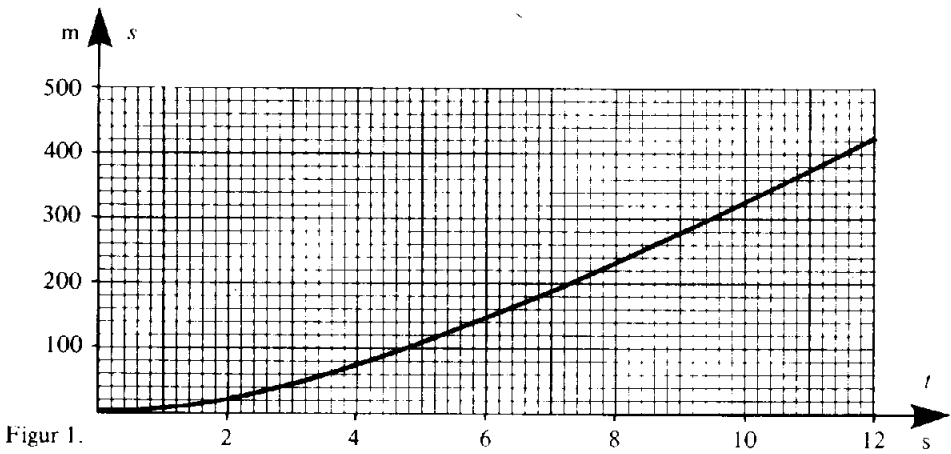
På et bestemt tidspunkt strømmer vandet ind i bassinet. Højdeforskellen mellem vandoverfladerne er da $2,5 \text{ m}$, og vandgennemstrømningen gennem en turbine er $160 \text{ m}^3/\text{s}$. Turbinen producerer elektrisk energi med effekten $2,2 \text{ MW}$.

- b) Beregn, hvor mange procent den producerede elektriske effekt udgør af vandets tab i potentiel energi pr. sekund.

I det tre-timers tidsinterval, der er markeret på figuren, strømmer vandet ud gennem turbinerne. Man kan regne med, at turbinerne udnytter 65% af vandets tab i potentiel energi pr. sekund i dette tidsinterval.

- c) Bestem på grundlag af figuren en tilnærmet værdi for den energimængde, kraftværket producerer i dette tidsinterval.

28. Fald med luftmodstand



En faldskærmsspringer, hvis faldskærm endnu ikke er foldet ud, falder lodret ned gennem luften. De tre figurer viser graferne for henholdsvis faldvejen s , farten v og accelerationen a som funktion af tiden t for faldskærmsspringerens fald.

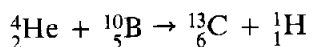
- Tegn tilsvarende grafer for et frit fald uden luftmodstand.
- Angiv størrelse og retning af de kræfter, der virker på faldskærmsspringeren i det øjeblik, faldet gennem luften har været 5,0 s. Faldskærmsspringerens masse er 85 kg.
- Hvor meget mekanisk energi er blevet omdannet til indre energi under faldet gennem luften i løbet af de første 5,0 s?
- Forklar, hvordan man på grundlag af de givne grafer kan bestemme faldvejen gennem luften efter 20 sekunders fald. Bestem denne faldvej.

29. Kernereaktion

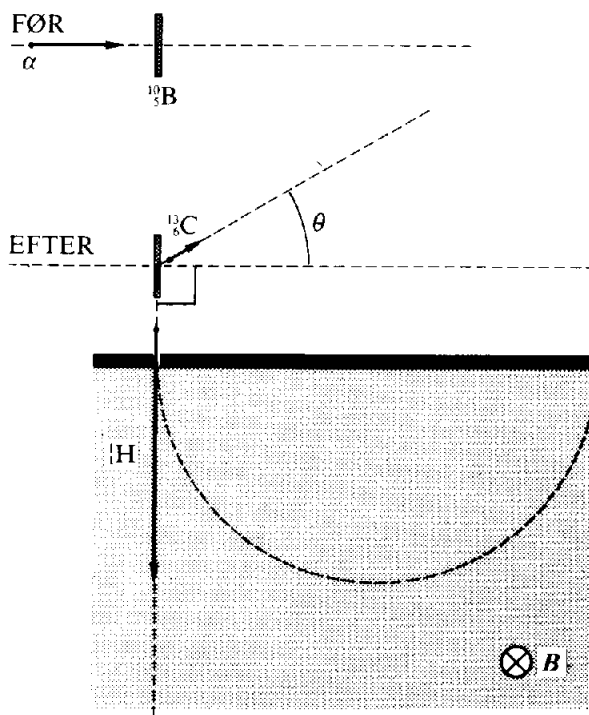
I et forsøg accelereres α -partikler fra hvile gennem et spændingsfald på 2,35 MV.

- Beregn α -partiklernes fart.

α -partiklerne rammer hvilende $^{10}_5\text{B}$ -kerner, hvorved der kan ske reaktionen



Hastigheden af de protoner, der ved processen udsendes vinkelret på α -partiklernes bevægelsesretning, bestemmes ved at måle deres afbøjning i et homogent magnetfelt med den magnetiske fluxtæthed 0,46 T. Protonernes hastighed er vinkelret på magnetfeltets retning, og de bevæger sig langs en cirkelbue med radius 0,82 m.



b) Beregn protonernes fart.

Samtidig udsendes $^{12}_6\text{C}$ -kerner i en retning, som danner vinklen θ med α -partiklernes bevægelsesretning.

c) Beregn vinklen θ .

d) Beregn processens Q -værdi.

30. Solvind

Fra Solens atmosfære udsendes en stadig strøm af partikler til omgivelserne, den såkaldte solvind.

Solvinden indeholder bl.a. protoner, som i Jordens afstand fra Solen typisk har en kinetisk energi på 1 keV.

a) Hvor stor er farten af en proton med den kinetiske energi 1,00 keV?

På grund af massetiltrækningen fra Solen mister partiklerne i solvinden noget af deres kinetiske energi under bevægelsen fra Solens atmosfære til Jorden. Solens masse er $1,99 \cdot 10^{30}$ kg, og dens radius er $6,96 \cdot 10^8$ m. Afstanden mellem Solen og Jorden er $1,50 \cdot 10^{11}$ m.

- b) Hvor meget kinetisk energi mister en proton under bevægelsen fra Solens overflade til Jorden?

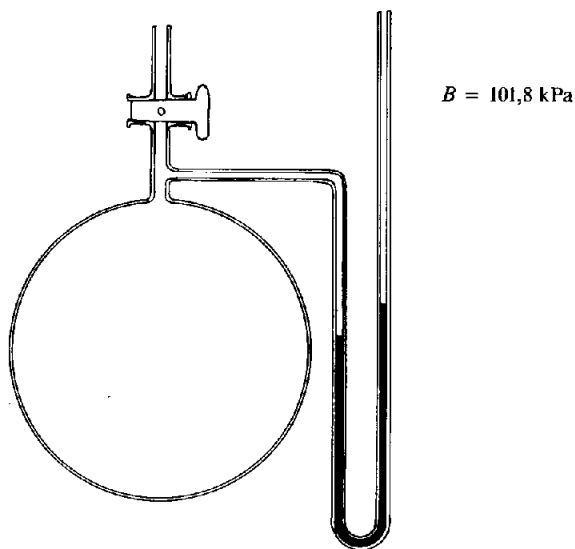
Man kan se bort fra massetiltrækningen mellem Jorden og en proton i solvinden.

31. Beholder med nitrogen

En beholder med rumfanget 3,0 L fyldes med nitrogen N_2 . Gassens temperatur er 22°C , og dens tryk er lig med atmosfæretrykket, som er 101,8 kPa. Beholderen er forsynet med en hane og tilsluttet et kviksølvmanometer.

Hanen lukkes, og beholderen anbringes i et vandbad, hvis temperatur til stadighed er 50°C . Nitrogens molarmasse er 28,0 g/mol.

- a) Beregn trykket i gassen, når gassen har nået vandbadets temperatur.



