

Eksamensopgaver i fysik 1994-1997

Fysikforlaget



Eksamensopgaver i fysik 1994 - 1997

Eksamensopgaver i fysik 1994-1997

redigeret af Carsten Claussen

Tilrettelæggelse: Carsten Clausen og Kai Gregersen

Tryk: Budolfi Tryk, Aalborg

1. udgave 1997

ISBN 87-7792-024-4

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

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

Forord

Denne opgavesamling indeholder de opgavesæt, som er stillet til skriftlig studentereksamen i fysik i årene 1994-1997. Samlingen udgør derfor et aktuelt supplement til opgavesamlingen *Eksamensopgaver i fysik 1991-93*, som udkom på Fysikforlaget i 1993.

I forbindelse med udgivelsen af denne opgavesamling har det været nødvendigt at tilpasse opgavernes layout til bogensformat. Enkelte illustrationer og alle bilag er udeladt, og den oprindelige tekst er justeret tilsvarende. Opgavekommissionen har desuden benyttet lejligheden til revidere en enkelt graf, så den er mere i overensstemmelse med virkeligheden.

Ved besvarelsen af en del opgaver, er det nødvendigt at bruge oplysninger om massen af forskellige nuklider. Disse oplysninger har været anført i tabeller i eksamensopgaver, men er af pladshensyn udeladt her. For at kunne løse de foreliggende opgaver er det derfor nødvendigt, at eleverne har adgang til en passende databog, fx *Databog fysik-kemi* 8. udgave eller senere.

Der henvises i øvrigt til forordet til den tidligere omtalte opgavesamling, *Eksamensopgaver i fysik 1991-93*, som rummer en nærmere omtale af de skriftlige fysikopgaver og forventningerne til besvarelser af dem.

September 1997

På opgavekommissionens vegne
Carsten Claussen

1. Vandseng

En vandseng indeholder 680 L vand. Vandet opvarmes af et varmelegeme, der omsætter elektrisk energi med effekten 300 W.

- a) Hvor lang tid tager det at opvarme vandet fra 10 °C til 30 °C, hvis der ses bort fra varmeudveksling med omgivelserne?

Når vandsengen er i brug, er varmelegemet tændt i en del af tiden. Varmelegemet er tændt i 27% af tiden, når vandsengen er dækket af dyne og tæppe. Varmelegemet er tændt i 57% af tiden, når dyne og tæppe mangler.

- b) Bestem den elektriske energi, som kan spares i løbet af 16 timer ved at holde vandsengen dækket af dyne og tæppe.

2. Minikraftværk

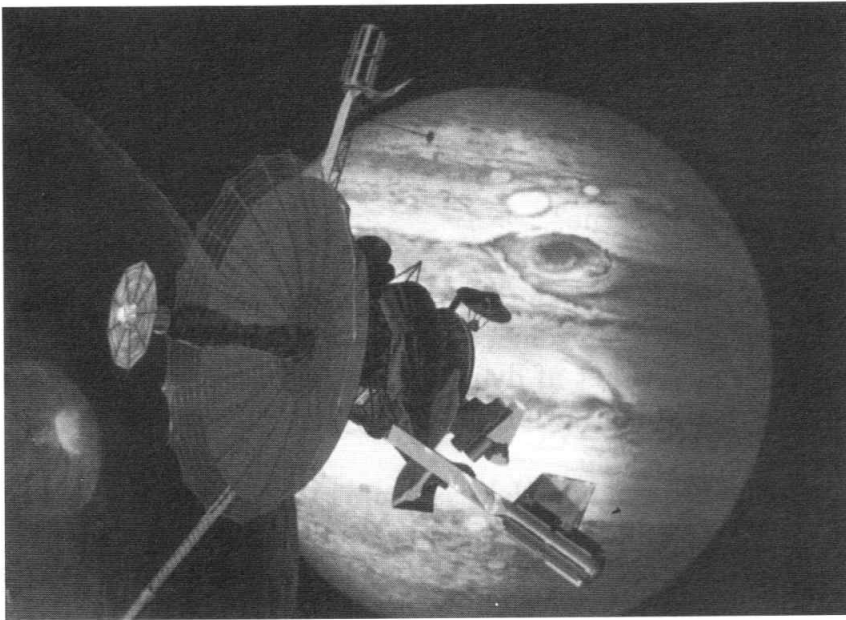


Illustration: NASA

Rumsonden Galileo blev i 1989 sendt mod Jupiter. Rumsonden medbragte et minikraftværk, som producerer elektrisk energi ved hjælp af den energi, der frigøres ved henfald af det α -aktive nuklid $^{238}_{94}\text{Pu}$. Ved opsendelsen indeholdt minikraftværket 9,7 kg ^{238}Pu .

Halveringstiden for ^{238}Pu er 87,7 år.

- a) Opskriv reaktionsskemaet for henfaldet og beregn Q -værdien.

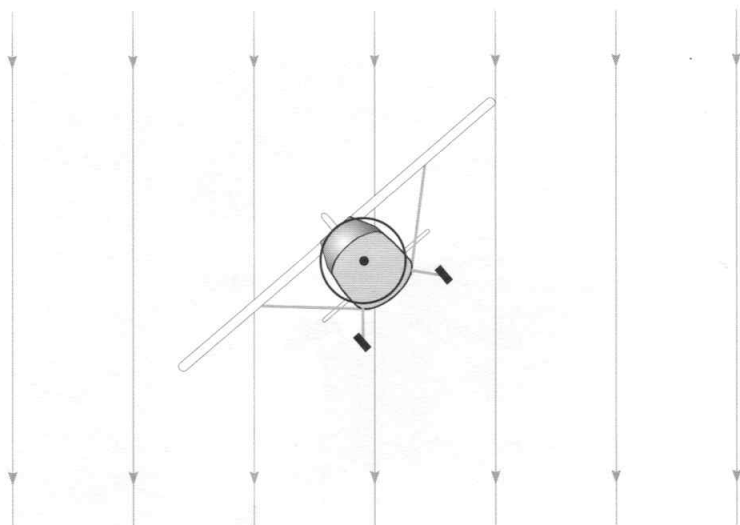
- b) Beregn aktiviteten af ^{238}Pu i minikraftværket ved opsendelsen.

I minikraftværket omdannes noget af den frigjorte energi til elektrisk energi. Minikraftværket producerede ved afsendelsen elektrisk energi med effekten 280 W.

- c) Hvor mange procent af den frigjorte energi omdannedes da til elektrisk energi?

3. Krængningsmåler

Under normale vejrforhold er der et konstant elektrisk felt mellem jordoverfladen og den øvre del af atmosfæren. Et lille sportsfly flyver i konstant højde gennem et område, hvor dette elektriske felt er homogent og lodret. Størrelsen af feltstyrken er 150 V/m.



Spændingsforskellen mellem to elektroder, anbragt i hver sin vingespids, er 1,10 kV.

Afstanden mellem elektroderne er 11,3 m.

- a) Hvilken vinkel danner flyets vinger med vandret?

4. Luftmodstand

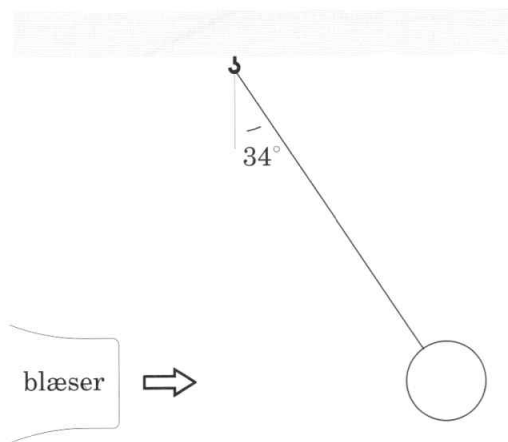
Størrelsen af luftmodstanden F på en skumgummibold er

$$F = 8,7 \cdot 10^{-4} \frac{\text{N} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^2} \cdot v^2$$

hvor v er den fart, hvormed luften strømmer forbi bolden.

Boldens masse er 8,0 g.

- a) Beregn den største fart, skumgummibolden kan opnå, hvis den falder lodret gennem luften.

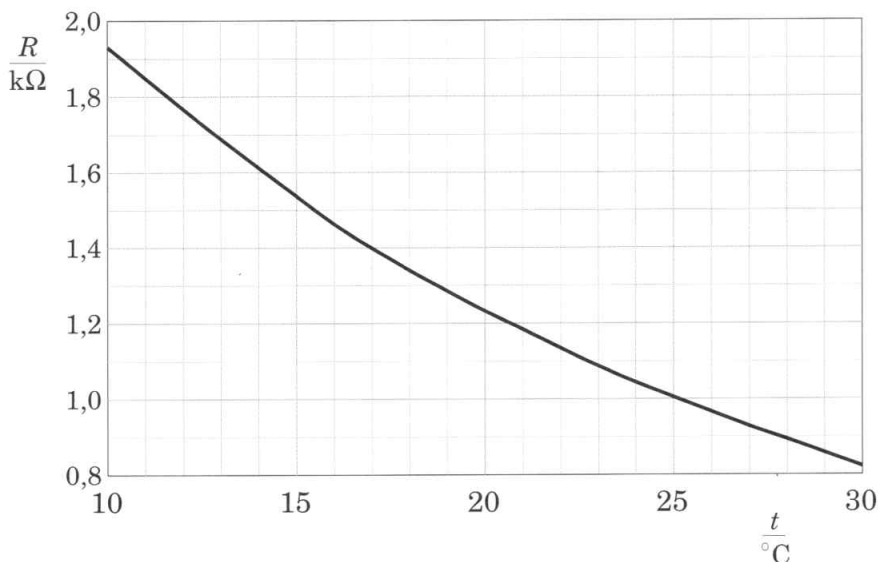


Skumgummibolden hænges op i en snor foran en luftblæser. Luftstrømmen får bolden til at svinge ud, så snoren danner vinklen 34° med lodret.

- b) Tegn en figur, der viser størrelse og retning af de kræfter, som virker på skumgummi bolden.
Bestem den fart, hvormed luften passerer forbi skumgummibolden.

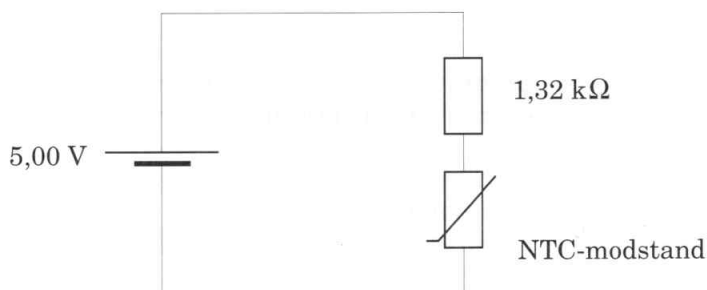
5. Temperaturfølsom modstand

En NTC-modstand er en komponent, hvis resistans er en aftagende funktion af temperaturen. Grafen på figur 1 viser, hvordan resistansen af en bestemt NTC-modstand afhænger af temperaturen.



figur 1

NTC-modstanden forbindes med en resistor og en spændingskilde som vist på figur 2.



figur 2

- a) Bestem NTC-modstandens resistans ved $20,0^{\circ}\text{C}$.
Beregn strømstyrken gennem NTC-modstanden ved denne temperatur.

Når NTC-modstanden har højere temperatur end omgivelserne, afgiver den varme med effekten

$$P = 25,0 \frac{\text{mW}}{\text{K}} \cdot (t - t_0)$$

hvor t er NTC-modstandens temperatur og t_0 omgivelsernes temperatur.

NTC-modstanden sluttes til en strømkilde, så strømstyrken gennem den hele tiden er 10,0 mA.

- b) Vurdér, hvilken temperatur NTC-modstanden opnår, når omgivelsernes temperatur er 19,0 °C.

6. Komethale

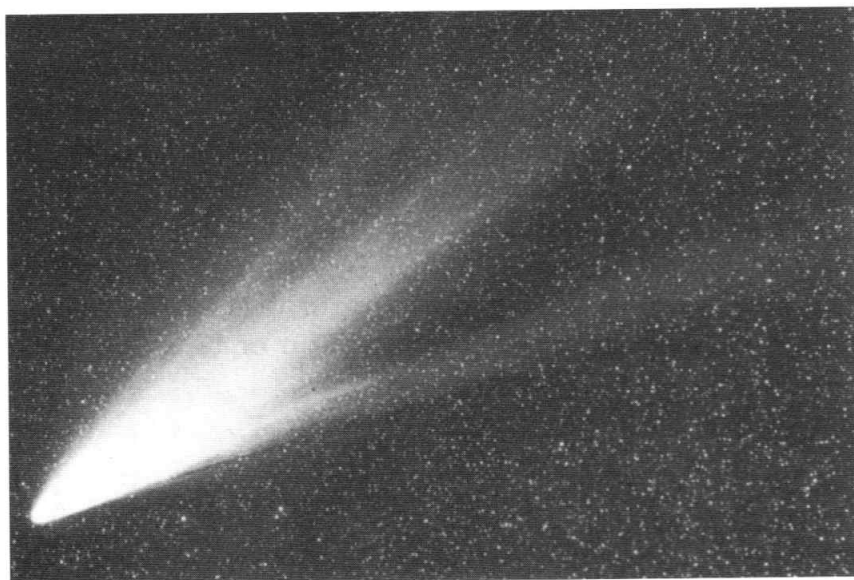


Foto: NASA

Kometer er himmellegemer, der kredser i langstrakte, ellipseformede baner om Solen. Når en komet er tæt på Solen, har den to haler. Halerne består af partikler løsrevet fra kometen. Den ene hale består af ioner og peger direkte væk fra

Solen. Den anden hale er krum og består bl.a. af støvkorn. Krumningen af "støvhalen" skyldes, at støvkornenes bevægelse efter løsrivelsen afhænger af deres størrelse.

Støvkornene er kugleformede, og de har densiteten $3,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

- a) Beregn massen af et støvkorn med radius 0,11 µm.

- b) Find størrelsen af gravitationskraften mellem Solen og et støvkorn med massen $2,2 \cdot 10^{-17}$ kg i afstanden $7,5 \cdot 10^{10}$ m fra Solen.

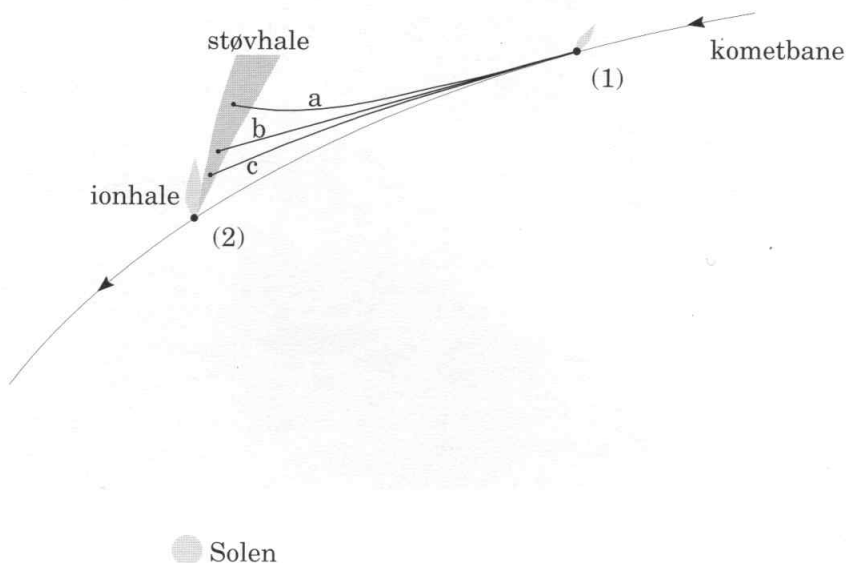
Strålingen fra Solen påvirker støvkornene med en kraft, der peger væk fra Solen. Størrelsen af kraften på et støvkorn er

$$F = 3,2 \cdot 10^{17} \text{ N} \cdot \frac{R^2}{r^2}$$

hvor R er støvkornets radius og r støvkornets afstand fra Solen.

Gravitationskraften fra Solen og kraften fra solstrålingen har samme størrelse, hvis støvkornene har en bestemt radius R_0 .

- c) Bestem R_0 .



Skitsen viser, hvordan "støvhale" dannes. Støvkorn, som løsriveres fra kometen ved position (1), følger forskellige baner, mens kometen bevæger sig videre til position (2). Banerne (a), (b) og (c) er eksempler på sådanne baner.

- d) Begrund, at et støvkorn med radius R_0 må bevæge sig med konstant fart langs en retlinet bane som (b). Forklar, hvilken af banerne (a) og (c) der følges af støvkorn med en radius, som er større end R_0 .

1. Fordampningsvarmen for nitrogen

Ved meget lave temperaturer er nitrogen en væske. Kogepunktet er $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Varmetilførsel fra omgivelserne bevirker derfor, at flydende nitrogen koger og hurtigt fordamper.

Et plastbæger indeholder 250 g vand med temperaturen $27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Der hældes 45 g flydende nitrogen ned i bægeret med vand. Nitrogenet fordamper hurtigt, hvorved vandets temperatur falder til $18,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- a) Hvor meget energi afgiver vandet?
Bestem den specifikke fordampningsvarme for nitrogen.

