

Eksamensopgaver **i fysik** **1991-1993**

Fysikforlaget

Eksamensopgaver i fysik 1991 - 93

- samt enkeltopgaver i
 - energi og varme
 - elektricitet og magnetisme
 - bølger
 - atom- og kernefysik
 - mekanik

Eksamensopgaver i fysik 1991-93

redigeret af:

Carsten Claussen

Niels Hartling

Steen Hoffmann

Torben Lenskjær

Paul Jespersgaard

Elsebeth Petersen

Claus Christensen

Nye tegninger: Carsten Claussen

Tilrettelæggelse: Steen Hoffmann, Carsten Claussen og Claus Christensen

Tryk: Budolfi Tryk, Aalborg

1. udgave 1993

ISBN 87-7792-006-6

Udgivet i Undervisningsministeriet, Gymnasieafdelingen,
i samarbejde med Fysiklærerforeningen

Distribution: Fysikforlaget, Slotsgade 2³, 2200 København N.
Tlf. 31 39 00 64. Fax: 31 39 48 14

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 forenklende 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.

Ved bedømmelsen af en eksaminands besvarelse af den enkelte opgave lægges der vægt på, at eksaminandens tankegang klart fremgår, for eksempel ved forklaring i tekst, figurer eller grafiske afbildninger. Endvidere lægges der vægt på de valgte metoders hensigtsmæssighed og korrekthed.

Denne opgavesamling er en ajourføring af den samling af Vejledende eksempler på eksamensopgaver, som blev udgivet i 1990.

Den 24. august 1993.

Uffe Gravers Pedersen.

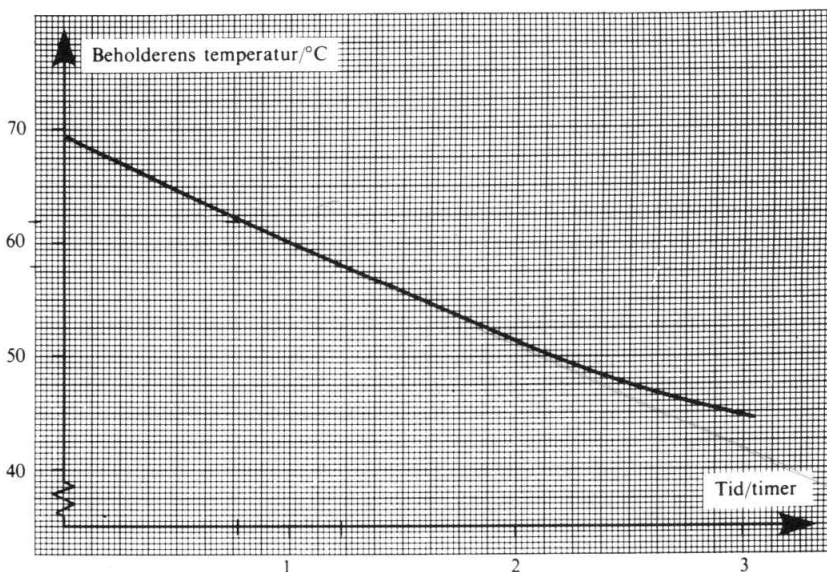
Energi og varme

1. 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.

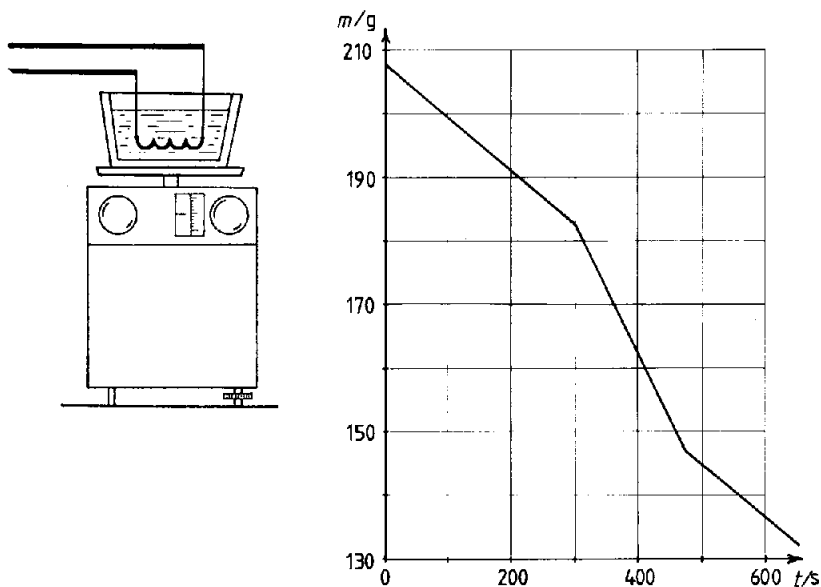


- b) Med hvilken effekt afgiver vandvarmeren energi, mens temperaturen falder fra 62,0°C til 58,0°C?

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°C til 62,0°C?

2. Fordampningsvarme for nitrogen



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

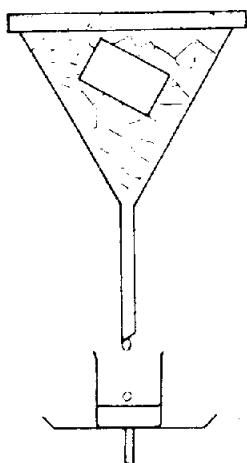
Der foregår en fordampning fra væskeoverfladen. Grafen viser, hvorledes massen m af det flydende nitrogen varierer med tiden t . I tidsrummet fra $t = 300$ s til $t = 475$ s er varmelegemet tændt.

- 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.

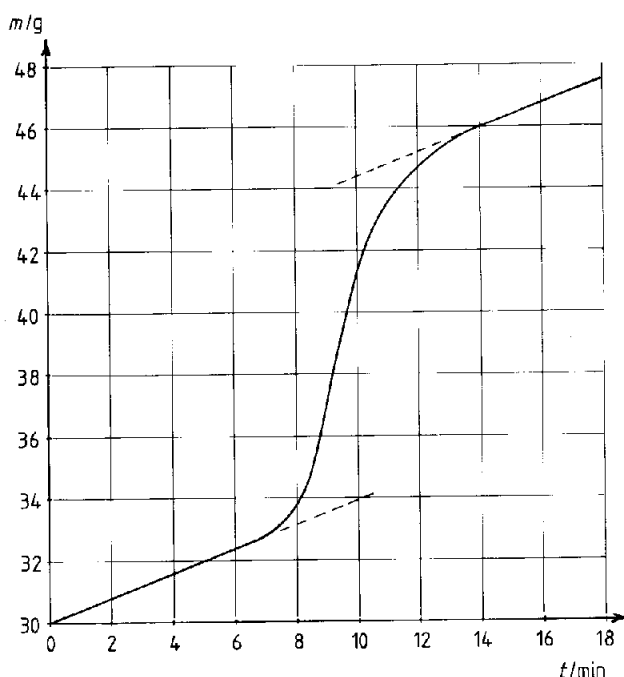
3. Måling af et lods temperatur



I en tragt anbringes knust is, og der lægges et isolerende låg over. Smeltevandet 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 tragten med is, og låget lægges på plads på ny. Loddets masse er 120 g.

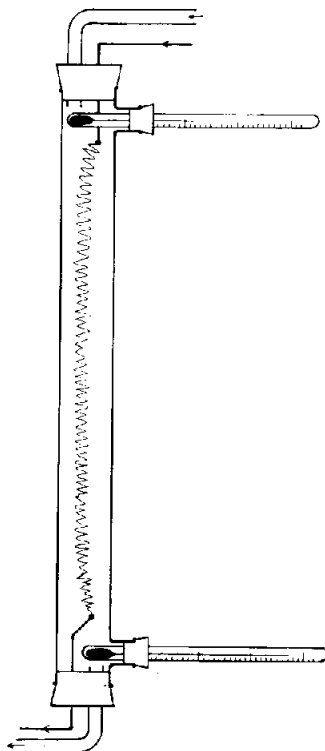
Sammenhængen mellem de aflæste tider og vægtens visning ses af grafen på figuren.



- 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 $380 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

4. Bestemmelse af en væskes specifikke varmekapacitet



En metaltråd opspændes midt i et glastrør, 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.

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 .

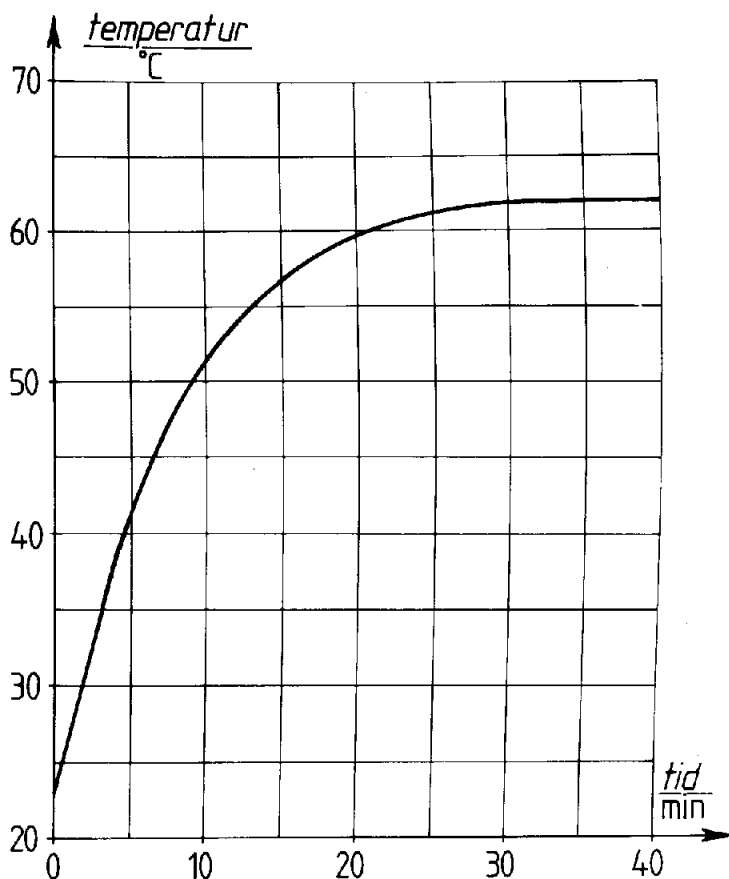
- b) Bestem temperaturen uden for huset den pågældende nat.

6. 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.

7. Dyppekoger

En dyppekoger, der er tilsluttet spændingen 220 V, afgiver energi med effekten 2,00 kW.

a) Hvor stor er dyppekogerens resistans?

Dyppekogeren er placeret i en beholder med vand. Der udføres en serie målinger, hvor man bestemmer den tid t , det tager at opvarme vand med massen m fra 14°C til 100°C .

m/kg	0,32	0,52	0,76	0,95
t/s	79	120	170	210

Den specifikke varmekapacitet for vand er $4,19 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, og man kan se bort fra varmekapaciteten af dyppekogeren.

b) Afbild resultaterne i et (t, m) -koordinatsystem. Det vedlagte bilag kan benyttes.

Bestem på grundlag af grafen en værdi for beholderens varmekapacitet.

Under opvarmningen afgiver beholderen med vand energi til omgivelserne.

c) Tegn i samme koordinatsystem en graf, som viser sammenhængen mellem t og m , hvis der ikke afgives energi til omgivelserne.

På grund af energitabet til omgivelserne modtager beholderen med vand kun en bestemt brøkdel af den tilførte energi.

d) Gør rede for, hvordan man ud fra de to grafer kan bestemme denne brøkdel, og beregn talværdien.

8. 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.

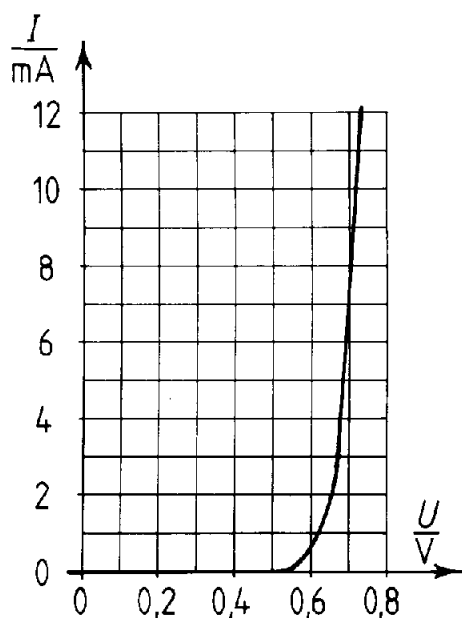
Elektricitet og magnetisme

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. Diode



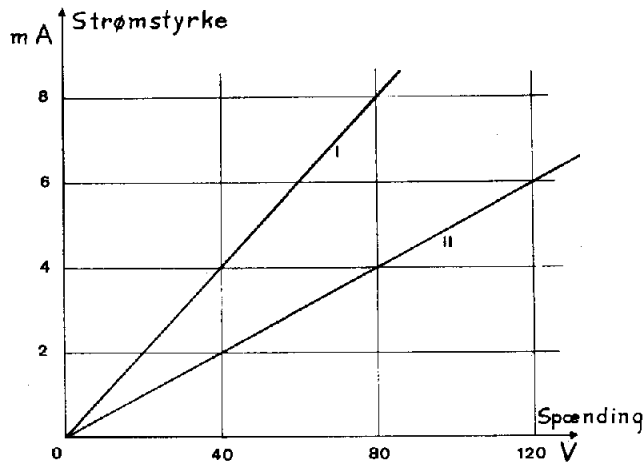
Karakteristikken for en diode er vist på figuren. Nu kobles dioden i serie med en resistor med resistansen $200\ \Omega$.

Tegn en karakteristik for koblingen.

3. Karakteristik

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

Tegn karakteristikkene for en seriekobling af de to resistorer.



4. Elpære

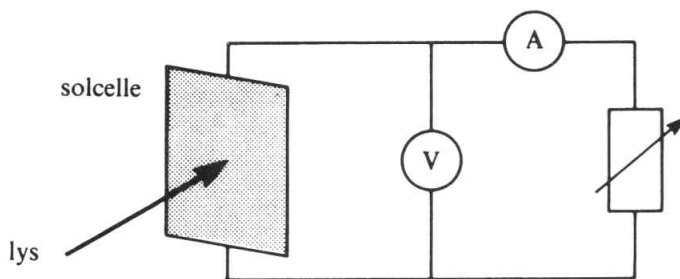
En bestemt type elpære omsætter effekten 100 W, når spændingsfaldet over glødetråden i den er 220 V.

a) Hvor stor er glødetrådets resistans?

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

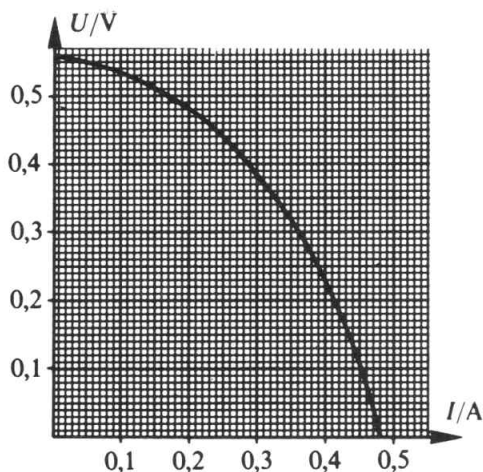
b) Hvad er trådens temperatur, når spændingsfaldet over den er 220 V?

5. 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 .

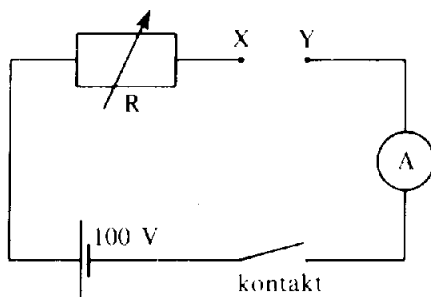
Den variable resistor indstilles nu på $R_2 = 2,0 \Omega$.

b) Bestem ved en grafisk metode strømstyrken i kredsen.

6. 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.

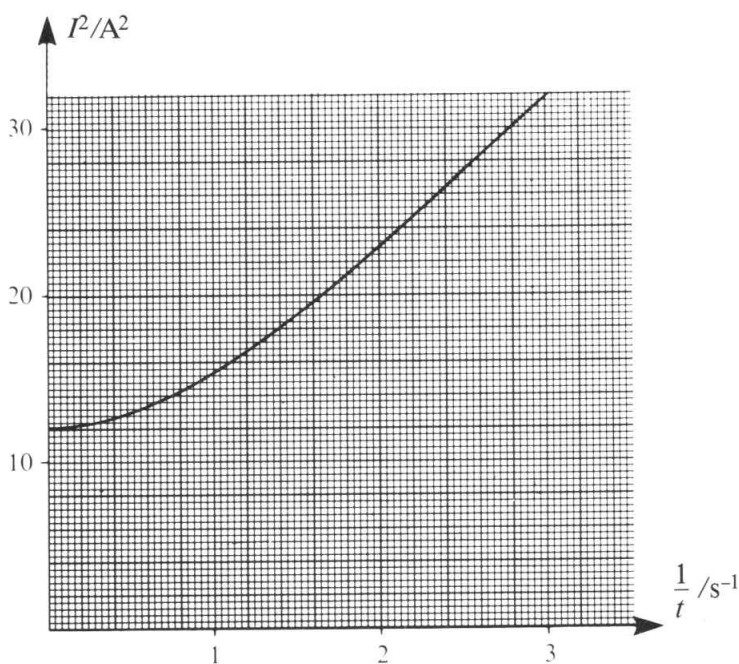
Spændingskilden leverer en konstant spændingsforskel på 100 V. Amperemetrets resistans er $0,20 \Omega$. Man kan regulere strømstyrken i kredsen ved at ændre resistansen af R .

- 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.

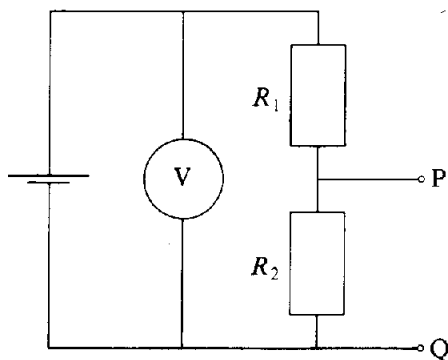
Beregn den effekt, hvormed der afgives varme til omgivelserne, når tråden er opvarmet til smeltepunktet.

Materialekonstanter for konstantan:

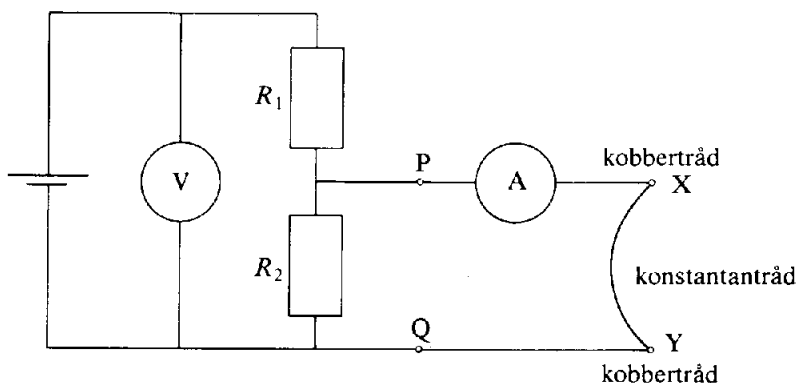
Resistivitet	0,49 ($\Omega \cdot \text{mm}^2$)/m
Densitet	8,6 g/cm ³
Specifik varmekapacitet	0,39 J/(g · K)
Smeltepunkt	1250°C

7. 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.



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



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.

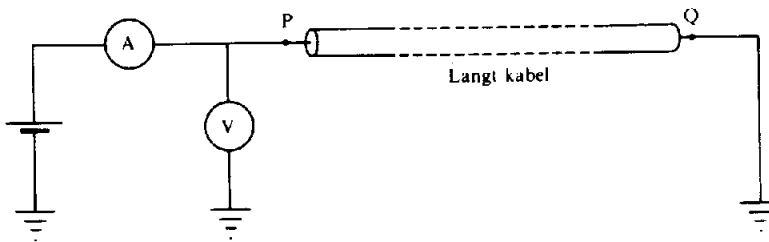
- Hvad er temperaturforskellen mellem X og Y, når strømstyrken gennem amperemetret er 0 A?

8. 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?

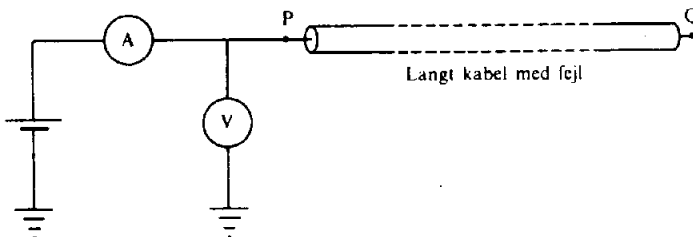
Et nedgravet kabel består af en kobberledning, der ligeledes har tværsnitsarealet $4,0 \text{ mm}^2$, omgivet af et isolerende materiale. Man bestemmer kablets længde ved at måle dets resistans. Det sker med følgende opstilling:



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?

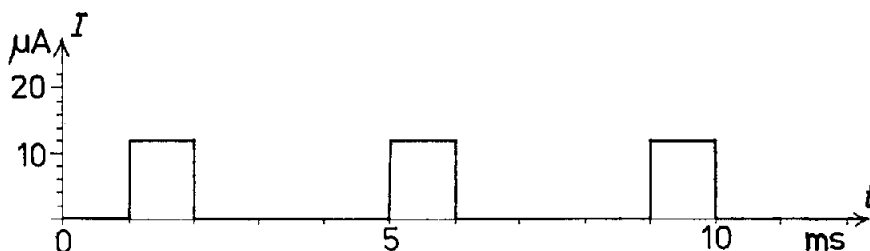


Senere sker der en skade et sted på kablet, så der på det beskadigede sted ikke er ret stor resistans i isolationen.

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 voltmeteret 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?

9. 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.

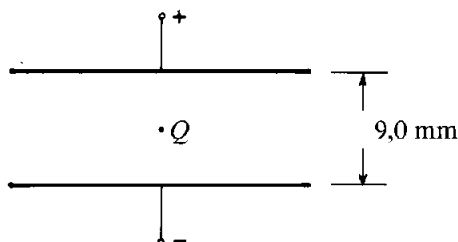
- a) Hvor mange protoner er der i hver puls?
b) Beregn protonstrålens middeleffekt.

Det antages, at 1% af strålens energi afsættes som indre energi i foliet. Foliet har en tykkelse på $2,1 \cdot 10^{-7} \text{ m}$, 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.

10. Elektrisk ladet partikel i homogent elektrisk felt



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

- a) Find den elektriske feltstyrke mellem pladerne.

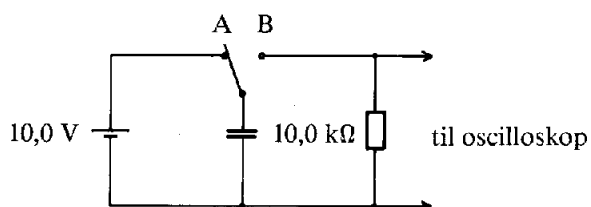
En meget lille plastickugle med massen $2,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$ og med ladningen Q holder sig svævende nøjagtigt midt imellem pladerne.

- b) Find plastickuglens ladning Q .

Spændingsforskellen ændres nu momentant til 400 V .

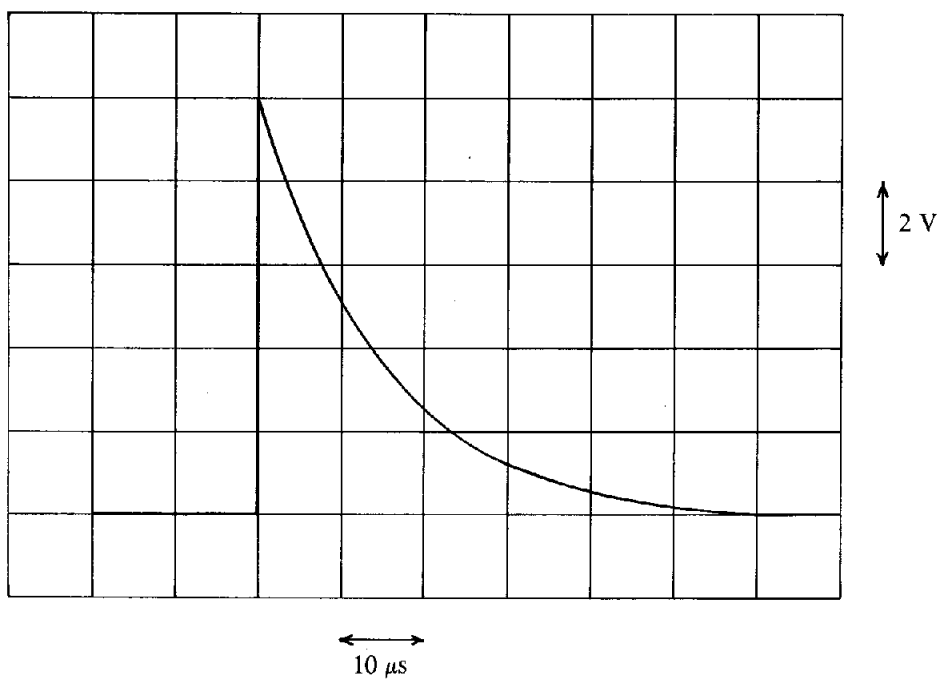
- c) Angiv, hvilken plade kuglen accelereres mod, og find den fart, hvormed kuglen rammer pladen.

11. Måling af kapacitans



Figur 1.

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

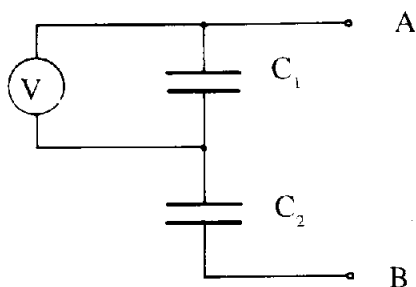


Figur 2.

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.

12. Måling af stort spændingsfald



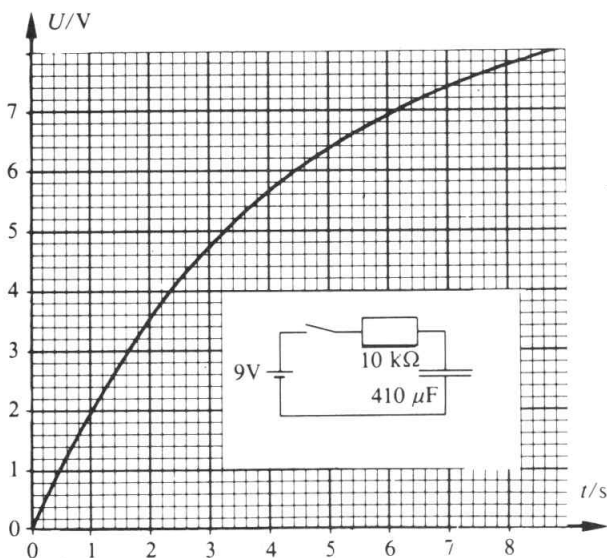
En opstilling til måling af et stort spændingsfald er vist på figuren. Voltmetrets indre resistans er meget stor.

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.

