

# FYSIKTÄVLINGEN

FINALTÄVLING

24 april 1999

SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

1. Estimate, by using generally known properties of a typical car, the energy content of one litre of petrol. Some "typical" data for a car is shown below.

Mass of car : 800 kg Length of car: 4.0 m Motor efficiency: 25%

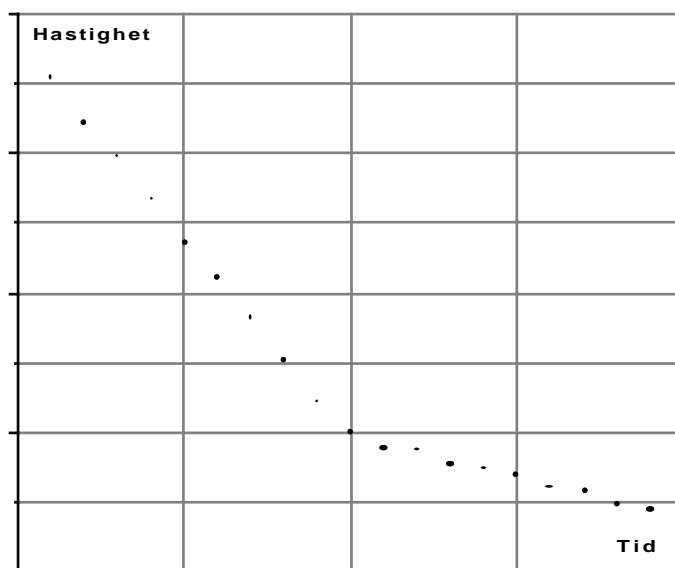
Fuel consumption: (road): 7 litres/100 km, (town) 9 litres/100 km

Tyre pressure: 200 kPa Acceleration: 0 – 100 km/h in 10 seconds

Battery: 12V / 60 Ah

2. Du kör bakom en lastbil på en väg. Ni håller båda samma fart, 60 km/h. Uppskatta hur långt bakom lastbilen du måste hålla dig för att inte träffas av ett eventuellt stenskott orsakat av att en sten, som klat fast sig i lastbilens bakhjulsdäck, lossnar. Försumma (något orealistiskt) luftmotståndet.

3. Man har ett lutande plan som bildar vinkeln  $2,0^\circ$  med horisontalplanet. I övre änden av det lutande planet har man en anordning som kan mäta momentan hastigheten på en kloss som glider på det lutande planet. Man ger klossen en fart uppför planet, mot detektorn och startar mätningen. Resultatet av mätningen visas i grafen nedan, där tyvärr graderingen på axlarna har fallit bort. Även tyngdaccelerationen är okänd. Bestäm friktionstalet (friktionskoefficienten) mellan klossen och det lutande planet.

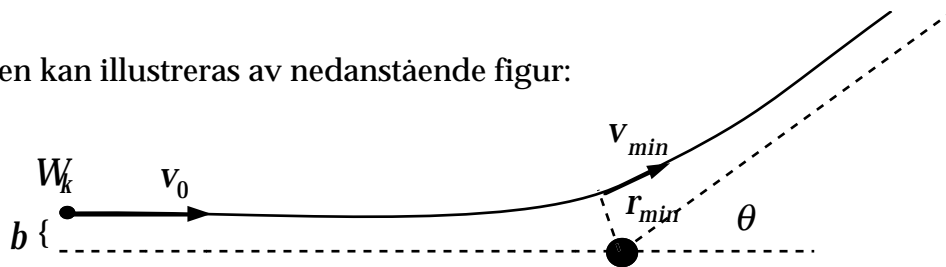


4. Vi studerar spridning av alfapartiklar mot blykärnor. Denna kan beskrivas genom att anta att vi har en elektrostatiske potentiell energi för växelverkan mellan en alfapartikel och en blykärna given av

$$E_p(r) = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 r}$$

där  $Q$  och  $q$  är blykärnans respektive alfapartikelns elektriska laddning och  $r$  är avståndet mellan de två.