2. Rubidium

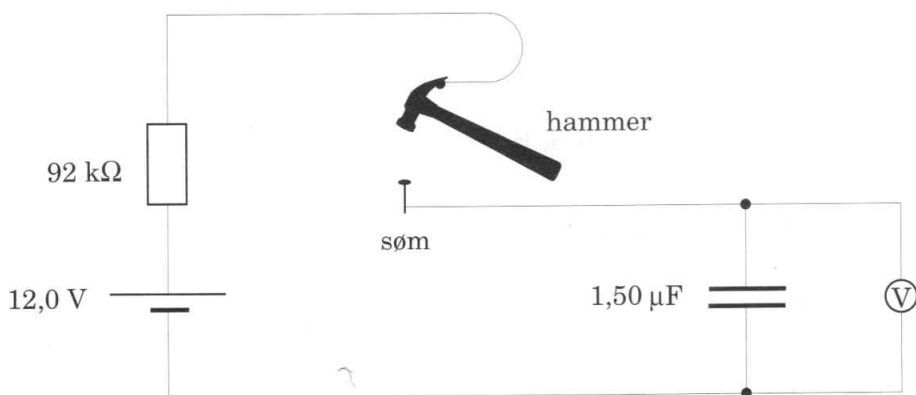
Naturligt forekommende rubidium indeholder 27,8 % af det β^{-} -aktive nuklid $^{87}_{37}\text{Rb}$.

- a) Opstil reaktionsskemaet for β^{-} -henfaldet og beregn Q -værdien.

Et menneske indeholder 0,00046% rubidium. Halveringstiden for ^{87}Rb er $4,8 \cdot 10^{10}$ år. De udsendte elektroner afsætter i gennemsnit hver 79 keV i kroppen.

- b) Beregn den årlige dosis en person modtager fra ^{87}Rb .

3. Måling af kort tidsrum



Når man slår et søm i, er hammeren i kontakt med sømmet i et kort tidsrum. Skitsen viser en opstilling, hvormed man kan måle dette tidsrum. Kapacitoren oplades af spændingskilden, mens hammeren er i kontakt med sømmet.

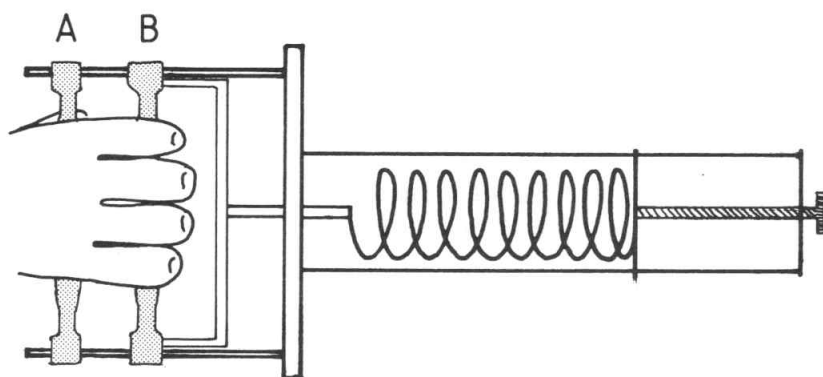
Kontakten mellem hammer og søm er så kortvarig, at man kan regne med, at spændingsfaldet over resistoren ikke ændrer sig, mens hammeren er i kontakt med sømmet.

- a) Hvad er strømstyrken i kredsløbet under opladningen?

Under hammerslaget vokser spændingsfaldet over kapacitoren fra 0 V til 0,24 V.

- b) Hvor længe var hammeren i kontakt med sømmet?

4. Muskelarbejde



På det viste apparat er der et fast håndtag A og et bevægeligt håndtag B. Det bevægelige håndtag er forbundet til en fjeder. Når apparatet ikke er i brug, er fjederen forlænget 2,5 cm fra ligevægtsstillingen, og fjederkraftens størrelse er 28 N.

Når man trækker håndtag B hen til håndtag A, forlænges fjederen yderligere 3,0 cm.

- a) Hvad er fjederkraften i denne stilling?

Apparatet bruges til at undersøge det arbejde, man kan udføre med en hånd. Man griber om håndtagene med hånden og bevæger håndtag B frem og tilbage ved at åbne og lukke hånden. Hånden udfører kun et arbejde, når håndtag B bevæges hen mod håndtag A. Hånden udfører ikke noget arbejde, mens håndtag B bevæger sig tilbage til udgangsstillingen.

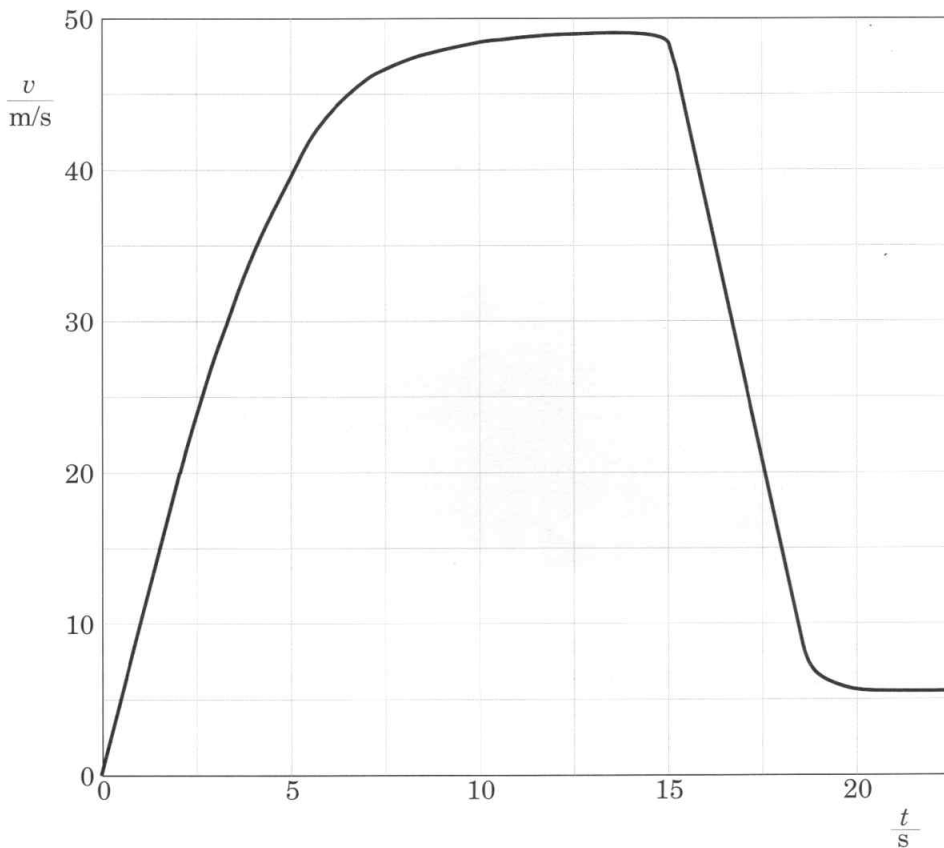
En person udfører denne bevægelse 50 gange pr. minut.

- b) Beregn den gennemsnitlige effekt, hvormed hånden udfører arbejde.

5. Faldskærmsudspring



Grafen viser farten v som funktion af tiden t for en faldskærmsudspringer på vej ned i en lodret bevægelse. Faldskærmen udløses efter 15 s og er udfoldet efter 20 s.



- a) Hvor langt bevæger faldskærmsudspringeren sig i løbet af de første 10,0 s?

- b) Bestem størrelsen af faldskærmsudspringerens maximale acceleration efter at faldskærmen er udløst.

Massen af faldskærmsudspringeren med faldskærm er 75 kg.

- c) Bestem størrelsen af de kræfter, der virker på faldskærmsudspringeren til tidspunktet $t = 5,0$ s.

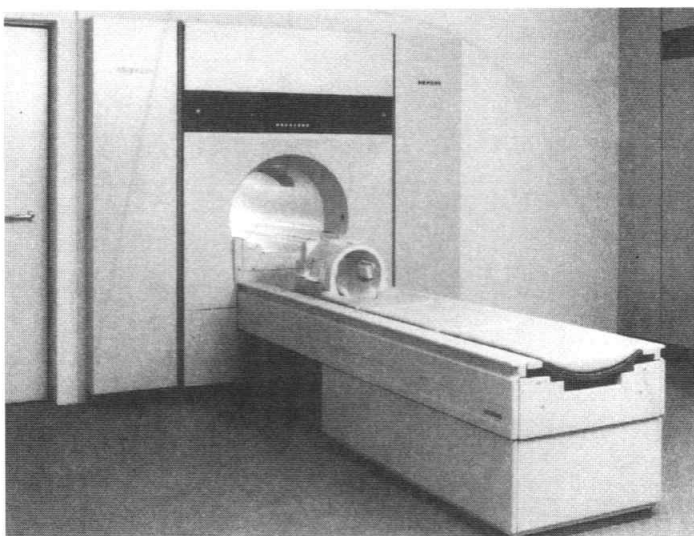
Størrelsen af luftmodstanden kan beregnes ved

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

hvor k er en konstant, og v er faldskærmsudspringerens fart.

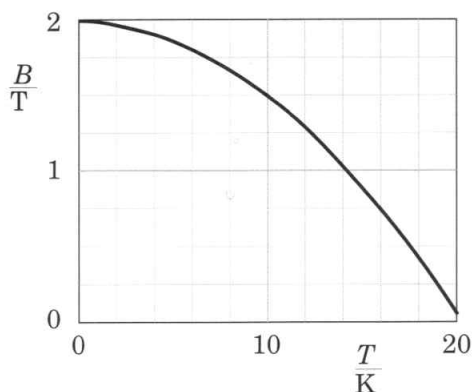
- d) Bestem en værdi for den konstante fart en faldskærmsudspringer med masse 120 kg opnår, efter at faldskærmen er foldet ud.

6. Superledende magnet

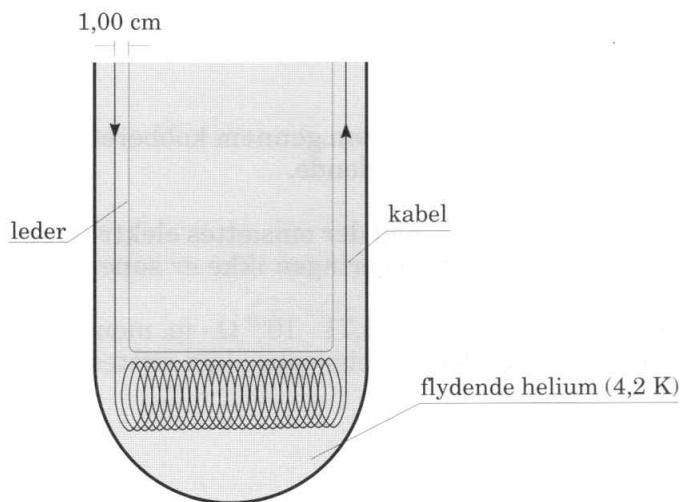


En superleder er et materiale, hvis resistivitet er $0 \Omega \cdot m$. Elektromagneter til fx sygehusenes MR-scannere laves ved hjælp af superledende kabler, der kan lede strøm uden energitab. Det superledende materiale er en legering med niobium (Nb), der holdes nedkølet til temperaturen $4,2$ K ved hjælp af flydende

helium. Niobium-legeringen er vanskelig at lave ledninger af. Man laver derfor kabler med tynde tråde af niobium-legeringen indstøbt i kobber. Kobberet holder trådene på plads og kan nødstilfælde lede størstedelen af strømmen, hvis legeringen skulle ophøre med at være superledende.

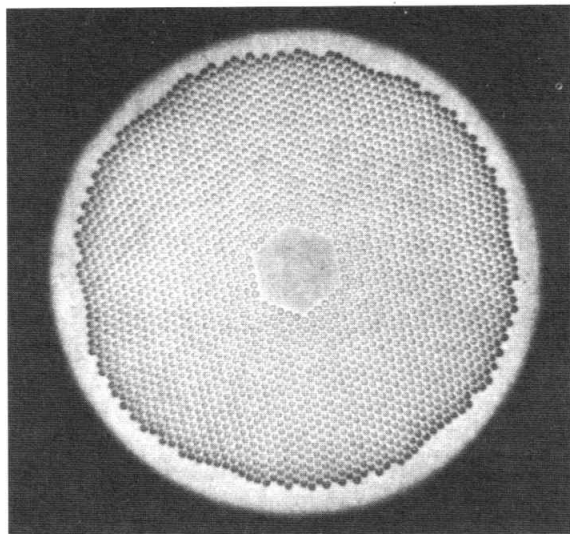


Niobium-legeringen kan kun være superledende, hvis det ikke udsættes for stærke magnetfelter. Grafen viser den største fluxtæthed B , en superledende niobium-legering kan udsættes for, som funktion af legeringens temperatur T .



En superledende elektromagnet er lavet med et kabel af niobium-legeringen, der ved hjælp af flydende helium holdes nedkølet til 4,2 K. Magnetens spole er som vist på tegningen anbragt nede i en beholder med flydende helium. Spolerne er forbundet med spændingskilden gennem to lange lige stykker af kablet. Parallelt med disse to stykker kabel løber en tynd leder af samme legering. Afstanden mellem kablet og lederen er 1,00 cm.

- a) Bestem værdien af B ved temperaturen 4,2 K. Hvad er den største strømstyrke, der kan sendes gennem kablet, så den tynde leder forbliver superledende ved temperaturen 4,2 K?



Kablet består af 2100 tynde tråde af niobium-legeringen. Hver tråd af niobium-legeringen har en diameter på 0,010 mm. Trådene er indstøbt i kobber, så kablets samlede diameter bliver 0,70 mm. Kablet leder en strøm på 385 A.

- b) Begrund, at der ikke går strøm gennem kobberet i kablet, når niobium-legeringen er superledende.
- c) Beregn den effekt, hvormed der omsættes elektrisk energi i 1,00 m af kablet, hvis niobium-legeringen ikke er superledende.

Kobbers resistivitet kan sættes til $1,71 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$, mens niobium-legeringens resistivitet efter superledningens ophør kan sættes til $20 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$.

1. Måling af voltmeters kapacitans

En pladekapacitor har kapacitansen $84,2 \text{ pF}$. Pladekapacitoren er opladet, så spændingsfaldet over den er $28,0 \text{ V}$.

- a) Hvad er størrelsen af ladningen på en af kapacitorens plader?

Den opladede kapacitor forbindes til et voltmeter. Efter tilslutningen viser voltmeteret $20,7 \text{ V}$.

Voltmetret kan betragtes som en kapacitor.

- b) Bestem kapacitansen af voltmeteret.

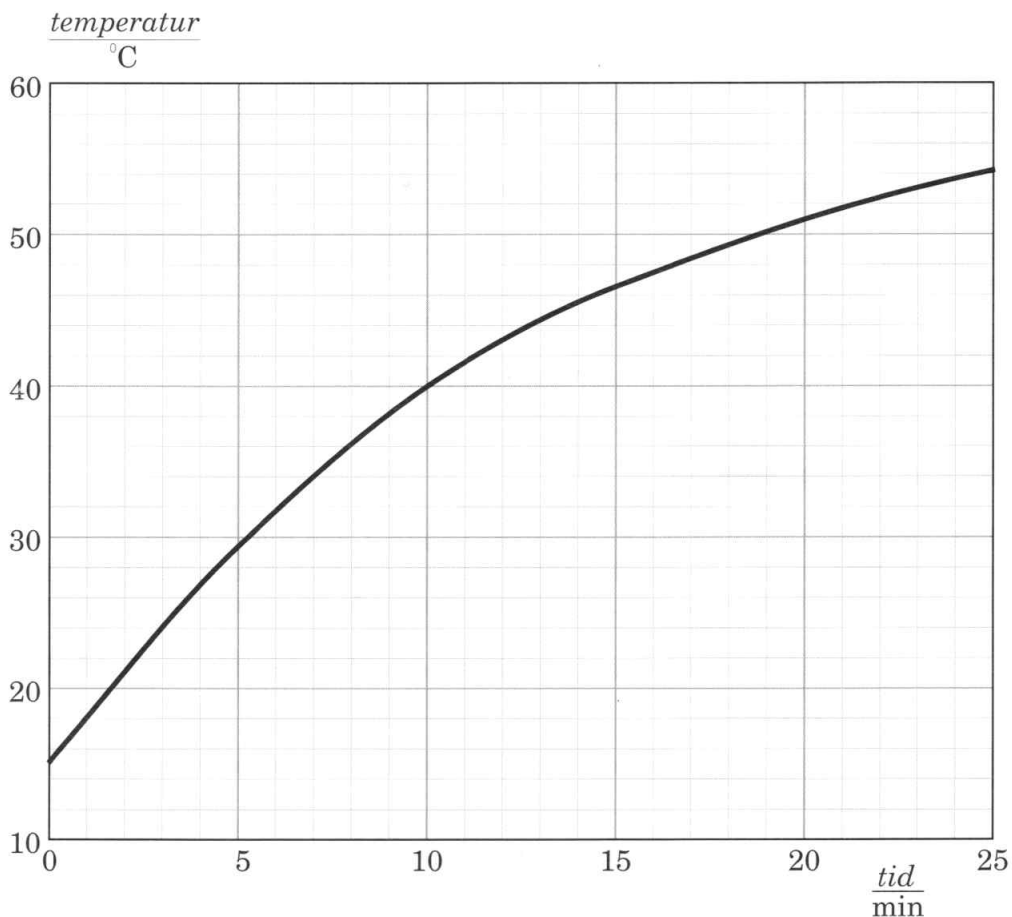
2. Varmeanlæg

I et varmeanlæg til naturgas opvarmes vandet ved hjælp af en brænder, som leverer varme med effekten $18,4 \text{ kW}$. Brænderen kan opvarmer vand, som cirkulerer gennem husets radiatorer og opvarmer rummene.

- a) Hvor meget vand kan brænderen opvarme fra 20°C til 60°C i løbet af et minut?

Naturgassens brændværdi er $48,6 \text{ MJ/kg}$. Af den omsatte energi tabes 10% gennem skorstenen.

