

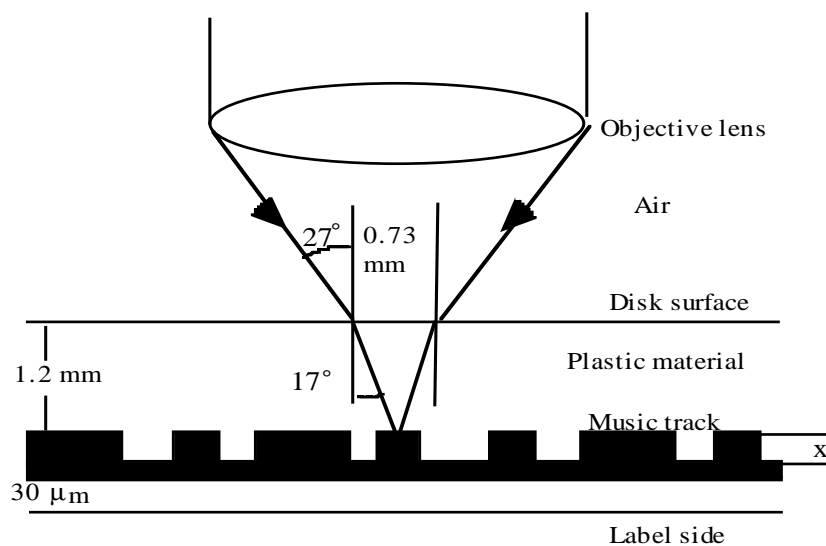
FYSIKTÄVLINGEN

FINALTÄVLING

11 maj 1996

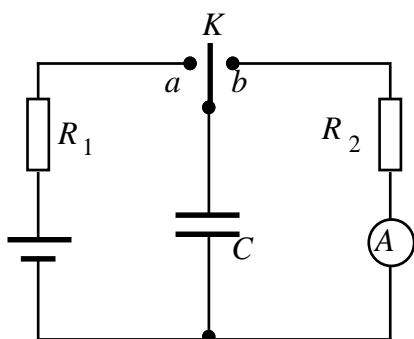
SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

1. Anta att protonen och elektronen inte har precis samma elektriska laddning, att t ex protonen har ett överskott av laddning $\delta \cdot e$ jämfört med elektronen där e är den elektriska elementarladdningen. Detta skulle då, om vi förutsätter att det finns lika många elektroner som protoner i en atom, ge upphov till en extra elektrisk kraft förutom tyngdkraften mellan jorden och månen som skulle vara observerbar i månens rörelse. Bestäm grovt en övre gräns på δ .
2. En typisk blixt ger upphov till en kortvarig strömpuls om storleksordningen 10 kA. Uppskatta inom vilket område en kompassnål kommer att bete sig oroligt.
3. Music on a compact disk (CD) is recorded on the disk as steps along a track spiralling out from the centre of the disk and is read by a narrow laser beam. In the presence of a step, light reflected from it will destructively interfere with light reflected from the area beside the track. In the absence of a step no such destructive interference occurs. Thus the intensity of the received signal varies as the steps pass under the laser beam. The lengths of the steps and the gaps between them transmit a binary code, which is processed to recover the original sound. The principle is shown in the picture below showing a side view of a track.



The wavelength of the laser light is 780 nm in air. Compute the height, x , of a step in the music track.

4. För att bestämma ϵ_0 använder man sig av en krets enligt figuren.



Till vänster har man en spänningskälla som ger en konstant spänning av 10,4 V. I mitten har man en kondensator bestående av två stora parallella cirkulära aluminiumplattor med radien 0,20 m. Avståndet d mellan plattorna kan varieras genom en skruvanordning. Till höger i kretsen finns en känslig amperemeter, A. En elektronisk kontakt K låter först kondensatorn stå i förbindelse med spänningskällan (läge a) under en tid av cirka 1/800 sekund. Resistorns R_1 's storlek är vald så