Nu åbnes hanen, og der strømmer nitrogen ud af beholderen, indtil trykket i beholderen er lig atmosfæretrykket. Derefter lukkes hanen igen. Under udstrømningen bliver gassen i beholderen afkølet. Noget tid efter, at hanen blev lukket, har gassen i beholderen igen nået vandbadets temperatur. Højdeforskellen mellem de to kviksølv-overflader er da 19 mm. Densiteten af kviksølv er $13,6 \text{ g/cm}^3$.

- b) Beregn gassens temperatur umiddelbart efter, at hanen blev lukket.
- c) Hvor mange gram nitrogen strømmede ud af beholderen?

32. En gas' arbejde

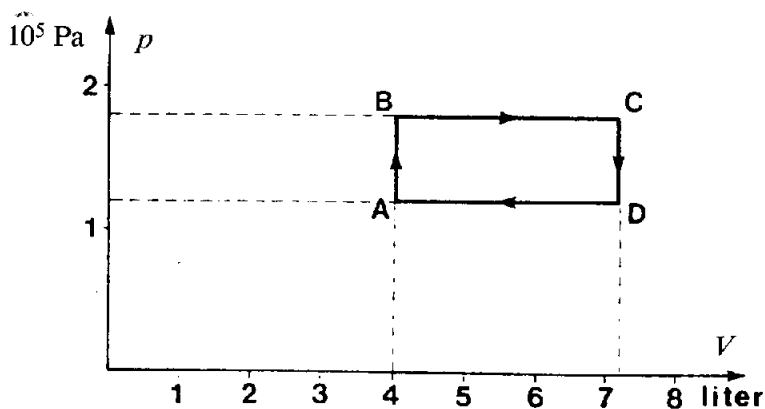
En cylinder indeholder en gas (N_2). I en tilstand A er gassens temperatur 20°C , dens rumfang $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, og dens tryk 120 kPa.

Gassens molarmasse er 28 g/mol .

- a) Beregn gassens masse.



Cylinderen er varmeledende og lukker med et letløbende stempel, således at gassen kan udveksle varme og arbejde med omgivelserne. Man lader nu gassen gennemløbe den kredsproces A-B-C-D-A, som er vist på nedenstående (V, p) -diagram. A er den ovenfor beskrevne tilstand, og C er en tilstand, hvor rumfang og tryk er henholdsvis $7,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ og 180 kPa.



- b) Find temperaturen i tilstand B og i tilstand C.

I løbet af hele kredsprocessen udfører gassen et mekanisk arbejde A_{mek} på omgivelserne under stemplets bevægelse. Under processen fra A til C modtager gassen varmemængden Q .

Gassens specifikke kapacitet ved konstant rumfang er $0,743 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$. Gassens specifikke varmekapacitet ved konstant tryk er $1,04 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$.

- c) Hvor mange procent udgør A_{mek} af Q ?

33. Vejrballon

En vejrballon fyldes inden opsendelsen med hydrogen (brint), indtil dens rumfang er $3,0 \text{ m}^3$. Hydrogenet har samme temperatur og tryk som luften lige uden for ballonen. Ved jordoverfladen er luftens temperatur 20°C og dens tryk 103 kPa . Hydrogens molarmasse er $2,02 \text{ g/mol}$.

- a) Bestem massen af hydrogen i ballonen.

Den samlede masse af ballon med hydrogen og nyttelast er $1,50 \text{ kg}$. Ballonen slippes og begynder at bevæge sig opad. Luftmodstanden på den vokser hurtigt, og efter ganske kort tid bevæger den sig med konstant fart. Atmosfærisk lufts densitet ved 20°C er $1,20 \text{ kg/m}^3$.

- b) Hvor stor er da luftmodstanden på den?

Efterhånden som ballonen når højere op, ændres den omgivende lufts densitet. Det betyder, at ballonens fart ændrer sig langsomt. Ballonen er hele tiden kugleformet. Størrelsen F af luftmodstanden er

$$F = 0,61 \cdot \varrho \cdot r^2 \cdot v^2$$

hvor ϱ er den omgivende lufts densitet, r ballonens radius og v ballonens fart. I en højde af 12 km over jordoverfladen er luftens temperatur -50°C og dens tryk $19,6 \text{ kPa}$.

- c) Hvor stor er ballonens fart i højden 12 km ?

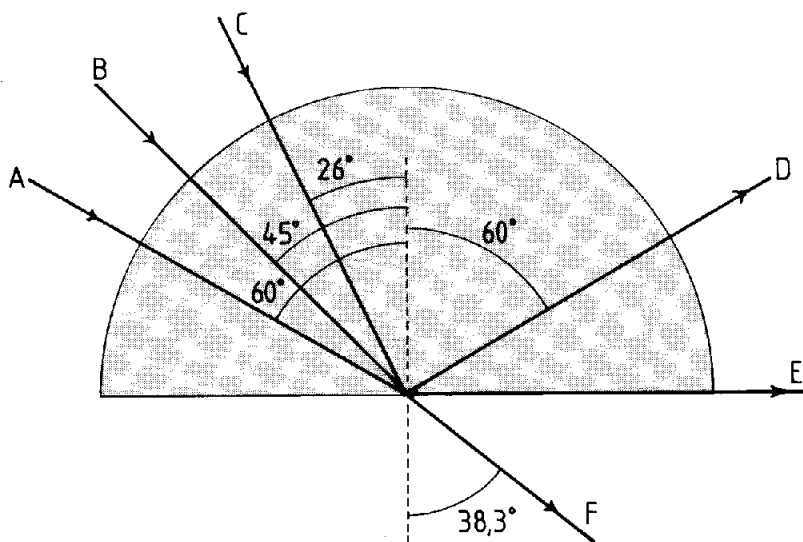
SÆT 1

1. Effekt

En resistor har resistansen $5,0\ \Omega$. Når der går en elektrisk strøm med strømstyrken I gennem resistoren, omsættes der energi med effekten P .

Tegn en graf, som viser P som funktion af I .

2. Brydning

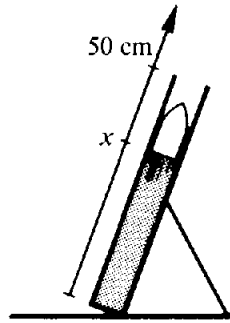


På figuren er vist tre lysstråler A, B og C, der falder ind mod en halvcirkelformet plastklods. D, E og F er strålerne efter passage af klodsen.

- Hvorledes hører D, E og F sammen med A, B og C?
- Beregn brydningsforholdet for overgang fra luft til plast.

3. Kanon

Hver gang en bestemt kanon affyres, omsættes energien 39 kJ, idet en drivladning eksploderer i kanonløbet bag projektilet. Den dannede gas presser projektilet frem gennem kanonløbet.

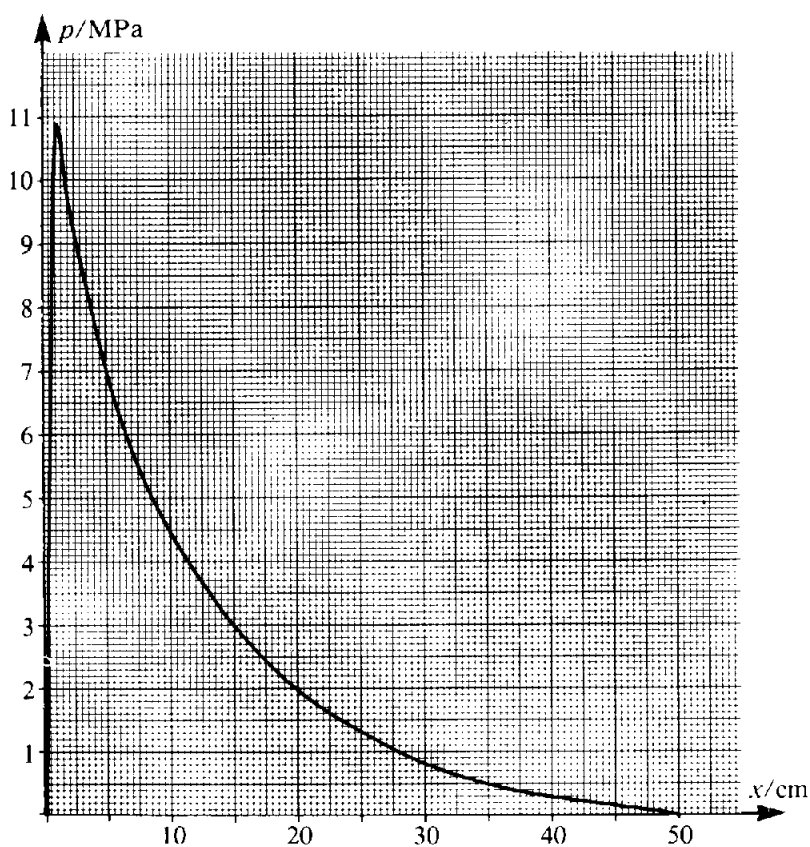


Figur 1.