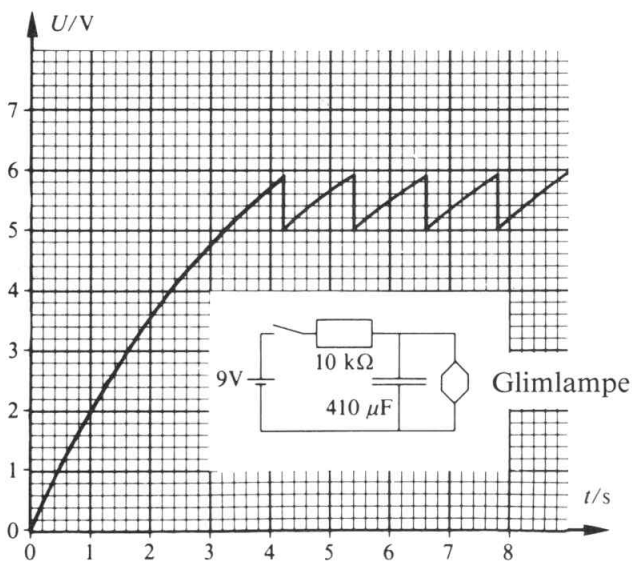
13. Kredsløb med glimlampe

Diagrammet på figur 1 viser et kredsløb bestående af en spændingskilde, en resistor og en capacitor samt en kontakt. Kontakten slutes 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 $t = 5$ s.



Figur 2.

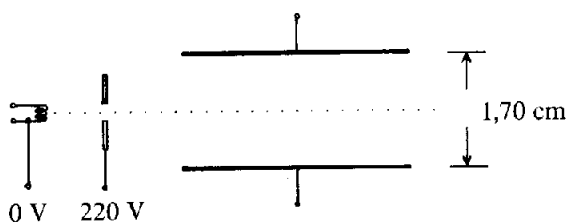
Kredsløbet på figur 2 er identisk med kredsløbet på figur 1 bortset fra, at der er indkoblet en glimlampe. Glimlampen har den egenskab, at den først begynder at lede strøm, når spændingsforskellen over den vokser op over en bestemt værdi $U_{tænd}$. Men når den først er begyndt at lede strøm, fortsætter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

- b) 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.

14. 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.

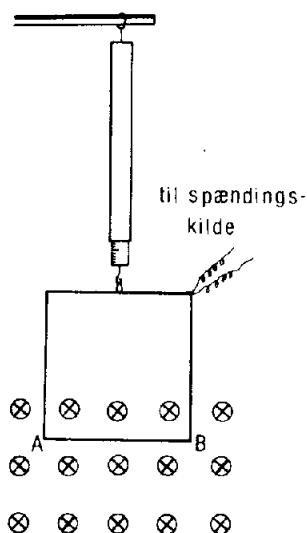
- b) Hvilken fart opnår elektronerne herved?

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?

15. Kvadratisk spole i magnetfelt

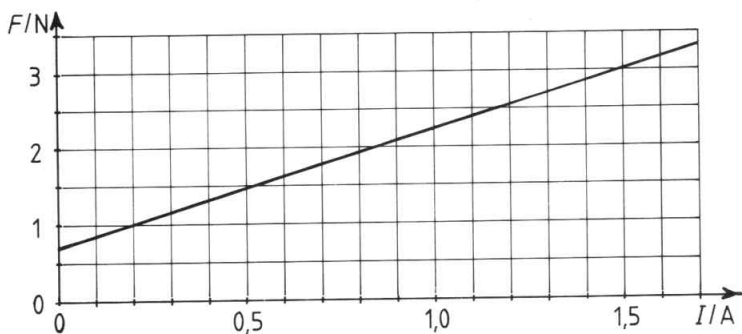


Figur 1

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.

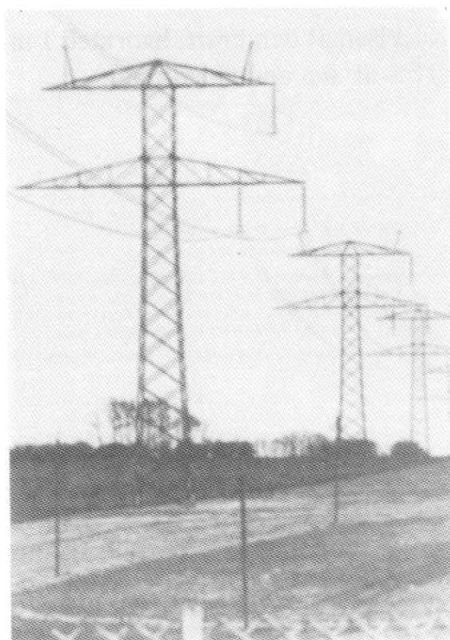


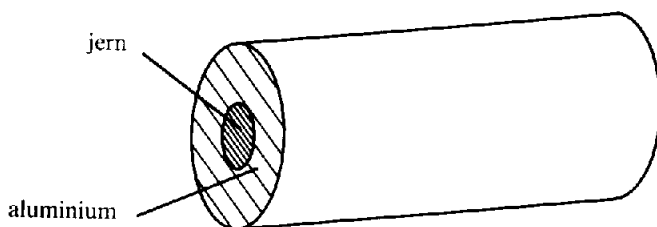
Figur 2

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 I gennem spolen og kraftmålerens visning F fremgår af figur 2.

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

16. 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.

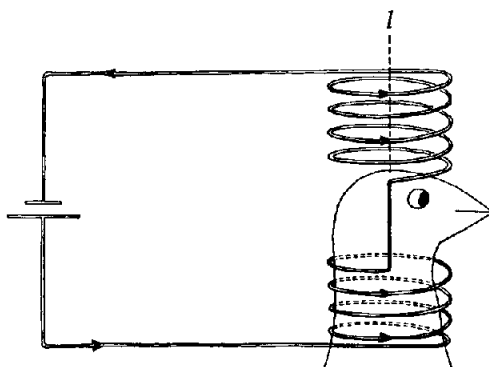
Ledningerne er ophængt to og to i afstanden 40 cm fra hinanden. Når ledningerne er strømførende, dannes der et magnetfelt omkring dem, og derfor påvirker ledningerne hinanden med kræfter. På et bestemt tidspunkt er strømstyrken i hver af dem 1280 A.

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

17. Brevduer

Brevduer bruger bl.a. Jordens magnetfelt til at orientere sig efter. Dette er blevet påvist ved forsøg, hvor man har ændret magnetfeltet omkring duens hoved ved hjælp af strømførende spoler anbragt på duen.

Skitsen viser en brevdue med en spole på hovedet og en spole om halsen. Desuden ses batteriet, der leverer strøm til spolerne.



De to spoler er fremstillet af en aluminiumstråd. Trådens tværsnitsareal er $0,0350 \text{ mm}^2$, og dens samlede længde er $5,89 \text{ m}$. Aluminiums densitet er $2,70 \text{ g/cm}^3$.

- a) Beregn trådens masse.

Aluminiums resistivitet er $0,0261 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Batteriets indre resistans er $10,4 \Omega$, og dets elektomotoriske kraft er $1,52 \text{ V}$.

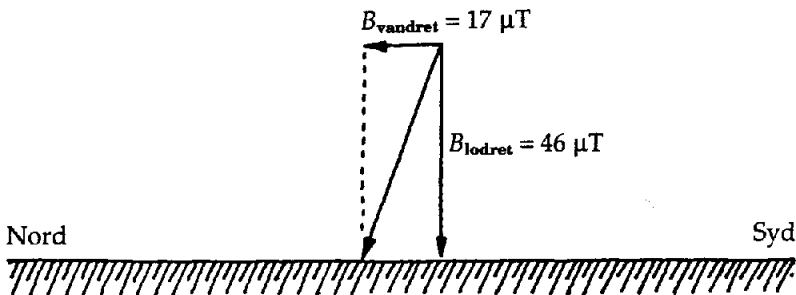
b) Vis, at strømstyrken i spolerne er 103 mA .

De to spoler har hver $n = 30$ vindinger, og de har begge radius $r = 1,5 \text{ cm}$. Det magnetiske felt mellem de to spoler er tilnærmelsesvist homogent med fluxtætheden

$$B = \mu_0 \cdot \frac{n \cdot I}{\sqrt{8} \cdot r}$$

hvor I er strømstyrken i spolerne.

Figuren nedenfor viser Jordens magnetfelt i Danmark.

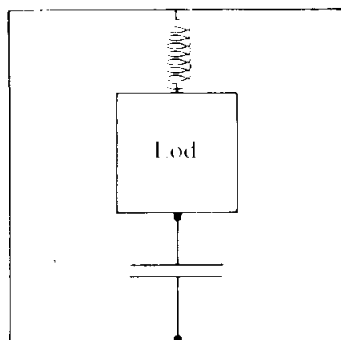


c) Beregn størrelsen af den magnetiske fluxtæthed i det felt, som spolerne frembringer.

Lav en skitse, der viser størrelse og retning af det samlede magnetfelt, som duens hoved befinder sig i, når der går en strøm på 103 mA i spolerne. Spolernes fælles akse / er lodret.

18. Jordskælv

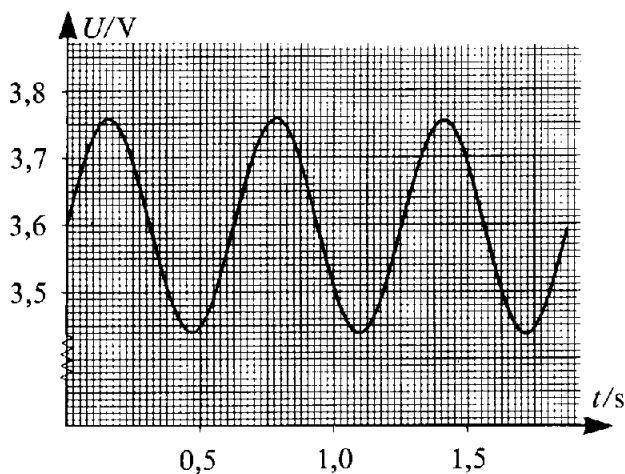
Ved registrering af jordskælv anvendes fx seismografer og seismometre. Skitsen viser, hvorledes et seismometer i princippet er opbygget.



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.

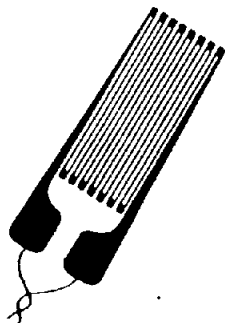
- b) Find fjederkonstanten.
- c) Bestem loddets maksimale udsving fra ligevægtsstillingen.

19. Strain-gauge

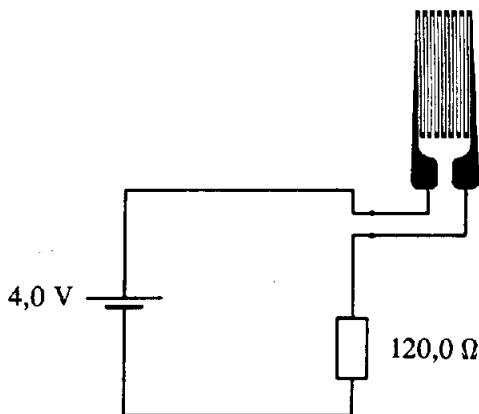
En homogen tråd har resistansen $120,0 \, \Omega$. Tråden er lavet af et materiale med resistiviteten $4,90 \cdot 10^{-7} \, \Omega \cdot \text{m}$, og den har tværsnitsarealet $2,5 \cdot 10^{-9} \, \text{m}^2$.

- a) Beregn trådens længde.

Figur 1 viser en strain-gauge. Det er en tråd med resistansen $120,0 \, \Omega$. Den kobles i serie med en resistor med resistansen $120,0 \, \Omega$ som vist på figur 2. Spændingsfaldet over koblingen er 4,0 V.



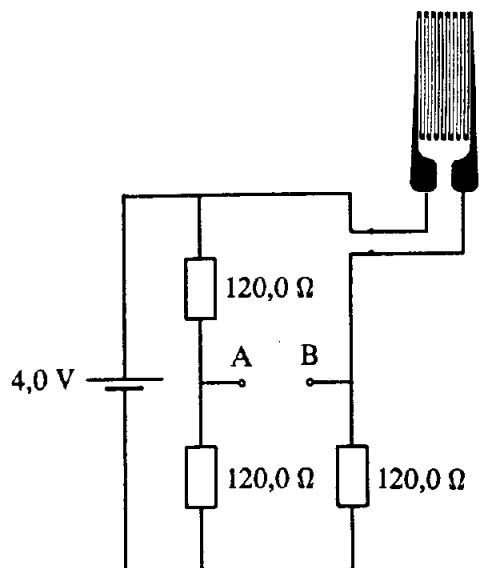
Figur 1.



Figur 2.

- b) Beregn strømstyrken gennem strain-gaugen.

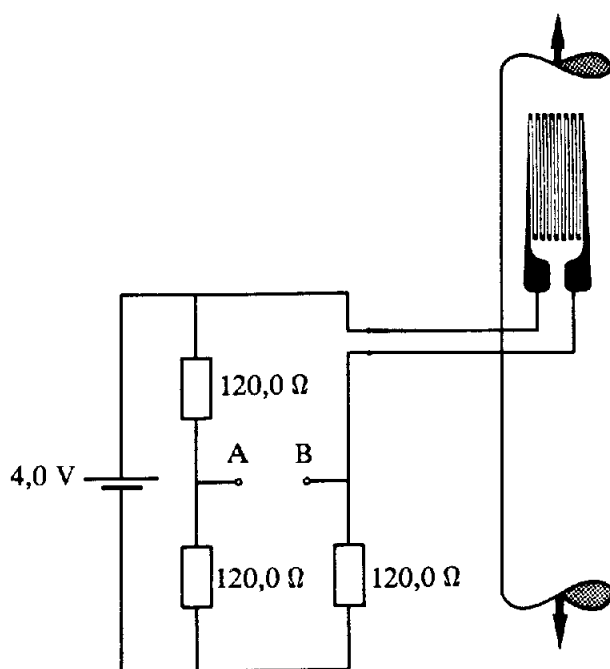
Kredsløbet ændres, idet der tilføjes to resistorer hver med resistansen $120,0\ \Omega$ som vist på figur 3.



Figur 3.

Hvis strain-gaugens resistans ændres, opstår der en spændingsforskel U mellem punkterne A og B.

- c) Beregn U , når strain-gaugens resistans er $121,3\ \Omega$.



Figur 4.

For den benyttede strain-gauge gælder, at når dens længde l ændres, så ændres strain-gaugens resistans, og dermed spændingsforskellen U mellem A og B. For små længdeændringer Δl er

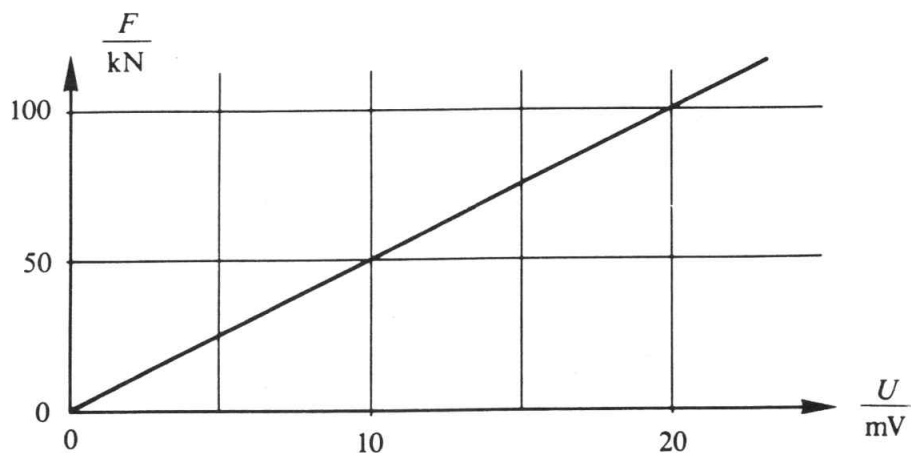
$$U = 2,05 \text{ V} \cdot \Delta l / l$$

Strain-gaugen er limet på en 0,80 m lang metalstang som vist på figur 4.

Der trækkes i metalstangen med kraften F . Herved forlænges både metalstangen og strain-gaugen.

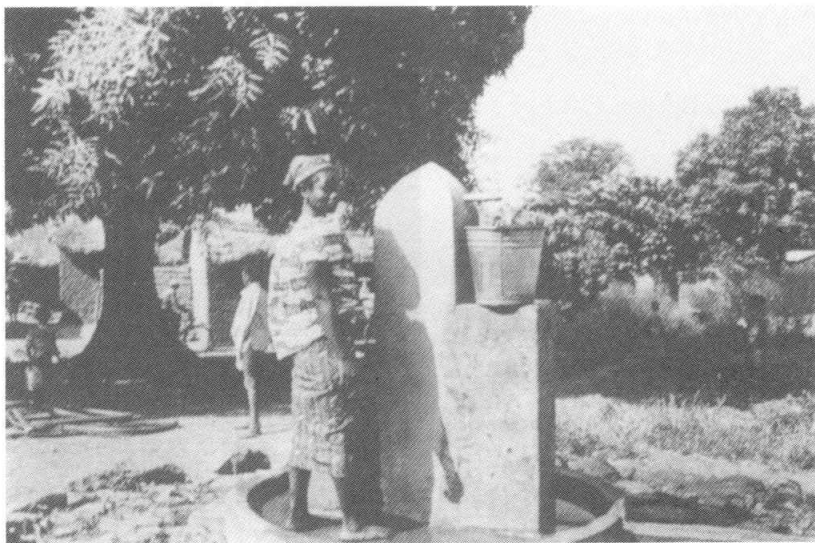
Strain-gaugens relative forlængelse $\Delta l / l$ er den samme som metalstangens. Grafen viser sammenhængen mellem trækraften F og spændingsforskellen U .

d) Bestem metalstangens stivhed.



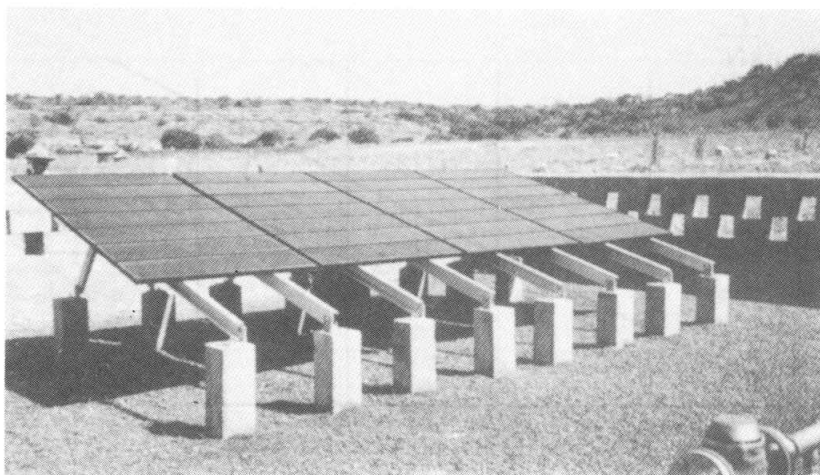
d) Bestem metalstangens stivhed.

20. Vandforsyning i Mali



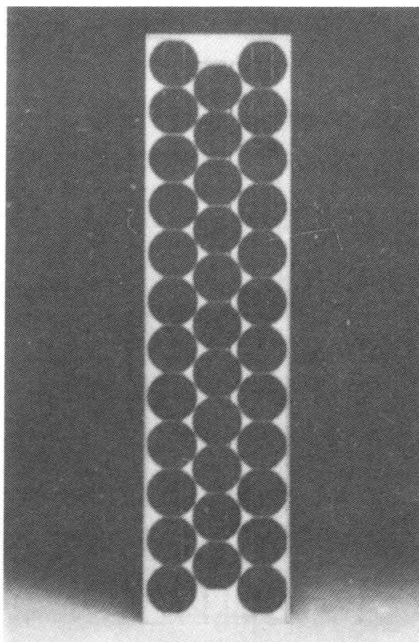
Som en del af Danidas igangværende drikkevandsprojekt i Mali i Vestafrika installeres der solenergidrevne vandforsyningsanlæg. Disse anlæg består af en vandpumpe, der drives af elektrisk energi fra solceller. Ved hjælp af et sådant anlæg kan en enkelt brøndboring forsyne en hel landsby med drikkevand. Eksempelvis leverede anlægget i landsbyen Woroni i 1988 i gennemsnit ca. 36 m^3 vand om dagen.

(Kilder: Ingeniøren, nr. 23 9/6 1989 og Grundfoss).



Billedet viser det solcellepanel, der benyttes som strømforsyning til vand-pumpen.

Billedet viser et solcellemodul, der er opbygget af solceller. Den strømstyrke, solcellemodulet kan afgive, afhænger af solindstrålningens intensitet.

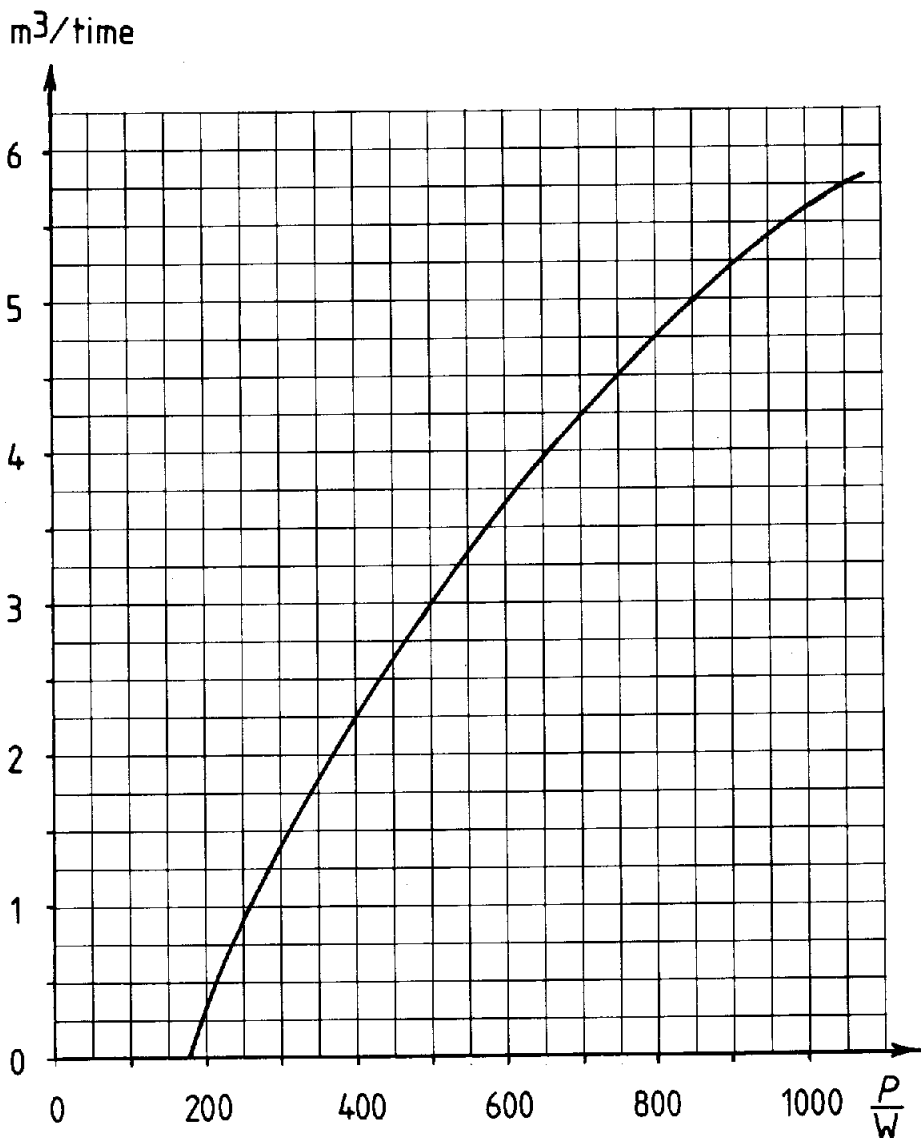


Et solcellemodul har en konstant polspænding på 17 V. Modulet afgiver en strømstyrke på 2,3 A, når intensiteten af solindstrålingen er 1000 W/m^2 .

- a) Beregn den effekt, hvormed solcellemodulet da leverer elektrisk energi.

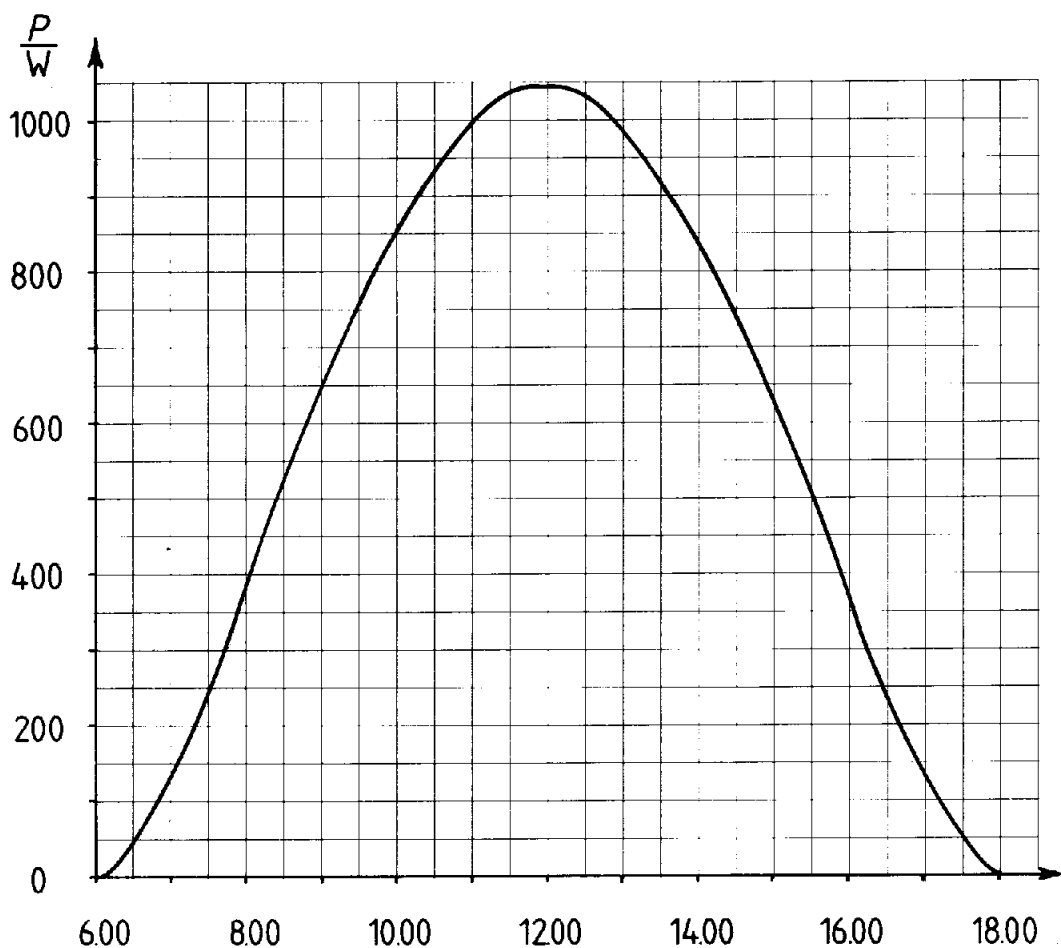
Et solcellepanel består af en parallelkobling af fire enheder, hvor hver enhed er en seriekobling af syv solcellemoduler.

- b) Beregn solcellepanelets polspænding samt den strømstyrke, panelet afgiver, når intensiteten af solindstrålingen er 1000 W/m^2 .



Figur 1

Figur 1 viser den vandmængde pr. tid, pumpeanlægget yder, som funktion af den effekt P , hvormed solcellepanelet leverer elektrisk energi.