Spridningen kan illustreras av nedanstående figur:

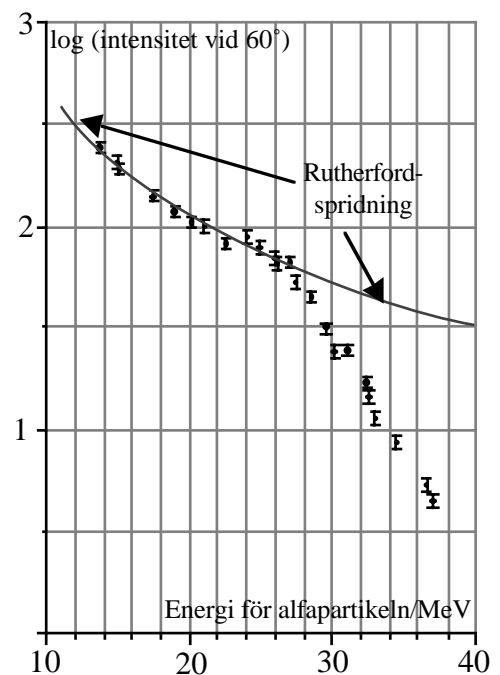


Vi antar att blykärnan ligger stilla under spridningsprocessen. Den infallande alfapartikeln har på stort avstånd från blykärnan farten  $v_0$  och kinetiska energin  $W_k$ . Avståndet  $b$  kallas *infallsparmetern*. När alfapartikeln är som närmast kärnan är avståndet mellan dem  $r_{min}$  och alfapartikelns fart  $v_{min}$ . Under spridningen kan vi anta att energilagen gäller d v s den totala energin är bevarad. Vidare gäller att det s k rörelsemängdsmomentet är bevarat vilket kan uttryckas matematiskt

$$b v_0 = r_{min} v_{min}$$

Slutligen kan man visa att det finns ett samband mellan infallsparmetern  $b$ , den kinetiska energin  $W_k$  och *spridningsvinkeln*  $\theta$

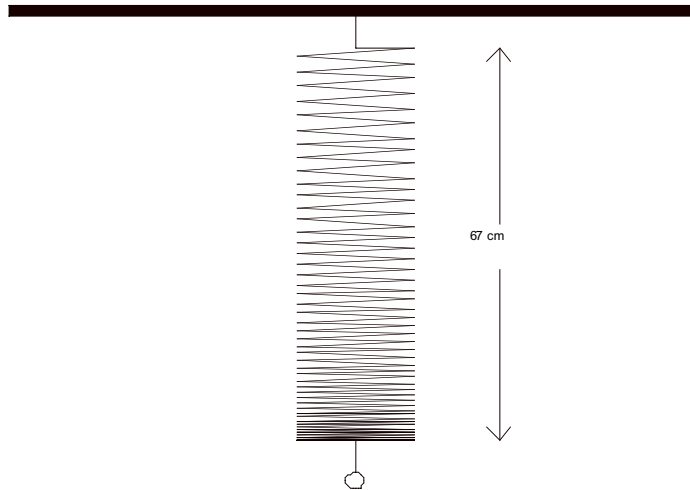
$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{Qq}{8\pi\epsilon_0 b W_k}$$



Vid ett experiment med sådan spridning placerades en detektor så att den registrerade det antal alfapartiklar som spridits  $60^\circ$  och man varierade de infallande alfapartiklarnas kinetiska energi. Man får då resultatet som visas i grafen till höger. Den streckade kurvan anger vad man förväntar sig för elektrostatiske spridning (Rutherfordspridning).

- Förklara vad som händer när alfapartikeln når energin 28 MeV.
- Uppskatta radien på blykärnan. Du kan anta att alfapartikelns (heliumkärnans) radie är cirka 2 fm.

5. En slinky spring med 50 varv hängs upp i taket. Under sin egen tyngd sträcks den ut till längden 67 cm vid jämvikt (se figur). Man hänger sedan upp en vikt med massan 0.050 kg i fjäderns nedre ände. Fjäders sträcks då ut så att den vid jämvikt har längden 125 cm. Beräkna fjäderns massa och fjäderkonstant.