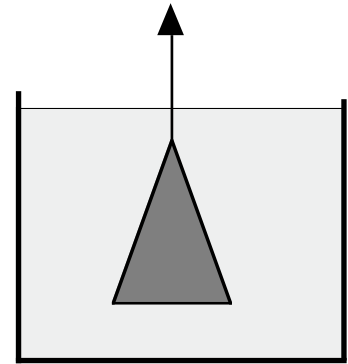
att denna tid är mycket större än "halveringstiden" $R_1 C$ för uppladdning vilket innebär att kondensatorn kommer att laddas upp till väsentligen samma spänning som spänningskällan. Kontakten K slår därefter över i läge b och kondensatorn urladdas genom amperemetern via resistorn R_2 . Även denna kontakttid är cirka 1/800 sekund och resistorn R_2 har valts så att kondensatorn efter denna tid kan anses fullständigt urladdad. Kontakten återgår till läge a och förloppet upprepas. Kontakten gör 400,0 sådana perioder per sekund. Strömmen i genom amperemetern varierar med tiden men eftersom amperemetern är ett visarinstrument kommer den på grund av visarens tröghet att visa medelströmmen I genom amperemetern under en period. Förutom kapacitansen C hos plattkondensatorn kommer anslutningsledningar och metall detaljer i skruvanordningen att medföra att det finns en extra strökapacitans som man kan betrakta som en okänd konstant kapacitans $C_{strö}$ parallellkopplad med C .

För olika inställningar av avståndet d mellan plattorna mäter man strömmen I genom amperemetern med följande resultat

d / mm	$I / \mu\text{A}$
1	5.25
2	2.90
5	1.55
10	1.08
20	0.85
30	0.78
40	0.75

- Plotta data på lämpligt sätt och bestäm ett värde på ϵ_0 .
- På vilket sätt kan du se strökapacitansen i ditt diagram?

5. En kon hänger i ett stort kärl med vatten i ett snöre som är fastsatt i konens spets. I utgångsläget hänger konen med sin spets precis i vattenytan. Man lyfter nu konen sakta rakt upp ur vattnet genom att dra i snöret. Hur stort arbete går det åt att på detta sätt lyfta konen så att dess bottenyta precis når vattenytan? Kärlet är så stort och innehåller så mycket vatten att vattenytans sänkning är försumbar när man lyfter konen. Konen har massan 1,00 kg, dess densitet är 1,40 g/cm³ och dess höjd 22 cm.



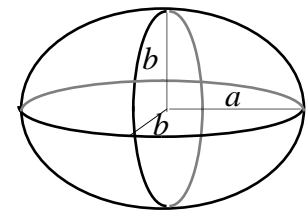
6. En atomkärna kan i många fall betraktas som en sfär med nukleoner. Sfärens volym är proportionell mot antalet nukleoner, A , i kärnan. Kärnan hålls samman av en "ytspänning" beroende på att nukleonerna på kärnans yta attraherar varandra på ett sätt som påminner om ytspänningen på ytan av en vätskedroppe, kärnan vill ha så liten area som möjligt. Detta ger en positiv energiterm som är proportionell mot kärnans area dvs mot $A^{2/3}$. Protonerna i kärnan är elektriskt laddade och repellerar varandra. Vi kan anta att protonernas laddning är homogent fördelad i kärnan. En sådan laddningsfördelning ger en positiv energiterm, proportionell mot kärnans laddningstal, Z , i kvadrat och omvänt proportionell mot kärnans radie dvs $A^{-1/3}$. Sammanfattningsvis kan alltså kärnans energi W i denna modell beskrivas av

$$W = a_s A^{2/3} + a_e Z^2 A^{-1/3}$$

där a_s och a_e är konstanter som kan beräknas ur andra mätningar på kärnan. Vi har alltså två krafter som kämpar mot varandra, ytspänningen som vill hålla samman kärnan och den elektrostatiska repulsionen som vill slita sönder den.

a) I en första modell för fission (kärnklyvning) tänker vi oss att kärnan direkt delas i två likadana kärnor. Beräkna ett villkor på Z och A för fissionsinstabilitet uttryckt i konstanterna a_s och a_e .

b) Klyvningen sker i verkligheten inte direkt utan över ett mellanstadium med en deformerad kärna. En bättre modell är då att kräva att kärnan skall vara instabil vid en liten deformation. Vi tänker oss då att kärnan något avviker från sfärisk form och antar formen av en rotationsellipsoid enligt figuren.