Figur 2

Klokkeslet

Figur 2 viser, hvorledes effekten P varierer en bestemt dag.

- c) Hvor stor en vandmængde leverer pumpen ialt den pågældende dag?

I det omtalte pumpeanlæg i Woroni skal pumpen løfte vandet 25 m. Ved oppumpningen af vandet omsættes kun en del af den tilførte elektrisk energi til en tilvækst i vandets potentielle energi.

Ved pumpens nyttevirkning forstås forholdet mellem vandets tilvækst i potentiel energi og den tilførte elektriske energi. Vands densitet er 1000 kg/m^3 .

- d) Bestem pumpens nyttevirkning, når den tilføres elektrisk energi med effekten 1050 W.
Bestem pumpens maksimale nyttevirkning.

Bilag B kan benyttes til og afleveres sammen med besvarelsen.

(Opgavesættet slut)

Bølger

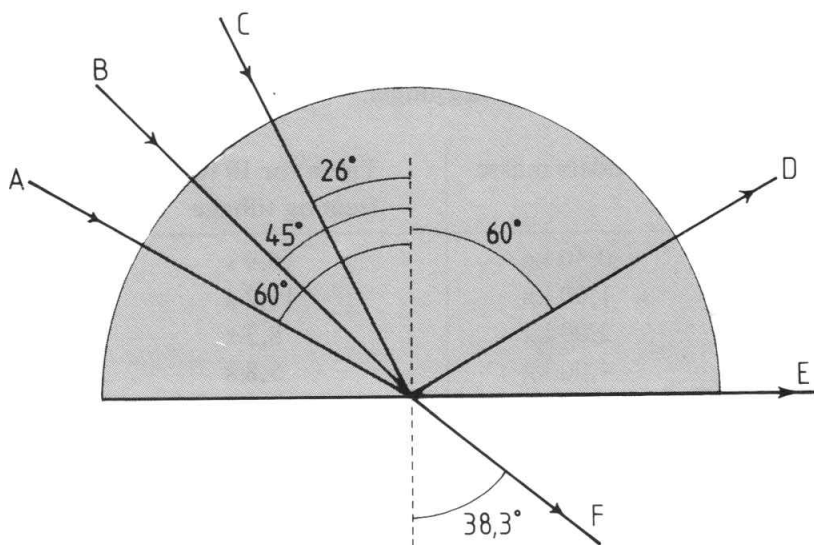
1. Mikrobølger

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.

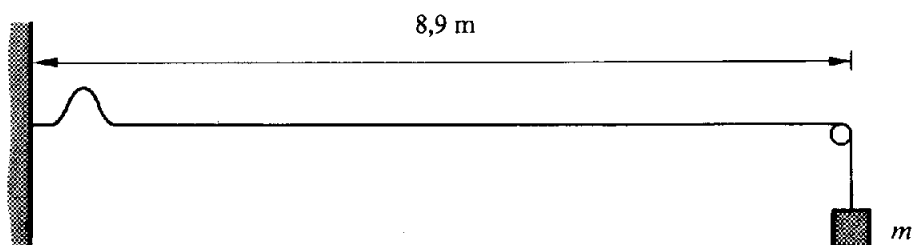
2. Brydning



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 klodsens.

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

3. Gardinspiral



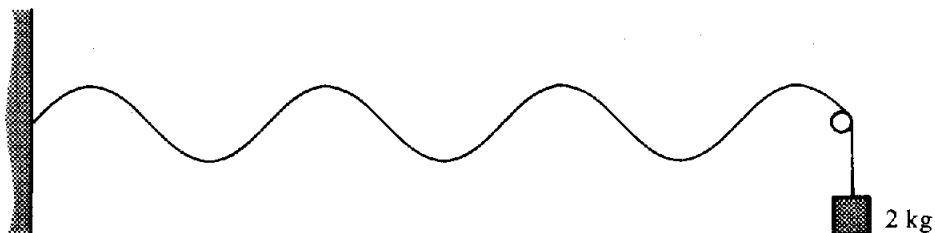
Figur 1

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 .

4. 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.

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 vandbølgernes bølgelængde.

Vandbølgerne i Nordatlanten har typisk en periode på 10 s.

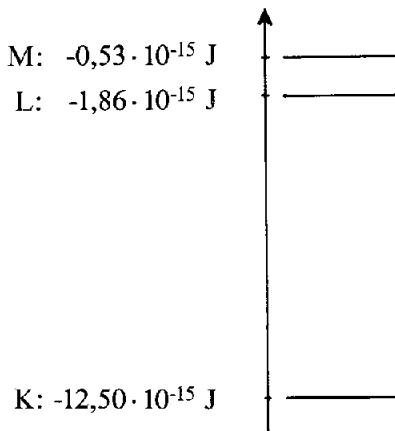
Beregn disse vandbølgers bølgelængde.

Atom- og kernefysik

1. Platin

Energiniiveaudiagrammet 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 løsrives elektroner, hvis maksimale kinetiske energi er 1,0 eV.

Løsrives 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?

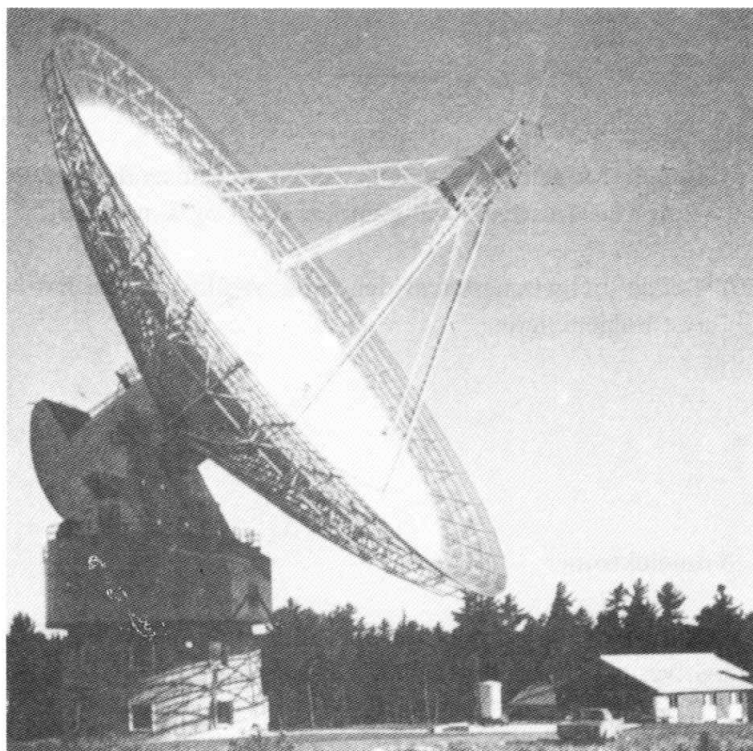
Radioteleskopets antenne modtager energi med effekten $9,9 \cdot 10^{-14}$ W.

- 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.

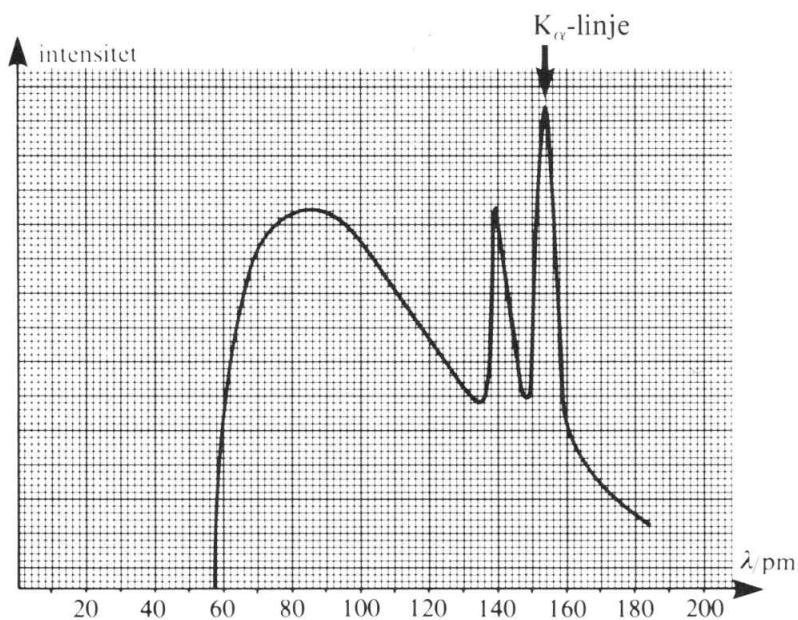


4. Røntgenstråling

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

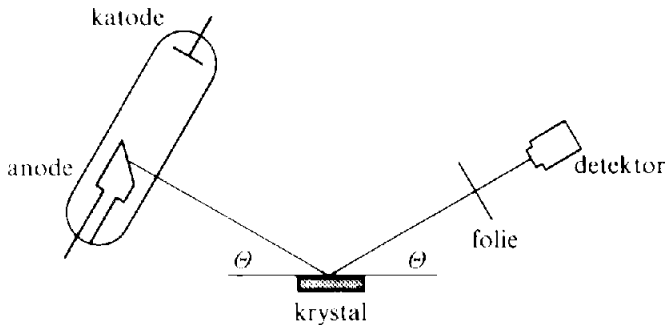
- a) Beregn antallet af elektroner, der rammer anoden i løbet af et sekund.

Ved nedbremsning af elektroner i anoden udsendes røntgenstråling. Grafen viser intensiteten af denne røntgenstråling som funktion af bølglængden 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	$0,58 \cdot 10^{-16}$	$1,50 \cdot 10^{-16}$	$2,50 \cdot 10^{-16}$	$2,90 \cdot 10^{-16}$	$4,00 \cdot 10^{-16}$

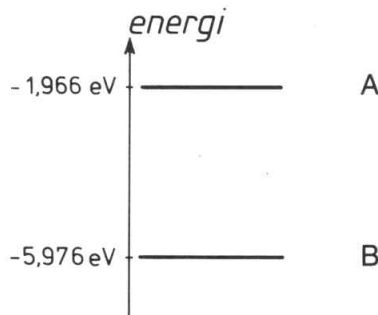
- b) Afbild resultaterne i et koordinatsystem, og bestem på grundlag af grafen ioniseringsenergien for elektroner i K-skallen.

6. Exciteret tilstand i aluminium

En stråle af enkeltladede aluminiumioner (Al^+) sendes mod et metalfolie. Strålen svarer til en strømstyrke på $5,2 \mu\text{A}$.

- a) Beregn antallet af aluminiumioner, der rammer metalfoliet i løbet af et sekund.

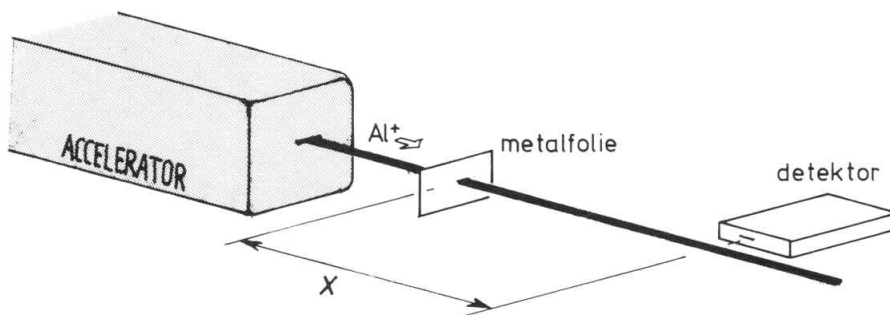
Under passagen af metalfoliet indfanger nogle af aluminiumionerne en elektron. Herved dannes aluminiumatomer i forskellige exciterede tilstande.



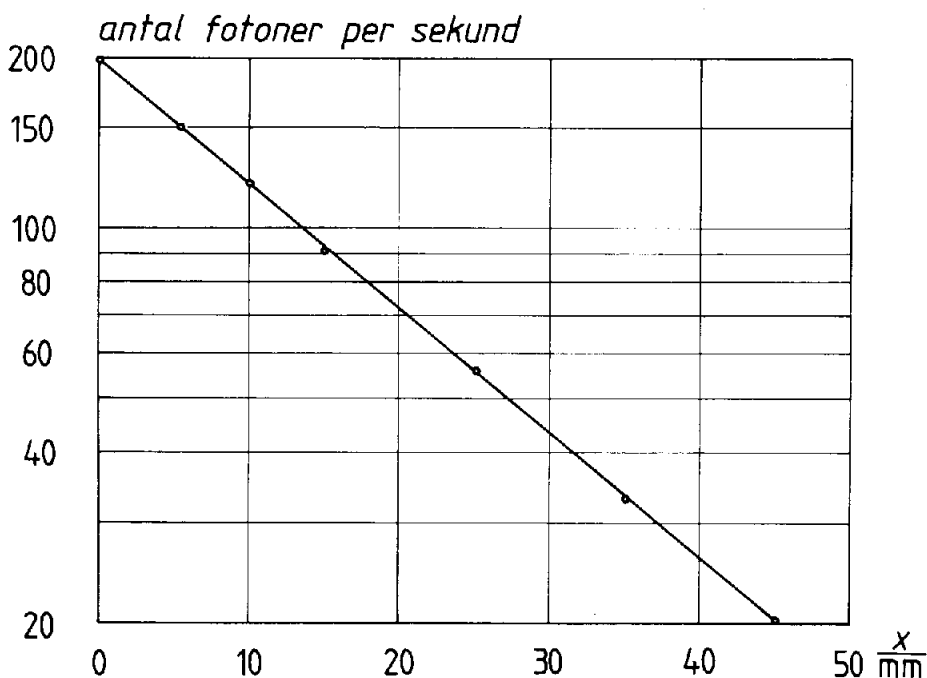
Figur 1

Diagrammet på figur 1 viser to af tilstandene, A og B.

- b) Beregn bølgelængden af det lys, der udsendes ved overgang fra tilstand A til tilstand B.



Figur 2



Figur 3

En detektor registrerer fotoner, som udsendes ved overgangen fra tilstand A til tilstand B. Figur 2 viser, hvorledes detektoren er placeret. Den registrerer kun fotoner, der udsendes fra strålen i en bestemt afstand x fra metalfoliet. På figur 3 ses resultatet af en række målinger med forskellige værdier af afstanden x . Grafen viser det registrerede antal fotoner per sekund som funktion af x . Aluminiumatomerne i strålen har en kinetisk energi på 300 keV, og massen af et aluminiumatom er 27,0 u.

Antallet af aluminiumatomer i tilstand A er en aftagende funktion af x , idet antallet af exciterede aluminiumatomer henfalder eksponentielt med tiden.

c) Bestem halveringstiden for tilstand A.

7. Protonhenfald

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

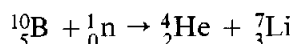
- a) Hvor mange protoner indeholder vandtanken?

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?

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. 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 fremstillings-tidspunktet kl. 10.00 en aktivitet på 3,7 MBq. Præparatet anvendes kl. 13.00 den efterfølgende dag.

- Bestem præparatets aktivitet på anvendelsestidspunktet.
- 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

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

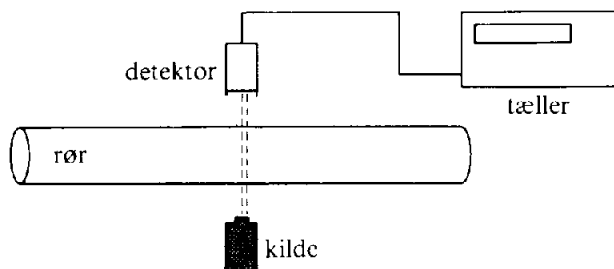
10. Densitetsmåling

En radioaktiv kilde indeholder 0,50 mg ^{137}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. Strålens 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 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.

11. 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 ^{82}Br . 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.

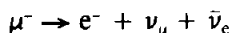
Efter hvert β -henfald udsendes der straks tre fotoner. Tælleren registrerer 0,050% af de udsendte fotoner.

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?

12. Eksotisk atom

En myon (μ^-) er en elektronlignende partikel. Myonen er ustabil og henfalder til en elektron under udsendelse af to masseløse partikler (ν_μ og $\bar{\nu}_e$):



Myonens masse er 0,1134 u.

- a) Bestem Q -værdien for myonens henfald.

Elektronen i et sædvanligt hydrogenatom kan erstattes af en myon, og derved dannes et nyt atom. Dette såkaldt eksotiske atom har energiniveauerne

$$E_n = -\frac{4,051 \cdot 10^{-16} \text{ J}}{n^2}$$

- b) Beregn bølgelængden af de fotoner, der udsendes ved overgangen fra energiniveau nr. 2 til energiniveau nr. 1 i dette atom.

Man kan danne eksotiske atomer ved at beskyde sædvanlige hydrogenatomer med myoner. De eksotiske atomer dannes i exciterede tilstande, som henfalder til grundtilstanden under udsendelse af fotoner. Man kan regne med, at det tager $0,60 \cdot 10^{-6}$ s, før et eksotisk atom når sin grundtilstand. Myonens halveringstid er $1,52 \cdot 10^{-6}$ s.

- c) Hvor mange procent af de dannede eksotiske atomer når grundtilstanden, før myonen henfalder?

13. Neutronaktivering

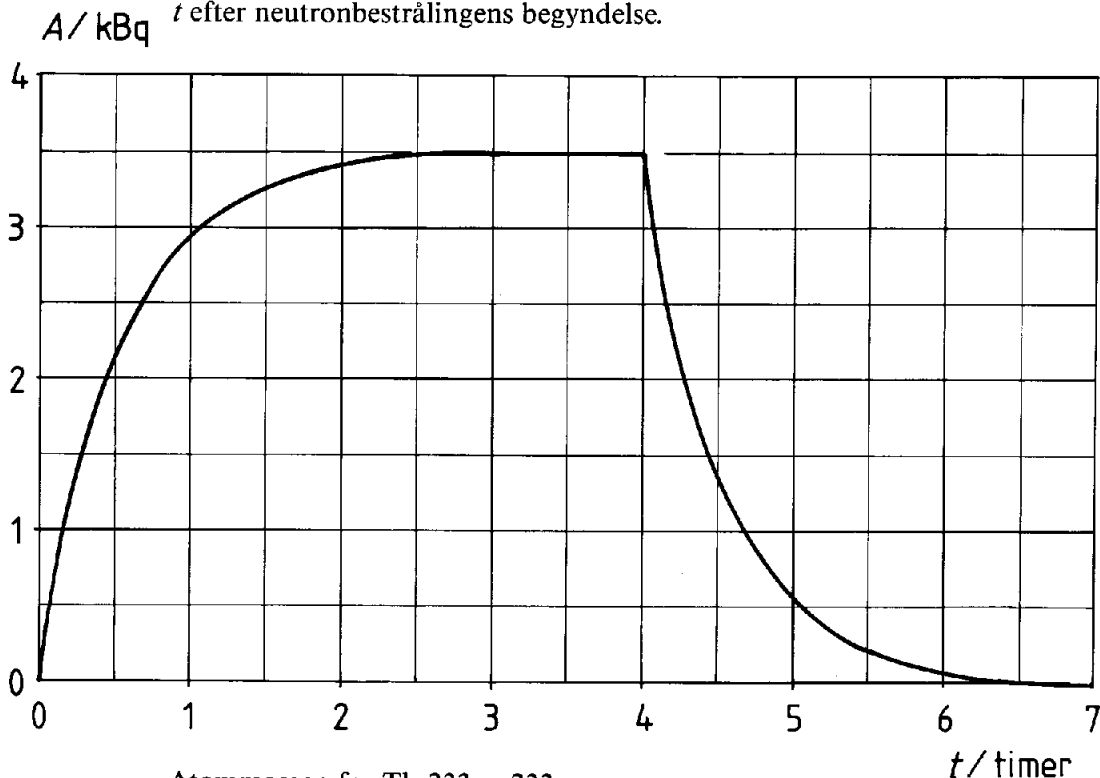
Neutroner fra en neutronkilde bevæger sig med farten 2,20 km/s. En stråle af disse neutroner rammer et præparat, der befinder sig 3,00 m fra kilden.

- a) Hvor lang tid er en neutron om at tilbagelægge strækningen fra kilde til præparat?

Neutroner er ustabile og henfalder med halveringstiden 10,3 minutter.

- b) Bestem, hvor stor en del af neutronerne der henfalder på strækningen fra kilde til præparat.

Præparatet indeholder thorium, og ved neutronbestrålingen dannes nuklidet Th-233, der er β -aktivt. Neutronbestrålingen varer i fire timer. Grafen viser β -aktiviteten A fra Th-233 som funktion af tiden t efter neutronbestrålingens begyndelse.



Atommassen for Th-233 er 233 u.

- c) Forklar, hvorfor β -aktiviteten nærmer sig en konstant værdi under bestrålingen.
Bestem massen af Th-233 i præparatet ved bestrålingens ophør.

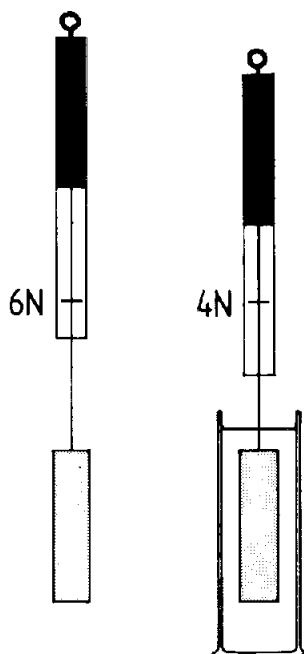
Mekanik

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. Lød i væske

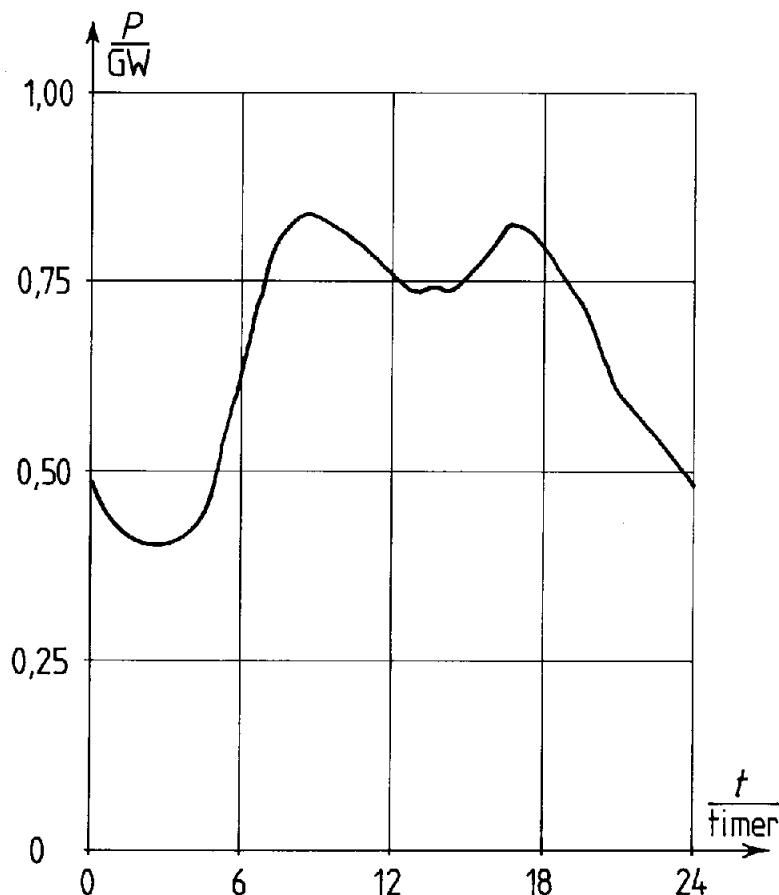


Forklar, hvorfor kraftmåleren viser mindre, når loddet nedsænkes i vand.

Beregn densiteten for loddet.

3. Energilagring

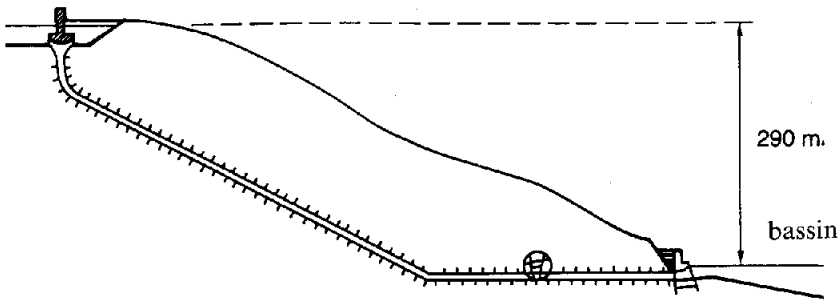
I et byområde omsættes elektrisk energi med en effekt P , som i løbet af et døgn varierer som vist på grafen.



- 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?

✕ 4. 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?

7/12

5. DC8-Fly

En startbane er lang nok til, at et fly kan opnå farten 250 km/h på denne bane i en bevægelse med den konstante acceleration $3,0 \text{ m/s}^2$.

- a) 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.

- b) 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 .

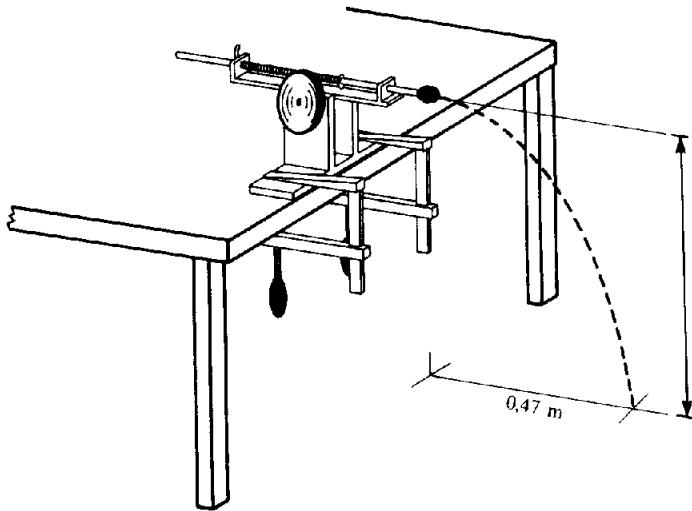
- c) Hvad er den mindste fart, DC8-flyet skal have, for at det kan lette på en vindstille dag?

6. 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.

7. Fjederkanon



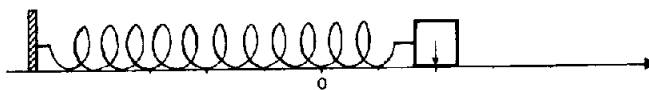
En kugle skydes vandret ud af en fjederkanon og rammer gulvet $0,35\text{ s}$ senere.

a) Beregn den lodrette faldvej.

Under faldet bevæger kuglen sig $0,47\text{ m}$ i vandret retning.

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

8. 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.

a) Hvor stor er klodsens acceleration i yderstillingen?

b) Hvad er klodsens fart $1,2\text{ cm}$ fra ligevægtsstillingen?

9. 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.

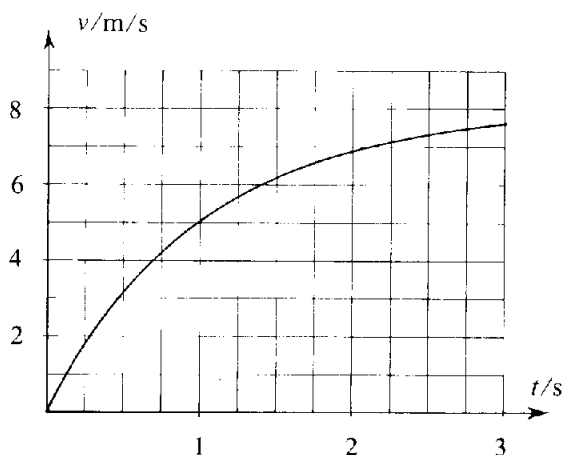
- Beregn Callistos fart i dens bevægelse omkring Jupiter.
- Vis ud fra de opgivne data, at Jupiters masse er $1,89 \cdot 10^{27}$ kg.