Antag først, at al den energi, der omsættes ved en affyring, bliver til kinetisk energi af projektilet. Projektilets masse er 3,4 kg.

a) Beregn projektilets fart lige efter affyringen.

Affyringen kan undersøges nærmere ved hjælp af detektorer i kanonløbet, som registrerer trykket i gassen bag projektilet. Grafen på figur 2 viser dette tryk p som funktion af projektilets position x i kanonløbet. Kanonløbets længde er 50 cm, og dets indre diameter er 81 mm.



Figur 2.

MAJ-JUNI 1986

- b) Find en tilnærmet værdi for det arbejde, gassen udfører på projektilet i løbet af affyringen.
Bestem heraf en anden værdi for projektilets fart lige efter affyringen.

4. Krypton-foto af lunge

Krypton (Kr) er en gas. $^{81}\text{Kr}^*$ er en exciteret tilstand af ^{81}Kr . $^{81}\text{Kr}^*$ henfalder til grundtilstanden under udsendelse af en foton. $^{81}\text{Kr}^*$ bruges til lungeundersøgelser.

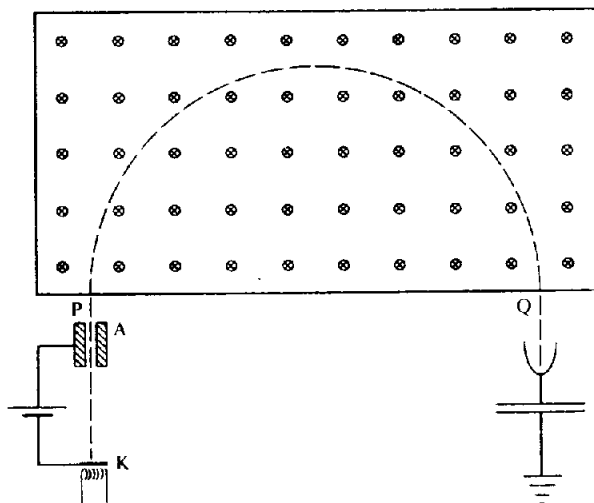
En person indånder en luftmængde, som indeholder $^{81}\text{Kr}^*$ med aktiviteten 300 MBq. Gammastrålingen fra den indåndede luft kan give et billede af lungerne. Personen holder vejret i 20 s og ånder derefter ud. Halveringstiden for $^{81}\text{Kr}^*$ er 13 s.

- a) Hvor stor er aktiviteten fra $^{81}\text{Kr}^*$ i lungerne, umiddelbart før personen ånder ud?

Man kan regne med, at 75% af energien fra gammastrålingen afsættes i personens krop. Massen af personen er 70 kg, og gammastrålingens fotonenergi er 193 keV.

- b) Beregn den absorberede dosis, som personen modtager i løbet af de 20 s, hvor Kr-gassen er i lungerne.

5. Elektronstråle



En elektronstråle sendes ved P ind i et homogent magnetfelt, hvor elektronerne bevæger sig i en cirkulær bane vinkelret på feltets retning. Linjestykket PQ med længden 10,0 cm er en diameter i cirklen. Elektronerne starter fra hvile ved K. På grund af spændingsfaldet fra A til K opnår de farten $1,02 \cdot 10^7$ m/s ved A.

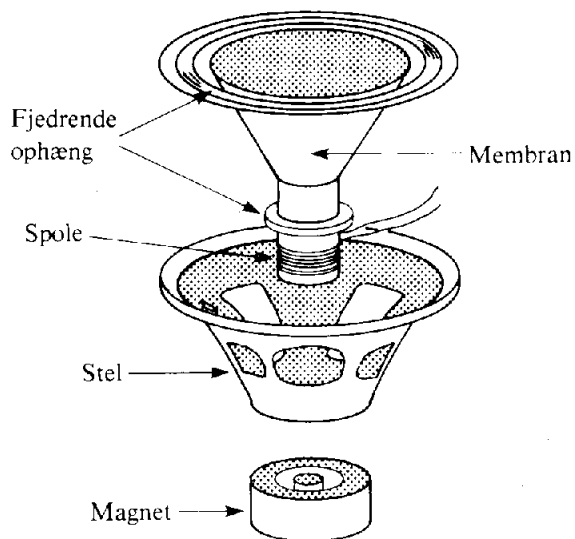
- Hvor stort er spændingsfaldet fra A til K?
- Hvor stor er den magnetiske fluxtæthed i feltet?

Når elektronerne passerer Q, opsamles de på den ene plade af en kapacitor med kapacitansen 37 nF. Kapacitorens anden plade er forbundet til jord.

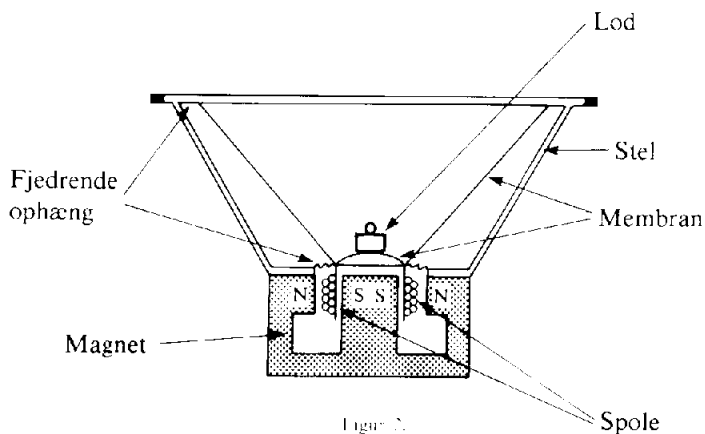
Til at begynde med er kapacitoren afladet, men efter 10 sekunders forløb er spændingsfaldet over kapacitoren vokset til 12 V på grund af de opsamlede elektroner.

- Beregn den elektriske strømstyrke, som elektronstrålen svarer til.

6. Højtaler



Figur 1



Figur 2

Figurerne viser, hvorledes en højttaler er opbygget. Figur 1 viser dens dele i perspektiv, og figur 2 er et tværsnit af den samlede højttaler. Spolen befinder sig i feltet fra en permanent magnet. De magnetiske feltlinjer er overalt vinkelrette på spolens vindinger, og den magnetiske fluxtæthed har samme størrelse overalt ved spolen.

Spolen er limet fast til membranen, og membranen er fastgjort til stellet med et fjedrende ophæng, som påvirker membranen med en elastisk kraft.

Højtaleren anbringes vandret, og et lod med massen 20,0 g stilles på membranens bund som skitseret på figur 2. Derved synker membranen 0,42 mm ned.

- a) Bestem ophængets fjederkonstant.

Den samlede længde af tråden i spolen er 6,1 m. Mens loddet stadig ligger på membranen, sendes der jævnstrøm gennem spolen. Når strømstyrken er 35 mA, er membranen netop kommet tilbage til udgangsstillingen.

- b) Hvor stor er den magnetiske fluxtæthed på spolens plads?

Loddet fjernes, og der sendes et kortvarigt strømstød gennem spolen. Efter strømstødet svinger membranen et stykke tid, hvorved der udsendes en tone. Med et oscilloskop måles, at svingningstiden er 25,8 ms.