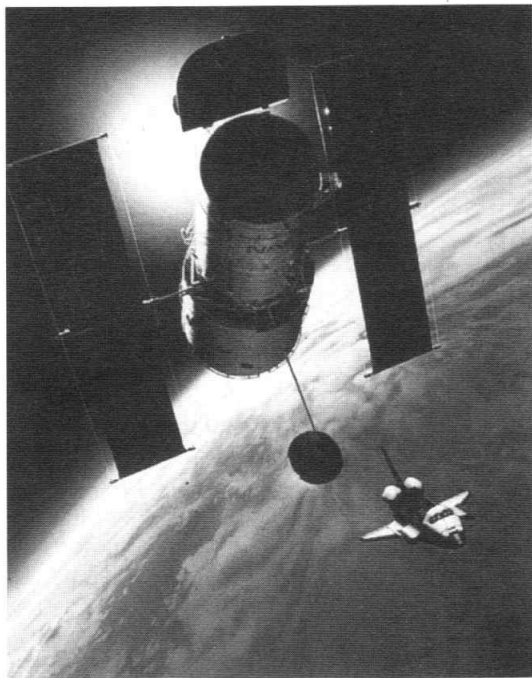
- b) Hvad er massen af den naturgas, som varmeanlægget bruger i løbet af et minut?



Grafen viser, hvordan temperaturen af det cirkulerende vand i varmeanlægget stiger efter start af varmeanlægget.

- c) Bestem en værdi for det vandfyldte varmeanlægs varmekapacitet.
- d) Vurdér, hvor stor en del af brænderens effekt der går til rumopvarmning, når vandets temperatur er 50 °C .

3. Sort hul



Tegning af Hubble-teleskopet

Gravitationsfeltet nær et sort hul er så stærkt, at selv ikke lys kan undslippe. Et sort hul kan ikke iagttages direkte. Man er derfor henvist til at studere virkningerne af de stærke gravitationskræfter mellem det sorte hul og objekter i nærheden af det. Ved at trække stof til sig kan det sorte hul få en kolossalt stor masse.

I august 1994 blev det rapporteret, at man ved hjælp af Hubble-teleskopet med stor sandsynlighed har fundet et sort hul i midten af galaksen M87. Spektre af lys, der er udsendt fra forskellige

områder af M87, viser, at meget af stoffet bevæger sig i en cirkel omkring galaksens centrum.

De nærmere undersøgelser tyder på, at det er tiltrækningen fra et lille objekt med en masse på flere milliarder solmasser i centrum af galaksen, som fastholder stoffet i cirkelbevægelsen. Et så tungt objekt med en lille udstrækning kan efter de nugældende teorier kun være et sort hul.

(Illustration: NASA)

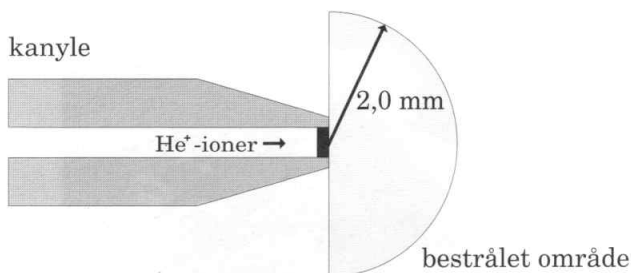
Under optagelsen af spektrene modtog Hubble-teleskopet lys fra et bestemt område i galaksen M87. Ved bølgelængden 505 nm var den modtagne effekt $2,5 \cdot 10^{-18}$ W.

- a) Hvor mange fotoner modtog Hubble-teleskopet i løbet af 10 sekunder ved bølgelængden 505 nm ?

Ud fra spektrene har man fundet, at stof i afstanden $5,7 \cdot 10^{17}$ m fra centrum af galaksen M87, bevæger sig i en cirkel omkring centrum med den konstante fart $7,5 \cdot 10^5$ m/s.

- b) Beregn omløbstiden for dette stof.
- c) Bestem forholdet mellem massen af det sorte hul og Solens masse.

4. Protonkanon



I USA har man udviklet en "protonkanon", der kan dræbe kræftceller uden at ødelægge det omgivende raske væv.

Figuren viser en særlig kanyle, hvis spids er anbragt i det område, som skal bestråles. Gennem kanylen sendes ^3He -ioner med farten $7,2 \cdot 10^6$ m/s. Proppen for enden af kanylen indeholder deuterium (^2H -kerner).

Når en ^3He -kerne reagerer med en ^2H -kerne, dannes der en proton og en anden partikel. Protonerne trænger ind i vævet, og deres kinetiske energi afsættes da i et lille halvkugleformet område med centrum i kanylens spids. Bestrålingen med protonerne dræber kræftcellerne.

- a) Opstil reaktionsskemaet for kernereaktionen mellem en ^3He -kerne og en ^2H -kerne.
Beregn reaktionens Q -værdi.

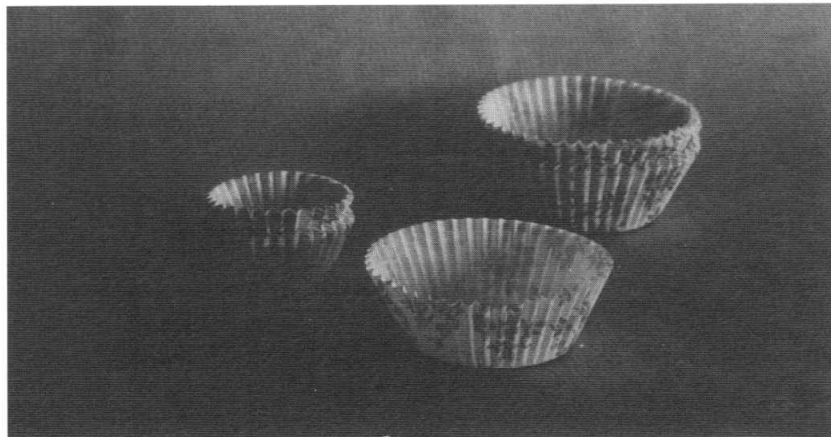
Man kan regne med, at protonens kinetiske energi er 90% af den samlede energi, som er til rådighed efter kernereaktionen. Protonernes rækkevidde er ca. 2,0 mm i vævet.

Vævet's densitet er $1,05 \text{ g/cm}^3$.

- b) Hvor mange protoner skal der dannes, for at dosis bliver mindst 100 Gy?

5. Forsøg med papirkageforme

- a) Hvad er faldtiden for en kugle, der slippes fra en højde af 4,0 m over gulvet, når man ser bort fra luftmodstand?



Små papirkageforme kan bruges til simple eksperimenter til undersøgelse af luftmodstand. Når papirkageformene slippes i vandret stilling, opnår de meget hurtigt en konstant fart i faldet. Det skyldes luftmodstanden, som har størrelsen

$$F_{\text{luft}} = k \cdot A \cdot v^2$$

hvor k er en konstant, A er legemets tværsnitsareal, og v er størrelsen af faldhastigheden.

I en forsøgsserie anvendes forskellige antal ens papirkageforme lagt oven i hinanden, så massen varieres, uden at tværsnitarealet ændres. Når papirkageformene slippes fra samme højde, er forsøgsresultaterne:

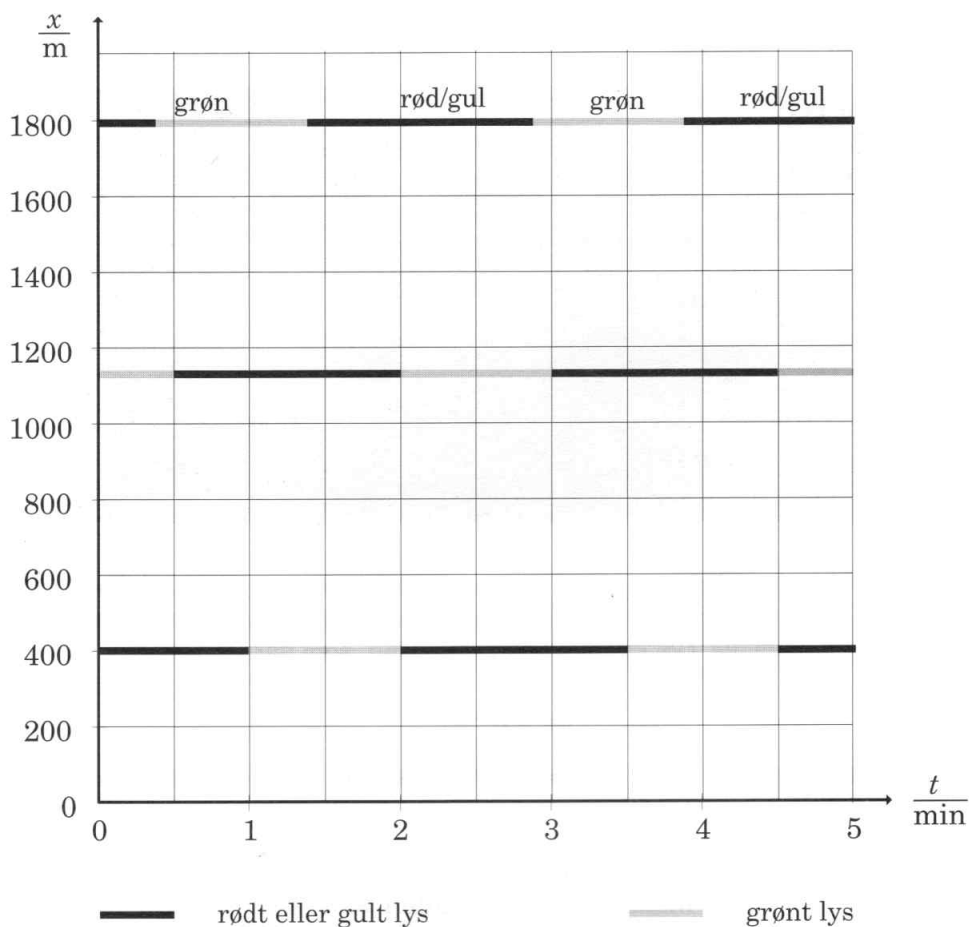
<i>Antal kageforme</i>	1	2	3	4
<i>Faldtid / s</i>	3,80	2,69	2,19	1,90

- b) Bestem en værdi for faldtiden for 5 papirkageforme lagt oven i hinanden.
Forklar, hvordan faldtiden afhænger af antallet af kageforme, der er lagt oven i hinanden.

I en anden forsøgsserie anvendes enkelte papirkageforme af samme papir, men med forskelligt tværsnitsareal. Papirkageformene slippes fra samme højde.

- c) Forklar, hvorfor faldtiden bliver den samme i hvert forsøg i denne serie.

1. Grøn bølge



Lyskrydsene på gennemfartsveje er ofte reguleret, så bilisterne kan følge en “grøn bølge”. De kan køre gennem alle kryds for grønt lys, hvis de holder en bestemt konstant fart.

Figuren viser, hvordan skiftene mellem rødt og grønt er reguleret i tre lyskryds langs en gennemfartsvej.

- a) Med hvilken fart skal en bilist køre for at følge den grønne bølge?

2. Solvognen Danmark III



Solvognen Danmark III er lavet af studerende og lærere ved Sønderborg Teknikum.
(Foto: Sven E. Knudsen, Ingeniørhøjskolen Sønderborg Teknikum)

På taget af solvognen Danmark III er der placeret et solpanel, som omdanner energi fra sollyset til elektrisk energi til bilens elmotor.

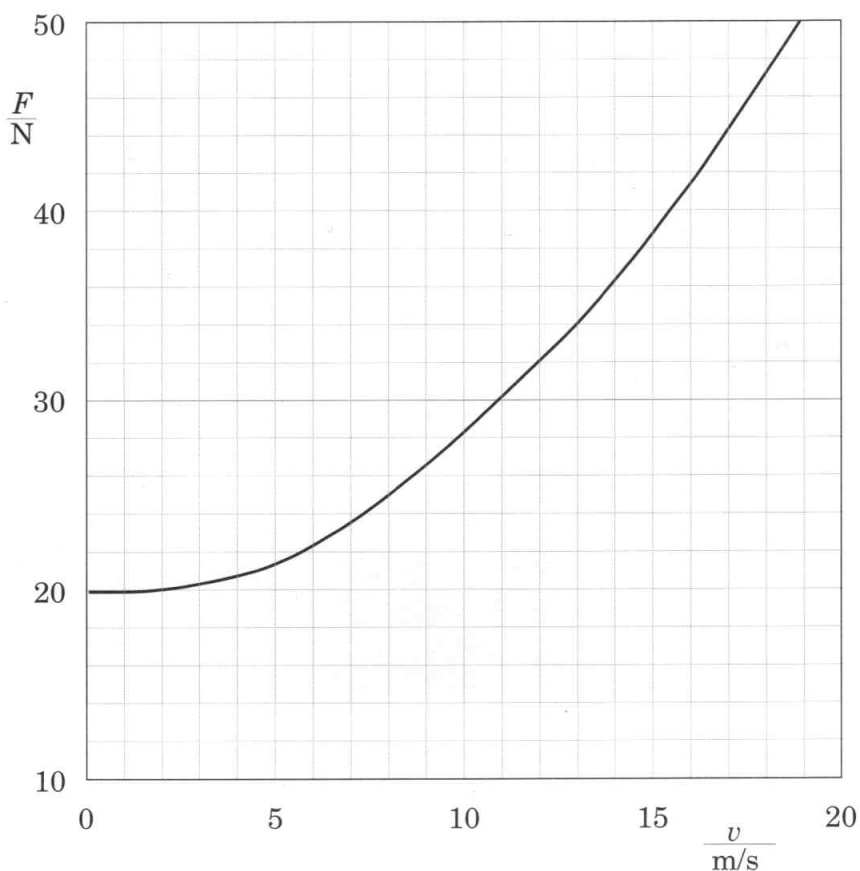
På en klar solskinsdag var intensiteten af solindstrålingen 950 W/m^2 , og solpanelet leverede elektrisk energi med effekten 1015 W .

Solcellernes samlede areal er $7,40 \text{ m}^2$.

- a) Hvilken brøkdel (i pct.) af den indstrålede solenergi blev omdannet til elektrisk energi den pågældende dag?

Panelet består af i alt 800 ens solceller. De er anbragt i 8 parallelforbundne enheder, som hver indeholder 100 serieforbundne solceller. Mens solpanelet leverede energi, var dets polspænding 45 V .

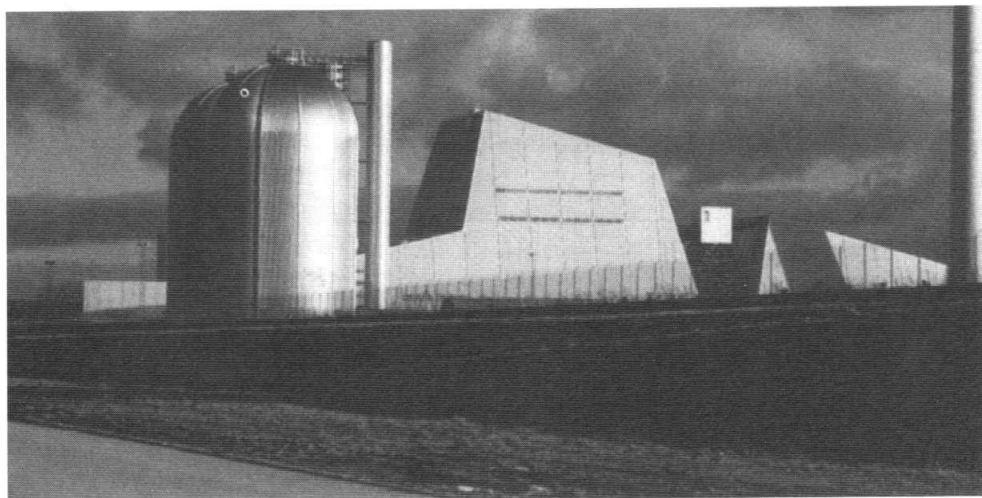
- b) Bestem den enkelte solcelles polspænding.
Hvad var strømstyrken gennem den enkelte solcelle?



Elmotoren kan højst udnytte 73% af den effekt, solpanelet leverer. Grafen viser den samlede rulle- og luftmodstand F på vognen som funktion af dens fart v .

- c) Vurdér, hvilken fart solvognen højst kunne opnå den pågældende dag på en vandret vejstrækning.

3. Varmebeholder



Avedøreværket leverer både elektrisk energi til elnettet og fjernvarme til 100 000 boliger i et område syd for København. Værket er i drift hele tiden, men da behovet for elektricitet og varme varierer i løbet af et døgn, har man opført to beholdere, der kan opbevare store mængder energi i form af varmt vand. Den oplagrede energi kan anvendes i fjernvarmenettet på tidspunkter, hvor værket ikke producerer varme nok.

Hver af de to cylinderformede beholdere indeholder hele tiden 20634 ton vand. Beholderne er lavet af stål og vejer hver 850 ton. De er tryktanke med et maksimalt tryk i toppen af beholderen på 200 kPa. Det giver mulighed for en temperatur på op til 120 °C, uden at vandet koger. Ved almindelig drift varierer temperaturen i beholderne mellem 65 °C og 115 °C.