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.

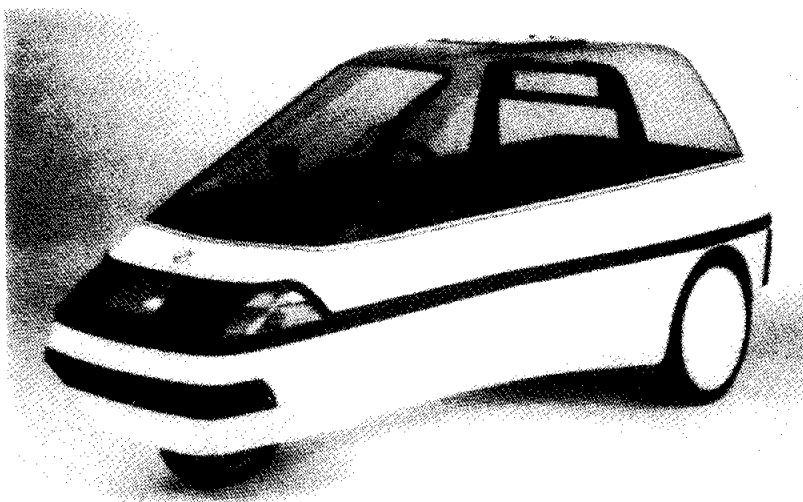
10. 100-meter løb

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



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

11. 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.

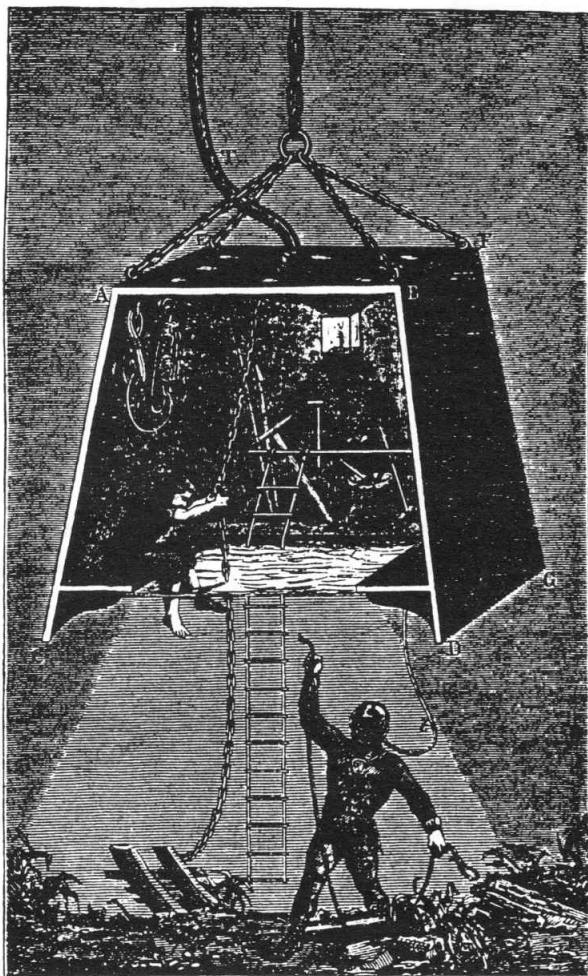
- c) Find en tilnærmet værdi for den største fart, som ellerten kan holde gennem længere tid, når den kører på vandret vej i vindstille.

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.

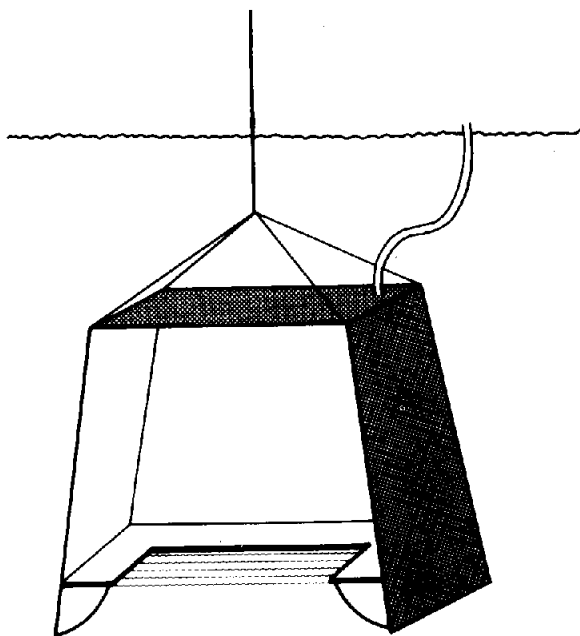
Til at begynde med er akkumulatorerne fuldt opladede.

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

12. 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.

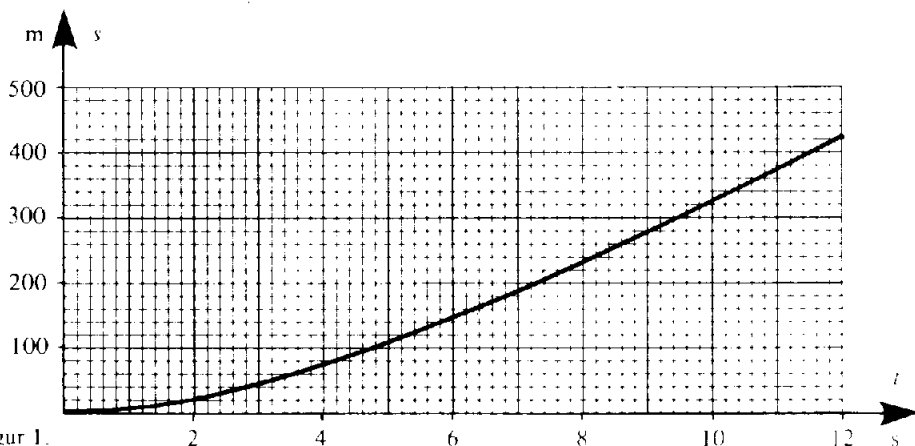
Dykkerklokkens indre rumfang er $12,0 \text{ m}^3$. Luften og vandet har temperaturen 20°C .

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

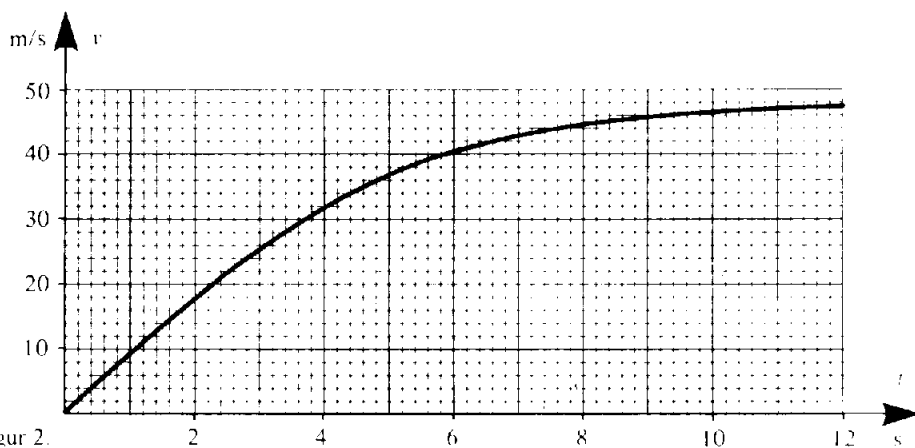
Dykkerklokken er lavet af stål, og dens masse er 15,4 ton. Densiteten af stål er $7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

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

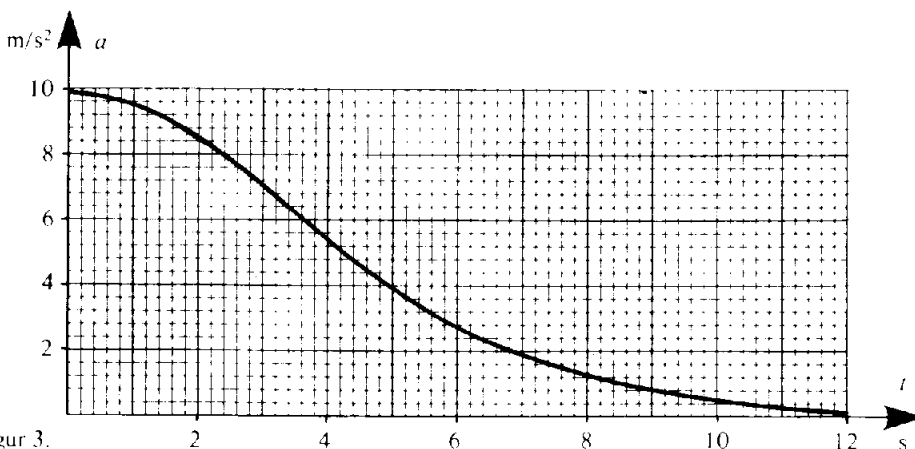
13. Fald med luftmodstand



Figur 1.



Figur 2.



Figur 3.

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.

- a) Tegn tilsvarende grafer for et frit fald uden luftmodstand.
- b) 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.
- c) Hvor meget mekanisk energi er blevet omdannet til indre energi under faldet gennem luften i løbet af de første 5,0 s?
- d) Forklar, hvordan man på grundlag af de givne grafer kan bestemme faldvejen gennem luften efter 20 sekunders fald. Bestem denne faldvej.

14. 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

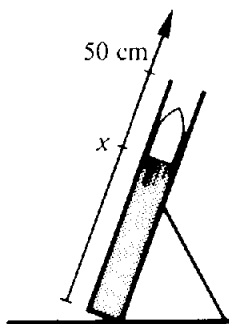
$$F = (6,4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m}}) \cdot v^2$$

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.

15. 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.

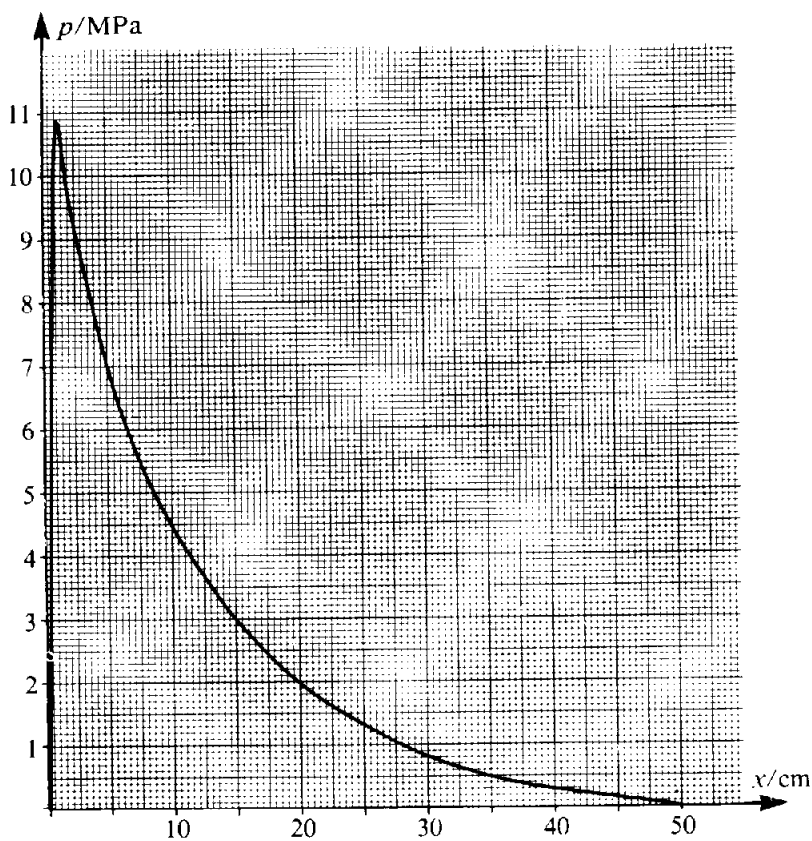


Figur 1.

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.



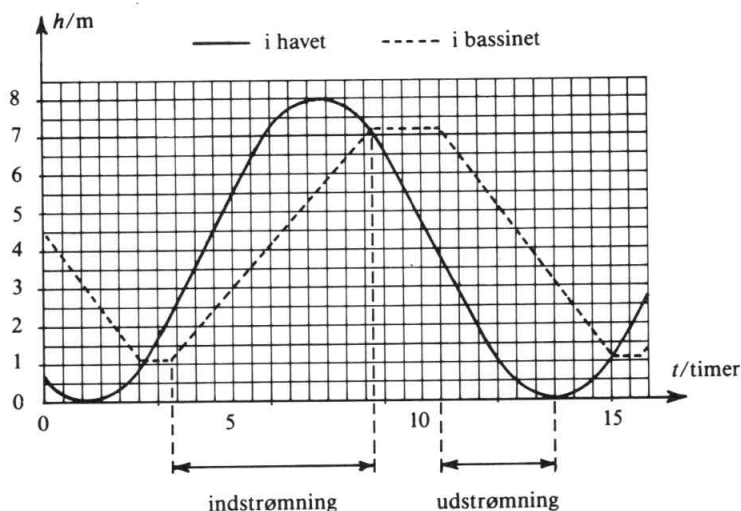
Figur 2.

- 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.

16. 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.

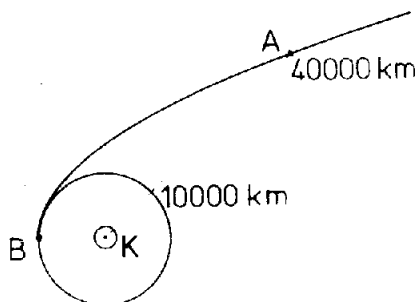
På et bestemt tidspunkt strømmer vandet ind i bassinet. Højdeforskellen mellem vandoverfladerne er da $2,5 \text{ m}$, og vandgennemstrømningen gennem en turbine er $160 \text{ m}^3/\text{s}$. Turbinen producerer elektrisk energi med effekten $2,2 \text{ MW}$.

- 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.

17. 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.

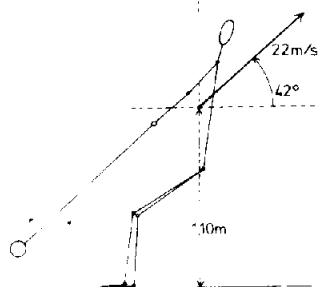
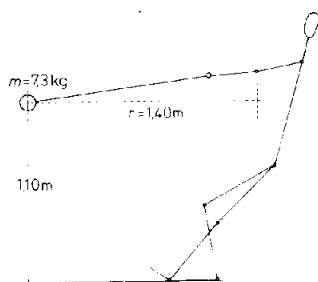
Rumskibet skal styres ind i en cirkelbane omkring K, som det herefter skal følge alene påvirket af gravitationskraften fra K. Radius i cirkelbanen skal være 10000 km.

- 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?

18. 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 $1,10\text{ m}$ over jordoverfladen. Kuglens masse er $7,3\text{ kg}$, dens omløbstid er $0,90\text{ s}$, og cirkelens radius er $1,40\text{ m}$.

- 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 $1,10\text{ m}$ 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.

19. Røg

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

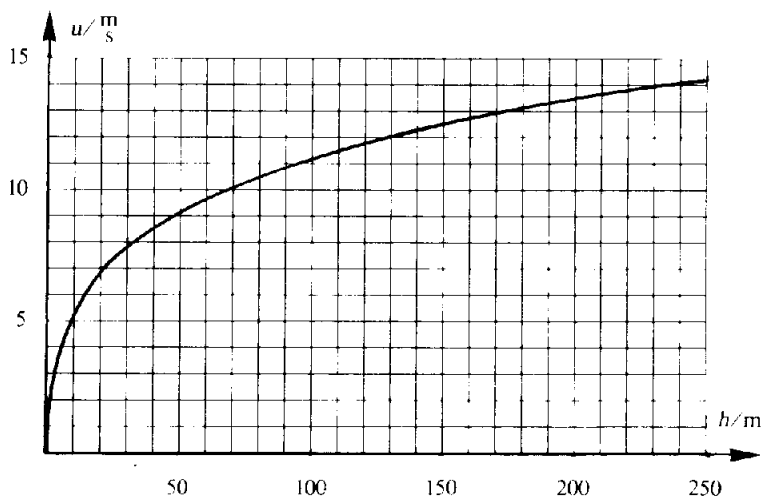
- a) Beregn massen af en partikel.

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.

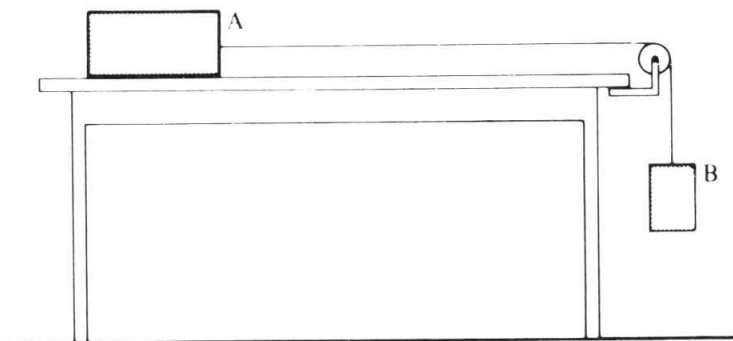
- b) Bestem den fart, hvormed partiklerne falder.



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.

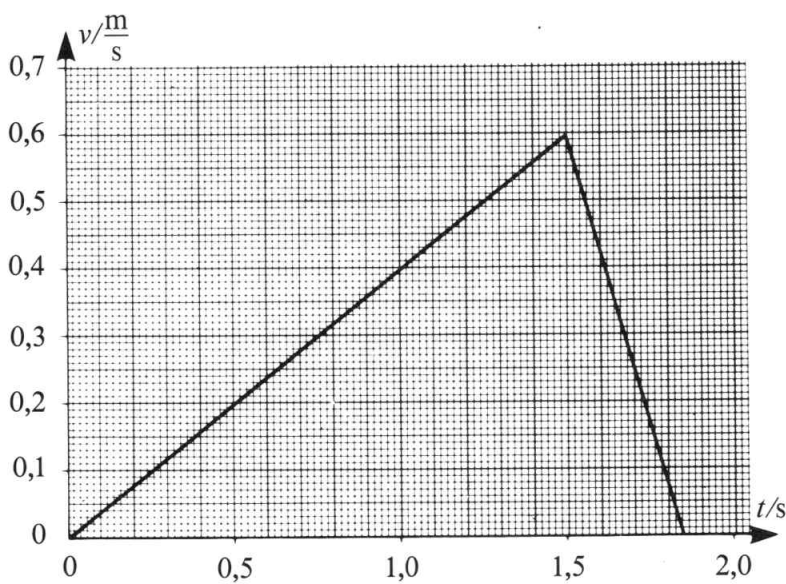
- c) Find en tilnærmet værdi for den strækning, partiklerne bevæger sig i vandret retning, inden de når jorden.

✓ **20. 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.



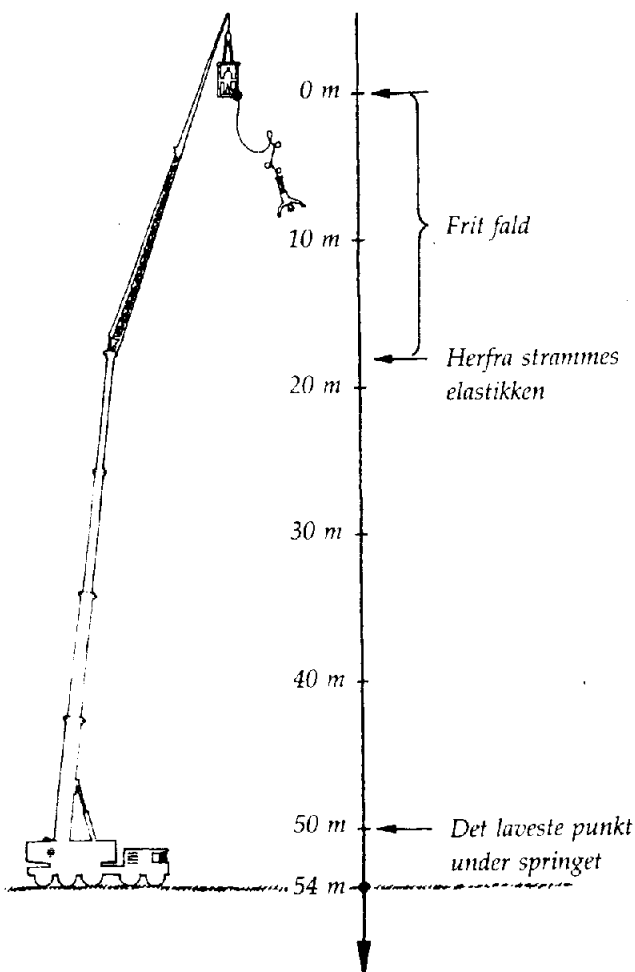
- b) Beregn gnidningskoefficienten.
- c) Bestem massen af B.

21. Elastikspring

Et elastikspring foregår fra en kran 54 m over jorden. Udspringeren er bundet til kranen med en lang og kraftig elastik. Det første stykke falder udspringeren frit. Så strammes elastikken, og udspringeren svinger op og ned nogle gange, indtil han hænger stille.

Udspringeren vejer 70 kg. Elastikken kan betragtes som en fjeder med fjederkonstanten 62 N/m. Elastikken har længden 18 m, når den ikke er strammet.

I springets laveste punkt befinder udspringeren sig 4,0 m over jorden.



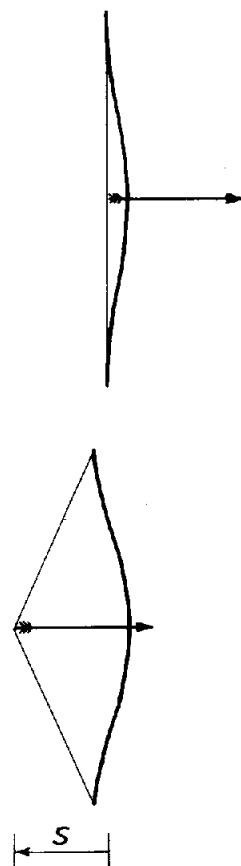
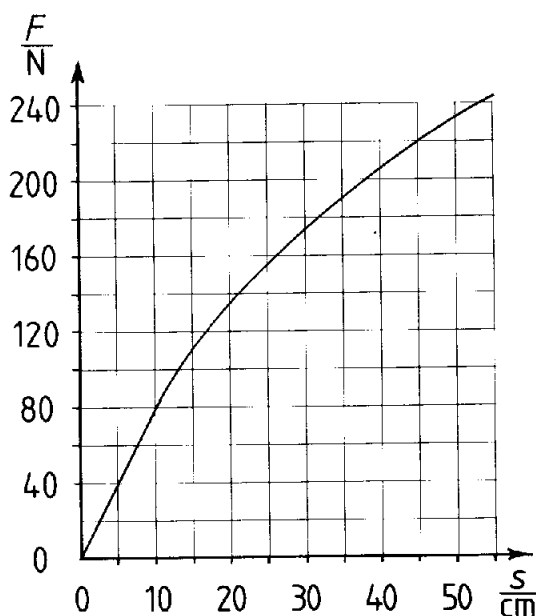
- Find udspringerens fart, når det frie fald er forbi efter 18 m.
- Beregn den højde over jorden, som udspringeren befinder sig i, når svingningen er gået i stå.
- Beregn størrelsen af udspringerens acceleration i springets laveste punkt.
- Find tabet i mekanisk energi fra springets start til det laveste punkt under springet.

22. Bue og pil

En bueskytte afskyder en pil fra en bue. Lige efter afskydningen er pilens fart 45 m/s. Pilens masse er 65 g.

a) Beregn pilens kinetiske energi lige efter afskydningen.

Bueskytten spænder buen ved at trække streng og pil 55 cm tilbage. Grafen viser sammenhængen mellem strækningen s , som streng og pil er ført tilbage, og kraften F , hvormed bueskytten trækker i strengen.

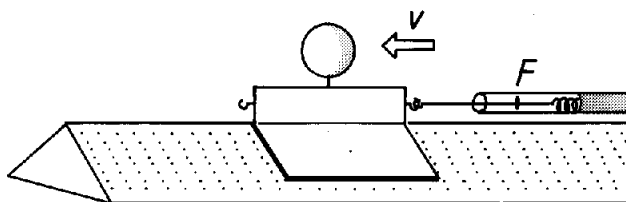


b) Hvor mange procent af det arbejde, som bueskytten udfører ved at spænde buen, udgør pilens kinetiske energi lige efter afskydningen?

Pilen forlader buen i vandret retning 1,80 m over jordoverfladen.

c) I hvilken afstand fra bueskytten rammer pilen jordoverfladen?

23. Luftmodstand



Den viste opstilling kan bruges til at undersøge luftmodstanden på forskellige legemer.

En kugle med tværsnitsarealet A anbringes på en glider på en vandret luftpudebane. Der blæser luft forbi kuglen med farten v . Man måler størrelsen af den kraft F , hvormed luften påvirker kuglen.

Størrelsen af kraften F måles for forskellige værdier af tværsnitsarealet A for en bestemt værdi af luftens fart v :

A / cm^2	13	28	38	50	64
F / mN	23	49	66	87	111

- a) Vis, at F er proportional med A , og bestem proportionalitetskonstanten.

For en kugle med tværsnitsarealet 20 cm^2 måles kraften F for forskellige værdier af luftens fart v :

$v / \frac{\text{m}}{\text{s}}$	5,9	7,7	9,1	10,5	11,8
F / mN	16	27	39	52	65

Luftmodstanden F er proportional med v^2 , hvor v er luftens fart forbi kuglen.

- b) Hvor stor var luftens fart i den første serie målinger?

Et kugleformet ishagl falder fra en sky og opnår på grund af luftmodstanden en konstant fart i faldet. Ishaglet har massen 31 mg og tværsnitsarealet $0,126 \text{ cm}^2$.

- c) Bestem den konstante fart, ishaglet opnår i faldet.

24. En gas' arbejde

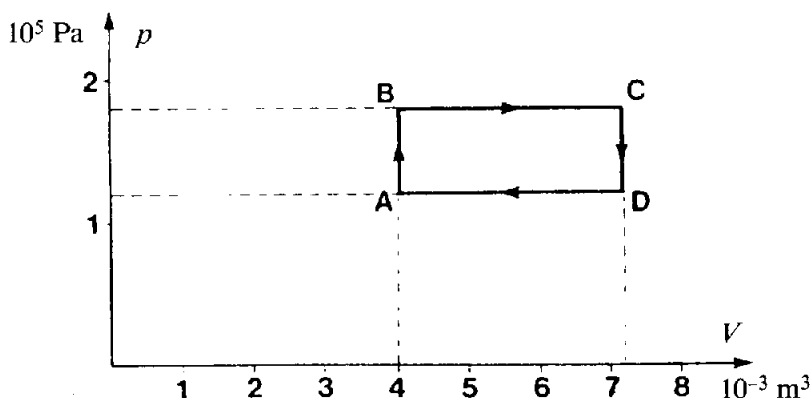
En cylinder indeholder en gas (N_2). I en tilstand A er gassens temperatur 20°C , dens rumfang $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, og dens tryk 120 kPa.

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.