- c) Hvad er massen af det svingende system i højtaleren?

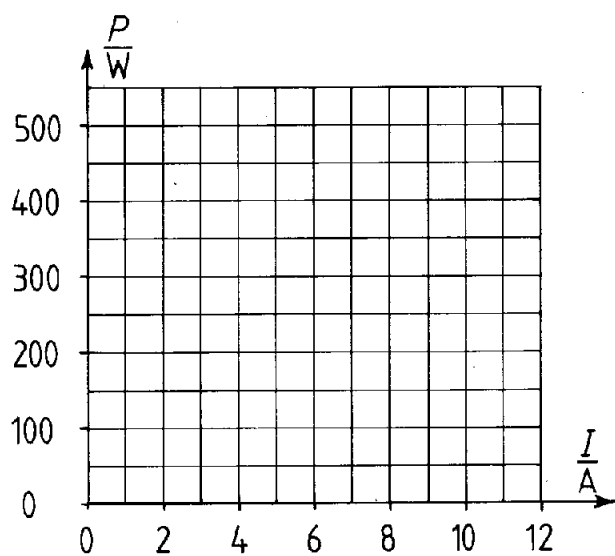
På samme måde måles svingningstiden T for det svingende system i en anden højtaler, når der fæstes små lodder med massen m til membranen. Måleresultaterne fremgår af tabellen nedenfor.

m/g	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
T/ms	28,1	30,8	33,2	35,3	37,4	39,4

- d) Hvordan kan man ud fra måleresultaterne bestemme masse og fjederkonstant for det svingende system i den anden højtaler?

Bestem disse størrelses værdi.

BILAG TIL SÆT 1



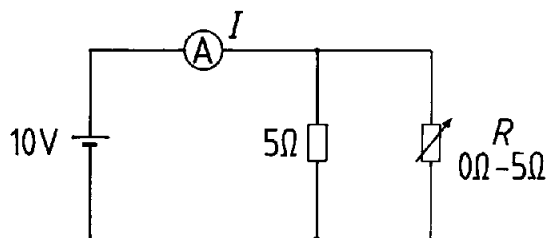
SÆT 2

1. Kast

En bold kastes lodret op i luften, og den når 5 m op, inden den vender.

Tegn en graf, der viser boldens hastighed som funktion af tiden.

2. Kredsløb



I det viste kredsløb kan resistansen R variere mellem $0\ \Omega$ og $5\ \Omega$.

Tegn en graf, der viser strømstyrken I i kredsen som funktion af R .

3. Elvandvarmer

Husholdningsrådet har afprøvet forskellige elvandvarmere, og resultaterne er offentliggjort i bladet 'Råd og Resultater'.

Nedenfor ses nogle af afprøvningsresultaterne for en bestemt elvandvarmer.

Metro Nova 903	
Dimensioner m.v. Højde-bredde-dybde 53 – 48 – 32 cm Eltilslutning: 220V/380 V Effekt: 1200W/3600 W Montering: ophæng på væg Materialer: Yderbeholder: lakeret stål Inderbeholder: emaljeret stål Temperaturregulering: trinløs	Afprøvningsresultater: Rumindhold: 30 liter Varmtvandsydelse v/40°C: 45 liter à 40°C Max. temperatur: 68°C Opvarmningstid v/220V: 63 min Opvarmningstid v/380V: 20 min Temperaturvariation: 3°C

- a) Beregn strømstyrken gennem varmelegemet, når det er tilsluttet 220 V.

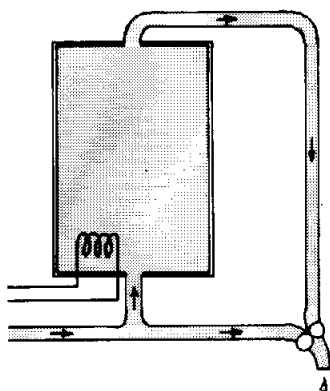
Blandt afprøvningsresultaterne er anført en 'opvarmningstid v/220 V'.

- b) Beregn den energimængde, som tilføres vandvarmeren i løbet af denne opvarmningstid.

Ved opvarmningen opvarmes vandet i vandvarmeren til 60°C. Man kan se bort fra varmekapaciteten af varmelegeme og beholder.

- c) Hvad var temperaturen af vandet i vandvarmeren, før opvarmningen begyndte ?

Blandt afprøvningsresultaterne er også anført en 'varmtvandsydelse $v/40^{\circ}\text{C}$ '. Den angiver, hvor meget vand med temperaturen 40°C man kan tappe fra en hane, hvortil der ledes både varmt vand fra vandvarmeren og koldt vand, se figuren. Varmelegemet er slukket, mens der tappes vand.

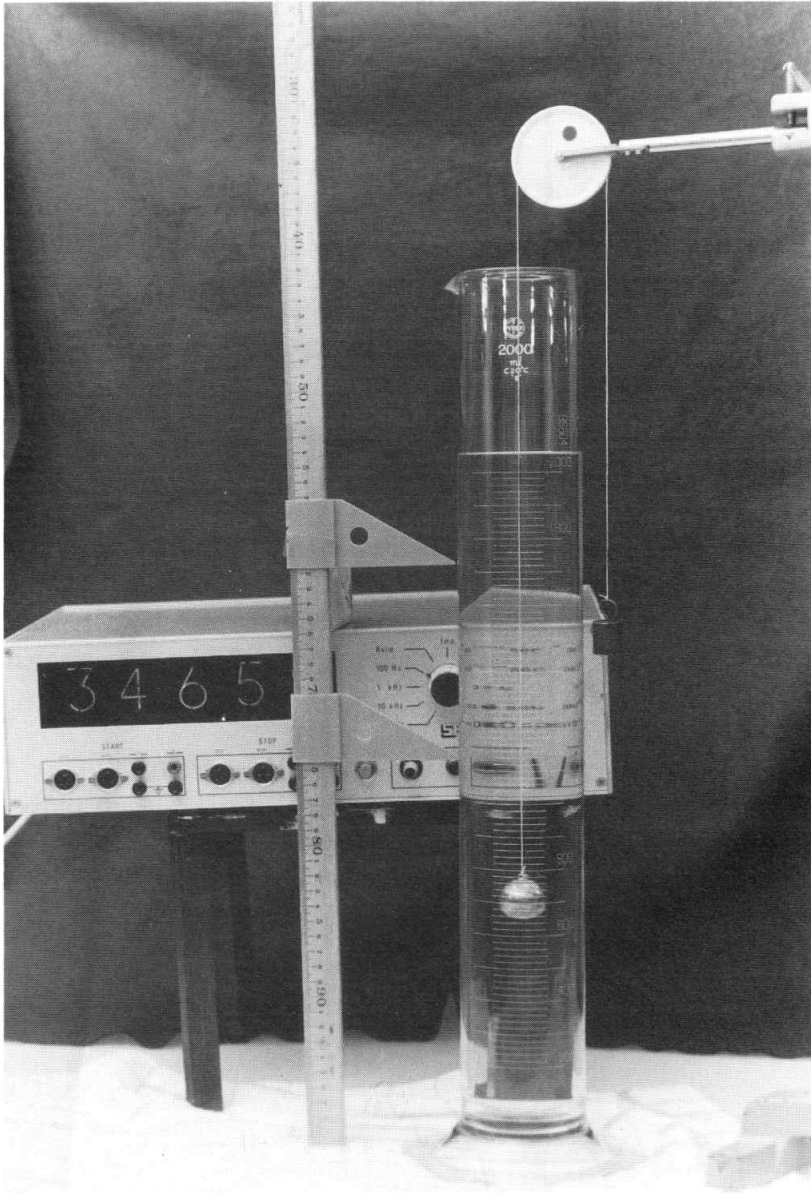


Under aftapningen løber der koldt vand ind i bunden af vandvarmeren, så den hele tiden er fyldt.

Det kolde vand, der ledes til hanen og varmtvandsbeholderen har temperaturen 10°C . Når hanen åbnes, har vandet i vandvarmeren temperaturen 60°C .