(Foto: SK-energi)

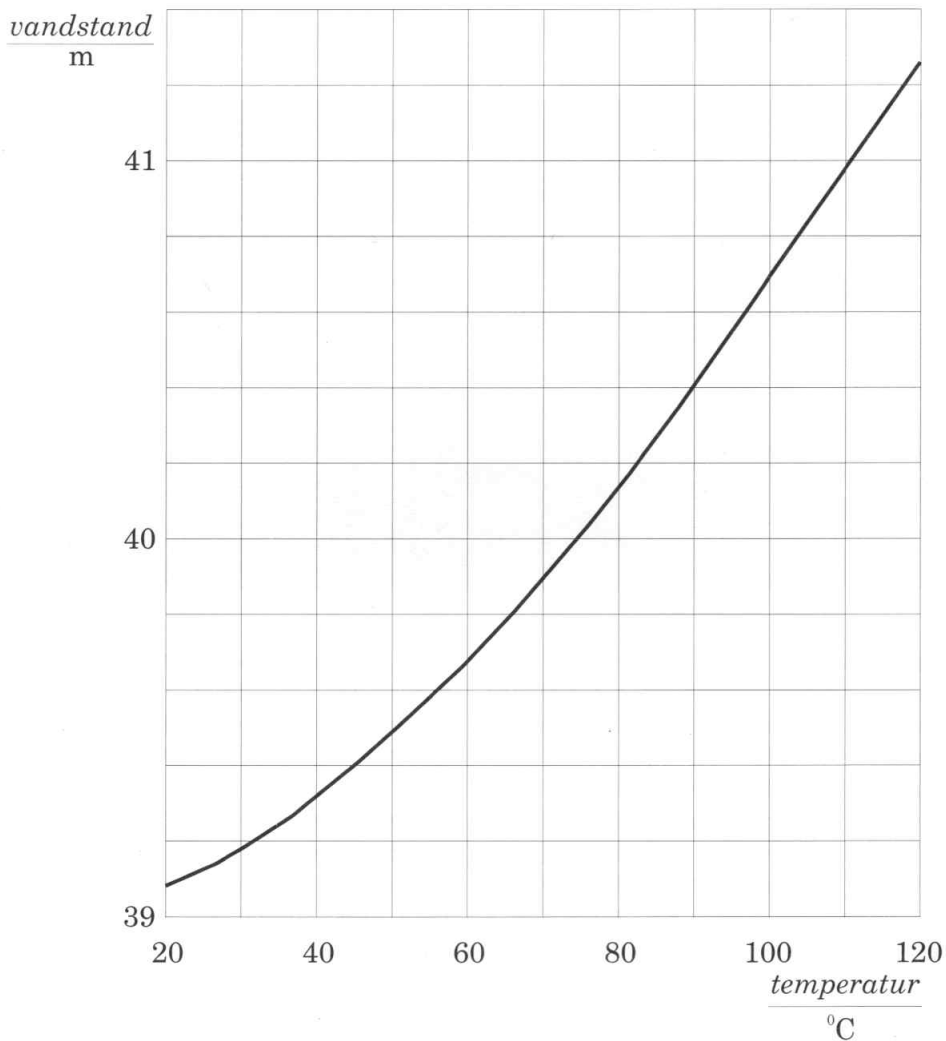
Ved temperaturen 65 °C er vands densitet 981 kg/m³. Ved denne temperatur står vandoverfladen 39,8 m over beholderens bund, og trykket ved vandoverfladen er 123,1 kPa.

- a) Beregn trykket ved beholderens bund.

I en kold periode er en typisk husstands varmekonsum 240 MJ i løbet af et døgn.

Den specifikke varmekapacitet for stål er 0,460 kJ/(kg · K), mens vands specifikke varmekapacitet kan sættes til 4,20 kJ/(kg · K).

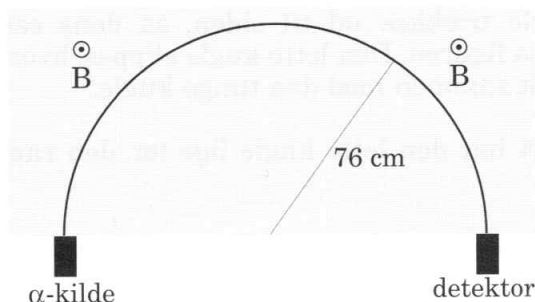
- b) Vurdér, hvor lang tid vandet i de to beholdere ved almindelig drift kan levere varme nok til de 100 000 boliger.



Grafen viser, hvordan vandstanden i en af beholderne varierer med vandets temperatur.

- c) Forklar, hvorfor vandstanden afhænger af temperaturen
Bestem en værdi for vands densitet ved 110 °C.

4. Bestemmelse af α -partiklers kinetiske energi



Det radioaktive nuklid polonium-210, ^{210}Po , henfalder ved udsendelse af en α -partikel.

- a) Opskriv reaktionsskemaet for henfaldet og beregn Q -værdien.

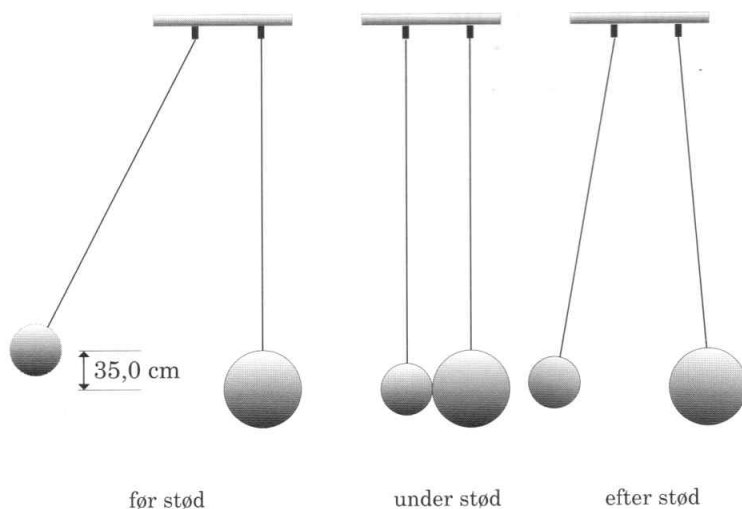
For at måle α -partiklernes kinetiske energi afbøjes de i et homogent magnetfelt med fluxtætheden $0,44\text{ T}$. Partiklernes hastighed er vinkelret på magnetfeltet, og de bevæger sig i en cirkel med radius 76 cm .

- b) Beregn α -partiklernes kinetiske energi.

For at opnå en mere nøjagtig bestemmelse af α -partiklernes kinetiske energi, sender man enkeltladede ^{175}Lu -ioner gennem det samme magnetfelt. Når ^{175}Lu -ionerne accelereres fra hvile af spændingsfaldet $30,33\text{ kV}$, følger de samme cirkelbane, som α -partiklerne gjorde.

- c) Beregn en bedre værdi for α -partiklernes kinetiske energi.

5. Kuglestød



To kugler med masserne 1,25 kg og 3,60 kg er ophængt for enden af to lange snore.

Den lette kugle trækkes ud til siden, så dens centrum er løftet 35,0 cm som vist på figuren. Den lette kugle slippes, hvorefter den støder elastisk og centralt sammen med den tunge kugle.

- a) Hvilken fart har den lette kugle lige før, den rammer den tunge kugle?
- b) Hvor højt op kommer den tunge kugles centrum når den svinger ud efter stødet?

6. He⁺-spektret

Exciterede He⁺-ioner kan udsende fotoner med bølgelængden 656 nm.

- a) Hvad er energien af en af disse fotoner?

De stationære tilstande for hydrogen-lignende ioner, hvor kun en elektron kredser om den positive atomkerne, har energierne

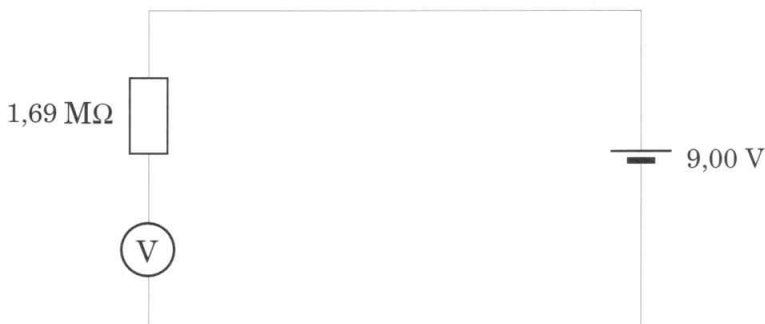
$$E_n = -\frac{13,6 \text{ eV}}{n^2} \cdot Z^2$$

hvor Z er atomkernens protontal og n nummeret på den stationære tilstand.

Fotoner fra nogle af overgangene i He⁺-ionen til den stationære energitilstand med $n = 2$ har samme energi som fotoner fra overgange i hydrogenatomet.

- b) Vis, at dette gælder for overgangen fra tilstanden med $n=4$ til tilstanden med $n=2$ i He⁺-ionen.
Hvilke andre overgange til He⁺-ionens energitilstand med $n=2$ har samme energi som overgange i hydrogenatomet?

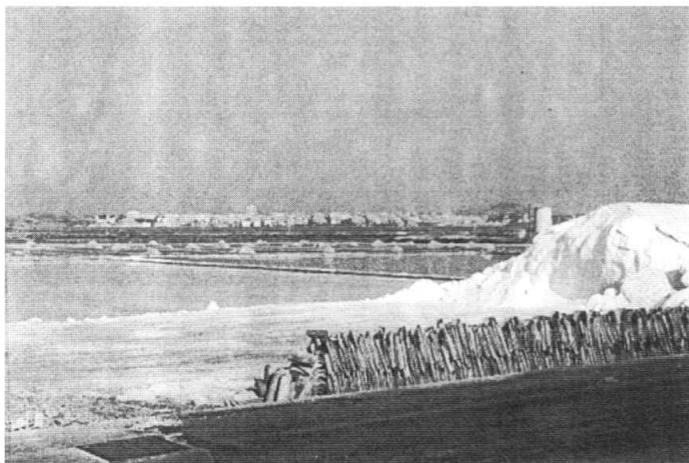
1. Måling af voltmeters resistans



Et voltmeter kobles i serie med en resistor med resistansen $1,69 \text{ M}\Omega$. Seriekoblingen sluttes til en spændingskilde, som leverer et fast spændingsfald på $9,00 \text{ V}$. Herefter viser voltmetret $7,70 \text{ V}$.

- a) Hvor stor er voltmeters indre resistans?

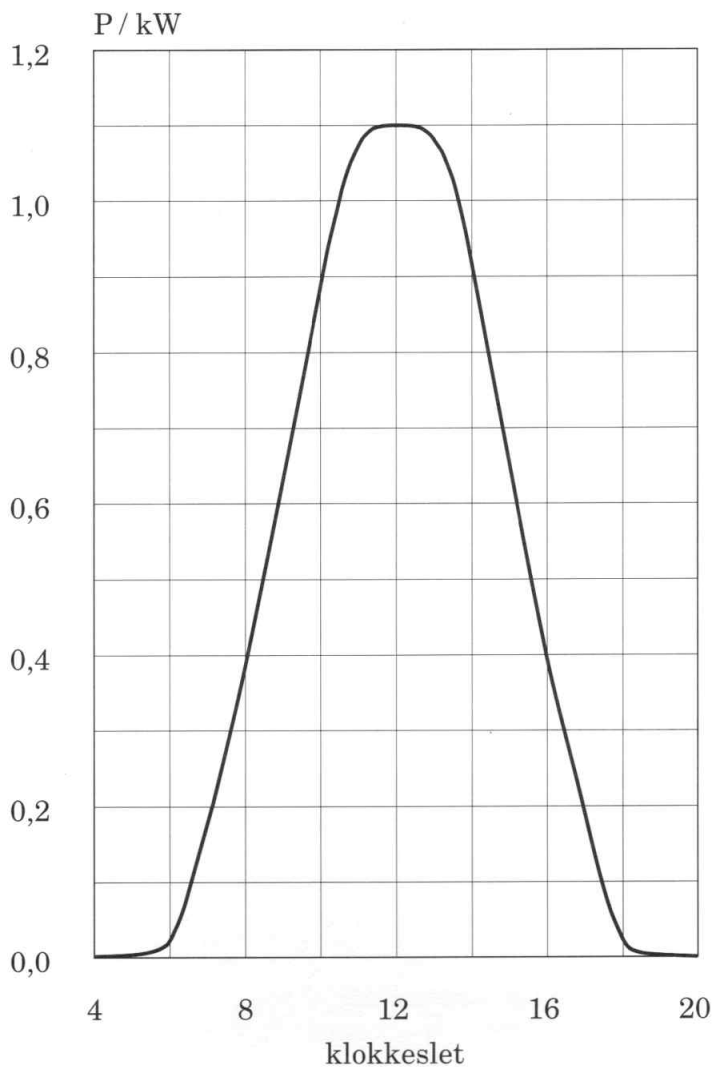
2. Saltindvinding



Ved byen Trapani på den østlige side af Sicilien er der et stort udendørs saltindvindingsanlæg. Havvand fra Middelhavet lukkes ind på et fladvandet område. Energien i solstrålingen bevirker, at vandet fordamper. Saltet bliver tilbage, hvorefter det skræbes sammen og renses.

Et bassin med arealet 1200 m^2 fyldes med vand fra Middelhavet til en højde af 40 cm . Vand fra Middelhavet indeholder 35 g salt pr. liter havvand.

- a) Beregn massen af salt i bassinet.



Grafen viser, hvordan effekten P af energien i solstrålingen på 1 m^2 havoverflade varierer i løbet af en sommerdag. Man kan regne med, at 45% af solstrålingens energi går til fordampning af havvand.

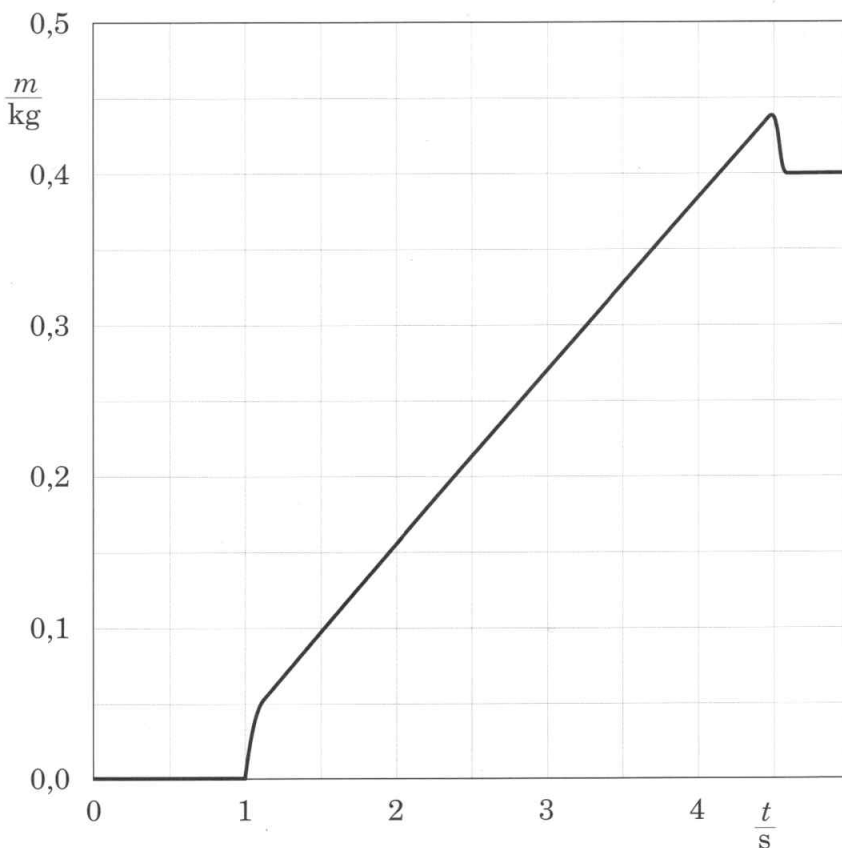
Densiteten af havvand er 1023 kg/m^3 . Havvands specifikke fordampningsvarme ved 25°C er 2450 kJ/kg .

- b) Vurdér, hvor mange sommerdage, der vil gå, før bassinet er tømt for vand.

3. Vandstråle



I et eksperiment stiller man et tomt bægerglas på en vægt og nulstiller den. En vandstråle rettes mod bægerglassets bund.



Grafen viser vægtens registrering som funktion af tiden. Til tiden $t = 1,0$ s begynder vandet at ramme bægerglassets bund. Til tiden $t = 4,5$ s op-
hører vandet med at strømme ned i bægeret.

- Hvor meget vand strømmer der ned i bægeret pr. sekund?
- Forklar, hvorfor grafen vokser hurtigt lige efter $t = 1,0$ s og aftager hurtigt lige efter $t = 4,5$ s.
Beregn, med hvilken fart vandet rammer bægerglassets bund.

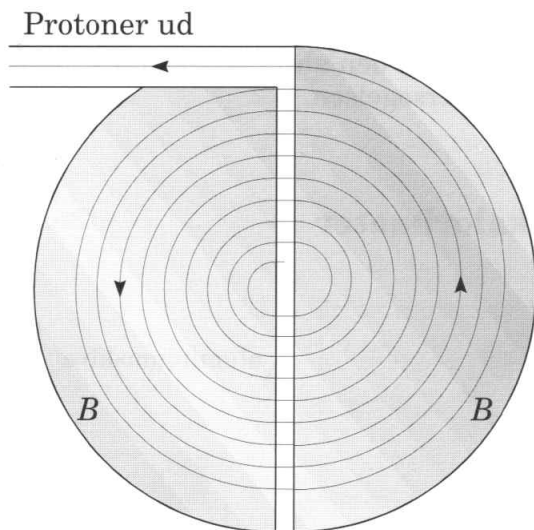
4. Hjerneundersøgelse

Ved hjerneundersøgelser kan man bruge det radioaktive nuklid ^{15}O , som er β^+ -aktivt. Den udsendte positron har en meget lille rækkevidde. Den reagerer (annihilerer) med en elektron, hvorved der udsendes to fotoner hver med energien 511 keV.

Når en patient indånder luft med ^{15}O , vil det optages i blodet og fordeles i hele kroppen.