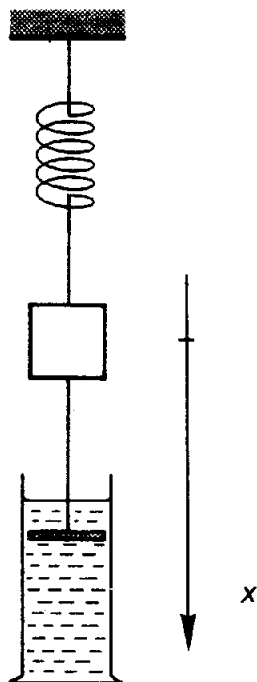
- b) Find temperaturen i tilstand B og i tilstand C.

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 ?

25. Hydraulisk dæmpning



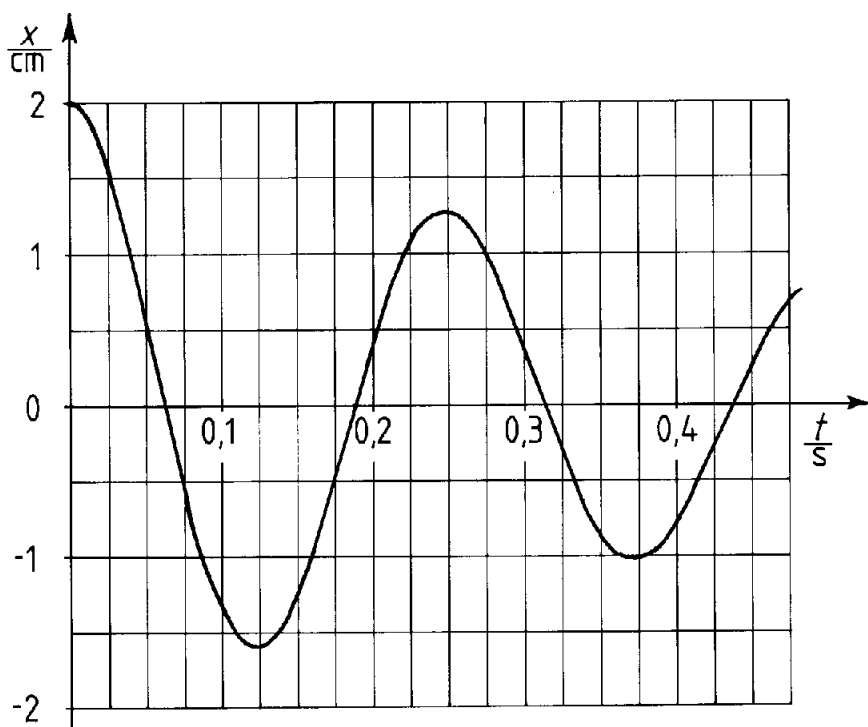
Figur 1

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 ?

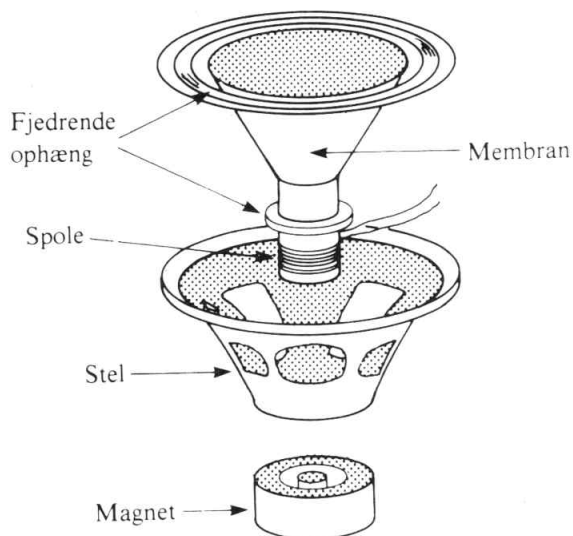
Størrelsen af gnidningsmodstanden F på stemplet er bestemt ved

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

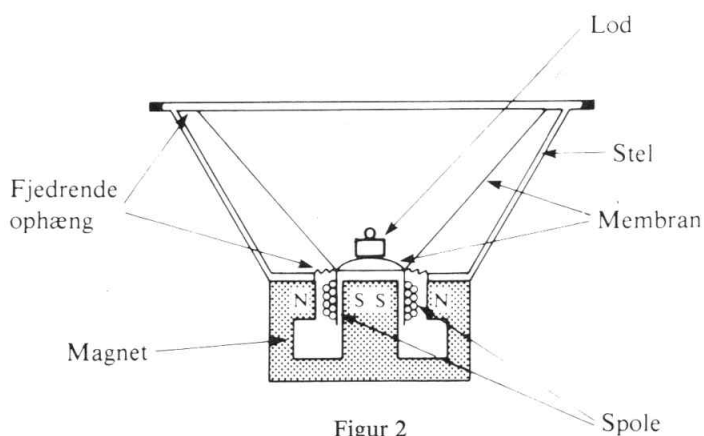
hvor v er stemplets fart.

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

26. Højtaler



Figur 1



Figur 2

Figureerne 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.

Højttaleren anbringes vandret, og et lod med massen 20,0 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 højttaleren?

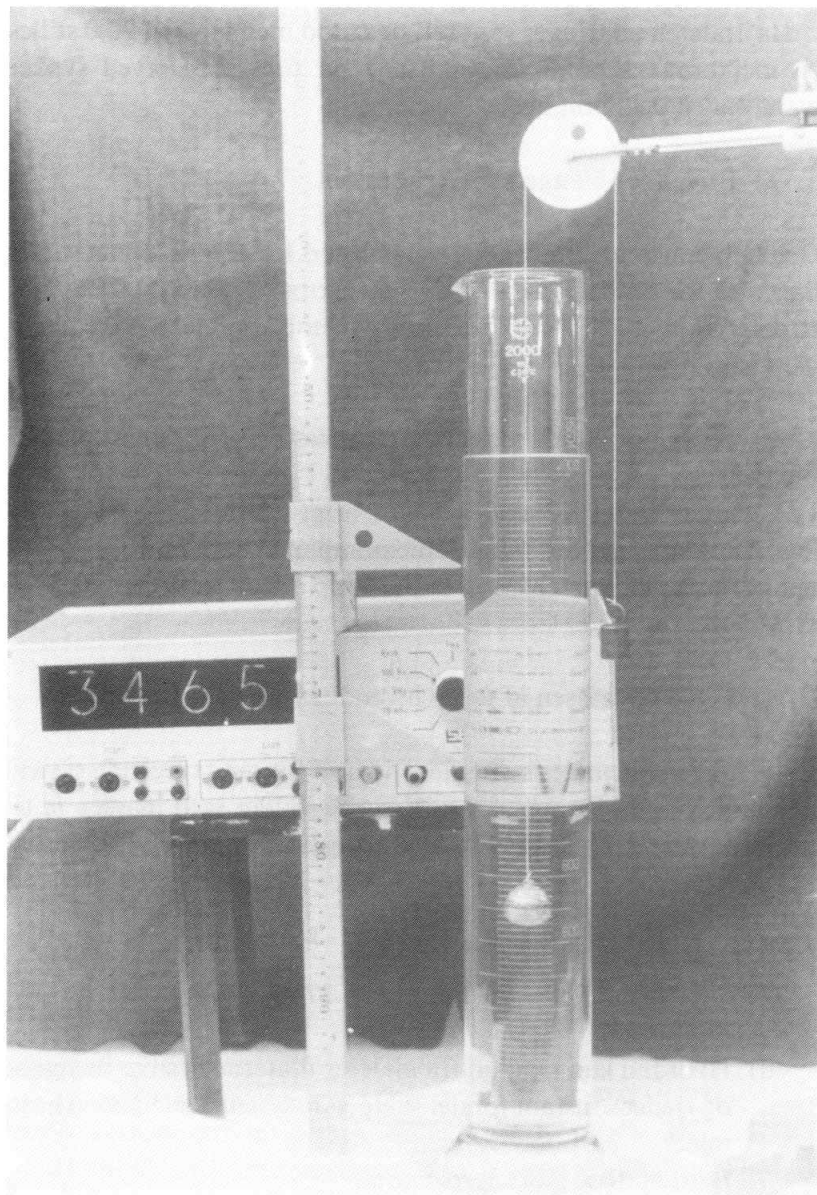
På samme måde måles svingningstiden T for det svingende system i en anden højttaler, når der fæstes små lodder med massen m til membranen. Måleresultaterne fremgår af tabellen nedenfor.

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 højttaler?

Bestem disse størrelses værdi.

27. Kugle i væske



(figur)

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 .

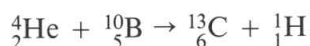
- d) Gør på grundlag af forsøgsresultaterne rede for, at
 $F = K \cdot v$, hvor K er en konstant.
Bestem K .

28. Kernereaktion

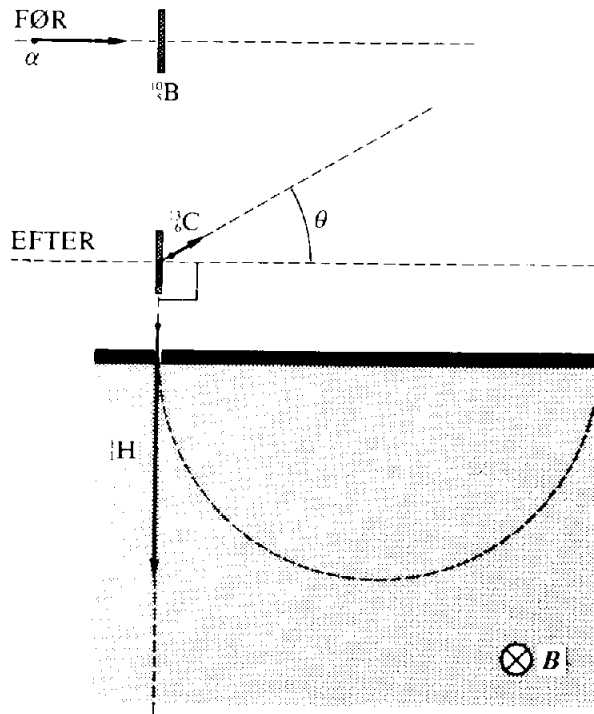
I et forsøg accelereres α -partikler fra hvile gennem et spændingsfald på 2,35 MV.

- a) 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 $0,46 \text{ T}$. Protonernes hastighed er vinkelret på magnetfeltets retning, og de bevæger sig langs en cirkelbue med radius $0,82 \text{ m}$.



b) Beregn protonernes fart.

Samtidig udsendes $^{13}_6\text{C}$ -kerner i en retning, som danner vinklen θ med α -partiklernes bevægelsesretning.

c) Beregn vinklen θ .

d) Beregn processens Q -værdi.

29. Planeten Mars

Planeten Mars har en atmosfære, som næsten udelukkende består af carbondioxid (CO_2) med molmassen 44 g/mol . Et bestemt sted på overfladen af Mars er temperaturen -50°C , og trykket er 620 Pa .

a) Beregn densiteten af atmosfæren på dette sted.

En af Mars' måner hedder Phobos. Den bevæger sig omkring Mars med omløbstiden $2,75 \cdot 10^4 \text{ s}$. Banekurven er med god tilnærmelse en cirkel. Mars har massen $6,42 \cdot 10^{23} \text{ kg}$.

b) Beregn Phobos baneradius.

Mars' radius er $3,39 \cdot 10^6 \text{ m}$.

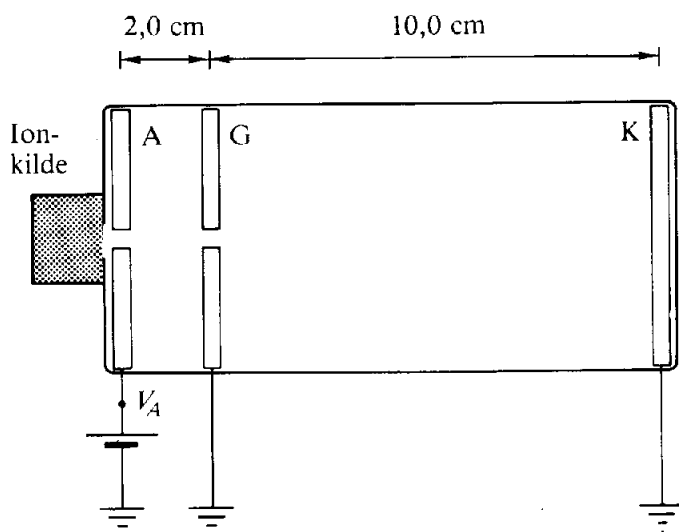
c) Beregn tyngdeaccelerationen på overfladen af Mars.

Gennemsnitstrykket ved overfladen af Mars er 650 Pa .

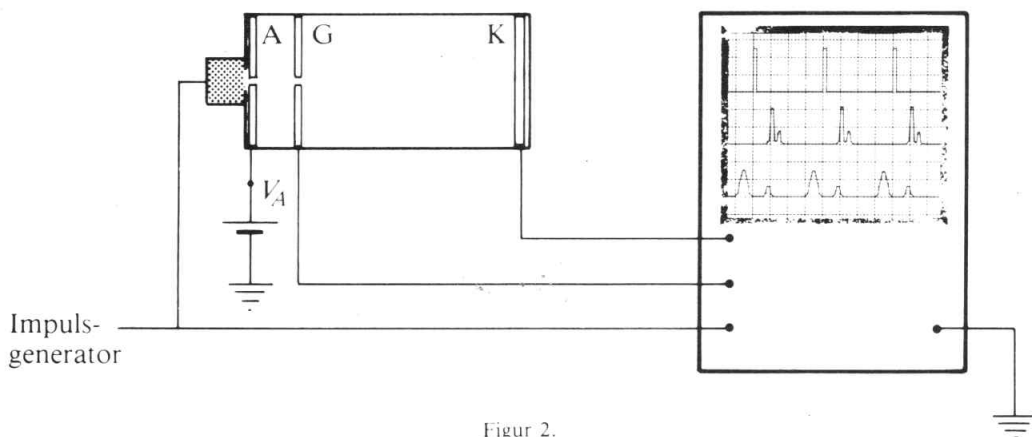
d) Bestem en tilnærmet værdi for massen af Mars' atmosfære.

30. Ioners masse

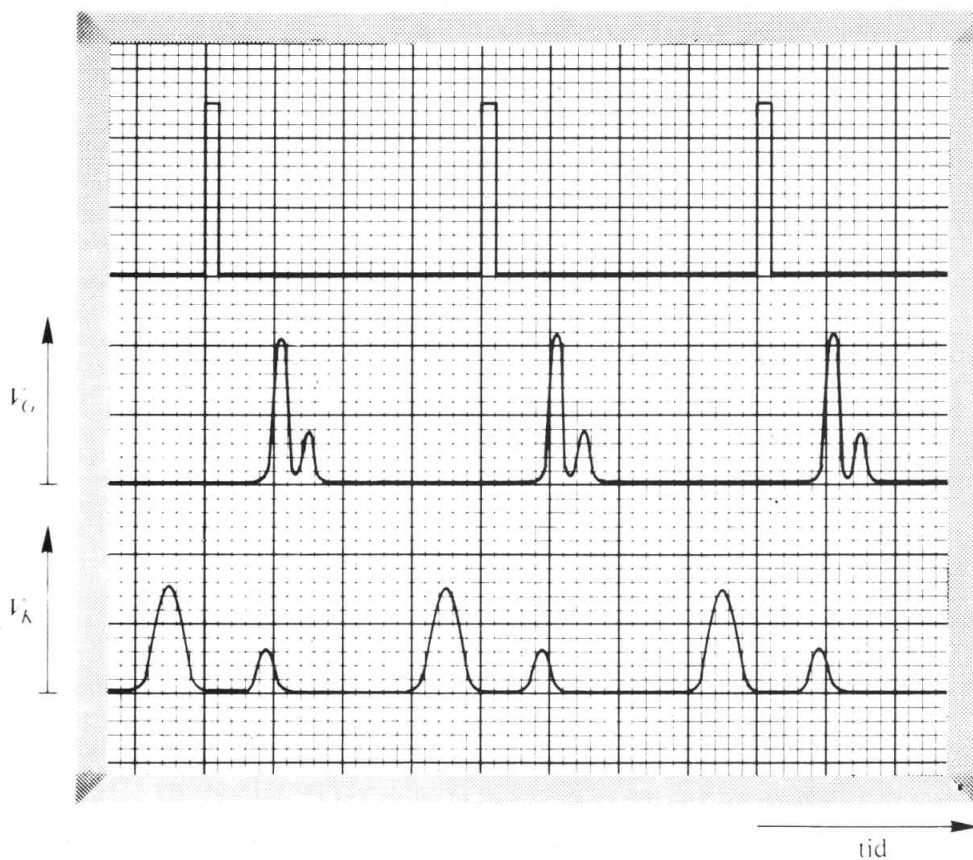
Et udpumpet rør indeholder tre elektroder A, G og K som vist på figur 1. A har den positive spænding V_A , mens G og K har spændingen 0 V .



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 $4,1 \cdot 10^4$ 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 passeres 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.

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

31. 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

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

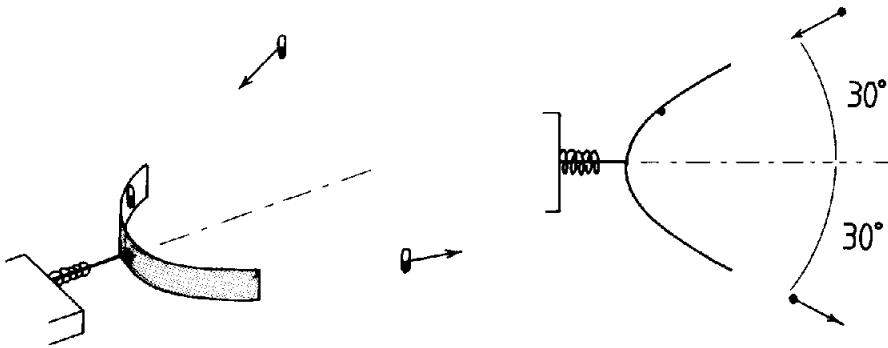
hvor A er boblens tværsnitsareal, v dens fart og k en konstant. En stor boble stiger hurtigere op gennem væsken end en lille boble. Antagelsen om, at en bobles rumfang og fart er konstant under opstigningen gennem væsken, er lidt forkert, idet rumfanget og dermed også farten øges lidt under opstigningen.

- 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.

32. Kontrol af medicinkapslers masse

I en farmaceutisk virksomhed kontrolleres det løbende, at de fremstillede medicinkapsler har den korrekte masse. Figur 1 viser en skitse af et apparat, der foretager den fornødne vejning.



Figur 1

En kapsel skydes ind i apparatet med konstant hastighed. To fotoceller langs kapslens bane registrerer kapslens passage med en tidsforskel på 44 ms. Afstanden mellem fotocellerne er 8,5 cm.

a) Beregn kapslens fart.

I apparatet indgår en kraftmåler. For at afprøve kraftmåleren skydes en lille stålkugle vinkelret ind mod kraftmåleren med farten 8,0 m/s, hvorefter den springer tilbage med samme fart. Stålkuglen er i kontakt med kraftmåleren i 1,2 ms.

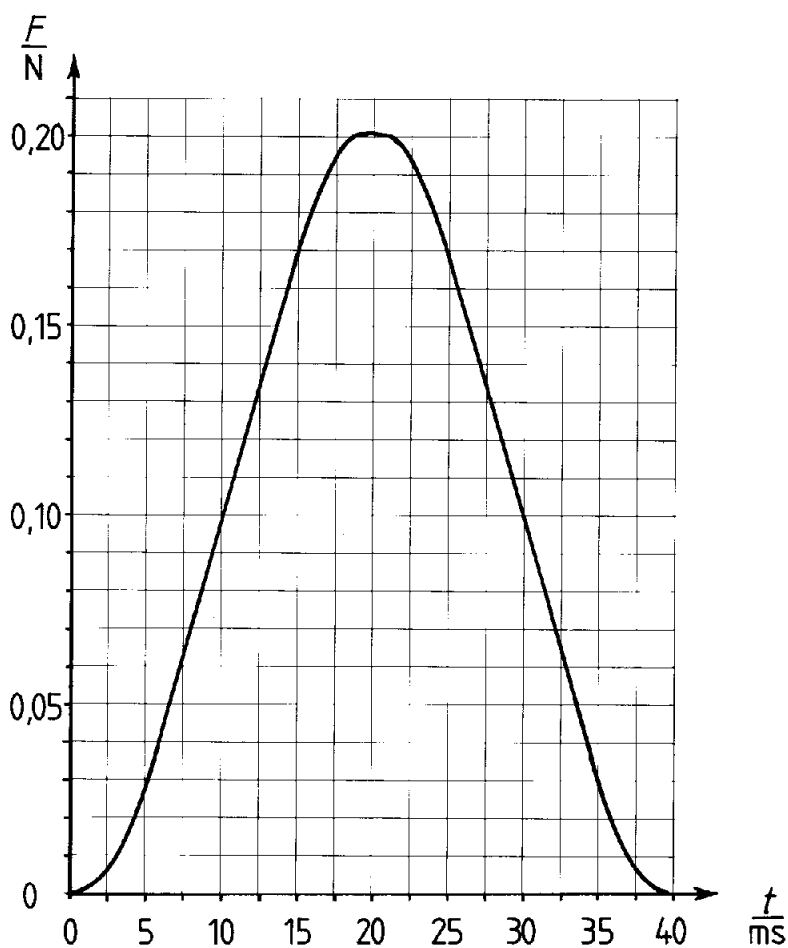
Stålkuglens masse er 0,30 g.

b) Beregn størrelsen af stålkuglens ændring i impuls.

Beregn størrelsen af middelværdien af den resulterende kraft på kuglen.

Under den løbende kontrol af medicinkapslerne skydes de ind i apparatet med farten 2,10 m/s. Som vist på figur 1 rammer kapslerne en krum skinne, hvorved de ændrer retning. Man kan regne med, at bevægelsen langs skinnen foregår i vandret plan og med konstant fart. Skinnen sidder på kraftmåleren.

Grafen på figur 2 viser størrelsen af den kraft F , som kraftmåleren registrerer under en kapsels bevægelse langs skinnen.



Figur 2

- c) Bestem på grundlag af grafen en tilnærmet værdi for størrelsen af en kapsels impulsændring.
- d) Beregn massen af en kapsel.

Eksamenssæt

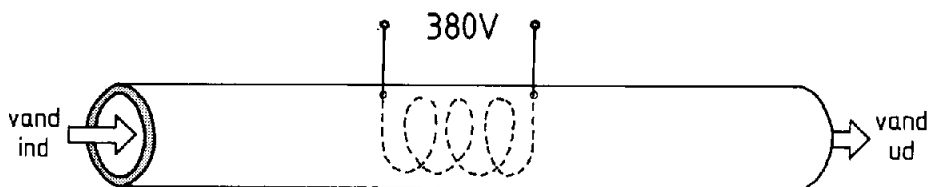
✓ 1. Fusion

Ved en kernereaktion mellem ^2H (deuterium) og ^3He dannes en α -partikel (^4He) og en anden partikel.

Opskriv reaktionsskemaet og beregn Q -værdien for reaktionen.

Uddrag af atommasse tabel:			
	A	Z	masse/u
n	1	0	1,008 664 9
H	1	1	1,007 825 0
H	2	1	2,014 101 8
H	3	1	3,016 049 3
He	3	2	3,016 029 3
H	4	1	4,027 73
He	4	2	4,002 603 2
Li	4	3	4,027 03

2. Elektrisk vandvarmer



Et elektrisk varmelegeme omsætter elektrisk energi med effekten $10,5 \text{ kW}$. Spændingsfaldet over varmelegemet er 380 V .

a) Beregn strømstyrken i varmelegemet.

Varmelegemet befinder sig inde i et rør. Der strømmer vand gennem røret. Før vandet når varmelegemet, er vandets temperatur 10°C . I løbet af et minut strømmer der $5,0 \text{ L}$ vand forbi varmelegemet.

b) Hvad er vandets temperatur, når det har passeret varmelegemet?

2. Myoner i Jordens magnetfelt

En myon (μ^-), der er en ustabil, elektronlignende partikel, dannes ved en kernereaktion i den øvre atmosfære. Den har farten $2,8 \cdot 10^7$ m/s. Den henfalder efter $4,3 \cdot 10^{-6}$ s.

a) Hvor langt bevæger myonen sig, før den henfalder?

I det område, myonen bevæger sig igennem, er den magnetiske flux-tæthed af Jordens magnetfelt $50 \mu\text{T}$. Myonen bevæger sig vinkelret på magnetfeltets retning.

Massen af en myon er $1,88 \cdot 10^{-28}$ kg. Myonens elektriske ladning er $1,602 \cdot 10^{-19}$ C.

b) Find størrelsen af den kraft, hvormed Jordens magnetfelt påvirker myonen.

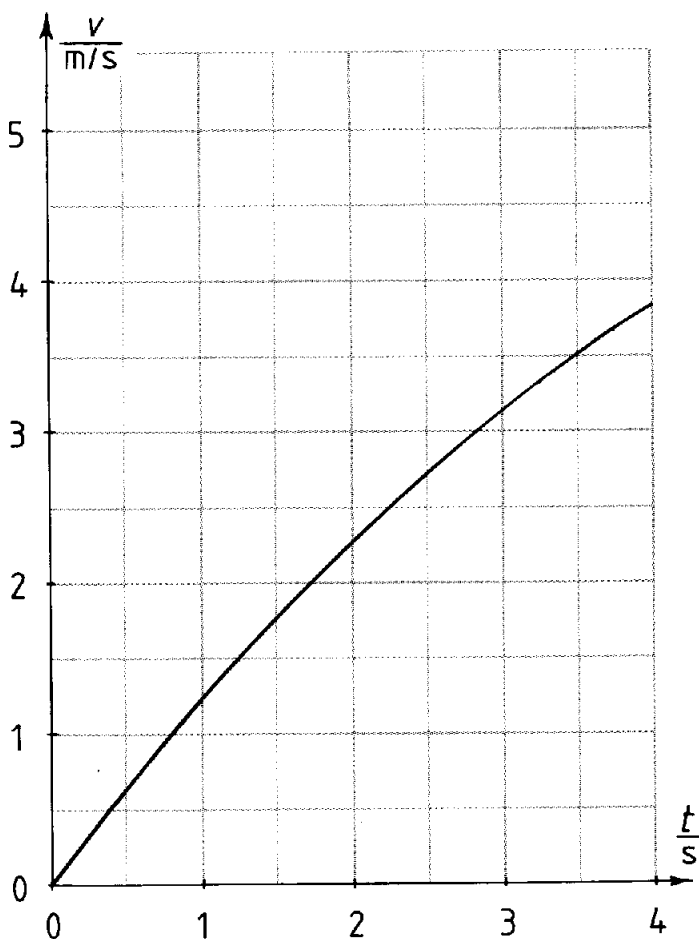
c) Find radius i den cirkelbue, myonen gennemløber.

4. Legevogn



Pigen på billedet sidder oven på en CO₂-ildslukker, der er spændt fast på en legevogn. Når der åbnes for ildslukkeren, bevæger vognen sig fremad lige som en raket.

Foto: The Physics Teacher, 114 (1976), p.112.



Figur 2

Man kan regne med, at massen af vogn, ildslukker og pige er 85 kg.

- a) Vis, at vognens acceleration til tidspunktet $t = 2,0$ s har størrelsen $0,95 \text{ m/s}^2$.

Beregn størrelsen af den resulterende kraft F_{res} til dette tidspunkt.

- b) Tegn (t, F_{res}) -graf for den bevægelse, der er beskrevet ved figur 2.