6. Vi gör här en modell för ett träd med en krona. Modellen innebär att trädets stam approximeras med en viktlös stång med längden  $L$ . I toppen på stängen sitter en punktformig massa  $m$  som representerar kronan. Stängen är fäst vid marken med fjädrar (rötterna) som medför att om stammen lutar vinkeln  $\theta$  (som i fortsättningen förutsättes mätt i radianer) relativt lodlinjen så får man från rötterna ett motriktat vridande moment som är proportionellt mot denna vinkel d v s detta moment kan skrivas  $= k \cdot \theta$  där  $k$  är en konstant.

a) Visa, t ex genom att betrakta vad som händer för små vinkelavvikelser från lodlinjen att trädet står upprätt med  $\theta = 0$ , stabilt om

$$m < m_{kritisk} = \frac{k}{Lg} \quad \text{där } g \text{ är tyngdaccelerationen.}$$

b) Om trädets massa är större än den kritiska massan  $m_{kritisk}$  kommer det att luta en viss vinkel. Visa att om denna lutningsvinkel inte är alltför stor ges den av

$$\theta = \sqrt{6 \left( 1 - \frac{m_{kritisk}}{m} \right)}$$

*Ledning:* Man har serieutvecklingarna

$$\sin \theta = \theta - \frac{\theta^3}{6} + \dots \quad \cos \theta = 1 - \frac{\theta^2}{2} + \dots$$

7. En galax består efter vad vi kan se av gas, stoft och stjärnor som kretsar kring ett gemensamt centrum under inverkan av tyngdkraften. Vi kan göra en grov modell av en galax som ett sfäriskt moln av materia med radie  $R$ , total massa  $M$  och med konstant materiedensitet. En stjärna som kretsar utanför galaxen kommer då att känna en gravitationskraft som om galaxens hela massa vore koncentrerad i masscentrum.

a) Beräkna stjärnans rotationsfart i en cirkulär bana med radien  $r > R$  utanför galaxen.

En stjärna som rör sig i en cirkulär bana med radien  $r < R$  inne i galaxen kring galaxens masscentrum kommer att känna en gravitationskraft som om all massa innanför en sfär med radien  $r$  vore koncentrerad i masscentrum.

b) Beräkna stjärnans rotationsfart i en cirkulär bana med radien  $r < R$ .

c) Gör en grov plot av rotationsfarten för stjärnan som funktion av  $r$  om man antar  $R = 15\,000$  ljusår och galaxens massa sådan att rotationsfarten för en stjärna då  $r = R$  är  $150\text{ km/s}$ . Använd härvid bifogade diagram (sista sidan) där uppmätta data för en typisk galax har ritats in. Försök dra en slutsats av en jämförelse mellan data och modell.

8. Nyligen har experiment gjorts som antyder att neutriner, som hittills har betraktats som masslösa, kan ha massa  $m_\nu$  motsvarande en viloenenergi  $m_\nu c^2 = 0,1\text{ eV}$ . En kandidat till den s k mörka materien (osynlig massa) i universum skulle då kunna vara sådana massiva neutriner. Anta att en typisk galax har en synlig massa på  $10^{11}$  solmassor  $\approx 10^{41}$  kg. Anta att den mörka materien i galaxen, vilket observationer stöder, har en massa som är tio gånger större än den synliga massan och att denna mörka massa består av ett stort antal massiva neutriner med massa  $m_\nu$ . Anta att alla neutriner i universum är samlade i klotformiga, homogena moln med en radie på  $10^5$  ljusår kring galaxerna. Det genomsnittliga avståndet mellan galaxerna kan uppskattas till  $10^6$  ljusår. I Big Bangmodellen för universum är medelantalet neutriner per volym i hela universum detsamma som medelantalet fotoner per volym  $= 10^8 / \text{m}^3$ .

Kan dessa neutriner utgöra den mörka materien i galaxerna?