Ved at registrere de udsendte fotoner kan man eksempelvis danne et billede af blodgennemstrømningen i hjernen. Nuklidet ^{15}O henfalder så

hurtigt, at man må producere det på stedet, hvor undersøgelsen udføres. Produktionen af ^{15}O sker ved kernereaktioner mellem $^{15}_7\text{N}$ og protoner. De nødvendige protoner fås fra en såkaldt cyklotron.



En cyklotron består af to halvcirkelformede metalbeholdere, som er adskilt af et lille gab. Protonerne starter i cyklotronens midte, hvorfra de sendes ind i en af metalbeholderne. Et homogent magnetfelt bevirker, at protonerne bevæger sig i halvcirkelbaner inde i metalbeholderne. Hver gang protonerne passerer gabet, accelereres de af et spændingsfald. Den større fart betyder, at hver ny halvcirkelbane får større radius. Efter gennemløb af et vist antal halvcirkelbaner bliver radius så stor, at protonerne kan forlade cyklotronen.

I en bestemt cyklotron er den kinetiske energi af hver proton 50 keV i den første halvcirkelbane. Hver gang protonerne passerer gabet, accelereres de af et spændingsfald på 95 kV.

- a) Beregn den kinetiske energi af en proton, der har bevæget sig 30 hele omgange efter den første halvcirkelbane.

Når protonerne forlader cyklotronen, er deres fart $5,6 \cdot 10^7$ m/s. Radius i den sidste halvcirkel er 450 mm.

- b) Bestem størrelse og retning af den magnetiske fluxtæthed B .

Protonerne reagerer med $^{15}_7\text{N}$ under dannelse af $^{15}_8\text{O}$ og endnu en partikel.

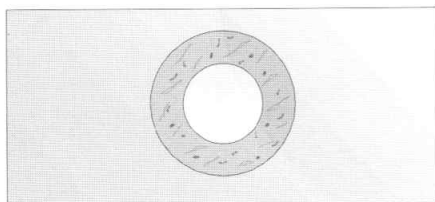
- c) Opskriv reaktionsskemaet for denne kerneprocess samt reaktionsskemaet for det efter følgende β^+ -henfald.

I forbindelse med en hjerneundersøgelse indånder en patient luft, der indeholder ^{15}O . Aktiviteten af den optagne ^{15}O er 650 MBq. Patientens masse er 65 kg.

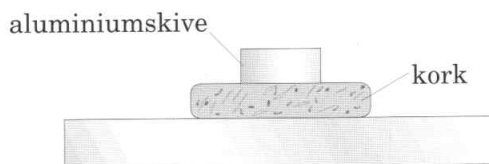
Man kan regne med, at der afsættes 0,85 MeV i patientens krop, hver gang en ^{15}O -kerne henfalder. Halveringstiden for ^{15}O er 122 s.

- d) Giv en vurdering af den absorberede dosis, patienten får som følge af hjerneundersøgelsen.

5. Gnidningskalorimeter



apparat set fra oven

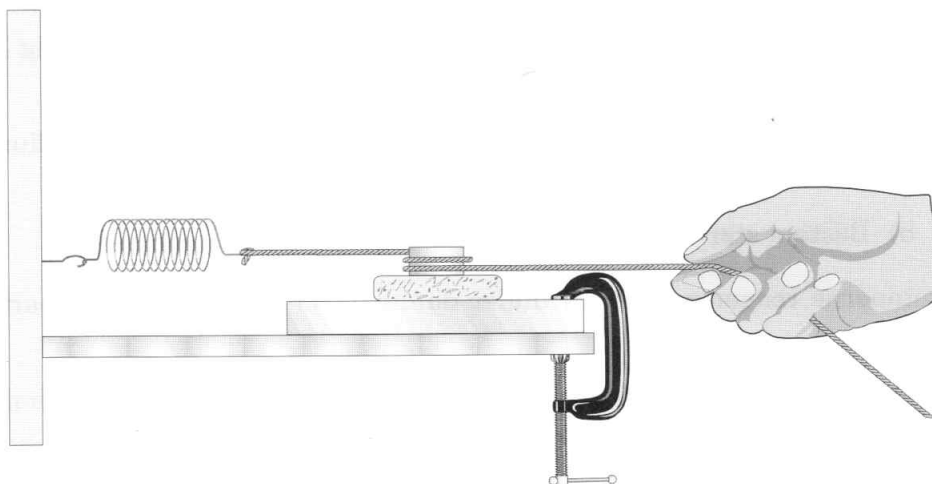


apparat set fra siden

Figuren viser et apparat, der består af en lille aluminiumskive og en stor aluminiumplade. Mellem skiven og pladen er der et isolerende lag kork. Med et fintmærkende elektronisk termometer kan man måle meget små temperaturforskelle mellem skiven og pladen.

Aluminiumskivens masse er 18,0 g. Den specifikke varmekapacitet for aluminium er $896 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

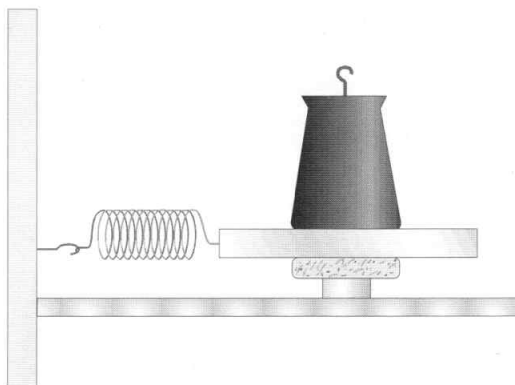
- a) Beregn aluminiumskivens varmekapacitet.



Apparatet spændes fast til underlaget. En snor forbindes til en fjeder, der er fastgjort til en væg. Ved at trække i snoren forlænges fjederen 9,7 cm fra ligevægtsstillingen. Fjederen fastholdes i denne stilling, mens snoren vikles flere gange rundt om aluminiumskiven. Derefter slippes snoren langsomt. Gnidningen mellem skive og snor bevirker, at temperaturen i skiven stiger, mens fjederen trækker sig sammen til ligevægtsstillingen. Man kan regne med, at tabet af potentiel energi i fjederen er lig med tilvæksten i indre energi i skiven.

Fjederkonstanten er 650 N/m.

b) Bestem temperaturstigningen i Al-skiven.



Apparatet vendes på hovedet, så aluminiumskiven hviler på underlaget. Oven på apparatet placeres et lod, og apparatet forbindes til fjederen. Fjederen forlænges 7,5 cm fra ligevægtsstillingen, apparatet slippes, og det glider ind mod væggen. Fjederens ligevægtsstilling passerer, og apparatet stopper efter at have bevæget sig yderligere 2,3 cm i samme retning. Under bevægelsen stiger temperaturen i aluminiumskiven 65 mK.

c) Hvor stor en procentdel af den udviklede varme afsættes som indre energi i skiven?

Massen af apparatet med lod er 5,5 kg.

d) Hvad var apparatets fart i fjederens ligevægtsstilling?

1. Varm mælk



Cappuccino består af kaffe med opvarmet mælk. På cappuccinomaskinen sidder et rør, hvorfra der udsendes vanddamp med temperaturen $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Dampen ledes ned i mælken, hvor dampen fortættes, og derved opvarmes mælken.

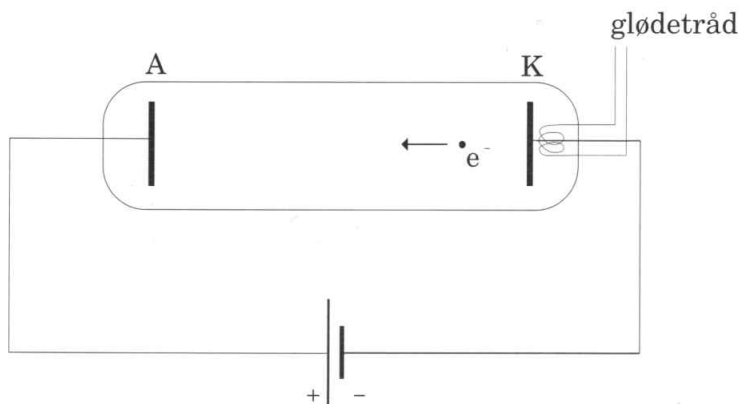
(Illustration: KRUPS).

En cappuccinomaskine bruges til at opvarme 250 gram mælk fra $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ til $80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Mælk har samme specifikke varmekapacitet som vand.

- Beregn, hvor meget varme mælken skal tilføres, for at den bliver opvarmet fra $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ til $80\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Beregn massen af den fortættede vanddamp i den opvarmede mælk.

2. Elektronstød



Røret på skitsen indeholder en stærkt fortyndet gas. Fra metalpladen K frigøres elektroner ved opvarmning ved hjælp af glødetråden. Et spændingsfald accelererer de frigjorte elektroner fra K til A. Når spændingsfaldet er stort nok, udsender gassen lys.

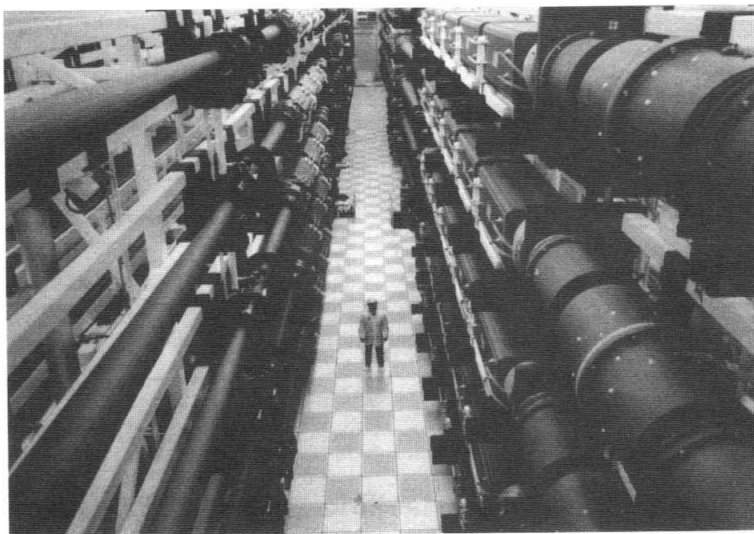
Hvis spændingsfaldet er 3,15 V, har en del af elektronerne hver den kinetiske energi 1,05 eV ved A. Resten af elektronerne har ved A hver den kinetiske energi 3,15 eV.

Lyset fra røret har kun én bølgelængde.

a) Hvad er bølgelængden af lyset fra røret?

Forklar, hvorfor elektronerne kan få gassen til at lyse.

3. Laserfusion



På Lawrence Livermore laboratoriet i Californien findes verdens største lasersystem. Det bruges til eksperimenter, hvor forskere undersøger, hvordan man praktisk kan udnytte fusion af lette atomkerner til energiproduktion. Lasersystemet afgiver stråling med en meget stor

effekt i et enkelt kort lysglimt. Strålingen fra lasersystemet bruges til at belyse en lille, frossen pille af deuterium og tritium fra mange sider. Herved opvarmes pillen meget hurtigt så voldsomt, at der kan ske fusionsprocesser.

Varigheden af et lysglimt fra lasersystemet er 1,0 ns. Hvert lysglimt indeholder energimængden 120 kJ.

- a) Beregn den effekt, hvormed lasersystemet afgiver energi under et lysglimt.

Strålingsenergien i et lysglimt kommer fra afladning af en stor kapacitor. Kun 0,17% af energien i den opladede kapacitor omdannes til strålingsenergi i lysglimt.

Kapacitorens kapacitans er 0,26 F.

- b) Hvor stort er spændingsfaldet over den opladede kapacitor?

Man eksperimenterer ved Lawrence Livermore laboratoriet blandt andet med fusionsproces sen



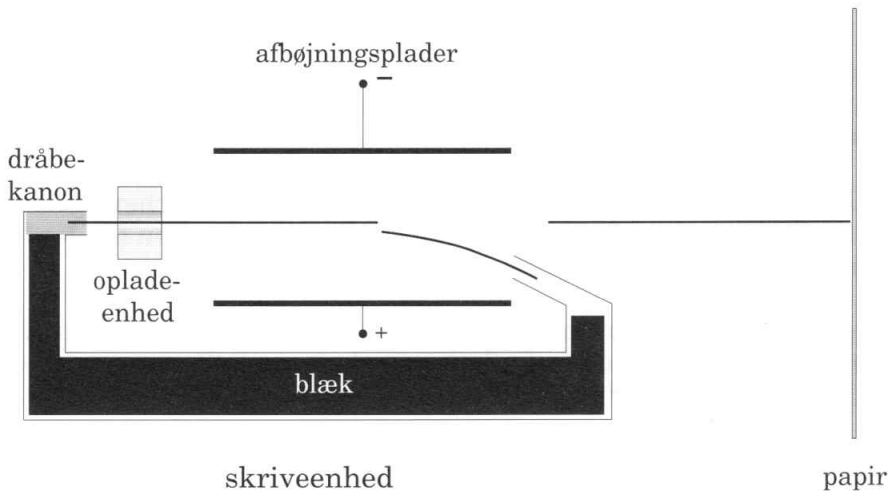
En pille indeholder $6,3 \cdot 10^{-7}$ kg tritium (${}^3_1\text{H}$).

- c) Hvor meget energi frigøres der, hvis alle tritiumkerner i pillen fusionerer med deuterium (${}^2_1\text{H}$)?

4. Inkjet-printer

En inkjet-printer skriver med meget små dråber af blæk, som sprøjtes ind på papiret, mens det føres forbi skriveenheden. Blækdråberne frembringes ved kortvarigt at få lidt blæk til at koge, hvor-

ved damptrykket bliver stort nok til at sende en lille dråbe afsted. Dråbekanonen leverer $1,0 \cdot 10^5$ dråber pr. sekund. Der skal ca. 100 dråber til at lave et bogstav.



I visse inkjet-printere er der mellem dråbekanonen og papiret et sæt afbøjningsplader (en pladekapacitor). Når en dråbe skal bruges til at skrive på papiret, flyver den lige ud mellem afbøjningspladerne. Hvis dråben ikke

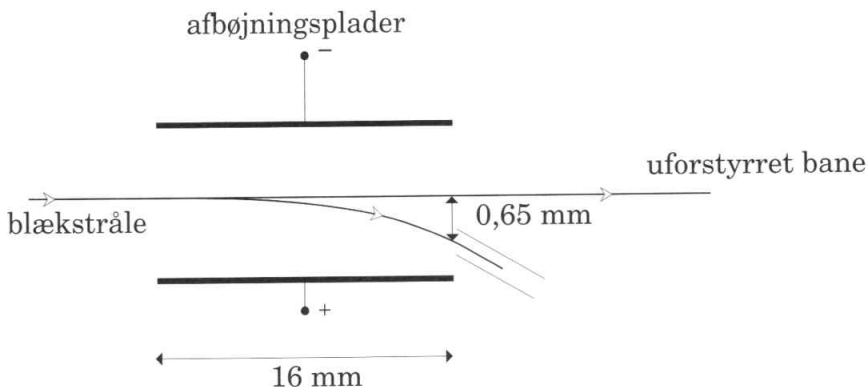
skal bruges, får dråben en negativ elektrisk ladning i opladeenheden. Dråben afbøjes derfor af det elektriske felt mellem afbøjningspladerne, lander i blækanken og kan bruges igen.

Dråbekanonen udsender kugleformede dråber af blæk. Hver dråbe har massen $1,30 \cdot 10^{-10}$ kg. Blækkets densitet er 980 kg/m^3 .

a) Beregn rumfanget af en blækdråbe.

Når blækdråberne kommer frem til afbøjningspladerne, er deres hastighed vandret. Farten er 18 m/s . Afbøjningspladernes længde er 16 mm .

b) Hvor lang tid bruger en dråbe på at passere afbøjningspladerne? Hvor mange dråber er der mellem afbøjningspladerne ad gangen?



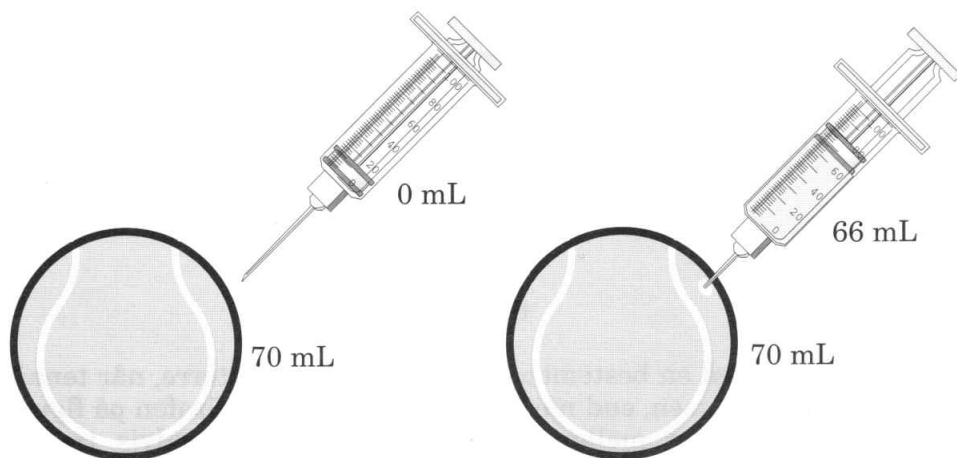
Feltstyrken i det lodrette, homogene elektriske felt mellem afbøjningspladerne er ca. 1 MV/m. Fluxtætheden i Jordens magnetfelt er ca. $50 \mu\text{T}$. Størrelsen af dråbernes ladning er ca. 10^{-13} C .

- c) Gør rede for, at det ved beregningen af dråbernes bevægelse er rimeligt at se bort fra såvel tyngdekraften som kraften fra Jordens magnetfelt, uanset hvilken vej dråbekanonnen vender.