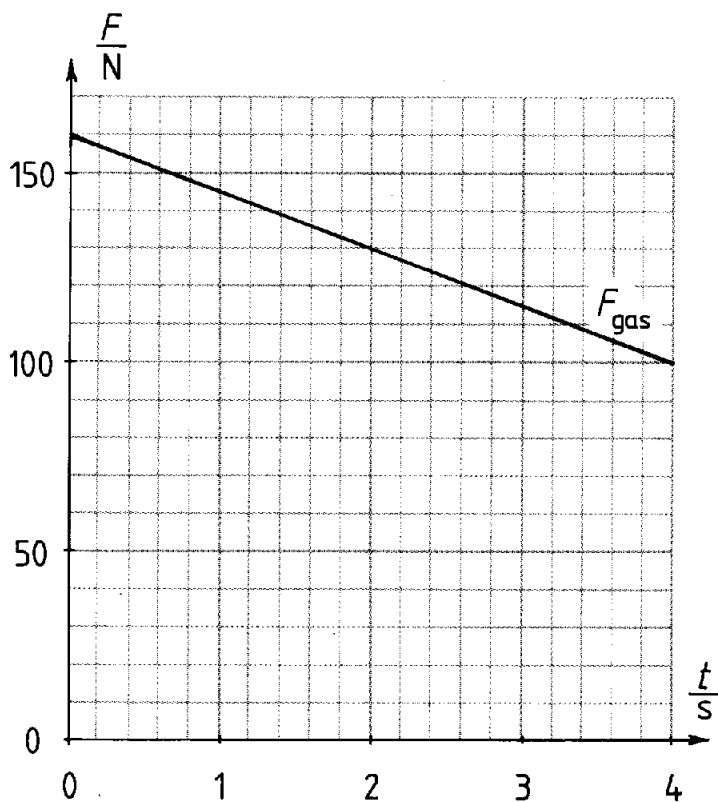
Gør rede for, at der under bevægelsen er en gnidningskraft, som med god tilnærmelse er uafhængig af vognens fart.

Bestem størrelsen af denne gnidningskraft.

I løbet af de 4,0 sekunder, bevægelsen varer, strømmer der 2,00 kg gas ud af ildslukkeren med en konstant fart u .

- c) Bestem ud fra grafen på figur 1 en tilnærmet værdi for farten u .

Først spændes vognen fast til en væg, og der åbnes for ildslukkeren. Man måler den kraft F_{gas} , som den udstrømmende gas påvirker vognen med. Figur 1 viser størrelsen af denne kraft som funktion af tiden t .



Figur 1

Ildslukkeren fyldes igen, og fastspændingen af vognen fjernes. Pigen tager plads på vognen, og der åbnes for ildslukkeren. Figur 2 viser (t, v) -graf for vognens bevægelse.

5. Bestemmelse af kroppens vandindhold

En person med massen 80 kg får indsprøjtet en lille mængde vand, hvori der findes det radioaktive nuklid tritium. Aktiviteten af det indsprøjtede tritium var på indsprøjtningstidspunktet 58,4 MBq. Halveringstiden for tritium er 12,3 år.

a) Hvor mange tritium-kerner indeholdt det indsprøjtede vand?

Efter nogle få timer er det radioaktive tritium jævnt fordelt i kroppens vandindhold, og der udtages en blodprøve af personen. Den udtagne blodprøves vandindhold er 5,00 mL, og den har aktiviteten 6,7 kBq.

b) Hvor meget vand indeholder kroppen ifølge denne måling?

Tritium er β^- -aktivt. Middelenergien af elektronerne er 5,5 keV, og de absorberes alle i kroppen.

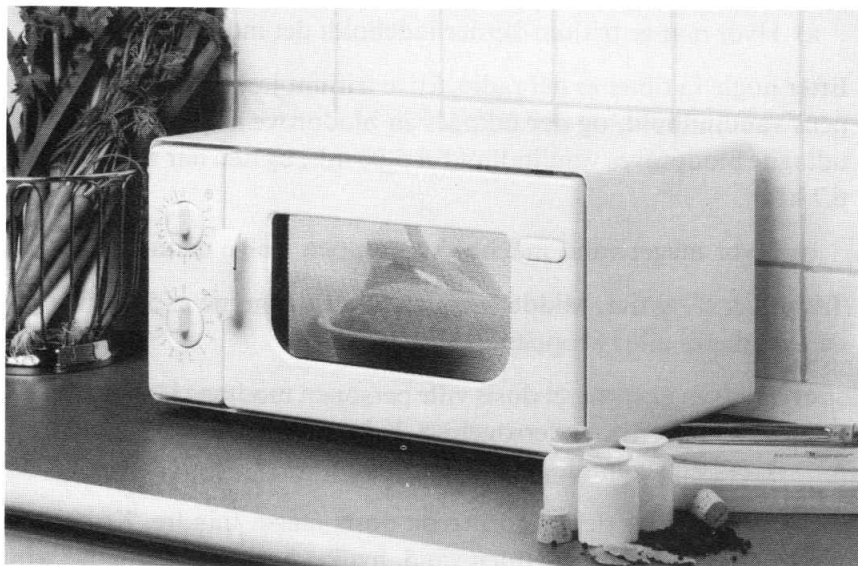
c) Hvilken absorberet dosis ville personen modtage i løbet af det første år efter undersøgelsen, hvis tritium kun forsvandt fra kroppen ved radioaktivt henfald?

I virkeligheden er den absorberede dosis meget mindre. Kroppen udskiller og optager hele tiden vand, hvilket bevirker, at antallet af tritium-kerner i kroppen fra det indsprøjtede vand aftager eksponentielt med en halveringstid på 10 døgn. Man skønner, at undersøgelsen derfor giver en samlet absorberet dosis på mindre end 1 mGy.

d) Vurdér, om dette skøn er rimeligt.

(Opgavesættet slut)

✕ 1. Mikrobølgeovn

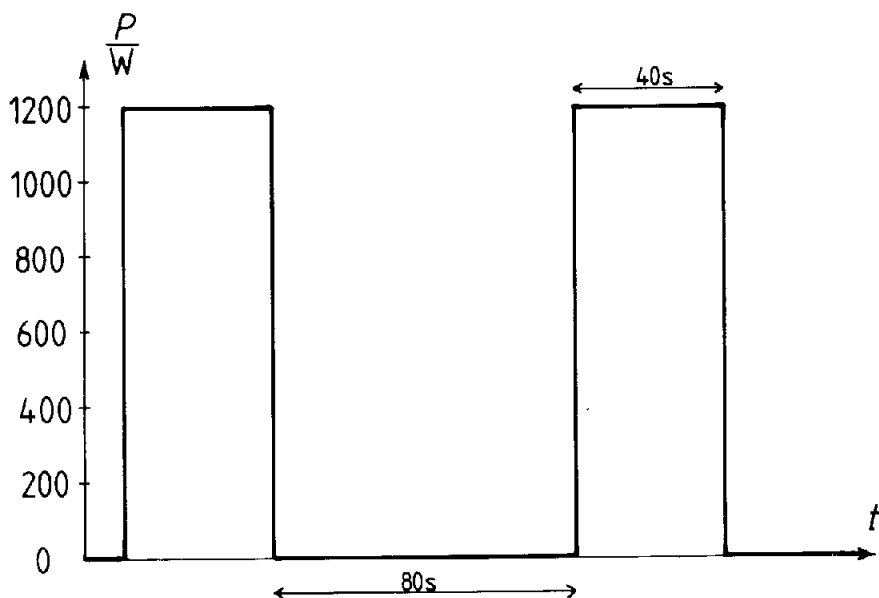


Når man laver mad i en ovn, tilføres madvarerne energi, som blandt andet bruges til at opvarme madvarerne.

I en mikrobølgeovn overføres energien af elektromagnetisk stråling med en typisk bølgelængde på 10 cm. Mikrobølgerne trænger helt ind i madvarerne, og opvarmningen foregår samtidigt overalt i madvarerne.

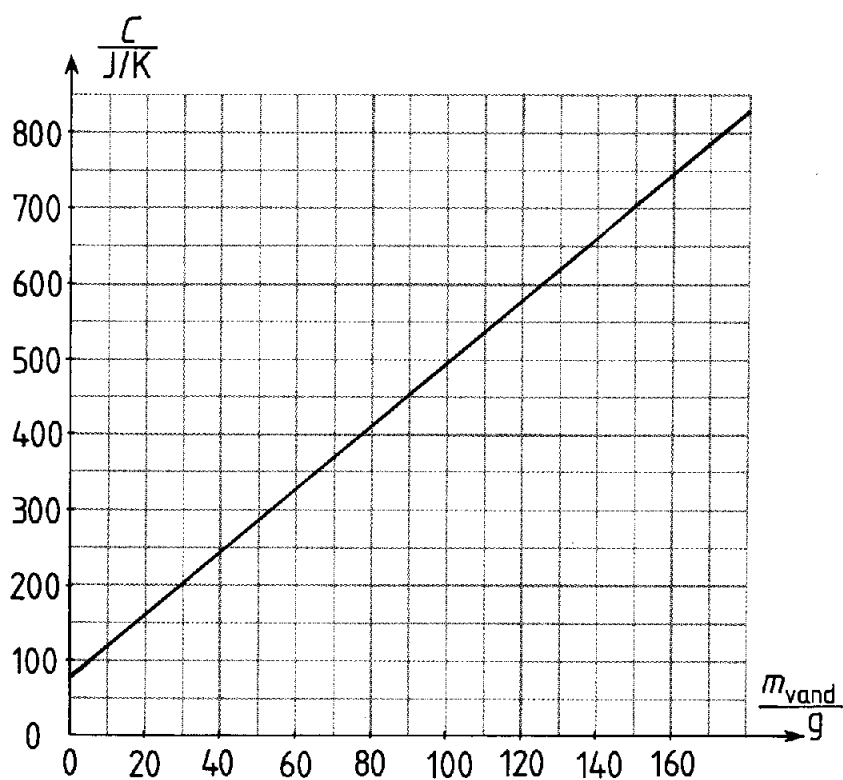
Strålingen i mikrobølgeovnen absorberes forskelligt i forskellige stoffer.

En mikrobølgeovn anvendes til optøning af frosne madvarer. Grafen på figur 1 viser den effekt P , hvormed mikrobølgeovnen omsætter elektrisk energi, som funktion af tiden t .



Figur 1

- a) Bestem den energi, som mikrobølgeovnen omsætter i løbet af seks minutter.



Figur 2

Grafen på figur 2 viser den samlede varmekapacitet C af et bægerglas med vand, som funktion af vandets masse, m_{vand} .

Glassets specifikke varmekapacitet er $0,78 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$.

b) Hvad er massen af bægerglasset?

I en måleserie hældes forskellige vandmængder i dette glas. Glasset stilles ind i en mikrobølgeovn, indstillet på fuld effekt. Mikrobølgeovnen er tændt netop så længe, at der hver gang omsættes den elektriske energi $\Delta E = 4,0 \text{ kJ}$. Hver gang måles temperaturstigningen ΔT af vandet.

Tabellen nedenfor viser værdierne for vandets masse m_{vand} og den målte temperaturstigning ΔT .

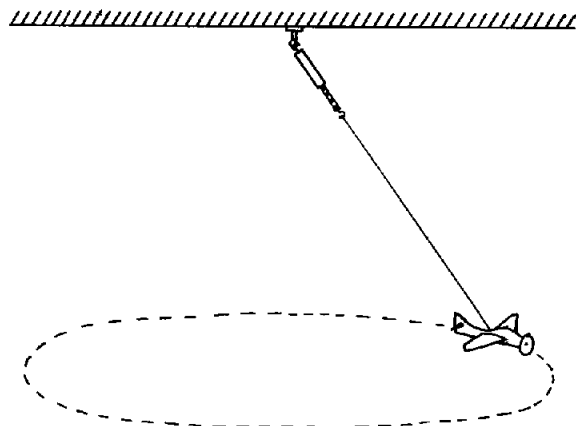
$m_{\text{vand}} / \text{g}$	40	75	100	120	150	175
$\Delta T / \text{K}$	10,9	5,8	4,4	3,6	2,9	2,5

c) Tegn grafen for $\Delta E / \Delta T$ som funktion af m_{vand} .

d) Beskriv forskellene mellem denne graf og grafen på figur 2, og giv en fysisk forklaring på forskellene.

Hvilken brøkdel af den omsatte elektriske energi udnyttes til opvarmningen?

2. Legetøjsflyver



Legetøjsflyveren bevæger sig vandret i en cirkel med konstant fart. Cirkelns radius er 1,20 m, og omløbstiden er 2,10 s. Legetøjsflyverens masse er 200 g.

- a) Beregn størrelsen af den resulterende kraft på legetøjsflyveren.

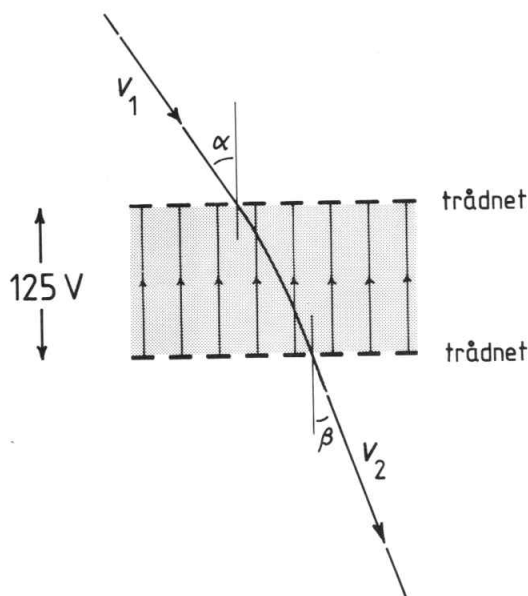
Som vist på figuren er der indskudt en kraftmåler i snoren.

- b) Hvad viser kraftmåleren, mens flyveren udfører cirkelbevægelsen?

3. Elektronafbøjning

Elektroner accelereres fra hvile af en spændingsforskel på 450 V.

- a) Bestem elektronernes kinetiske energi E_{kin} og fart v_1 efter accelerationen.



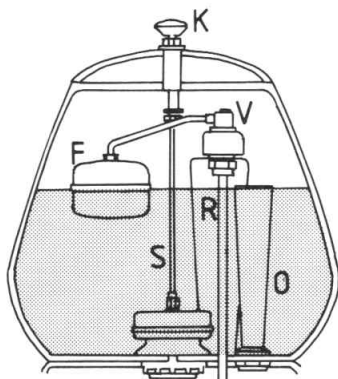
Elektronerne bevæger sig derpå tværs gennem to fintmaskede trådnet som illustreret på figuren. Mellem de to net er der en spændingsforskel på 125 V, hvilket giver anledning til et homogent elektrisk felt mellem nettene.

- b) Beregn elektronernes fart v_2 efter passagen af det elektriske felt.

En bestemt elektron bevæger sig mod det første trådnet, så dens bevægelsesretning danner en vinkel $\alpha = 20^\circ$ med en linje vinkelret på nettet. Den forlader det andet net med en vinkel β med en linje vinkelret på nettet.

- c) Beregn vinklen β for denne elektron.

4. WC-cisterne

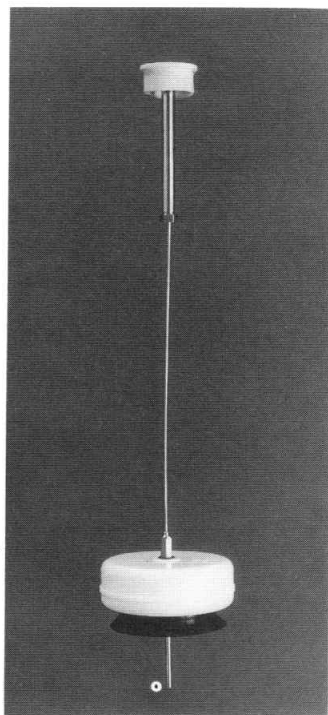


Tegning af et tværsnit af cisternen.

Hvis man løfter i knoppen K, strømmer vandet fra cisternen ned i WC-kummen. Knoppen er skruet fast på en bevægelig stang S. Nederst på stangen er fastgjort noget, der ligner en rund plasticdåse uden bund, med en gummi-pakning forneden.

Vandet kommer ind i cisternen gennem røret R. Dette rør ender i ventilen V, som er åben, så længe flyderen F befinder sig under et vist niveau. Når cisternen lige er blevet tømt, er ventilen åben, og man hører vandet strømme ind i cisternen. Efterhånden når vandoverfladen op til flyderen, der så løftes opad og på et vist tidspunkt lukker for ventilen. Røret O er et overløbsrør, som er åbent i begge ender. Vandoverfladen i cisternen kan ikke komme højere end til overkanten af overløbsrøret, for så begynder vandet at løbe direkte ned i WC-kummen.

Når vandet løber ud af cisternen, strømmer det ind under pakningen og ned gennem et hul i cisternens bund. Vandstrømningen er årsag til en nedadrettet kraft, som søger at tvinge pakningen ned mod bunden af cisternen. Der er hele tiden luft i dåsen, og så længe dåsen er nede i vandet, er den påvirket af opdrift.



Fotografi af stangen S med knoppen K og dåsen.

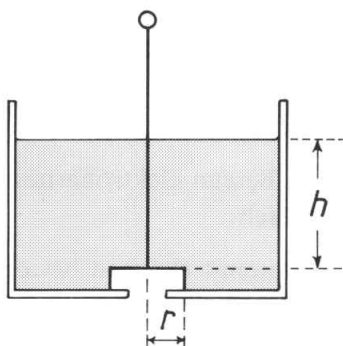


Diagram over en forenklet model af WC-cisternen, uden indstrømningssystem. I modellen er cisternen en beholder med et hul i bunden. Dåsen er en cylinder uden bund, og den er hele tiden fyldt med luft. Når dåsen står på bunden af cisternen, lukker den vandtæt for hullet.

Cisternen fyldes med vand, så vandoverfladen står stykket $h=18$ cm over cylinderen. Cylinderens radius er $r=4,5$ cm, og dens rumfang er 250 cm^3 . Massen af cylinder, stang og knop er 145 g.

- a) Beregn trykbidraget fra vandet ved cylinderens overside.
- b) Beregn størrelsen af den kraft, hvormed vandet påvirker cylinderens overside.
- c) Hvor stor er den mindste kraft, man skal påvirke knoppen med, før der begynder at løbe vand ud gennem hullet?

Der løftes i knoppen. Vandet begynder at løbe ud, og vandoverfladen synker. Udstrømningen standser brat, inden cisternen er tom. I det øjeblik er dåsen helt under vand.

- d) Hvad er den mindste værdi, som størrelsen af den nedadrettede kraft det udstrømmende vand påvirker dåsen med, kan have i det øjeblik, udstrømningen standser?

(Opgavesættet slut)

1. Elektrostatisk opladning



Fotografiet viser optankningen af et fly i Tirstrup Lufthavn.

Når et fly tankes op, er der risiko for, at dampe fra flybrændstoffet antændes ved gnistdannelse. Det skyldes, at brændstoffet bliver elektrisk ladet, når det strømmer gennem slanger og rør under optankningen, og flyets tank tilføres derfor elektrisk ladning sammen med brændstoffet.

I en model kan flyet betragtes som den ene plade af en kapacitor. Den anden plade udgøres af jordoverfladen. Spændingsfaldet over kapacitoren vokser, efterhånden som der strømmer brændstof ind i flyets tank. Hvis dette spændingsfald bliver tilstrækkelig stort, springer der gnister mellem fly og jord. Det er disse gnister, der kan antænde dampe fra flybrændstoffet.

Mens flyet tankes op, strømmer der 12,0 liter brændstof pr. sekund gennem slangen ind i tanken. Brændstoffet medfører en elektrisk ladning på 24 nC pr. liter.

- a) Hvilken elektrisk strømstyrke svarer det til?

Brændstoftanken er ikke helt elektrisk isoleret fra jordoverfladen. Forbindelsen mellem tanken og jordoverfladen kan betragtes som en resistor med resistansen $600 \text{ G}\Omega$.

På et bestemt tidspunkt under påfyldningen er strømstyrken gennem resistoren 50 nA.

- b) Hvad er størrelsen af spændingsfaldet mellem tanken og jordoverfladen til dette tidspunkt?

- c) Hvad er det største spændingsfald, der kan opstå mellem tanken og jordoverfladen?

Foreslå en metode til at forhindre gnistdannelse under tankning.

2. Antirefleksbehandling

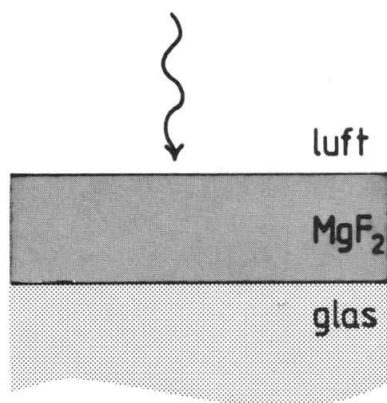


Brilleglas kan antirefleksbehandles ved at påføre dem et tyndt lag af magnesiumfluorid, MgF_2 .

Lys med bølgelængden 550 nm i luft har det relative brydningsforhold 1,38 for overgangen fra luft til MgF_2 .

- Beregn lysets fart i MgF_2 -laget.
- Hvad er lysets bølgelængde i MgF_2 -laget?

Antirefleksbehandlingen af glassene bevirker, at reflekser (tilbagekastet lys) fra glasoverfladen mindskes. For bestemte tykkelser af MgF_2 -laget vil lys, der er reflekteret fra grænselaget mellem MgF_2 og glasset, interferere destruktivt med lys, der er reflekteret direkte fra MgF_2 -overfladen.



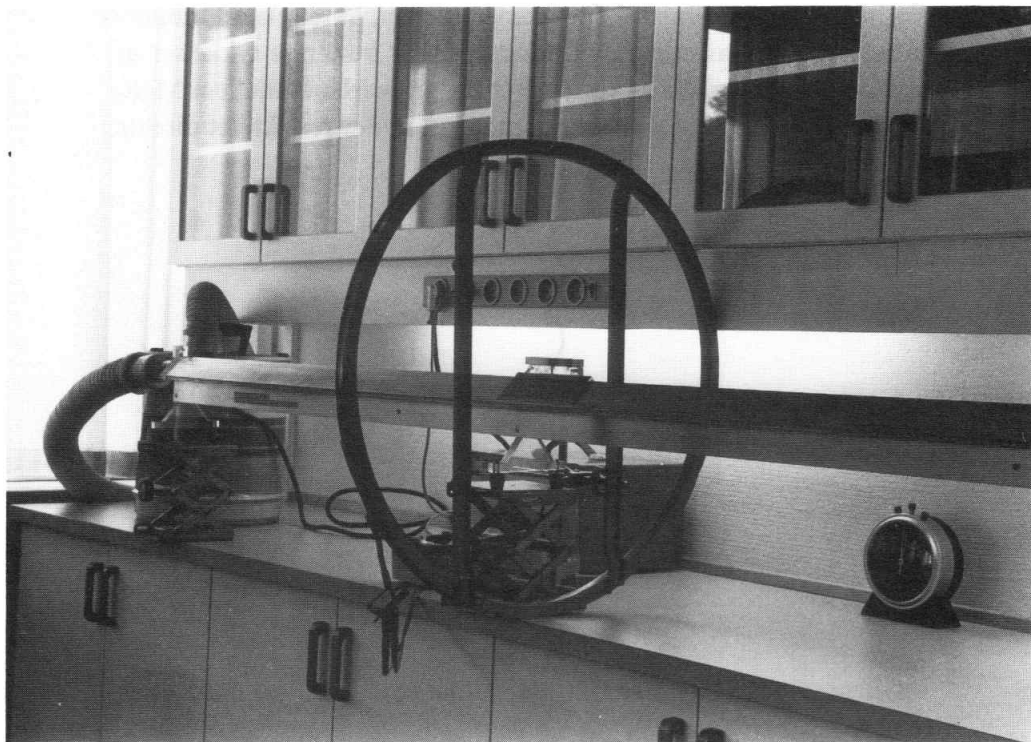
Lys med bølgelængden 550 nm falder vinkelret ind mod overfladen.

- Hvad er den mindste tykkelse MgF_2 -laget kan have, for at reflekserne formindskes ved denne bølgelængde?

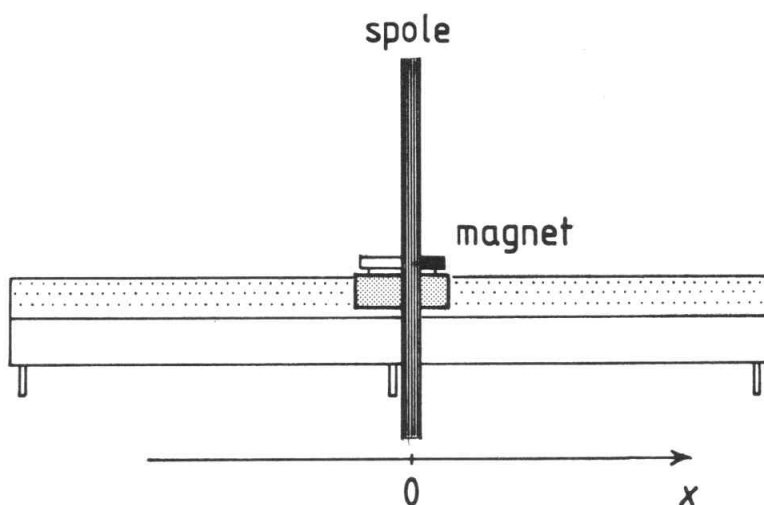
3. Magnetisk dipolmoment

En flad, cirkulær spole har radius 0,32 m. Størrelsen af den magnetiske fluxtæthed i centrum af spolen er 1,00 mT, når strømstyrken i spolen er 4,0 A.

- a) Hvor mange vindinger har spolen?



Spolen er placeret omkring en luftpudebane med en glider. Der er monteret en lille magnet på glideren.



Glideren slippes et stykke fra spolen. Herefter udfører glideren en harmonisk bevægelse med amplituden 4,5 cm og perioden 5,0 s.

- b) Beregn størrelsen af gliderens acceleration, når den befinder sig i en yderstilling.

Den samlede masse af glider med magnet er 0,335 kg.

- c) Beregn den største kinetiske energi, som glider med magnet opnår under bevægelsen.

Gliderens bevægelse skyldes, at spolens magnetfelt påvirker den lille magnet.

Når størrelsen af den magnetiske fluxtæthed i centrum af spolen er $B_0 = 1,000 \text{ mT}$, er den i afstanden 4,0 cm fra spolens centrum 0,970 mT.

Gliderens potentielle energi E_{pot} i afstanden x fra spolens centrum er

$$E_{\text{pot}}(x) = M \cdot (B_0 - B(x))$$

når nulpunktet for den potentielle energi vælges midt i spolen. $B(x)$ er størrelsen af den magnetiske fluxtæthed i afstanden x fra spolens centrum. Konstanten M kaldes magnetens dipolmoment.

- d) Bestem værdien af konstanten M .

4. Carrés Frysemaskine

Den følgende tekst er hentet fra Poul La Cour og Jacob Appel: *Historisk Fysik* (1897).

Vand kan ogsaa bringes til at fryse ved egen Fordampning, blot man sørger for at fjerne Luft- og Damptryk fra Vandets Overflade. Den franske Ingenieur, E. Carré, har konstrueret en Frysemaskine, der grunder sig herpaa.