Om den ursprungliga kärnans radie är R kan vi beskriva kärnans deformation med parametern ϵ så att $a = R(1 + \epsilon)$, $b = R(1 + \epsilon)^{-1/2}$ ($\epsilon \ll 1$). Med detta val blir kärnans volym, πab^2 , oförändrad. Däremot ändras arean och man kan visa att ytenergin för en sådan kärna ändras med en faktor $(1 + \frac{2}{5}\epsilon^2)$, medan den elektrostatiska energin ändras med faktorn $(1 - \frac{1}{5}\epsilon^2)$. Beräkna i denna mer realistiska modell ett samband mellan Z och A för fissionsinstabilitet.

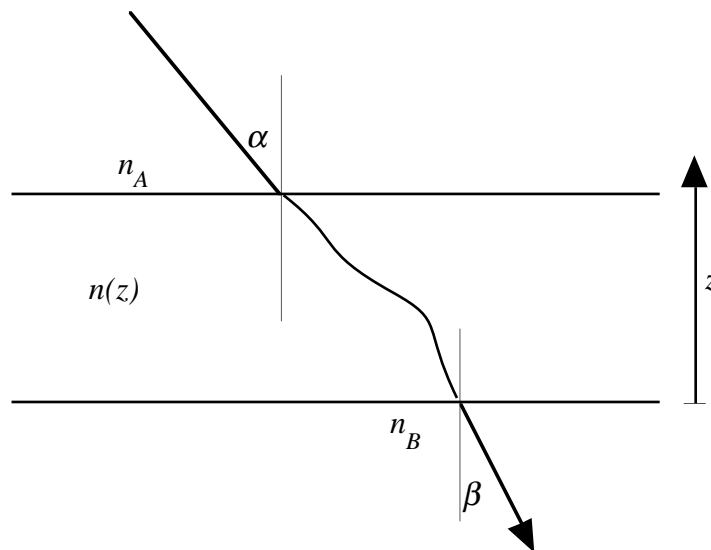
Konstanterna a_s och a_e är givna: $a_s = 16,8$ MeV och $a_e = 0,72$ MeV.

7. En kula hänger lodrätt i en tunn tråd som är fäst i änden på en stav som skjuter ut horisontellt från en vägg. Trådens längd är 0,53 m. Kulan ges en horisontell stöt så att den färdas medurs i en vertikal cirkulär bana. Utgångsfarten är så stor att tråden nätt och jämnt är sträckt när kulan passerar banans högsta punkt.

Undersök hur kulans acceleration i vertikal led varierar under ett varv. Bortse från inverkan av friktion och luftmotstånd. Redovisa beräkningar och resonemang och ge resultatet i form av en graf med accelerationen i vertikal led som funktion av tiden. Grafen behöver inte vara noggrann men skall i väsentliga drag återge hur accelerationen varierar.

8. a) Betrakta ett genomskinligt planparallellt skikt av materia där brytningsindex, n , varierar med avståndet, z , från den undre gränssytan. En ljusstråle går genom skiktet.

Visa att $n_A \sin \alpha = n_B \sin \beta$.



b) Under varma sommardagar kan man ofta se “vattenpölar“ långt bort på vägen. “Vattnetpölen“ försvinner emellertid då man närmar sig. Motsvarande fenomen kan även ses i öknen vilket kan vara något frustrerande för en törstig ökenvandrare.

Anta att dina ögon befinner sig 1,60 m över en lång, plan väg och att avståndet till närmaste “vattenpöl“ är 250 m. Brytningsindex, n , för luft vid temperaturen 15° och normalt lufttryck är 1,000276. Luftens temperatur på en höjd av mer än 1 m över marken antas konstant och lika med 30°C . Lufttrycket antas normalt. För en gas är storheten $n - 1$ proportionell mot gasens densitet. Beräkna temperaturen på luften omedelbart ovanför vägbanan.