Når en dråbe ikke skal bruges, afbøjes den ned i blæktanken. Blæktankens åbning ligger for enden af afbøjningspladerne $0,65 \text{ mm}$ under den bane, de uafbøjede dråber følger.

- d) Beregn, hvor mange elektroner opladeenheden skal tilføre en dråbe, for at den rammer blæktanken, når den elektriske feltstyrke har størrelsen $1,40 \text{ MV/m}$.

5. Tennisbold



figur 1

En tennisbold er fyldt med gas. Gassens rumfang er 70 ml. Kanylen på en tom sprøjte med stemplet i bund stikkes ind i bolden. Stemplet slippes og bevæger sig frit udefter, indtil trykket indeni er lig omgivelsernes tryk. Sprøjtens gasfyldte rumfang er da 66 mL.

Omgivelsernes tryk (barometerstanden) er 101 kPa.

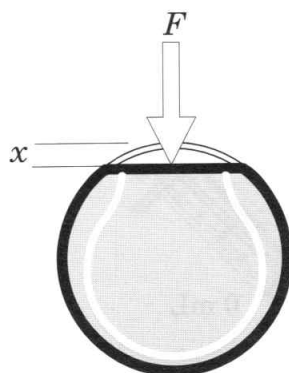
- a) Hvad var trykket i tennisbolden, før den blev punkteret?

Man undersøger en tennisbolds hoppeevne ved at lade den falde fra 2,00 meters højde ned mod et hårdt underlag. Efter sammenstødet med underlaget opnår tennisbolden en højde på 1,20 m.

Tennisboldens masse er 60 g. Sammenstødet med underlaget varer 5,0 ms.

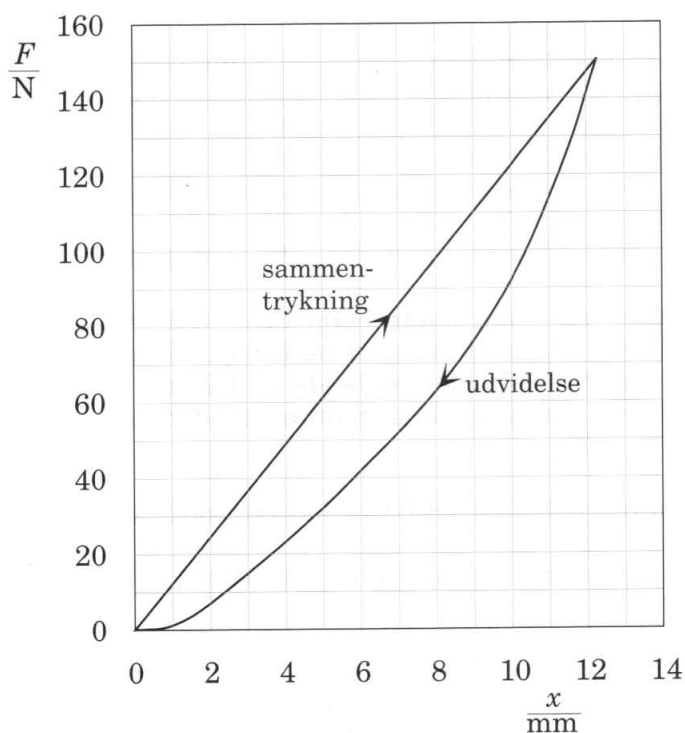
- b) Beregn tennisboldens tab i mekanisk energi ved sammenstødet.
- c) Hvor stor er den gennemsnitlige kraft på bolden under sammenstødet?

I et andet eksperiment undersøger man, hvordan en tennisbold deformeres, når den først trykkes sammen for derefter at udvide sig igen. Ved eksperimentet bestemmes sammenhørende værdier af sammentryknin-gen x og størrelsen af den tilhørende kraft F , figur 2.



figur 2

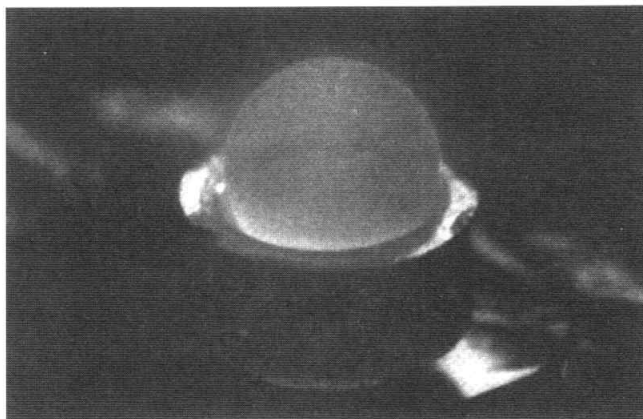
Det viser sig, at ved en bestemt x -værdi er kraften F større, når tennisbolden trykkes sammen, end når den udvider sig igen. Grafen på figur 3 viser sammenhængen mellem x og F , når bolden gradvis trykkes 12,3 mm sammen og derefter udvider sig igen.



figur 3

- d) Når bolden trykkes sammen, som vist på figur 3, udføres der et arbejde på den.
Vurdér, hvor stor en del af dette arbejde, der genvindes under udvidelsen.

1. Selvlysende kugle



Fotografiet viser en kugle, som indeholder radioaktivt plutonium (Pu), der afgiver så meget energi, at kuglens overflade har en temperatur over 600 °C. Den høje temperatur gør, at kuglen ses lysende.

Kuglen indeholder $^{238}_{94}\text{Pu}$, som er α -aktivt. De udsendte α -partikler bremses helt op i kuglen. Den energi, som frigøres ved henfaldene, afsættes som termisk energi i kuglen med effekten 100 W.

Varmestrålingen fra kuglens overflade har en effekt P , som kan beregnes af

$$P = (4 \cdot \pi \cdot r^2) \cdot (5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}) \cdot T^4$$

hvor r er kuglens radius og T overfladens absolutte temperatur (kelvin-temperatur).

- a) Beregn overfladens temperatur, når kuglens radius er 13,5 mm.

Nuklidet $^{238}_{94}\text{Pu}$ henfalder efter reaktionsskemaet



- b) Beregn Q -værdien for dette henfald.

Nuklidet $^{238}_{94}\text{Pu}$ har halveringstiden 87,7 år.

- c) Bestem massen af $^{238}_{94}\text{Pu}$ i kuglen.

2. Måling af reaktionstid

Mål din reaktionstid

Sådan gør du:

- få en ven til at holde dette kort øverst oppe
- anbring din egen tommel- og pegefinger 160 ud for startlinien på hver sin side af kortet
- vær klar til at gribe kortet
- få din ven til at slippe kortet på et tilfældigt tidspunkt 140
- grib kortet, så snart du ser det bevæge sig
- aflæs reaktionstiden i tusindedele sekunder på skalaen, hvor dine 120 fingre greb kortet

100

80

60

40

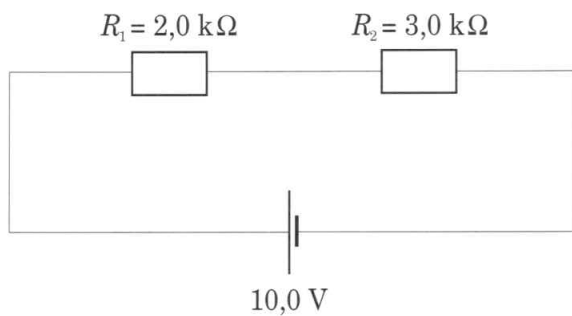
Hold fingrene her 0
ved start

formindsket gengivelse

Man kan måle en persons reaktionstid ved hjælp af et stykke pap. Reaktionstiden er her det tidsrum, som går, fra papstykket begynder at bevæge sig, til det er grebet. På papstykket er der - som vist på den formindskede gengivelse ovenfor - anbragt en skala, hvor man kan aflæse reaktionstiden i millisekunder.

- a) Forklar, hvordan man kan beregne placeringen af de forskellige tidsmærker på papstykket.
Beregn afstanden fra startpunktet til det sted på papstykket hvor forsøgspersonen griber, hvis reaktionstiden er 150 ms.

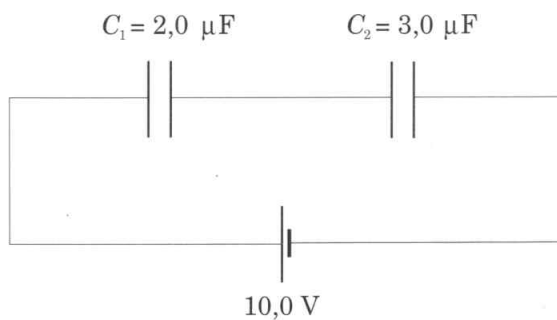
3. Måling af kapacitans



figur 1

To resistorer er koblet i serie som vist på figur 1.

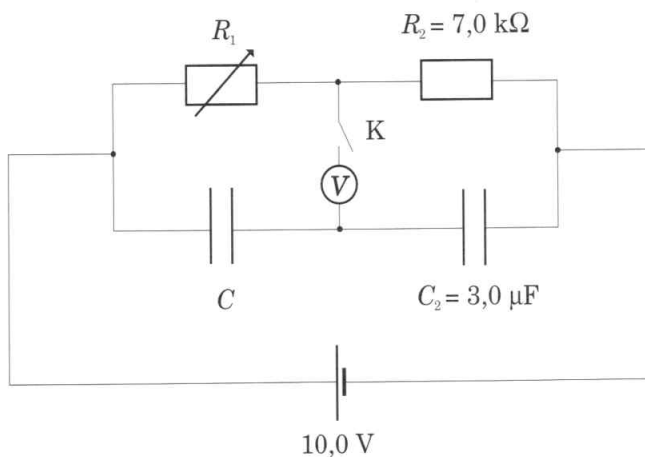
- a) Beregn spændingsfaldet over resistoren R_1 .



figur 2

På figur 2 er vist to kapacitorer, som er koblet i serie.

- b) Find spændingsfaldet over kapacitoren C_1 .



figur 3

Kredsløbet på figur 3 bruges til at bestemme en ukendt kapacitans C . Når man indstiller den variable resistor R_1 på $5,0 \text{ k}\Omega$, viser voltmetret 0 volt, når kontakten K sluttes.

- c) Beregn størrelsen af kapacitansen C .

4. Neutroddiffraction

Atomare partikler som elektroner og neutroner beskrives i visse sammenhænge bedst som bølger med en bølglængde, der kaldes partiklens deBroglie-bølglængde. Denne bølglængde λ kan beregnes af partiklens masse m og fart v ved:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

hvor h er Planckkonstanten. Bølge-

egenskaben kan vise sig ved, at atomare partikler kan give anledning til interferensfænomener, som det er kendt fra fx lys og lyd.

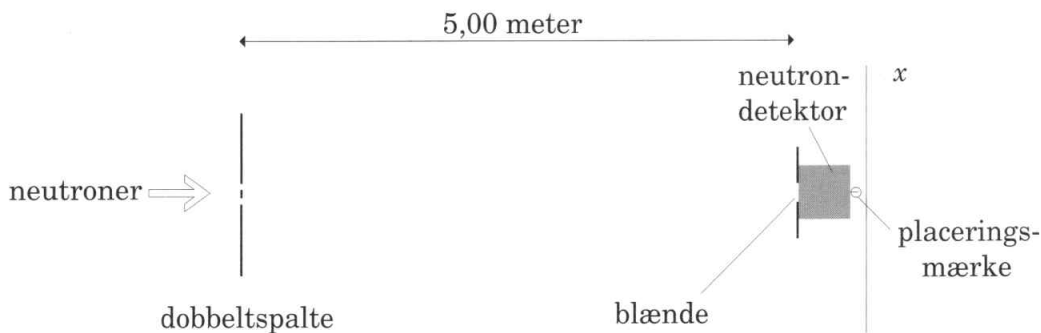
Neutroners bølgeegenskaber er undersøgt i et eksperiment ved ILL-forsøgsreaktoren i Grenoble, Frankrig. Eksperimentet er beskrevet i *American Journal of Physics*, bind 59 (1991), side 316.

Fra ILL-reaktoren fik man en stråle af neutroner hver med farten 215 m/s .

- a) Vis, at neutronernes deBroglie-bølglængde var $1,84 \text{ nm}$.

Neutronstrålen ramte en dobbeltspalte med afstanden d mellem spalterne. Dobbeltspalten kan betragtes som et gitter med gitterkonstant d .

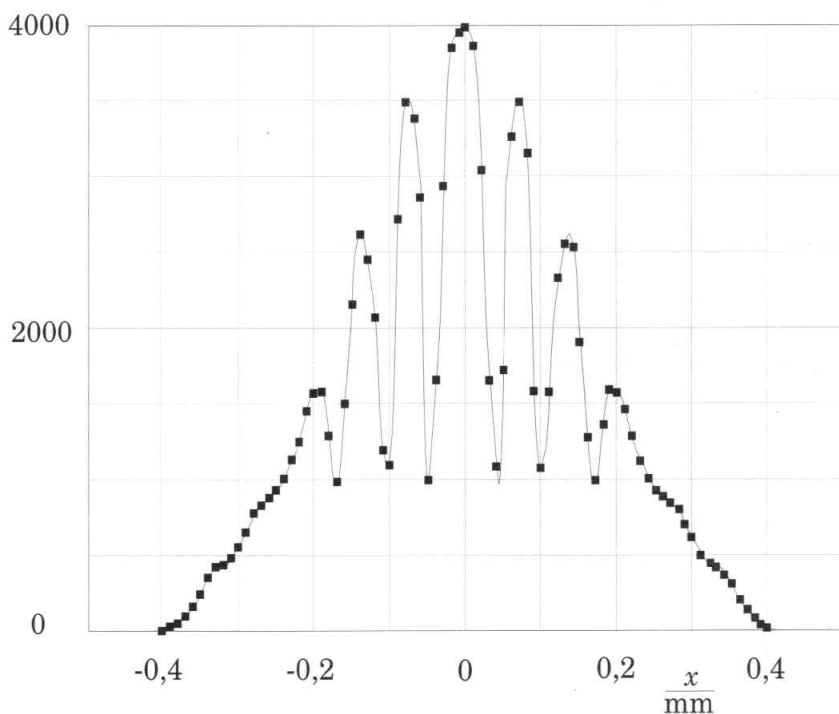
En neutroddetektor var placeret $5,00 \text{ m}$ bag dobbeltspalten. Foran detektoren var anbragt en blænde, så detektorens åbning var $10,0 \mu\text{m}$. Detektoren kunne flyttes vinkelret på neutronernes bevægelsesretning - se figur 1.



figur 1

I en bestemt position målttes, hvor mange neutroner der i løbet af 125 minutter ramte detektoren. Derefter blev detektoren flyttet - i skridt på $10,0 \mu\text{m}$ - og den beskrevne måling gentaget.

tællinger pr. 125 min



figur 2

Som vist på figur 2 observerede man et stærkt varierende tælleantal. Dette kan forklares ud fra neutronernes interferens.

b) Beregn d .

- c) Hvor lang tid var en neutron om at komme fra dobbeltspalten til detektoren?
 Vurdér, hvor mange neutroner der samtidigt befandt sig mellem dobbeltspalten og detektoren.

5. Biltest

Ved en biltest starter en bil fra hvile og accelererer, indtil den når sin topfart. Tabellen nedenfor viser for den første del af testen bilens fart v til forskellige tidspunkter t efter starten.

Man kan regne med, at bilens acceleration er konstant, indtil farten er 30 km/h.

t / s	0	2,2	3,1	5,5	8,9	13,3	18,9
$v / \text{km/h}$	0	30	40	60	80	100	120

- a) Bestem bilens acceleration lige efter starten.
- b) Giv en vurdering af, hvor lang tid bilen bruger på at køre de første 250 meter.

Bilens masse er 1430 kg.

- c) Tegn en (t, E_{kin}) -graf for bilens bevægelse.
 Begrund ved hjælp af grafen, at den resulterende krafts effekt, P , er konstant, når bilens fart er mellem 30 km/h og 120 km/h.
 Bestem størrelsen af P .

Det væsentligste bidrag til gnidningsmodstanden F_{gn} mod bilens bevægelse er luftmodstanden, som kan skrives

$$F_{\text{gn}} = k \cdot v^2$$

hvor k er en konstant.

Når bilens fart er 120 km/h og derover, yder motoren sin maksimale effekt 60 kW til de drivende hjul.

- d) Bestem værdien af konstanten k .
 Vurdér bilens topfart.

1. Bestemmelse af kernemasse

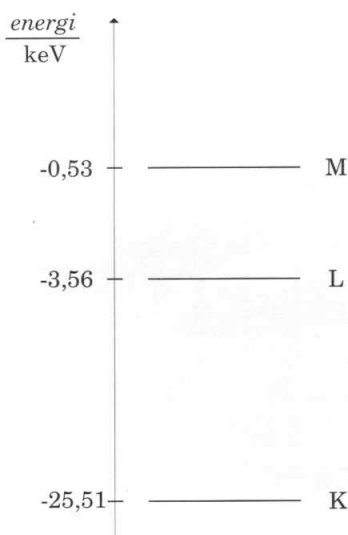
Ved β -henfald af nuklidet ${}^8_3\text{Li}$ dannes en kerne af beryllium (Be). Beryllium-kernen deler sig omgående i to α -partikler.

a) Opstil et reaktionsskema for hver af de to processer.

Før delingen er berylliumkernen i hvile. Efter delingen har hver af α -partiklerne farten $8,4 \cdot 10^6$ m/s.

b) Beregn massen af den dannede berylliumkerne.

2. Auger-elektroner



Diagrammet viser energierne af de laveste energiniveauer i et sølvatom.

Hvis røntgenstråling med energien 58,7 keV sendes mod en prøve af sølv, vil der løsriveres elektroner. De udsendte elektroners kinetiske energier er angivet i tabellen.