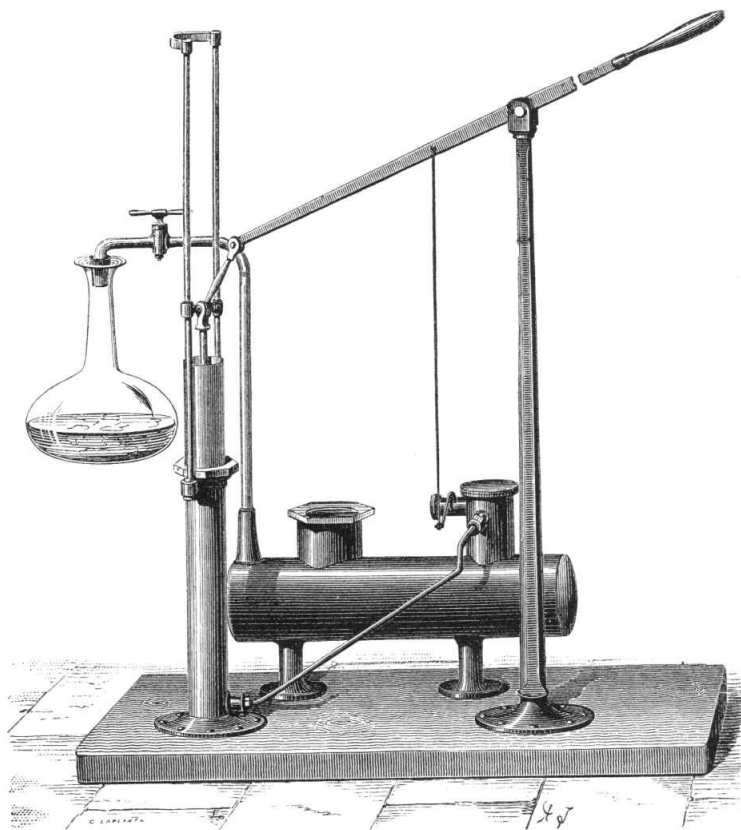


Fig. 73. Carrés Frysemaskine.

En Vandkaraffel (Fig. 73) staar ved et U-bøjet Rør i Forbindelse med en hul Blycylinder (den vandrette Cylinder), hvori der er stærk Svovlsyre, som med stor Begærighed suger Vanddamp til sig. Blycylindren er endvidere forbunden med en Luftpumpe, der drives ved det afbildede Haandtag, hvorfra en Stang gaar ned til en Omrører, som vrikker frem og tilbage i Svovlsyren. Sættes nu Luftpumpen i Gang, bliver Lufttrykket i Blycylindren og dermed ogsaa i Vandkaraffen formindsket, og Vandet i denne fordamper hurtig. Dampene strømme ned til Svovlsyren, som indsuger dem; ny Damp dannes, som Svovlsyren ligeledes begærlig optager, fordi Omrøreren har bragt frisk Svovlsyre frem paa Overfladen.

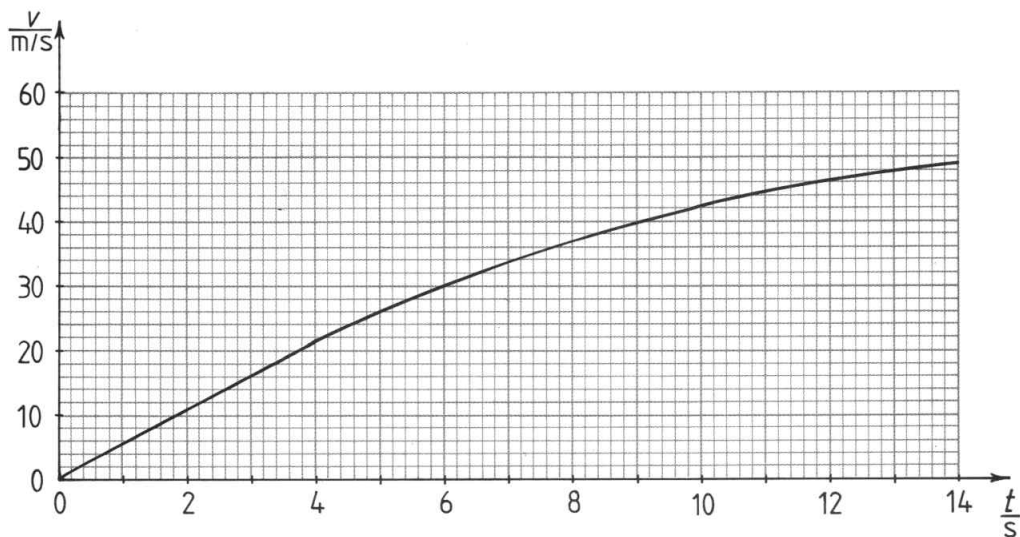
Når luftpumpen er igang, afkøles vandet i karaflen, og der kan eventuelt dannes is.

Forklar, hvorfor vandet i karaflen afkøles og eventuelt fryser til is, og bestem en tilnærmet værdi for massen af den is, der kan dannes i karaflen ud fra 1 kg vand med temperaturen $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Vands specifikke fordampningsvarme ved $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ er $2,50\text{ MJ/kg}$, og isens specifikke smeltevarme er 334 kJ/kg .

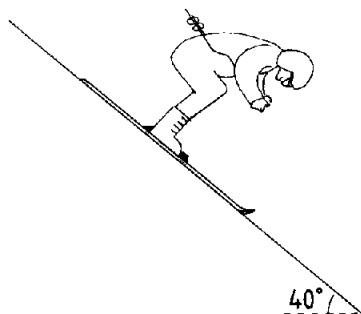
5. Styrtløb

En styrtløber starter fra hvile på toppen af en styrtløbsbane. Det første stykke af styrtløbsbanen er lige.



Grafen viser styrtløberens fart v som funktion af tiden t , mens han bevæger sig ned ad det første, lige stykke af banen.

- Vis, at størrelsen af styrtløberens acceleration umiddelbart efter starten er $5,6 \text{ m/s}^2$.
- Bestem ud fra (t,v) -grafens en tilnærmet værdi for den tid, styrtløberen er om at tilbagelægge de første 200 m.



Styrtløbsbanens første, lige stykke danner en vinkel på 40° med vandret.

Skiløberens masse er 85 kg.

- c) Tegn en figur, hvor de kræfter, som virker på styrtløberen umiddelbart efter start, vises med pile.

Beregn størrelsen af gnidningskraften umiddelbart efter starten.

Luftmodstanden bevirker, at styrtløberens fart nærmer sig en konstant værdi. Luftmodstanden er proportional med v^2 , hvor v er styrtløberens fart.

- d) Bestem en tilnærmet værdi for størrelsen af luftmodstanden, når $t = 10$ s.

Giv et skøn over den største fart, styrtløberen kan opnå.

(Opgavesættet slut)

1. Undersøgelse af plantestofskifte

Man kan anvende phosphorforbindelser med et lille indhold af det radioaktive nuklid ^{32}P ved undersøgelse af stofskiftet hos planter. Halveringstiden for ^{32}P er 14,3 døgn.

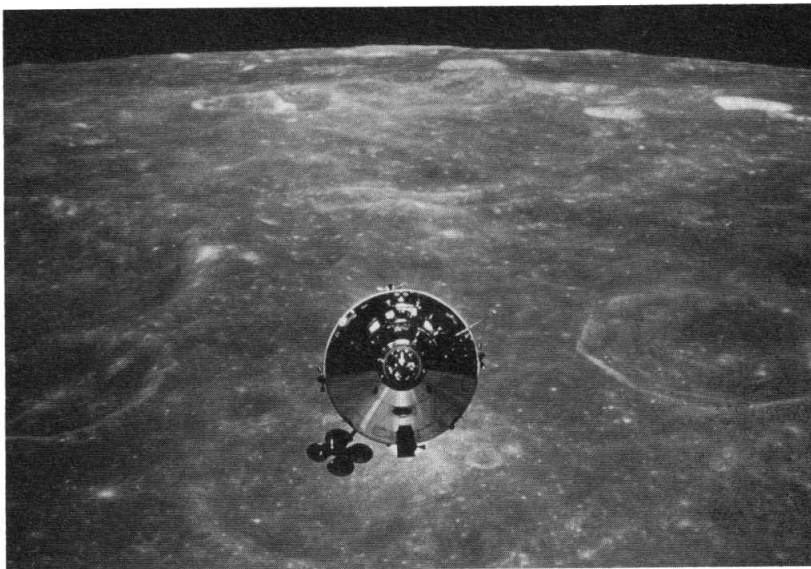
Til en undersøgelse af tomatplanter bruges et fosfatpræparat med et lille indhold af ^{32}P . Aktiviteten fra ^{32}P i præparatet er i begyndelsen 370 MBq. Undersøgelsen kræver, at aktiviteten fra ^{32}P i præparatet er mindst 500 kBq.

a) Hvor længe kan fosfatpræparatet anvendes?

I undersøgelsen anvendes en næringsopløsning, hvor 1,30% af phosphoratomerne til at begynde med er ^{32}P . Ved en undersøgelse 3,0 døgn efter tilledningen af fosfat registreres en aktivitet på 150 Bq fra ^{32}P i et tomatblad.

b) Bestem, hvor mange phosphoratomer tomatbladet har optaget fra næringsopløsningen.

2. En tur til Månen



Den første landsætning af mennesker på Månen fandt sted i juli 1969. Astronauterne Neil Armstrong og Edwin Aldrin opholdt sig sammenlagt 3 timer og 57 minutter på måneoverfladen, hvorefter de i deres landingsfartøj Eagle vendte tilbage

til kommandosektionen Columbia. Kommandosektionen med astronaut Collins kredsede i en cirkelformet bane 112 km over måneoverfladen.

FOTO: NASA

En astronaut på Månen lader en sten falde fra en højde af 1,40 meter over måneoverfladen.

Tyngdeaccelerationen ved Månens overflade er $1,67 \text{ m/s}^2$.

a) Hvor lang tid er stenen om faldet?

Månen er med god tilnærmelse kugleformet med en radius på 1738 km.

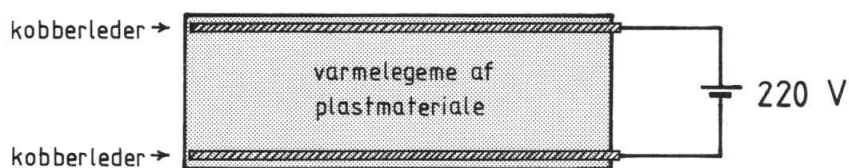
b) Beregn Månens masse.

c) Beregn den fart, som kommandosektionen havde i sin cirkelformede bane rundt om Månen.

d) Hvor meget energi skulle raketmotorerne give landingsfartøjet Eagle for at få det op i samme højde og med samme fart som kommandosektionen Columbia?

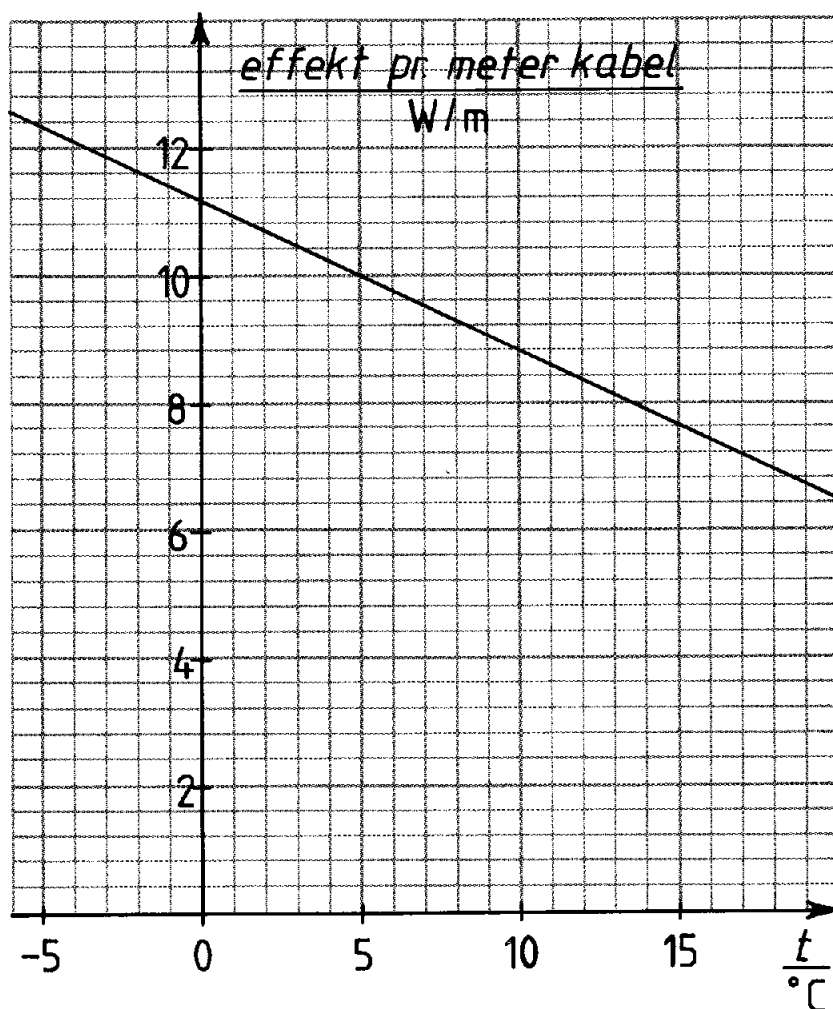
Man kan regne med, at landingsfartøjets masse var 3,0 ton under hele turen fra måneoverfladen op til kommandosektionen.

3. Frostsikring



Et særligt varmekabel kan anvendes til at beskytte vandrør, ventiler o.a. mod frost. Det indeholder to kobberledere, der er indstøbt i et varmelegeme, der består af et plastmateriale. Når der er en spændingsforskel mellem de to kobberledere, løber der en elektrisk strøm gennem plastmaterialet. Plastmaterialets resistivitet afhænger af temperaturen.

Et sådant varmekabel tilsluttes en spændingsforskel på 220 V, og der afsættes elektrisk energi i varmekablet. Grafen viser, hvordan den afsatte effekt pr. meter kabel afhænger af temperaturen t i varmekablet.



- a) Hvor stor er resistansen af varmelegemet mellem de to ledere i et kabel med længden 1,00 m, når temperaturen er 0 °C?
- b) Bestem en værdi for materialets temperaturkoefficient for resistans ved 0 °C.

Et varmekabel med længden 2,00 m anvendes til at frostsikre en ventil og et vandrør. Om ventilen er viklet 0,80 m, medens de resterende 1,20 m er klæbet til vandrøret, der er nede i jorden.

En vinterdag er temperaturen ved ventilen 1,0 °C, mens temperaturen i jorden omkring vandrøret er 6,0 °C.

- c) Beregn den elektriske energi, der omsættes i varmekablet i løbet af 8,0 timer den pågældende dag.

Uden om varmekabel og vandrør anbringes ofte et varmeisolerende materiale. Den effekt P_{omg} , hvormed vandrør med varmelegeme og isolation afgiver energi til omgivelserne, er givet ved

$$P_{\text{omg}} = 0,65 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \cdot l \cdot (t - t_{\text{omg}})$$

hvor l er vandrørets længde, t er temperaturen i varmekablet, og t_{omg} er temperaturen lige uden for isolationsmaterialet.

I en periode med frostvejr er $t_{\text{omg}} = -5,0$ °C.

- d) Bestem temperaturen t i varmekablet under disse omstændigheder.

4. Digital køkkenvægt



En digital køkkenvægt af mærket Soehnle består blandt andet af et fjedersystem med en pladekapacitor. Denne pladekapacitor indgår i et elektrisk kredsløb, hvori der optræder en vekselspænding. Vekselspændingens frekvens er omvendt proportional med kapacitansen af pladekapacitoren.

Når vægten belastes, synker skå-

len et lille stykke, hvis størrelse er bestemt af fjedersystemet. Afstanden mellem pladekapacitorens plader øges tilsvarende. Det giver anledning til en ændring af vekselspændingens frekvens. Den ændrede frekvens omsættes til værdien af den ændrede belastning, og resultatet kan læses på displayet.

Foto: Firma Soehnle.

Når vægten belastes med 5000 g, synker skålen 3,0 mm.

a) Beregn fjedersystemets fjederkonstant.

Arealet af pladekapacitoren er 39 cm^2 . Når vægten er ubelastet, er afstanden mellem pladerne 2,0 mm.

b) Beregn kapacitansen af kapacitoren, når vægten er ubelastet.

Vekselspændingen har en frekvens på 11,4 kHz, når vægten er ubelastet.

c) Beregn frekvensen, når vægten er belastet med 1000 g.

5. Lac Lemman



Ude i søen Lac Lemman ved Geneve har man en vandkanon, der sender en kraftig vandstråle ca. 150 meter lodret op i vejret. Strålen har ved vandkanonens munding en diameter på ca. 10 cm.

Vurdér, hvor meget vand vandkanonen udsender pr. sekund.

(Opgavesættet slut)

✓ 1. Energiomsætning i kroppen

En forsøgsperson i hvile omsætter energi med effekten 100 W. Energien forsvinder fra personens krop ved fordampning af vand gennem huden og fra lungerne.

Vands specifikke fordampningsvarme er 2,43 kJ/g.

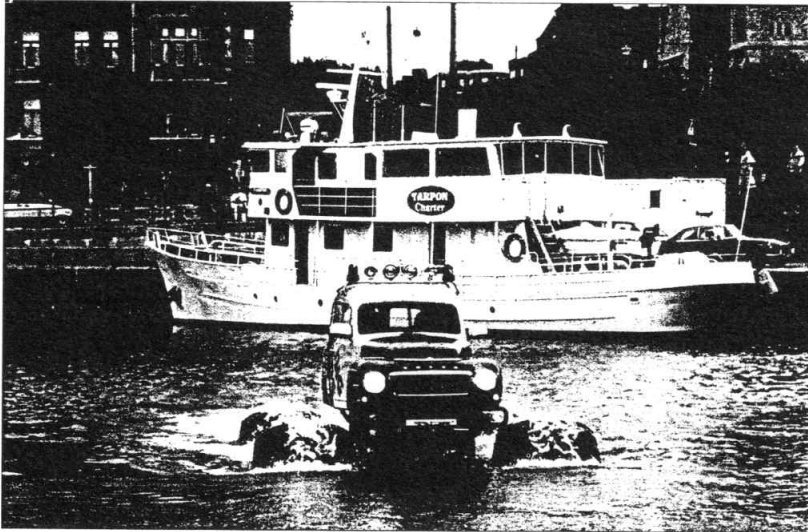
- a) Hvor meget vand fordamper der fra personen i løbet af en time?

Når personen udfører et mekanisk arbejde, vokser energiomsætningen i kroppen. Man kan regne med, at 20% af den ekstra energiomsætning bliver til mekanisk arbejde, mens resten afgives til omgivelserne som varme. Den omsatte energi kan stamme fra forbrænding af fedt i kroppen.

Fedt har brændværdien 37 kJ/g.

- b) Hvor lang tid varer det at forbrænde 50 g fedt, når personen udfører et mekanisk arbejde med en effekt på 200 W?

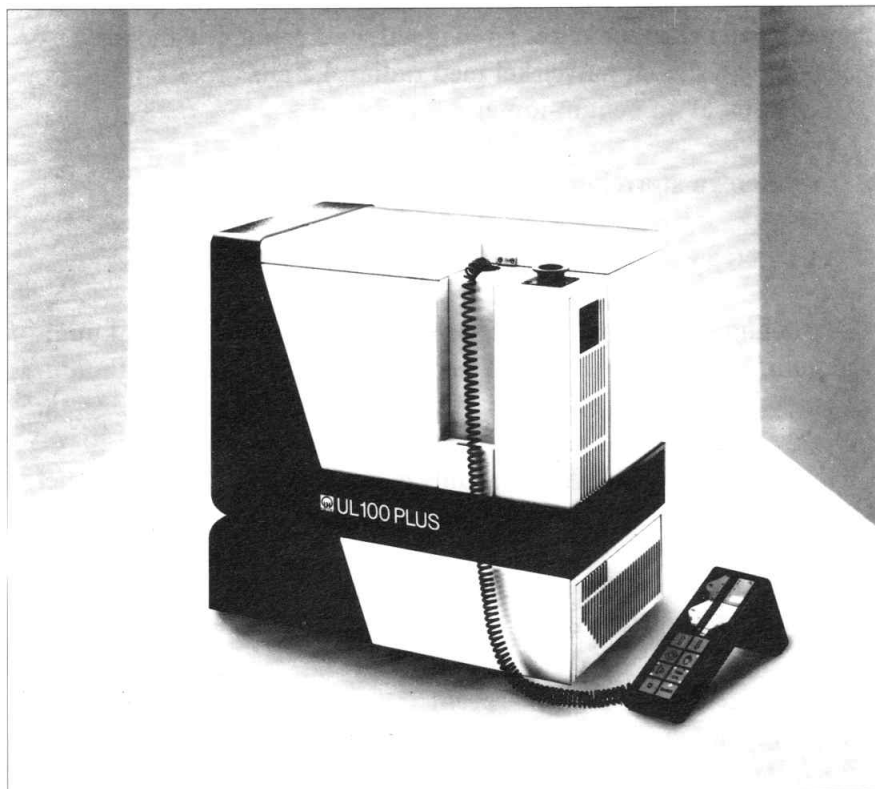
✕ 2. Flydende Volvo



Svenskeren Arne Linding har ombygget en Volvo 210 ved at forsyne den med fire hjul med kæmpedæk. Dækkene er så store, at bilen kan flyde på vand, selv om den ved ombygningen har fået en samlet masse på $5,0 \cdot 10^3$ kg.

Hvilket rumfang skal hvert af dækkene mindst have, for at bilen kan flyde?

3. Læksøgning



Helium-læksøger fra firma Leybold

Utætheder i vakuum-systemer kan efterspores med en *heliumlæksøger*, der kobles til systemet sammen med en pumpe. Man lader helium strømme rundt om vakuumsystemets sammenføjninger og rør. Er der en utæthed (en læk), vil der strømme helium ind i vakuumsystemet. Pumpen suger den indtrængende helium gennem læksøgeren, som derved giver et udslag.

Noget af den gas, som passerer gennem læksøgeren, ioniseres. Et

spændingsfald accelererer ionerne, som derefter sorteres efter masse i et magnetfelt. Læksøgeren er indstillet, så den kun reagerer på heliumioner.

Helium er velegnet til sådanne undersøgelser, fordi atmosfærisk luft ikke indeholder helium. Desuden bevæger helium-atomerne sig meget hurtigere end luftmolekylerne og passerer derfor hurtigt igennem utætheder.

I læksøgeren omdannes helium-atomer til enkeltladede ioner. Ionerne accelereres fra hvile af et spændingsfald og opnår farten $2,7 \cdot 10^5$ m/s. De bevæger sig derefter ind i et homogent magnetfelt med hastigheden vinkelret på magnetfeltets retning. Banekurven i magnetfeltet er en halvcirkel med radius 4,2 cm.

Massen af en helium-ion er 4,0 u.

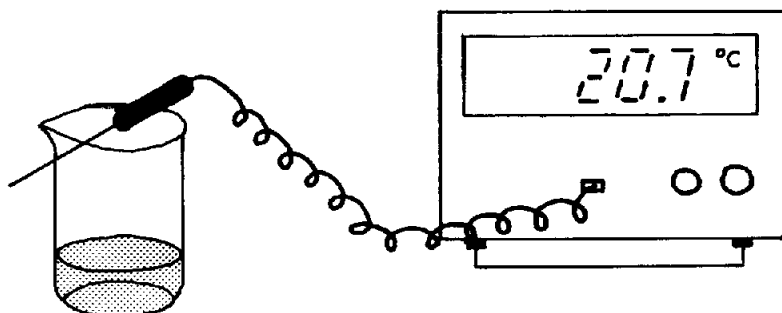
- a) Beregn størrelsen af spændingsfaldet.
- b) Beregn størrelsen af den magnetiske fluxtæthed.

En helium-læksøger skal afprøves. Den sluttet til et vakuum-system, hvori der er en læk. Der strømmer helium ind i vakuum-systemet, hvorfra det løbende pumpes ud igen gennem læksøgeren. Pumpen fjerner 12 L pr. sekund. Temperaturen i rummet er 20 °C. Under disse betingelser er heliums partialtryk i vakuum-systemet 1,4 µPa.

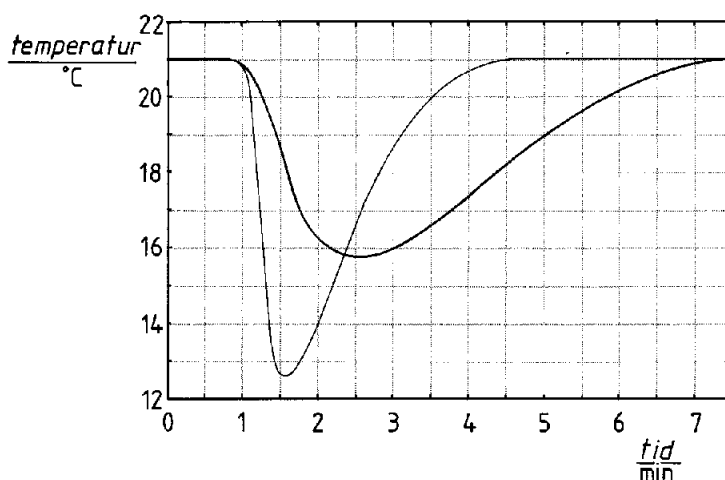
Når der passerer helium-ioner gennem læksøgeren, svarer det til en elektrisk strøm. Under afprøvningen har denne strøm strømstyrken 1,5 nA.

- c) Bestem, hvor mange procent af de helium-atomer, som trænger ind i vakuum-systemet, der registreres som ioner i læksøgeren.

4. Termometer i sprit



Temperaturen af noget sprit måles med to elektroniske termometre. Det ene termometer har en tynd termoføler, det andet har en tyk termoføler. Derefter tages følerne op af spritten og holdes frit i luften. Grafen nedenfor viser følerenes temperatur som funktion af tiden – den tykke streg gælder for den tykke føler, den tynde streg for den tynde føler.



Forklar, hvorfor følerenes temperatur falder, når de tages op af spritten. Gør rede for, hvorfor de to grafer er forskellige.

5. Cancerterapi

Energirig røntgen- eller gamma-stråling kan benyttes til strålebehandling af kræftsvulster. Metoden har den ulempe, at strålingen afsætter en væsentlig del af sin energi i det omgivende, raske væv, som derved skades unødigt.

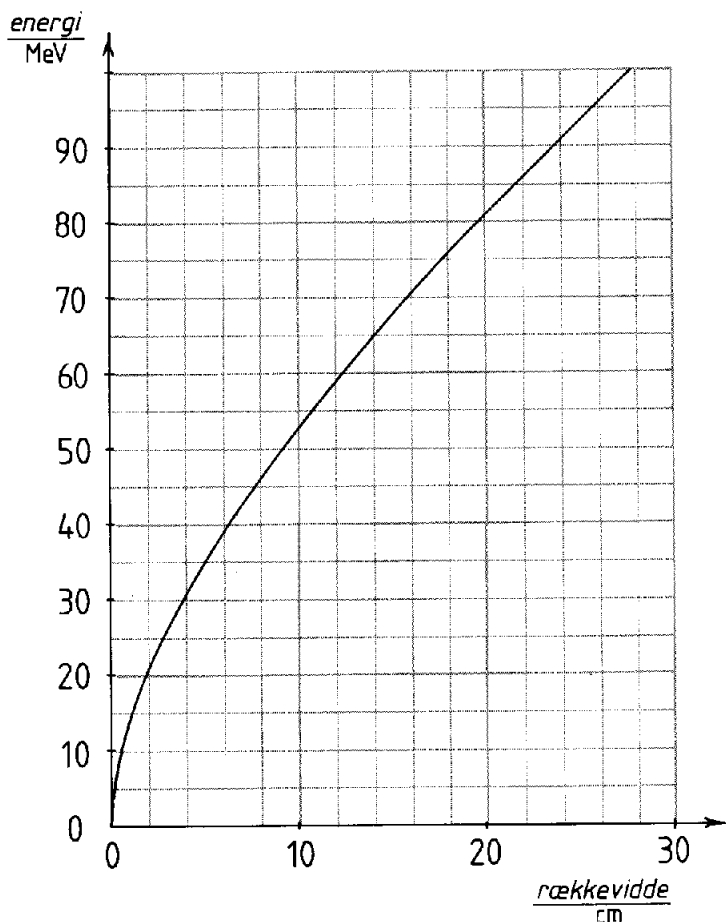
Man er derfor begyndt at benytte partikelacceleratorer i stedet. De frembringer stråler af energirige partikler. Fordelen ved denne behandlingsform er, at de energirige partikler fortrinsvis afsætter energien i slutningen af deres bane. Man kan endvidere bestemme, hvor dybt partiklerne trænger ind i vævet ved at vælge den kinetiske energi, acceleratoren skal give dem.