- d) Beregn en værdi for 'varmtvandsydelsen $v/40^{\circ}\text{C}$ '.
Sammenlign denne værdi med den anførte 'varmtvandsydelse $v/40^{\circ}\text{C}$ ', og foreslå årsager til forskellen.

4. Kugle i væske



En kugle befinder sig i en væske. Kuglen er ophængt i en tråd, der over en letløbende trisse er forbundet med et lod.

Når massen af loddet er tilstrækkeligt lille, vil kuglen bevæge sig nedad i væsken med konstant fart. Tabellen viser kuglens fart v for forskellige værdier af loddets masse m .

m/g	3,0	4,0	5,0	6,0
$v/\frac{\text{cm}}{\text{s}}$	16,0	12,8	9,6	6,4

- a) Afbild resultaterne i et koordinatsystem.
Hvilken masse skal loddet have, hvis kuglen skal hænge stille?

Kuglens rumfang er $5,6 \text{ cm}^3$, og væskens densitet er $1,26 \text{ g/cm}^3$

- b) Beregn størrelsen af opdriften på kuglen.
c) Bestem kuglens masse.

Når kuglen bevæger sig gennem væsken, er den påvirket af en gnidningsmodstand fra væsken, hvis størrelse F afhænger af farten v .

- d) Gør på grundlag af forsøgsresultaterne rede for, at $F = K \cdot v$, hvor K er en konstant.
Bestem K .

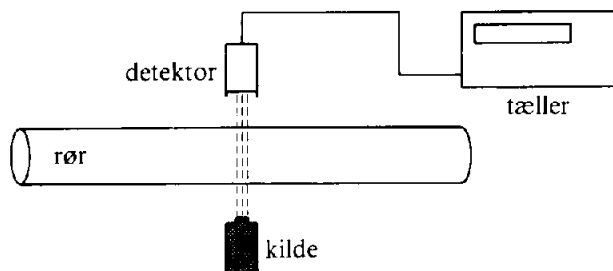
5. Densitetsmåling

En radioaktiv kilde indeholder $0,50 \text{ mg } ^{137}\text{Cs}$.

- a) Hvor mange ^{137}Cs -atomer indeholder kilden?

Halveringstiden for ^{137}Cs er 30 år.

- b) Beregn aktiviteten fra ^{137}Cs i kilden.



Kilden udsender γ -stråling. En del af denne stråling passerer diametralt igennem et cylindrisk rør og rammer en detektor, som vist på figuren. Når røret er tomt, registrerer tælleren $1,28 \cdot 10^4$ fotoner pr. sekund.

Når γ -stråling 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. Faktoren μ er proportional med stoffets densitet.

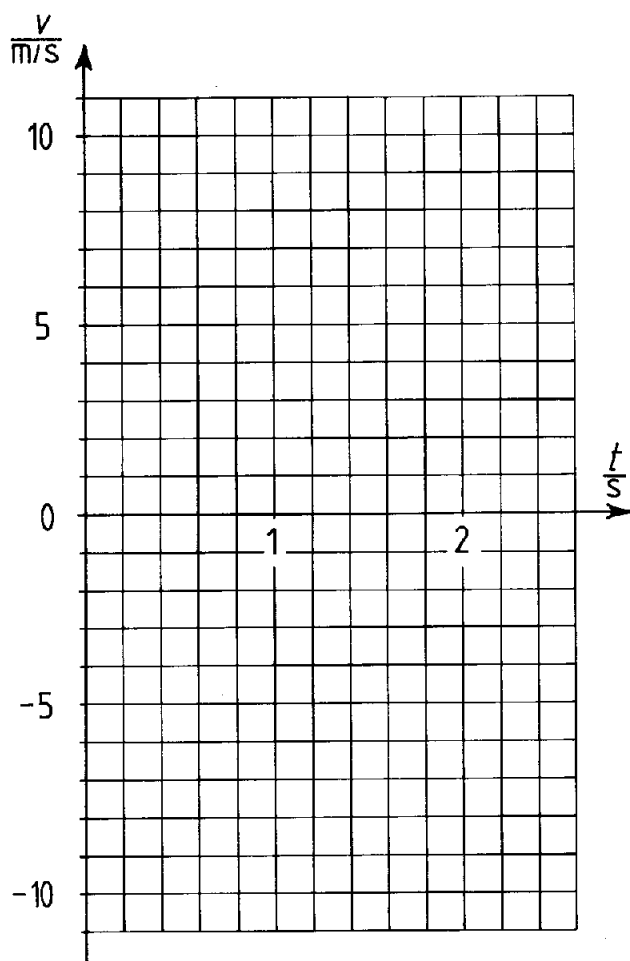
Røret gennemstrømmes nu af vand. For vand har μ værdien $0,090 \text{ cm}^{-1}$. Rørets indre diameter er $10,0 \text{ cm}$.

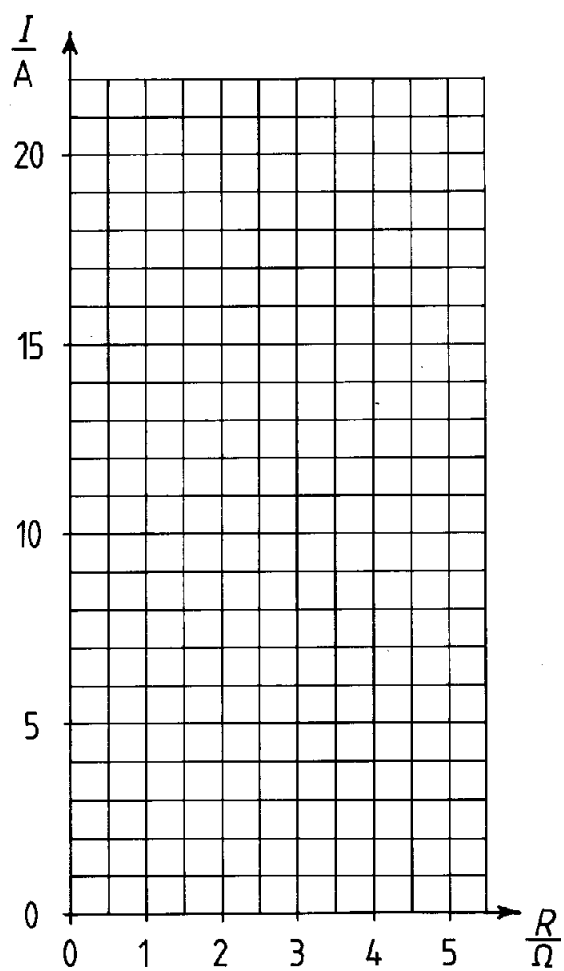
- c) Beregn det antal fotoner, som tælleren registrerer pr. sekund i denne situation.

Røret gennemstrømmes nu af en anden væske, og tælleren registrerer $2,44 \cdot 10^3$ fotoner pr. sekund.

- d) Bestem den anden væskes densitet.