$E_{\text{kin}} / \text{keV}$	55,1	33,2	21,4	18,4
-------------------------------	------	------	------	------

To af disse energier skyldes elektroner, der er løsrevet direkte fra henholdsvis K- og L-skallen ved fotoelektrisk effekt.

a) Hvilke to energier drejer det sig om?

Hvis et sølvatom mister en elektron i K-skallen, kan en elektron fra fx L-skallen eller M-skallen overgå til K-skallen og fylde hullet. Den overskydende energi kan udsendes som elektromagnetisk stråling.

- b) Beregn bølgelængden af den elektromagnetiske stråling, der udsendes, når elektroner overgår fra L-skallen til K-skallen.

De to andre energier i tabellen skyldes elektroner, der er løsrevet ved den såkaldte Auger-effekt: Hvis atomet har et hul i K-skallen, kan en elektron fra fx L-skallen eller M-skallen overgå til K-skallen og fylde hullet. Den overskydende energi overføres til en af atomets andre elektroner, som herved løsriveres.

- c) Forklar, hvilke energiniveauer i sølvatomet, som via Augereffekten indgår ved de to andre energier i tabellen.

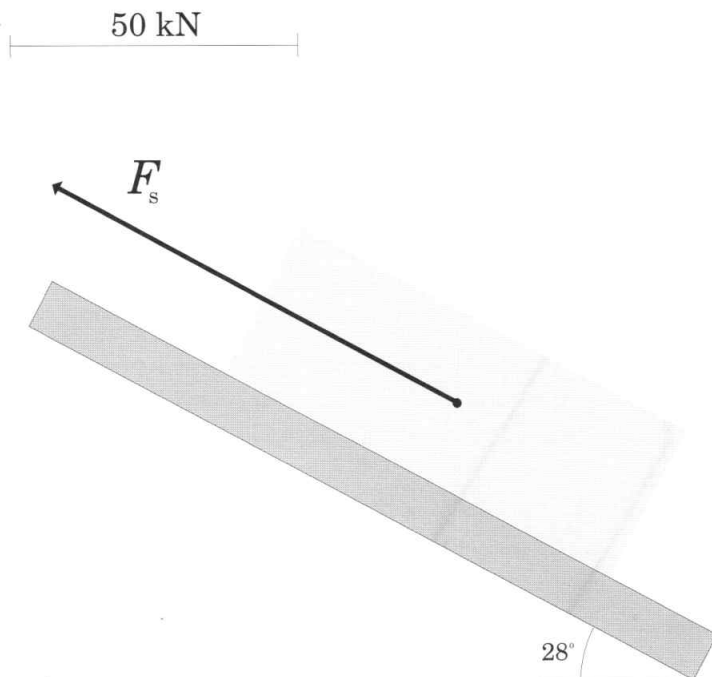
3. Container



Billedet viser en container, der er ved at blive trukket op ad ladet på en lastvogn. Ved hjælp af en stålwire trækker en elmotor containeren med den konstante fart 0,25 m/s. Størrelsen af trækraften F_s fra stålwiren er 78,4 kN.

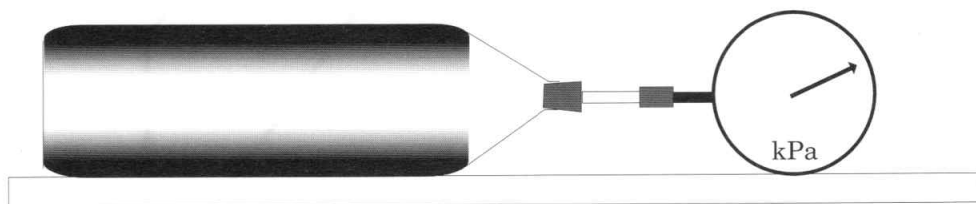
- a) Beregn den effekt, hvormed trækraften fra stålwiren udfører arbejde på containeren.

Ladet hælder 28° med vandret. Massen af containeren er 9,2 ton.



- b) Tegn på en figur som ovenstående pile, der viser størrelse og retning af de kræfter, som virker på containeren, mens den trækkes op ad ladet.
- c) Beregn gnidningskoefficienten mellem lad og container under bevægelsen.

4. Gaseksperiment

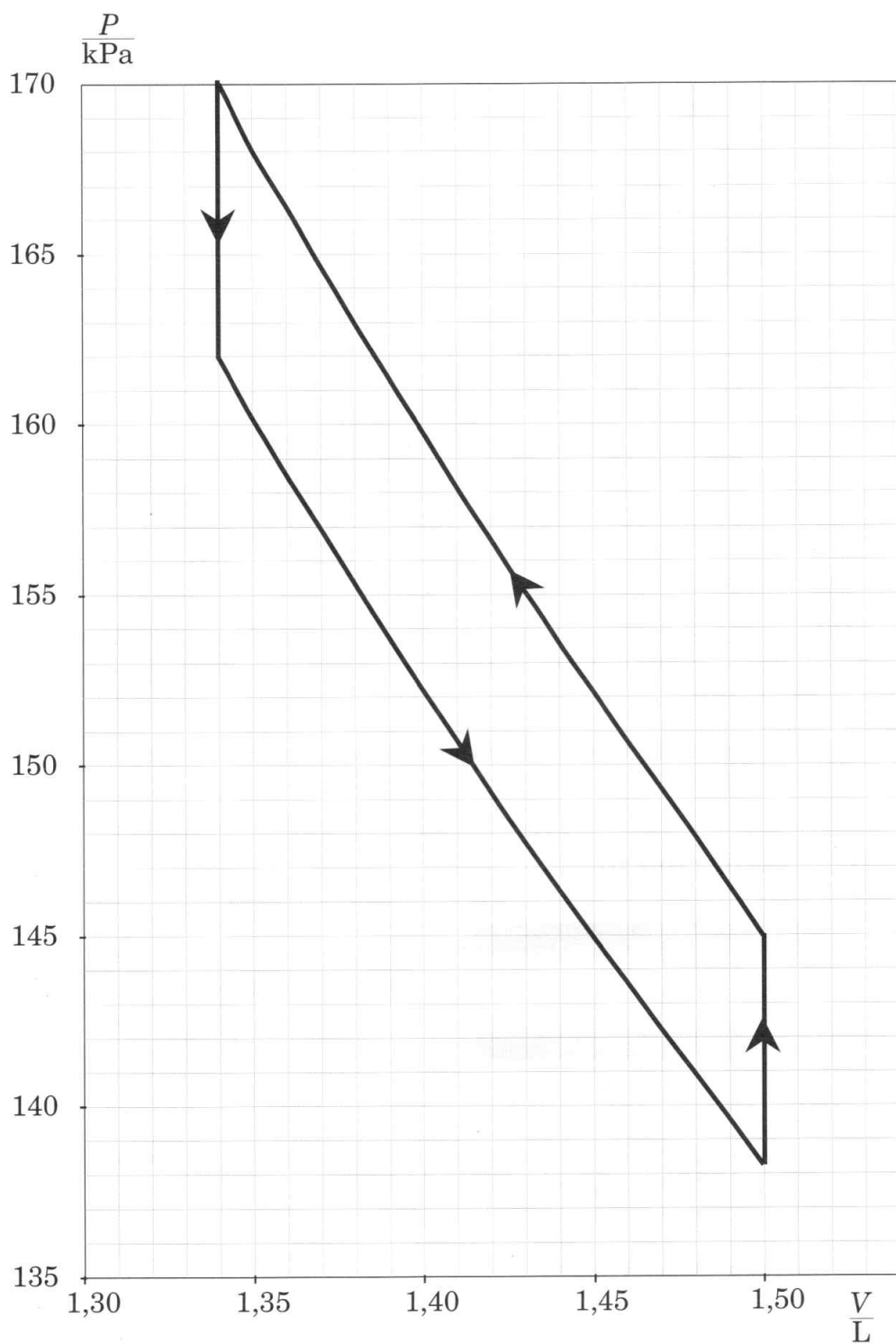


En 1,50 L plastikflaske indeholder en gas med trykket 145 kPa. Temperaturen af gassen og omgivelserne er 20,0 °C.

Gassens molare masse er 28,0 g/mol.

- a) Beregn gassens masse.

Flasken trykkes hurtigt lidt sammen. Efter nogen tid slippes flasken, som derefter hurtigt antager sit oprindelige rumfang. Sammenhængen mellem gassens rumfang V og tryk p under eksperimentet fremgår af figur 1.



figur 1

Under den hurtige sammentrykning (fra A til B) stiger gassens tryk og temperatur.

- b) Bestem gassens temperatur umiddelbart efter sammentrykningen.

Mens flasken holdes sammentrykket, bliver gassens temperatur igen $20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, og samtidigt falder gassens tryk. Under den hurtige udvidelse (fra C til D) falder såvel tryk som temperatur yderligere. Noget senere vender gassen tilbage til den oprindelige tilstand.

- c) Bestem en tilnærmet værdi for det arbejde, som omgivelserne udfører på gassen under sammentrykningen (fra A til B).
Hvor meget varme afgiver gassen under det samlede eksperiment?

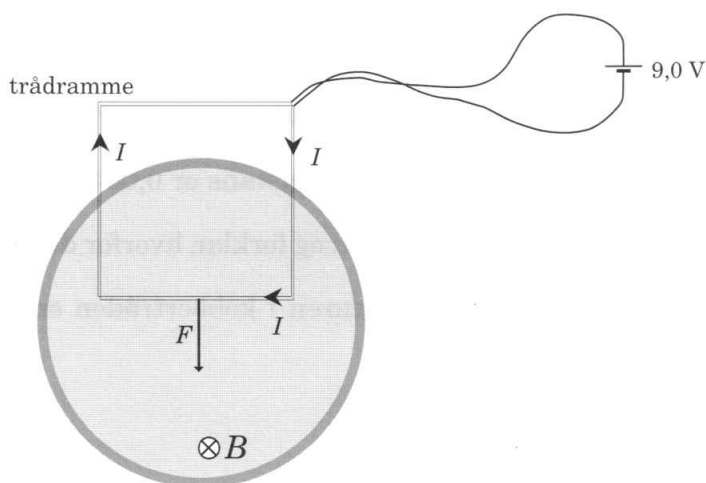
5. Leder i magnetfelt

En lang spole med 8000 vindinger har længden 0,500 meter. En elektrisk strøm gennem spolen frembringer et magnetfelt i spolen med fluxtætheden $8,62\text{ mT}$.

- a) Beregn strømstyrken.

En lang, tynd kobbertråd er viklet 200 gange om en kvadratisk ramme. Kvadratets sidelængde er $6,0\text{ cm}$. Kobbertrådens resistans er $6,5\text{ }\Omega$.

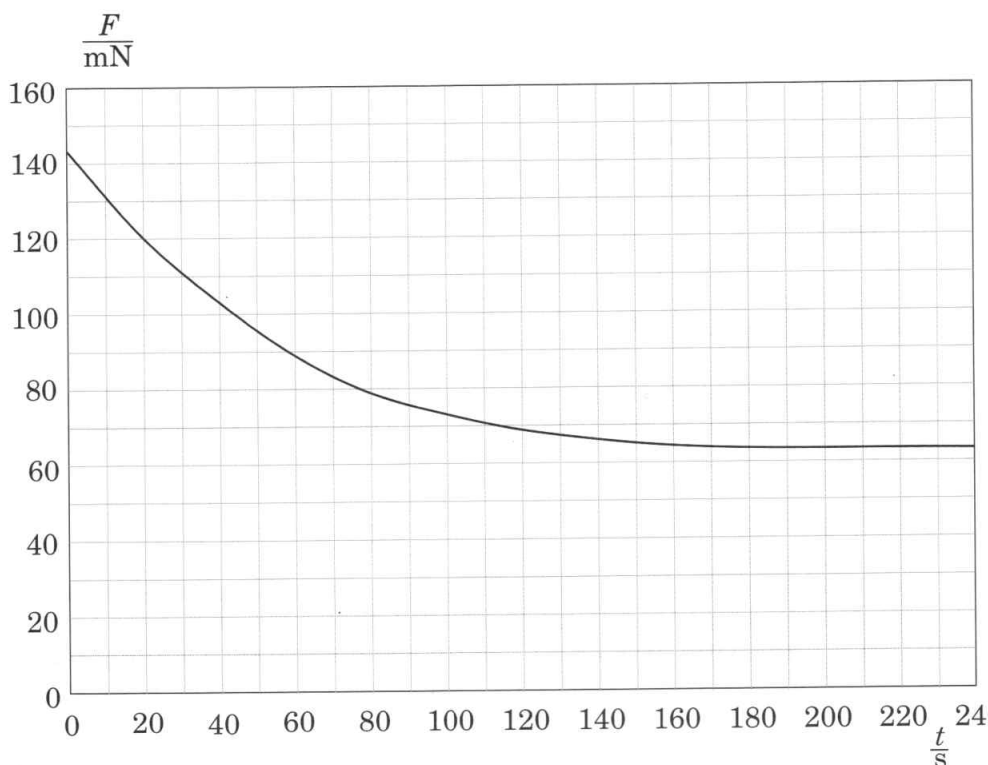
Kobbers resistivitet er $1,7 \cdot 10^{-8}\text{ }\Omega \cdot \text{m}$ ved omgivelsernes temperatur 20°C .



- b) Hvad er kobbertrådens tværsnitsareal?

figur 1

Den nederste vandrette del af trådrammen er placeret i magnetfeltet fra spolen som vist på figur 1. Kobbertråden tilsluttes en 9,0 V-spændingskilde. Den elektriske strøm gennem tråden bevirker, at trådrammen påvirkes af en nedadrettet kraft F fra magnetfeltet. Grafen på figur 2 viser størrelsen af kraften F som funktion af tiden t efter tilslutning til spændingskilden.



figur 2

Den elektriske strøm gennem kobbertråden opvarmer tråden, hvorved dens resistans stiger.

Kobbers temperaturkoefficient for resistans er $0,0043 \text{ K}^{-1}$ ved 0°C .

- c) Forklar, hvorfor kraften aftager, og forklar, hvorfor den nærmer sig en konstant værdi.

Beregn, hvor meget temperaturen i kobbertråden er steget efter 200 s.

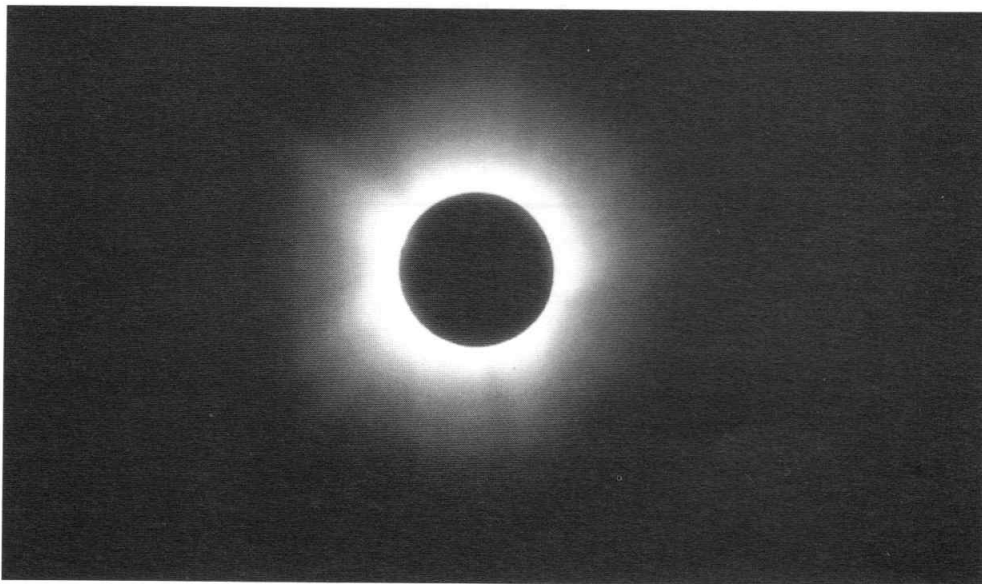
1. Stød



To vogne bevæger sig uden gnidning på et vandret underlag og støder sammen i et centralt stød. Figuren viser vognene før og efter sammenslået.

- a) Hvilken hastighed v har vognen med massen 1,6 kg efter stødet?

2. Solens korona



Uden om Solen findes en stærkt fortyndet, meget varm gas af ioner. Det er den såkaldte korona. Ved en total solformørkelse er Solens korona synlig for det blotte øje.