Herved opnår man, at det omgivende raske væv kun skades i begrænset omfang.

I de indledende undersøgelser af mulighederne for partikelstrålebehandling har man anvendt de fleste lettere atomkerner og forskellige andre subnukleare partikler. Egentlig behandling foretages endnu kun i begrænset omfang, men man har haft gode resultater ved anvendelse af stråler af negative pioner (π^-).

Pioner vekselvirker stærkt med stofs atomkerner, og gennem sådanne kernereaktioner frigøres ekstra energi i området omkring slutningen af banen.

Figur 1 viser sammenhængen mellem pioners kinetiske energi og rækkevidde i væv.

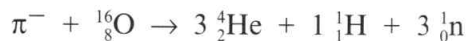


FIGUR 1

- a) Hvilken kinetisk energi skal pioner have for at trænge 12,0 cm ind i væv?

Bestem, hvor meget energi en pion, der trænger 12,0 cm ind i vævet, afsætter på de sidste to centimeter henholdsvis på de første to centimeter af sin vej inde i vævet.

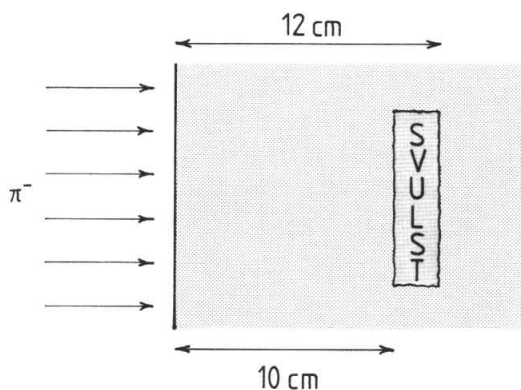
Når en negativ pion er nedbremset, kan den indgå i en kernereaktion med en af vævets atomkerner. En typisk kernereaktion er



b) Beregn Q -værdien for denne kernereaktion.

Ved kernereaktionerne dannes der såvel ladede partikler som neutroner. De ladede partikler har så kort rækkevidde, at hele deres kinetiske energi afsættes i området lige omkring stedet, hvor kernereaktionen fandt sted. De ladede partikler har i gennemsnit en samlet kinetisk energi på 35 MeV.

En patient bestråles i 45 minutter med pioner. Acceleratoren leverer $3,1 \cdot 10^8$ pioner pr. sekund. Patienten ligger på et bord, som flyttes langsomt under bestrålingen, så man opnår en jævn bestråling af kræftsvulsten. Kræftsvulsten ligger mellem 10 cm og 12 cm fra overfladen og har massen 160 g.



FIGUR 2

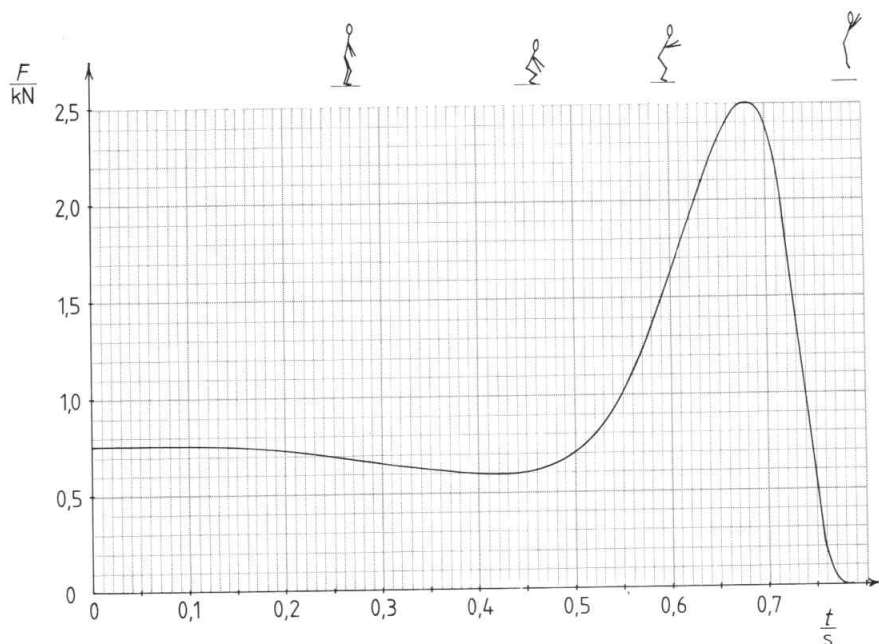
c) Giv et skøn over den absorberede dosis, som bestrålingen giver kræftsvulsten.

Kernemasser:

Pion	π^-	0,149866 u
Proton	${}^1_1\text{H}$	1,007276 u
Neutron	${}^1_0\text{n}$	1,008665 u
Helium	${}^4_2\text{He}$	4,001506 u
Oxygen	${}^{16}_8\text{O}$	15,990526 u

6. Hop på stedet

Man kan undersøge kraftpåvirkningerne i forbindelse med hop ved at lade forsøgspersonen udføre hoppet på en plade, som er monteret oven på en elektronisk kraftmåler.



Grafen viser kraftpåvirkningen på pladen som funktion af tiden, mens forsøgspersonen sætter af for at lave et lodret hop.

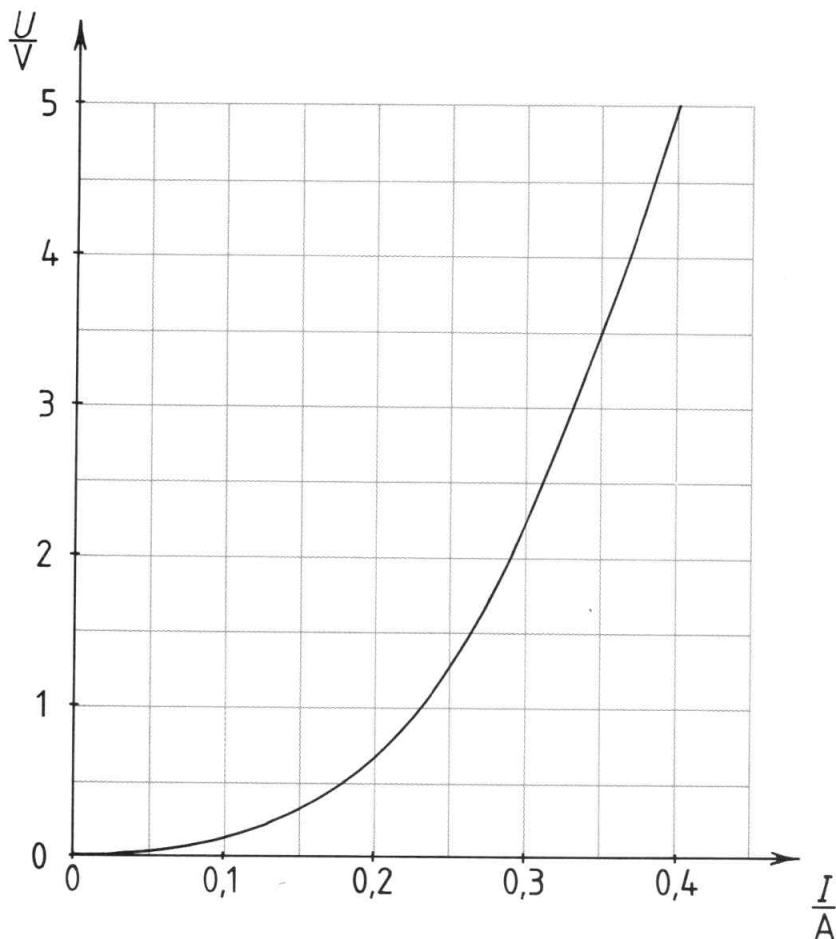
- Hvad er forsøgspersonens masse?
- Tegn en figur, som viser størrelse og retning af de kræfter, der virker på forsøgspersonen til tidspunktet $t = 0,68$ s.
Bestem forsøgspersonens acceleration til dette tidspunkt.
- Bestem en tilnærmet værdi for den fart, hvormed forsøgspersonen forlader pladen.

(Opgavesættet slut.)

1. Elektrisk kredsløb

En spændingskilde med elektromotorisk kraft 4,45 V har den indre resistans $1,72 \, \Omega$.

- a) Beregn spændingskildens polspænding, når den afgiver strøm med strømstyrken 250 mA.

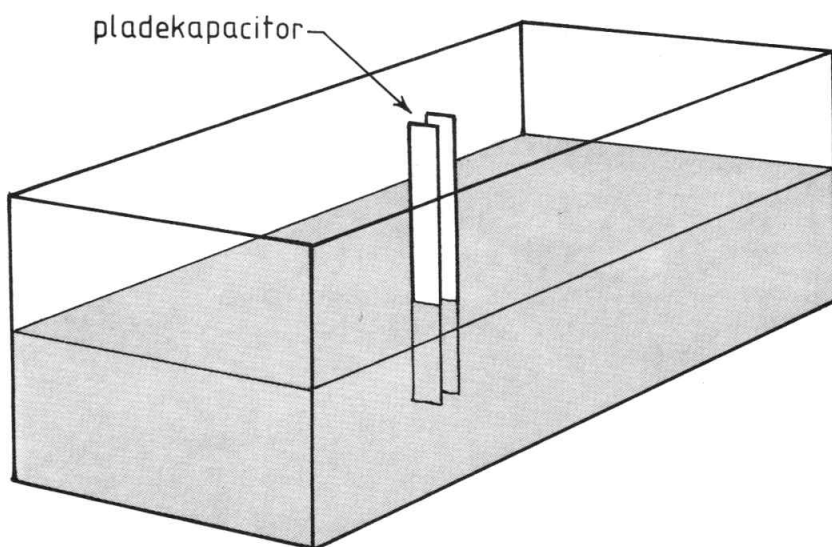


Spændingskilden sluttes til en pære, hvis karakteristik er vist på figuren ovenfor.

- b) Bestem, eksempelvis ved en grafisk metode, en værdi for strømstyrken i kredsløbet.

Bilag A kan benyttes.

2. Niveaumåler



I en kasseformet olietank med højden 1,6 m er anbragt en pladekapacitor. Kapacitorens højde er ligeledes 1,6 m. Bredden af pladerne er 8,0 cm. Når tanken er tom, er pladekapacitorens kapacitans 94 pF.

a) Beregn afstanden mellem pladerne.

Når tanken er fyldt med 2500 L olie, er kapacitansen af kapacitoren 226 pF.

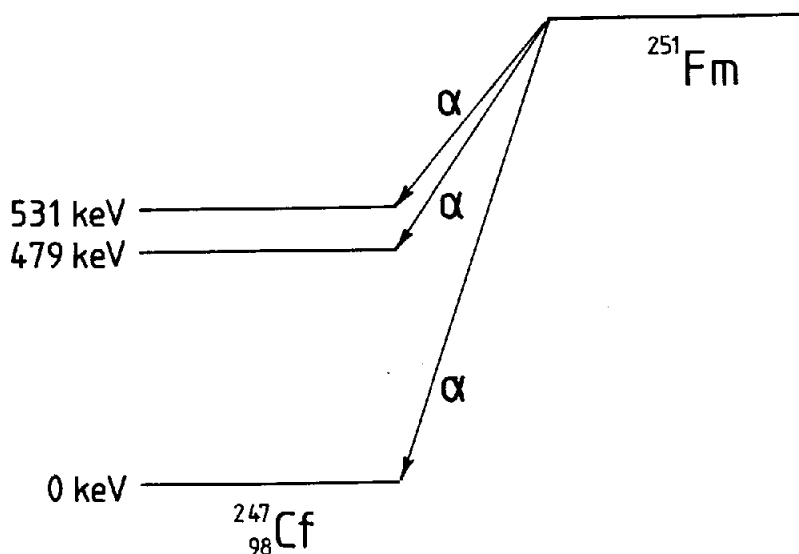
b) Hvor meget olie indeholder tanken, når kapacitorens kapacitans er 140 pF?

3. Karruseltur



Forklar, hvorfor stolene på karrusellen hænger skråt, når de er kommet op i fart. Beregn desuden den vinkel, stolenes ophænger danner med lodret, når stolenes bevægelse beskriver en vandret cirkel med radius $6,0\text{ m}$, og karrusellens omløbstid er $6,5\text{ s}$.

4. α -henfald



Nuklidet ^{251}Fm er radioaktivt og henfalder til grundtilstanden eller en exciteret tilstand i ^{247}Cf ved udsendelse af en α -partikel. Figuren viser henfaldet og de relevante energiniveauer for ^{247}Cf .

- Angiv de mulige energier af den γ -stråling, der kan registreres i forbindelse med dette henfald.
- Opstil reaktionsskemaet for henfaldet til grundtilstanden og vis, at denne proces har Q -værdien 7,37 MeV.

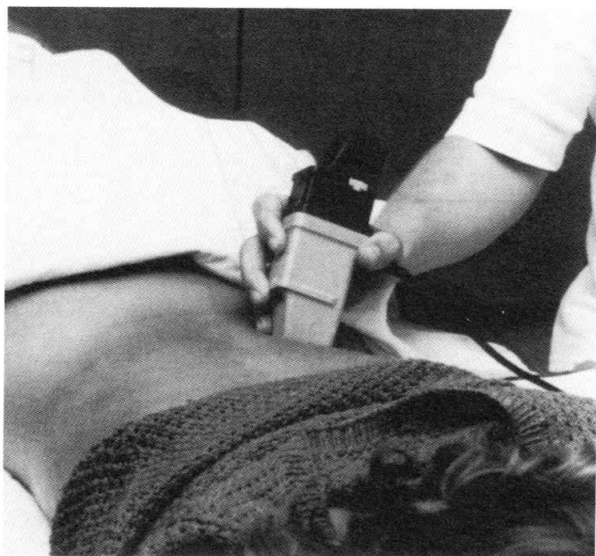
^{251}Fm -kernerne er i hvile før henfaldet.

- Bestem den kinetiske energi af den udsendte α -partikel og den kinetiske energi af ^{247}Cf -kernen, når en ^{251}Fm -kerne henfalder til 479 keV energiniveauet.

ATOMMASSER:

^4He	4,00260 u
^{247}Cf	247,07109 u
^{251}Fm	251,08160 u

5. Ultralyd diagnostik

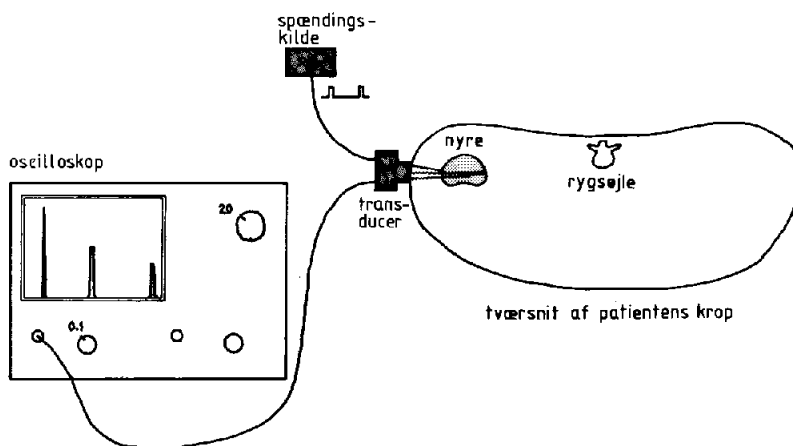


(FOTO: Brüel & Kjær)

Ultralyd bruges blandt andet til undersøgelse af indre organer i mennesker. Ultralyd har så høj frekvens, at den ikke kan opfattes af mennesker og dyr. Den høje frekvens gør samtidigt, at lyden kan trænge ind i kroppen, hvor den reflekteres fra skillefladerne mellem forskellige slags væv.

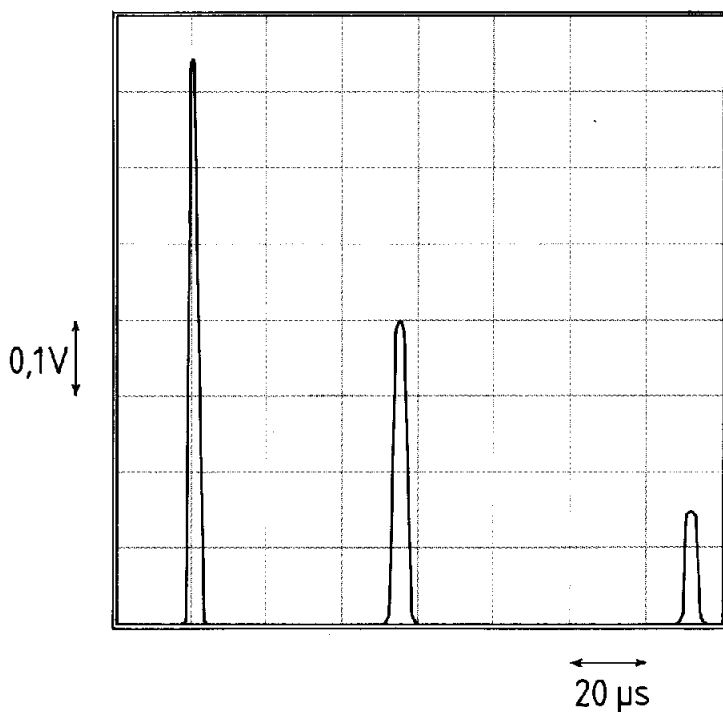
Ved undersøgelsen anbringes en ultralydtransducer på patientens hud ud for det område, som

skal undersøges. Transducere er sluttet til en spændingskilde, der udsender korte elektriske pulser, som derefter af transducere omsættes til ultralyd. Efter udsendelsen af ultralydpulsen fungerer transducere som en modtager, hvor det reflekterede lydsignal omsættes til et elektrisk signal, der kan ses på et oscilloskop. Den viste spænding er proportional med det reflekterede signals intensitet.



FIGUR 1

Transduceren anbringes på huden af en patient, hvis nyre skal undersøges. De reflekterede signaler vises på et tilsluttet oscilloskop. Tegningen nedenfor viser oscilloskopbilledet med de reflekterede signaler fra huden og fra nyrens for- og bagside.



FIGUR 2

Ultralyden udsendes med frekvensen 3,5 MHz. Ultralydens fart er i nyrevæv 1,55 km/s, mens den er 1,50 km/s i det omgivende væv.

- a) Beregn bølgelængden af ultralyden i nyrevæv.
- b) Bestem nyrens bredde og nyrens afstand fra huden.

Oscilloskopbilledet på figur 2 viser, at størrelsen af det reflekterede signal fra nyrens bagside er mindre end størrelsen af signalet fra nyrens overflade. Det skyldes refleksion og absorption af ultralyden undervejs. Man kan regne med, at ved overgangen fra omgivende væv til nyren og omvendt er det reflekterede signals intensitet 2,0% af det indkommende signals intensitet.

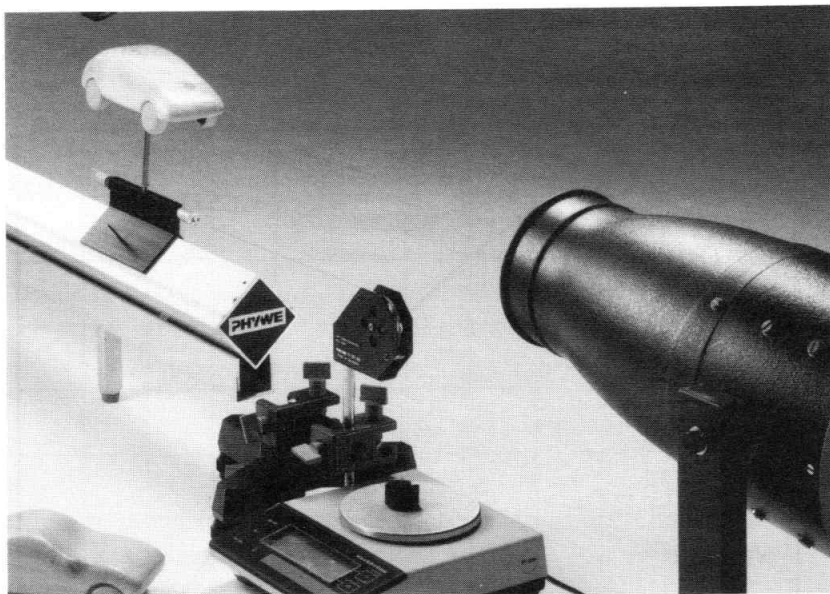
Ved passage gennem stof svækkes intensiteten af ultralyden eksponentielt med stoflagets tykkelse x efter formlen:

$$I(x) = I_0 \cdot \exp(-\mu \cdot x)$$

hvor μ er en stofkonstant.

- c) Bestem værdien af stofkonstanten μ for nyrevæv.

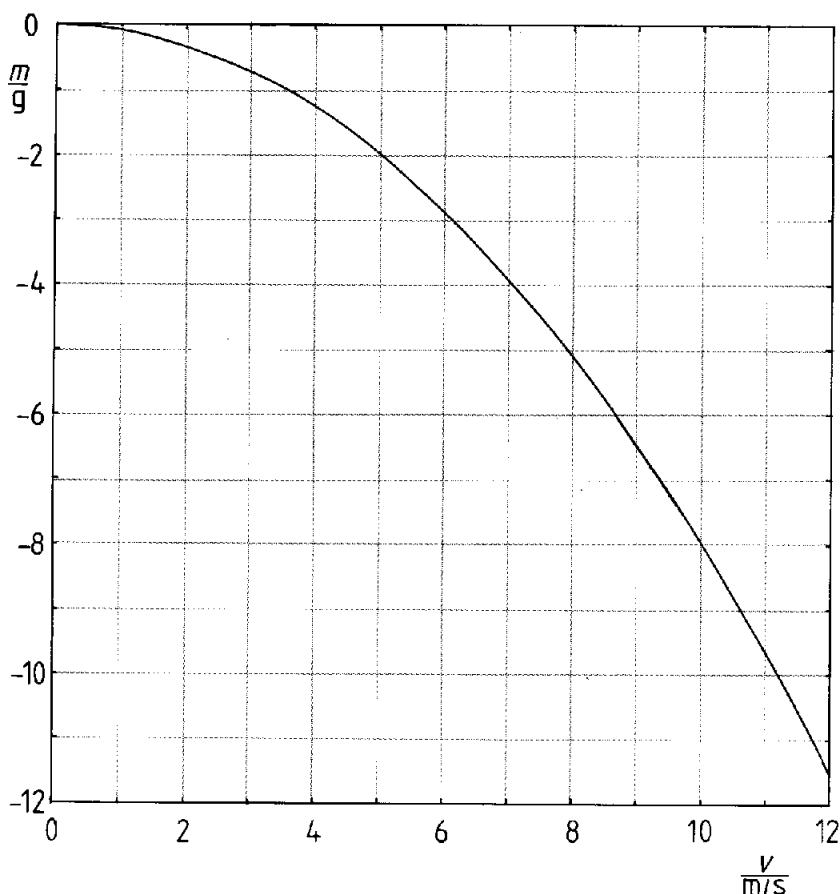
6. Modelbil og luftmodstand



På fotografiet ses en modelbil, der anbragt oven på en glider på en luftpudebane. Blæseren til højre i billedet sender en jævn luftstrøm forbi modelbilen. (FOTO: Phywe)

En modelbil er anbragt oven på en glider på en vandret luftpudebane. Glideren er med en tynd snor forbundet til et lod, som hviler på en elektronisk vægt. Vægten er nulstillet.

En blæser sender luft forbi modelbilen med en konstant fart v .



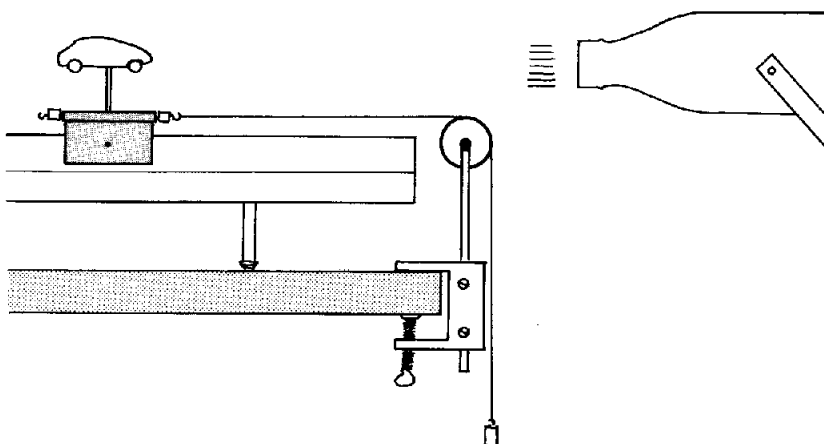
Figuren viser sammenhængen mellem luftens fart v og vægtens visning m .

Bilag B kan benyttes.

- Bestem luftmodstandens størrelse, når v er 9,0 m/s.
- Vis, at størrelsen af luftmodstanden F er givet ved

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

og bestem værdien af proportionalitetskonstanten k .



Vægten fjernes nu som vist ovenfor, så loddet kan bevæge sig frit og samtidigt trække glideren med modelbilen hen mod blæseren. Blæseren er indstillet, så v er $7,0 \text{ m/s}$. Glideren slippes fra hvile.

Massen af modelbil og glider er tilsammen 205 gram . Trækloddets masse er 20 g .

- c) Bestem den acceleration, modelbilen har umiddelbart efter, at man har sluppet den.

(Opgavesættet slut)

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	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
tryk	pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
arbejde, energi, varmemængde	joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
effekt	watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
elektrisk ladning	coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
elektrisk spænding, spændingsfald, elek- tromotorisk kraft	volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$
magnetisk fluxtæthed	tesla	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ N}/(\text{A} \cdot \text{m})$
kapacitans	farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$
resistans	ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
aktivitet	becquerel	Bq	$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$
absorberet dosis	gray	Gy	$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$
dosisækvivalent	sievert	Sv	$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$

Dekadiske præfixer

E	P	T	G	M	k	h	da
exa	peta	tera	giga	mega	kilo	hekto	deka
10^{18}	10^{15}	10^{12}	10^9	10^6	10^3	10^2	10^1

d	c	m	μ	n	p	f	a
deci	centi	milli	mikro	nano	pico	femto	atto
10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}

Andre enheder

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

Nogle tabelværdier

Vand:

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

Jorden og Solen:

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

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	$8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 0,0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
Boltzmanns konstant	k	$1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
vakuumpermeabiliteten	μ_0	$1,257 \cdot 10^{-6} (\text{V} \cdot \text{s})/(\text{A} \cdot \text{m})$
vakuumpermittiviteten	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
elektronens masse	m_e	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 5,49 \cdot 10^{-4} \text{ u}$
protonens masse	m_p	1,007276 u
neutronens masse	m_n	1,008665 u
gravitationskonstanten	G	$6,67 \cdot 10^{-11} (\text{N} \cdot \text{m}^2)/\text{kg}^2$



ISBN 87-7792-006-6