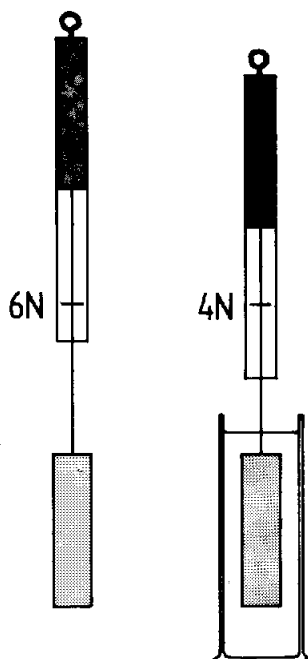
BILAG TIL SÆT 2





SÆT 3

1. Lod i væske

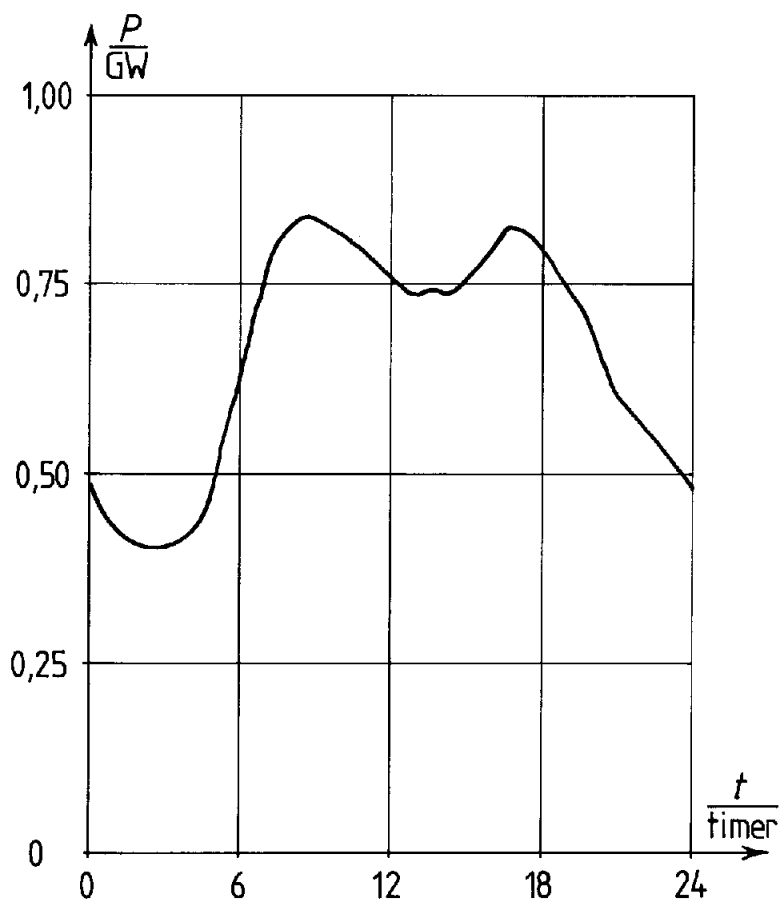


Forklar, hvorfor kraftmåleren viser mindre, når loddet ned-sænkes i vand.

Beregn densiteten for loddet.

2. Energilagring

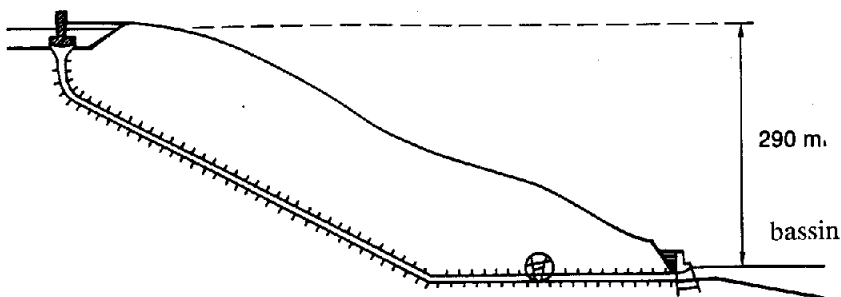
I et byområde omsættes elektrisk energi med en effekt P , som i løbet af et døgn varierer som vist på grafen.



- a) Bestem en tilnærmet værdi for den elektriske energi, der omsættes i byområdet i løbet af et døgn.

For at klare spidsbelastningen udnyttes et vandreservoir, der rummer $2,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vand. Vandet fra reservoiret løber gennem turbiner, der producerer elektrisk energi. Højdeforskellen mellem vandet i reservoiret og turbinerne er 290 m.

reservoir

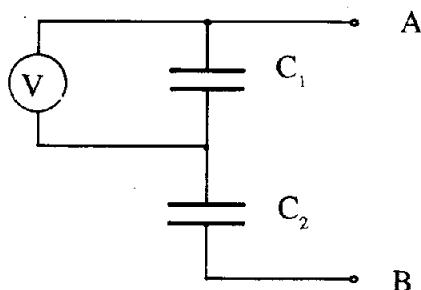


- b) Hvor stort er vandets tab i potentiel energi, hvis reservoiret tømmes helt?

En dag løber 58% af vandet fra det fyldte reservoir gennem turbinerne i løbet af spidsbelastningsperioden. Herved producerer turbinerne 870 MWh elektrisk energi. Efter spidsbelastningsperioden pumpes vand i den følgende nat op i reservoiret, så det bliver fyldt igen. Pumperne tilføres den elektriske effekt 273 MW, og der pumpes $88,4 \text{ m}^3$ vand pr. sekund tilbage i reservoiret.

- c) Hvor mange procent udgør den energi, som turbinerne producerer under spidsbelastningsperioden, af den energi, som skal tilføres pumperne for at fylde reservoiret igen?

3. Måling af stort spændingsfald



En opstilling til måling af et stort spændingsfald er vist på figuren. Voltmetrets indre resistans er meget stor.

Kapacitansen af kapacitoren C_1 er 100 nF, og kapacitansen af kapacitoren C_2 er 150 pF. Voltmetret viser 3,00 V.

- Beregn størrelsen af ladningen på en af pladerne i kapacitoren C_1 .
- Beregn spændingsfaldet fra A til B.

4. Callisto

En af planeten Jupiters måner hedder Callisto. Den bevæger sig omkring Jupiter med en omløbstid på 16,7 døgn. Banekurven er med god tilnærmelse en cirkel med radius $1,88 \cdot 10^9$ m.

- Beregn Callistos fart i dens bevægelse omkring Jupiter.
- Vis ud fra de opgivne data, at Jupiters masse er $1,89 \cdot 10^{27}$ kg.

I 1979 blev der opdaget en lille måne i en cirkelformet bane omkring Jupiter med baneradius $1,29 \cdot 10^8$ m.

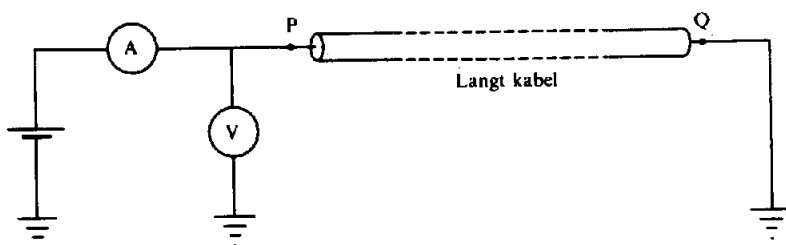
- Beregn denne månes omløbstid.

5. Nedgravet kabel

En kobberledning har længden 6700 m og tværsnitsarealet $4,0 \text{ mm}^2$. Kobbers resistivitet er $0,016 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

a) Hvor stor er ledningens resistans?

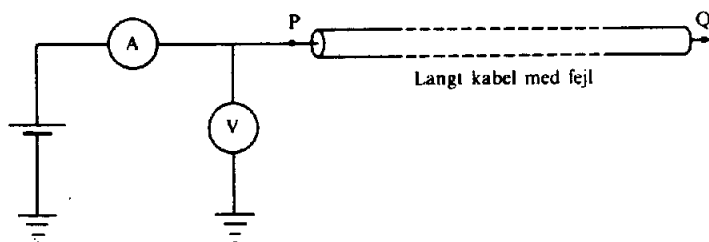
Et nedgravet kabel består af en kobberledning, der ligeledes har tværsnitsarealet $4,0 \text{ mm}^2$, omgivet af et isolerende materiale. Man bestemmer kablets længde ved at måle dets resistans. Det sker med følgende opstilling:



Kablets ene ende Q jordforbindes. Dets anden ende forbindes til den ene pol af en spændingskilde, hvis anden pol jordforbindes, og der indsættes måleinstrumenter som vist.

Hvis to punkter begge er jordforbundne, svarer det til, at der går en resistansfri ledning mellem dem. Voltmetret på figuren måler således spændingsforskellen mellem P og Q. Voltmetret viser 12,3 V, og amperemetret viser 387 mA.

b) Hvor langt er det nedgravede kabel?



Senere sker der en skade et sted på kablet, så der på det beskadigede sted ikke er ret stor resistans i isolationen.