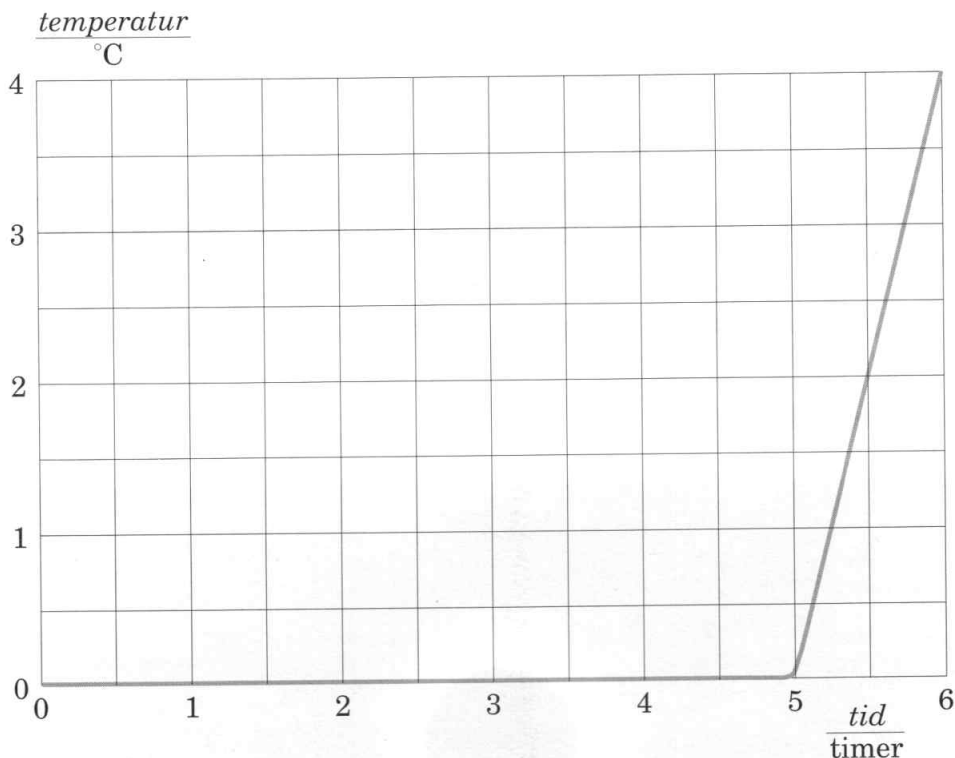
Temperaturen i koronaen er typisk $2 \cdot 10^6$ K. Hver kubikmeter af koronaen indeholder ca. $1,8 \cdot 10^{-9}$ mol gasioner.

- a) Beregn trykket i koronaen.

3. Beholder med is og vand

En beholder indeholder en blanding af is og vand. Ved hjælp af et varmelegeme i beholderen tilføres energi med effekten 150 W. Grafen viser temperaturen i beholderen som funktion af tiden siden varmelegemets tilslutning.

Antag først, at man kan se bort fra beholderens varmekapacitet.

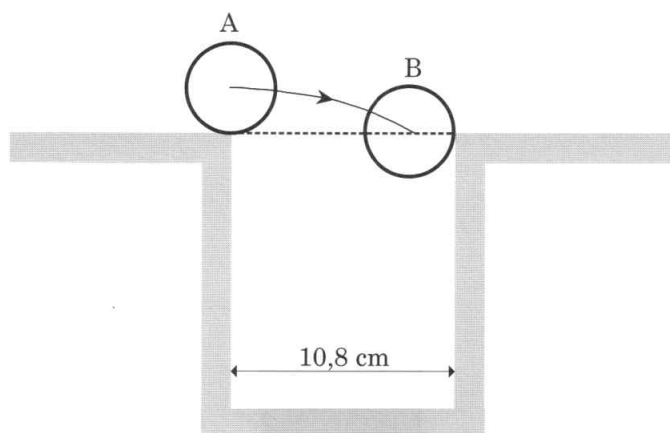


- Bestem massen af den oprindelige mængde is.
- Beregn massen af vandet i beholderen, efter at isen er smeltet.

Antagelsen om, at man kan se bort fra beholderens varmekapacitet, er ikke helt realistisk.

- Forklar, om det fører til en mindre, en større eller en uændret værdi for hver af de to omtalte masser, hvis man i beregningerne tager hensyn til beholderens varmekapacitet.

4. Golfputtet



En golfspiller skal med sit sidste slag, puttet, få golfkuglen til at rulle hen over græsset og falde i hul. Man kan regne med, at golfkuglen havner i hullet, hvis den er faldet mindst en golfkugleradius, når den rammer den modsatte side af hullet.

Golfkuglens radius er 2,1 cm.

- a) Bestem den tid, det tager golfkuglen at falde en golfkugleradius. Beregn den største fart golfkuglen må have i A, for at man kan være sikker på, at den havner i hullet.

5. Vanddråber i olie

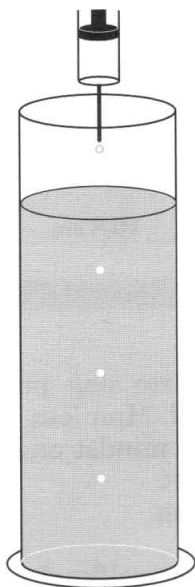
I et eksperiment hældes olie lidt ad gangen i et måleglas. Sammenhørende værdier af oliens rumfang og massen af det delvist fyldte måleglas er anført i tabellen.

- a) Bestem oliens densitet og måleglassets masse.

<i>rumfang / cm³</i>	21	62	95	131	160
<i>masse / g</i>	105,5	145,8	173,2	204,3	228,6

Ved hjælp af en kanyle fremstilles små vanddråber. Dråberne er kugleformede, og de har alle samme radius r . Størrelsen af en dråbe bestemmes ud fra en vejning. Massen af 100 vanddråber er 1,36 g.

b) Beregn r .



Fra kanylen falder vanddråberne ned gennem olien. På grund af gnidningsmodstanden opnår dråberne hurtigt den konstante fart 4,63 mm/s.

c) Tegn en figur, som viser størrelse og retning af tyngdekraften, opdriften og gnidningsmodstanden på en vanddråbe i olien.

Størrelsen af gnidningsmodstanden F på en vanddråbe med farten v er

$$F = 6 \cdot \pi \cdot r \cdot \eta \cdot v$$

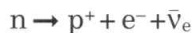
Konstanten η , den såkaldte viskositet, afhænger af olietypen.

d) Bestem en værdi for oliens viskositet η .

6. Neutronens halveringstid

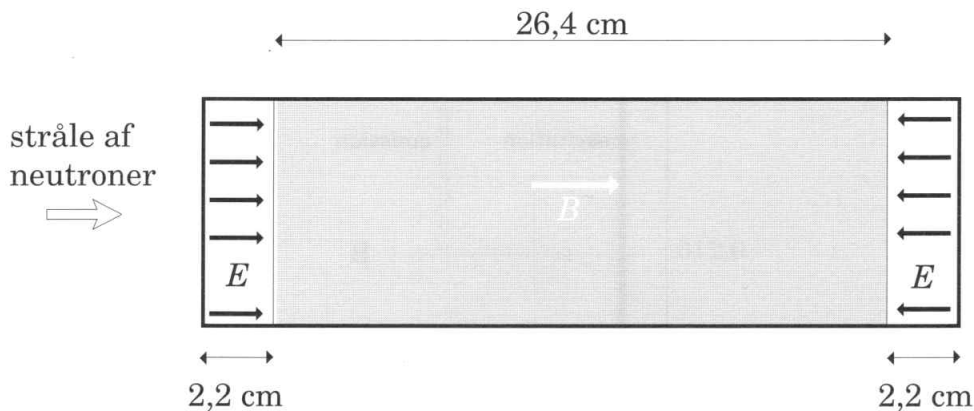
Størrelsen af neutronens halveringstid spiller en stor rolle for forståelsen af bl.a. stofproduktionen i Universets første faser. Tidligere regnede man med en halveringstid på omkring 700 s, men nye og mere præcise eksperimenter i starten af 1990'erne har ført til en noget lavere værdi.

En fri neutron henfalder til en proton under udsendelse af en elektron og en antineutrino:



a) Beregn processens Q -værdi.

I de omtalte eksperimenter fra 1990'erne udnytter man, at protoner påvirkes af elektriske og magnetiske felter, mens neutroner ikke påvirkes.



figur 1

En tynd stråle af neutroner sendes gennem en "protonfælde", figur 1. Ved hjælp af en kombination af elektriske og magnetiske felter "fanger" protonfælden de protoner, der dannes ved henfald af neutroner inden for fælden. Magnetfeltet er homogent og parallelt med neutronernes bevægelsesretning. Fluxtætheden i magnetfeltet er $5,0 \text{ T}$.

Protonernes fart er højst $3,80 \cdot 10^5 \text{ m/s}$. En proton, der udsendes vinkelret på magnetfeltets retning, vil bevæge sig i en cirkelformet bane.

b) Hvad er den største radius en sådan protonbane kan have?

Ved hver ende af protonfælden bliver protonerne påvirket af et homogent elektrisk felt. Den elektriske feltstyrke er $45,5 \text{ kV/m}$.

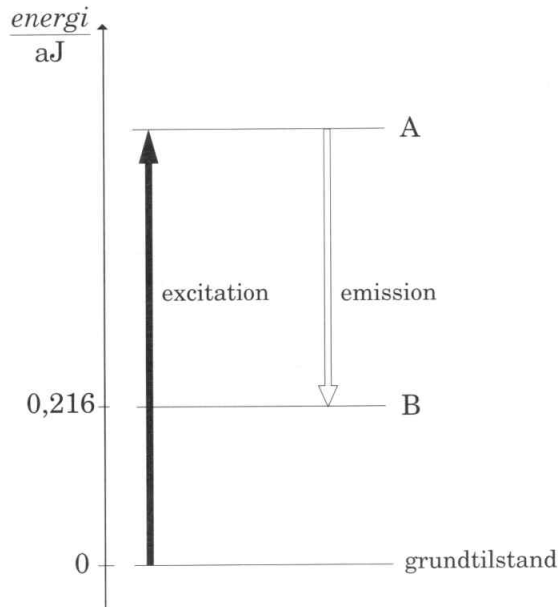
c) Forklar, at protonerne, uanset bevægelsesretning, ikke har energi nok til at slippe ud gennem fældens ender.

Ved en af målingerne blev der hvert sekund sendt $4,17 \cdot 10^7$ neutroner ind i protonfælden. Neutronernes fart var $2,20 \text{ km/s}$. Indenfor den $26,4 \text{ cm}$ lange protonfælde blev der da fanget 336 protoner pr. minut.

d) Hvilken værdi giver forsøget for neutronens halveringstid?

1. Flouescens

Nogle stoffer lyser, når de bestråles med ultraviolet lys. Fænomenet kaldes flouescens.



I et bestemt stof kan fotoner med bølglængde 300 nm excitere elektroner fra grundtilstanden til et højere energiniveau A. Stoffet udsender synligt lys, når elektronerne overgår til det lavere energiniveau B, som ligger $0,216 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ over grundtilstanden. Figuren viser processen i et energiniveaudiagram.

- a) Bestem bølglængden af det lys, som udsendes ved overgangen fra energiniveau A til energiniveau B.

2. Hubble-teleskopet



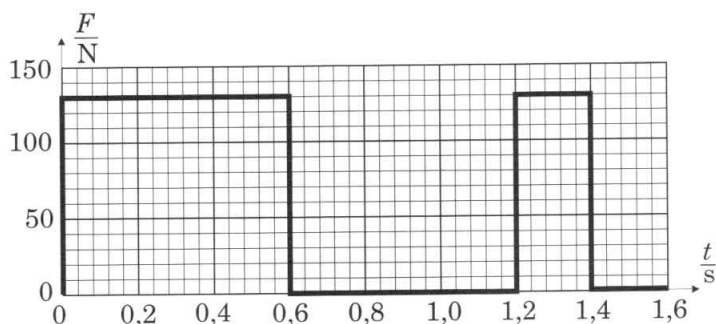
Hubble-teleskopet er en satellit, der bevæger sig i en cirkelformet bane om Jorden. Omløbstiden er 96,3 min.

- a) Beregn Hubble-teleskopets højde over jordoverfladen.

3. Skateboard



En dreng står med højre fod på et skateboard og skubber sig igang med den ene fod.



Under bevægelsen påvirker drengen underlaget med en kraft. Grafen viser, hvordan størrelsen F af den vandrette del af denne kraft varierer som funktion af tiden t efter starten. Mens skateboardet ruller, er det også påvirket af en konstant gnidningskraft med størrelsen 20 N.

Den samlede masse af dreng og skateboard er 40 kg.

- a) Bestem en værdi for drengens fart efter 1,6 s.

4. Aktivitet fra α -kilde

Nuklidet $^{241}_{95}\text{Am}$ (americium) henfalder til $^{237}_{93}\text{Np}$ (neptunium) ved en α -proces:



- a) Beregn processens Q -værdi.

For at bestemme aktiviteten af en ^{241}Am -kilde anbringer man den mellem pladerne på en pladekapacitor. Pladekapacitoren har kapacitansen 32,8 pF, og afstanden mellem pladerne er 4,7 cm.

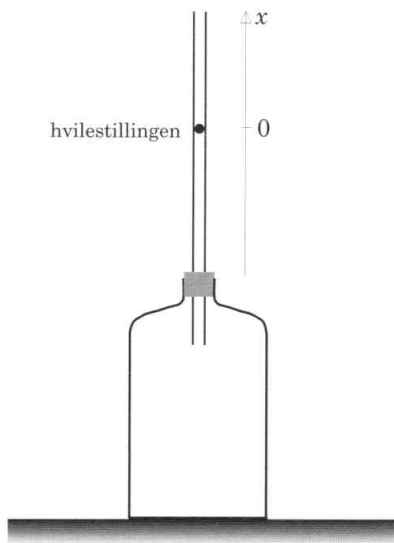
- b) Beregn arealet af hver af kapacitorens plader.

Man kan regne med, at al den energi, som frigøres ved henfaldene i kilden, bruges til at ionisere molekyler i luften mellem pladerne. De dannede ioner bliver opsamlet på pladerne. Det gør, at spændingsfaldet over kapacitoren falder fra 250 V til 0 V i løbet af 20 sekunder.

I gennemsnit kræver det 35 eV at frembringe et par af enkeltladede ioner i luft.

- c) Bestem kildens aktivitet.

5. Kugle i rør



En stålkugle med massen 56,7 g befinder sig i et langt, lodret rør i toppen af en beholder, der indeholder en gas. Stålkuglen passer til røret, så den kan bevæge sig op og ned uden gnidning, og uden at gassen siver forbi den. Rørets tværsnitsareal er $A = 4,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. Trykket uden for beholderen er 101,6 kPa.

Stålkuglen befinder sig til at begynde med i hvile i røret.

- a) Vis, at trykket i beholderen da er $p_0 = 102,9 \text{ kPa}$.

Når stålkuglen er i hvilestillingen, er rumfanget af gassen $V_0 = 1,532 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$. Ved hjælp af en magnet løftes stålkuglen 0,20 m op over hvilestillingen og fastholdes der.

- b) Hvor stort er trykket i beholderen nu?

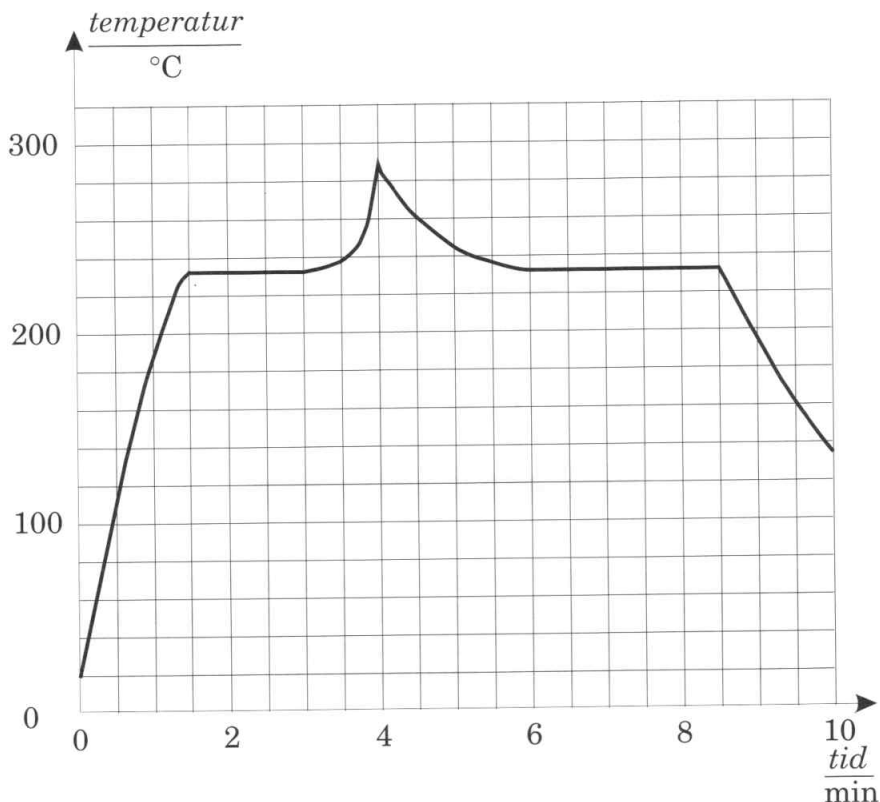
Magneten fjernes hurtigt, hvorefter stålkuglen begynder at svinge omkring hvilestillingen med perioden 1,11 s. Den resulterende kraft F på kuglen er

$$F = -\alpha \cdot \frac{A^2}{V_0} \cdot p_0 \cdot x$$

hvor x er forskydningen fra hvilestillingen, og $p_0 = 102,9 \text{ kPa}$ er trykket i beholderen, når kuglen er i hvilestillingen. Konstanten α har værdien 1,67 for en éatomig gas, mens værdien for en toatomig gas er 1,40.

- c) Forklar, at kuglen vil udføre en harmonisk bevægelse, efter at magneten er fjernet.
Er gassen én- eller toatomig?

6. Smeltning af tin



En beholder med fast tin tilføres varme med konstant effekt ved hjælp af et varmelegeme.

Grafen viser temperaturen i beholderen som funktion af tiden, efter at varmetilførslen starter. Efter 4,0 minutter stopper varmetilførslen.

- a) Forklar, hvordan man ud fra grafen kan finde tins smeltepunkt og angiv værdien.

Beholderens varmekapacitet er 18 J/K. Massen af tinnet er 0,188 kg, og den specifikke varmekapacitet for fast tin er 227 J/(kg · K).

- b) Beregn den samlede varmekapacitet af beholder og tin.
- c) Bestem varmelegemets effekt.
- d) Vurdér størrelsen af tins specifikke smeltevarme.

ISBN 87-7792-024-4



9 788777 920240