Målingen gentages, og skaden viser sig ved, at amperemetret nu viser 440 mA, selv om forbindelsen mellem Q og jord er afbrudt. Nu afbrydes forbindelsen mellem P og jord, og måleopstillingen flyttes til kablets anden ende Q. Amperemetret viser da 637 mA. I begge tilfælde viser voltmetret 12,3 V.

- c) Hvor stor er resistansen af isolationen på det beskadigede sted, og hvor langt er kabelstykket mellem punktet P og det beskadigede sted?

6. Protonens halveringstid

Nogle fysikere mener, at protonen er ustabil med en meget stor halveringstid. Protonen kan tænkes at henfalde til en positron med massen $5,49 \cdot 10^{-4}$ u og en pion med massen 0,144888 u.

- a) Beregn henfaldsprocessens Q -værdi.

Den energi, der frigøres ved henfaldet af levende organismers protoner, absorberes i vævet. Man kan regne med, at menneskers middellevetid er 70 år, og at en dosis på 6 Gy er dødelig for mennesker.

- b) Find på dette grundlag en mindsteværdi for protonens halveringstid.

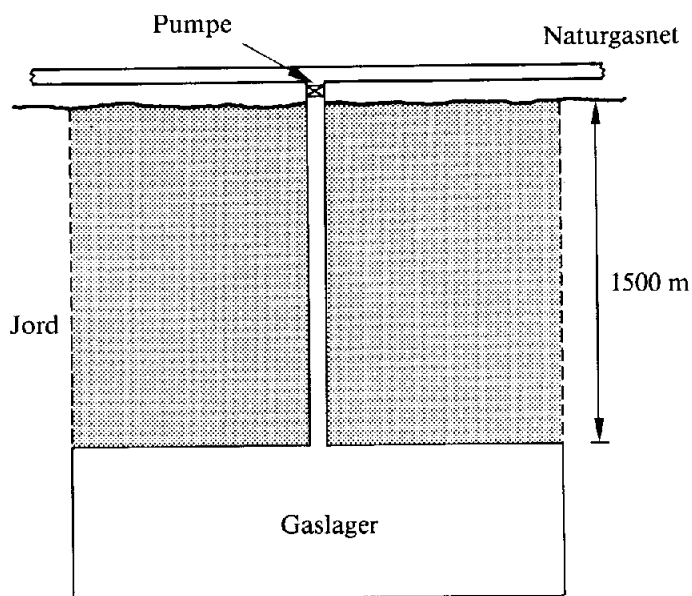
SÆT 4

1. Varmelegeme

Et varmelegeme indeholder en resistor, hvis resistans R kan variere mellem $50\ \Omega$ og $500\ \Omega$. Varmelegemet er tilsluttet 220 V . Den effekt, hvormed varmelegemet afgiver energi, kaldes P .

Tegn en graf for P som funktion af R .

2. Naturgaslager



Et underjordisk naturgaslager har rumfanget $1,5 \cdot 10^6\text{ m}^3$. Lageret fyldes med gas fra naturgasnettet, hvor temperaturen er 8°C , og gastrykket er 8 MPa . Når lageret er fyldt, er gastrykket i lageret 20 MPa , og temperaturen er 50°C .

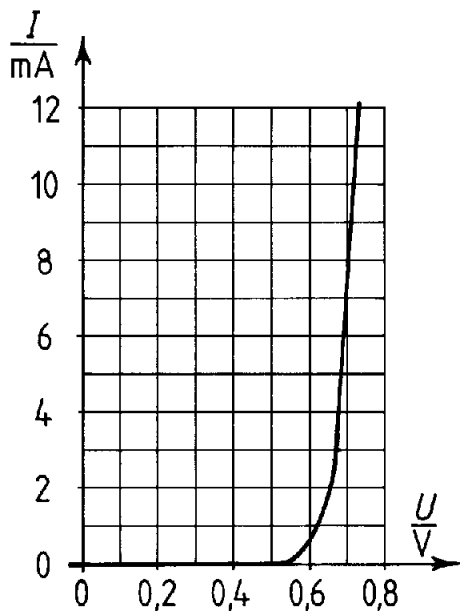
- a) Hvilket rumfang ville gassen i lageret have ved trykket $8,0\text{ MPa}$ og temperaturen 8°C ?

Densiteten af jorden over lageret er $2,45 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Tyngdekraften på den jord, der ligger over lageret, og som er angivet på figuren, kaldes F_1 . Lagerets loft er plant og vandret. Den kraft, hvormed gassen trykker på loftet, kaldes F_2 .

b) Beregn forholdet mellem F_1 og F_2 .

3. Diode



Karakteristikken for en diode er vist på figuren. Nu kobles dioden i serie med en resistor med resistansen 200Ω .

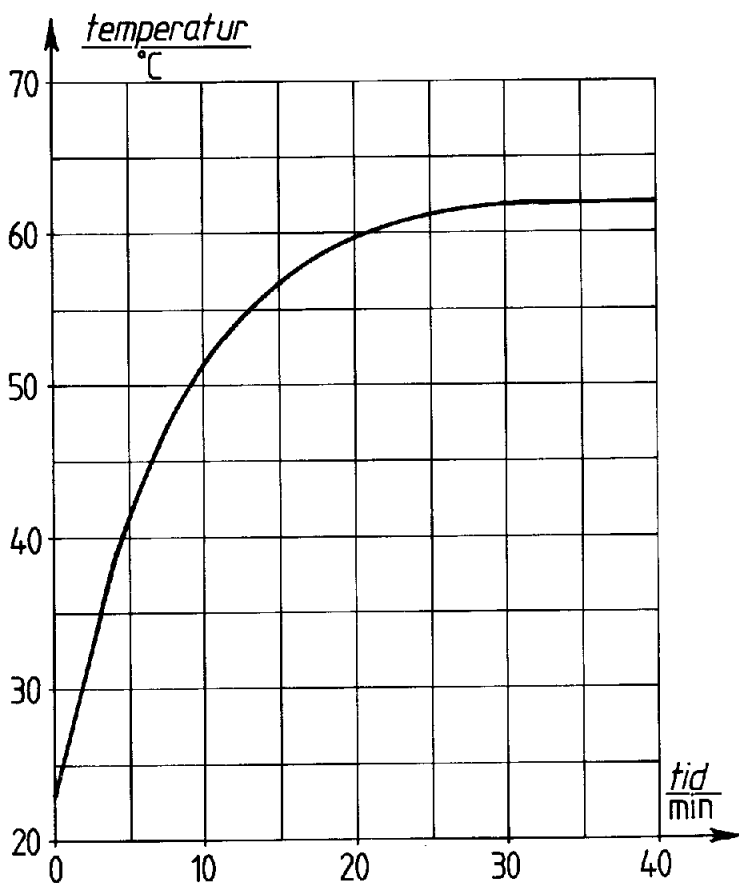
Tegn en karakteristik for koblingen.

4. Varmeledning

En elektrisk pære afgiver energi med effekten 43 W . Pæren er tændt i 40 minutter.

a) Hvor meget energi afgiver pæren i dette tidsrum?

Pæren er anbragt i en isolerende kasse. Grafen viser temperaturen i kassen som funktion af tiden fra det øjeblik, hvor pæren tændes.



Til at begynde med er der intet energitab til omgivelserne, og den tilførte energi bruges alene til opvarmning af systemet bestående af pære med fatning og luften i kassen.

b) Beregn varmekapaciteten af dette system.

Energitabet til omgivelserne sker med effekten P , bestemt ved

$$P = \lambda \cdot \Delta T \cdot \frac{A}{d}$$

hvor A er det samlede overfladeareal af kassen, d tykkelsen af kassens sider, ΔT forskellen mellem temperaturen inde i kassen og temperaturen uden for kassen, og λ en stofkonstant.

Kassens overfladeareal er $0,535 \text{ m}^2$, og den er lavet af $2,0 \text{ cm}$ tykke plader af et isolationsmateriale. Temperaturen uden for kassen er hele tiden $23,0^\circ\text{C}$.

c) Bestem værdien af λ for isolationsmaterialet.

5. Protonhenfald

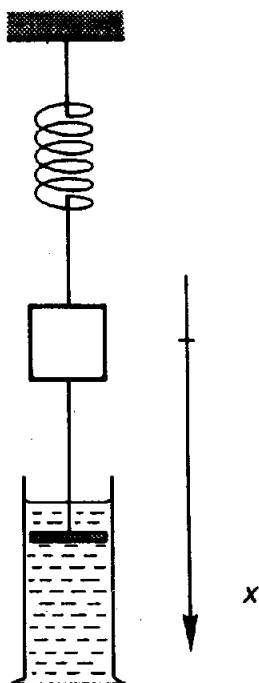
I en saltmine i Ohio findes en vandtank, som indeholder 8000 t vand. Et vandmolekyle der har massen 18u og indeholder 10 protoner.

a) Hvor mange protoner indeholder vandtanken?

Nogle fysikere mener, at protoner ikke er stabile, men henfalder med en meget lang halveringstid. Vandtanken blev brugt i et eksperiment, som skulle efterprøve hypotesen. Man anslog protonens halveringstid til $5 \cdot 10^{30}$ år.

b) Hvor mange af protonerne i vandmængden skulle gennemsnitligt henfalde pr. døgn, hvis den anslåede halveringstid var rigtig?

6. Hydraulisk dæmpning



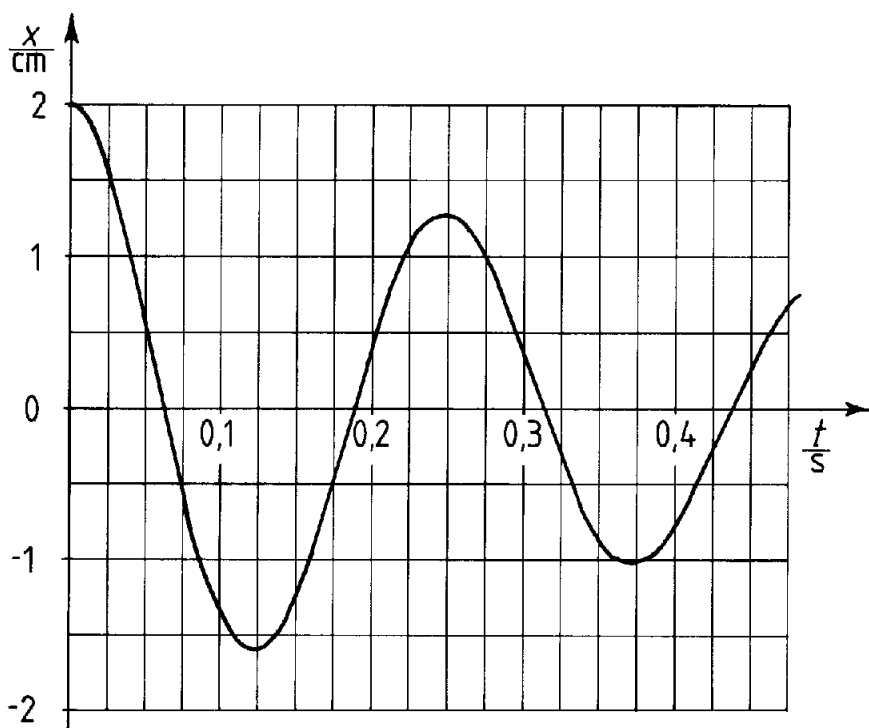
Figur 1

En fjeder har fjederkonstanten $3,5 \text{ kN/m}$. I fjederen er ophængt et lod. Til loddet er fastgjort et stempel, der befinder sig i en væskefyldt cylinder som vist på figur 1.

Fjederen påvirkes af en kraft, hvorved den forlænges $2,0 \text{ cm}$.

a) Hvor stor er denne kraft?

Til tiden $t = 0 \text{ s}$ slippes loddet, og derved startes en lodret svingning. Grafen viser udsvinget x fra ligevægtsstillingen som funktion af tiden t .



Svingningen er dæmpet på grund af gnidning mellem væske og stempel. Man kan regne med, at svingningstiden for den dæmpede svingning er den samme som svingningstiden for den tilsvarende udæmpede svingning.

- b) Bestem den samlede masse af lod og stempel.

Under svingningen afsættes der energi i væsken.

- c) Hvor meget energi afsættes der i væsken i tidsrummet fra $t = 0$ s til $t = 0,25$ s ?

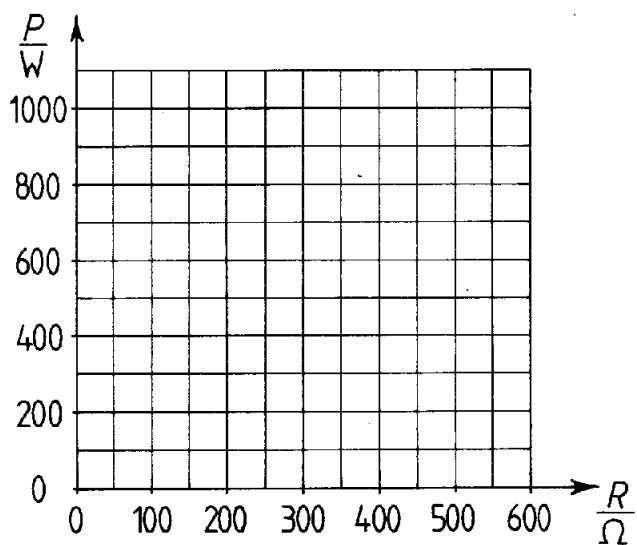
Størrelsen af gnidningsmodstanden F på stemplet er bestemt ved

$$F = \left(20 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}}\right) \cdot v$$

hvor v er stemplets fart.

- d) Bestem det tidspunkt, hvor gnidningskraften er størst.
Hvor stor er da gnidningskraften?

BILAG TIL SÆT 4



Enheder i SI-systemet

længde	meter	m	grundenhed
masse	kilogram	kg	grundenhed
tid	sekund	s	grundenhed
strømstyrke	ampere	A	grundenhed
stofmængde	mol	mol	grundenhed
temperatur	kelvin	K	grundenhed
frekvens	hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
kraft	newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
tryk	pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2$
arbejde, energi, varmemængde	joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
effekt	watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J}/\text{s}$
elektrisk ladning	coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
elektrisk spænding, spændingsfald, elek- tromotorisk kraft	volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ J}/\text{C}$
magnetisk fluxtæthed	tesla	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ N}/(\text{A} \cdot \text{m})$
kapacitans	farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C}/\text{V}$
resistans	ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V}/\text{A}$
aktivitet	becquerel	Bq	$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$
absorberet dosis	grey	Gy	$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J}/\text{kg}$
dosisækvivalent	sievert	Sv	$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J}/\text{kg}$

Dekadiske præfixer

T	G	M	k	h	da	d	c	m	μ	n	p	f	a
tera	giga	mega	kilo	hekto	deka	deci	centi	milli	mikro	nano	pico	femto	atto
10^{12}	10^9	10^6	10^3	10^2	10^1	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	$1 \text{ kWh} = 3,60 \cdot 10^6 \text{ J}$
elektronvolt	eV	$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
energiækvivalentet til 1 u		$1,492 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 931,5 \text{ MeV}$

Fysiske konstanter

lysets fart i vakuum	c	$3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Plancks konstant	h	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
elementarladningen	e	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Avogadros konstant	N_A	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
gaskonstanten	R	$8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 0,0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
Bolzmanns konstant	k	$1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
vakuumpermeabiliteten	μ_0	$1,257 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$
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	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

Nogle tabelværdier

Vand:

Densitet ved 20°C	$1,00 \text{ g/cm}^3$
Specifik varmekapacitet ved 20°C	$4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
Fordampningsvarme ved 100°C	$2,26 \cdot 10^3 \text{ kJ/kg}$
Isens smeltevarme	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 middeleradius	$6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$
Afstanden mellem Jorden og Solen	$1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}$
Solens masse	$1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$



ISBN 87-87229-54-4