

20 spørgsmål fra Ingeniørens brevkasse

Indhold

1. Relativistisk rotationshastighed?.....	1
2. Sorte huller skabt i laboratoriet?	3
3. Luftballoner (med vacuum)	3
4. Hastigheder større end lysets hastighed (1)	5
5. Hastigheder større end lysets hastighed (2)	5
6. Kold fusion. En anden fantom påstand	6

For en uge side (20-06-2018) fik jeg en henvendelse fra en medarbejder på bladet "Ingeniøren", og som stod for brevkassen med tekniske spørgsmål til "Ingeniøren". Hun skrev at de havde fået et spørgsmål om cykler, og som hun skrev, "at jeg havde lavet en fysik-rapport" om cykler.

Den artikel om cykelfysik, som ligger på min hjemmeside, er nu ikke en "fysikrapport", som jeg lavede i gymnasiet, men en bearbejdning af et valgfrit emne, som jeg lavede til en 3g som havde fysik på højt niveau i 2009.

Som jeg forsøgte at forklare så skånsomt, som det nu er muligt, så er en teoretisk fysiker næppe den rette til at besvare "drengerøvsspørgsmål" til Ingeniøren", der mest afspejler total uvidenhed om teoretisk fysik.

Det viste sig, at cykelspørgsmålet gik på om, det var en hurtig eller en langsom opbremsning, der sled mest på bremseklodserne. Det hører jo ikke rigtig til kategorien af interessante spørgsmål i den teoretiske fysik, og det eneste jeg kunne svare, var jo at det er den samme energi, der afsættes i bremseklodserne i de to tilfælde, og det nok kun var fabrikanten, der måske, (men næppe), kunne besvare spørgsmålet.

Det mente medarbejderen på Ingeniøren nu ikke besvarede spørgsmålet, og sådan gik det også med de øvrige spørgsmål.

1. Relativistisk rotationshastighed?

Jeg vil kun nævne fire andre spørgsmål. Det næste var, hvor spørgeren skriver:

1. Jeg har tænkt på om der er en teoretisk grænse for rotationshastighed? Kan man under ideelle omstændigheder tænke sig en motor der kan drive et svinghjul med en radius ca 16 cm, med f.eks. 299.792.458 omdrejninger pr sekund med ? Og et tillægs spørgsmål, hvorfor vil centrifugalkraften ikke trække emnet fra hinanden.

Spørgsmålet er jo reelt noget uinteressant nonsens, idet talværdien for frekvensen er lysets hastig i m/s , men jeg tænkte at en udredning af de kræfter, der virker på et roterende legeme, måske kunne få spørgeren til at tænke over tingene på en mere konstruktiv måde.

For måske at nærme os svaret på de to spørgsmål, ville jeg ridse det elementære grundlag op for cirkelbevægelse.

Hvis et legeme med masse m , f.eks. et lod i en snor bevæger sig i en jævn cirkelbevægelse med radius r og frekvens ν , så er vinkelfrekvensen $\omega = 2\pi\nu$, hastigheden $v = \omega r$, og den til cirkelbevægelsen nødvendige centripetalkraft. $F_c = m\omega^2 r$. Centripetalkraften er rettet mod centrum og leveres af snoren, der holder loddet.

Centrifugalkraften eksisterer ikke, der er intet, der leverer en udadrettet kraft på det roterende legeme. Reaktionskraften til centripetalkraften er rigtig nok udadrettet, men den virker ikke på loddet, der roterer, men på snoren, der holder den i banen.

Centrifugalkraften er en såkaldt fiktiv kraft, som modsvarer en manglende centripetalkraft. Hvis snoren brister, forsvinder centripetalkraften og loddet vil fortsætte jævnt og retlinet med den øjeblikkelige hastighed.

Men for at nærme os et svar om rotationshastighed og brudstyrke, så lad os tænke os et lod med masse $0,50 \text{ kg}$, som slynges rundt i en cirkelbevægelse med radius $2,0 \text{ m}$. Snoren, som holder loddet, har en brudstyrke på $F = 1000 \text{ N}$ (ca. tyngden af 100 kg). Snoren vil bryde, når centripetalkraften overstiger brudstyrken.

$$F_c = m\omega^2 r > F \Leftrightarrow 0,50\omega^2 2.0 > 1000 \Rightarrow \omega > 31,6 \text{ s}^{-1} \Leftrightarrow \nu > 5,0 \text{ Hz}$$

Der ligger i spørgsmålet, om hvorvidt man kan rotere med relativistiske hastigheder.

For det første: Det er ikke muligt på jorden at accelerere makroskopiske legemer op på relativistiske hastigheder.

Hvis man for eksempel ville accelerere et legeme med massen 1 kg til 90% af lysets hastighed, skulle der tilføres en energi:

$$E_{kin} = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - m_0 c^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - 0.081}} - 1 \right) c^2 = 3.8 \cdot 10^{15} \text{ J}$$

Et kraftværk, som leverer en effekt på 1 GW kan forsyne en mellemstor by med energi. For at levere den nødvendige energi, skal kraftværket altså køre i $3.8 \cdot 10^6$ s, som svarer til omk. 45 dage.

De maskiner man har bygget f.eks. i CERN for at accelerere atomare partikler op til nær lysets hastigheder er enorme.

For det andet, når hastigheden nærmer sig lysets hastighed, vokser masserne mod uendeligt efter

formlen: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$, så spekulationer om relativistiske hastigheder for svinghjul er ikke så interessante.

Ovenstående betragtninger om et lod i en snor, kan umiddelbart overføres til en roterende skive med radius $r = 16 \text{ cm}$ og masse $M = 20 \text{ kg}$. Og lad os da bestemme den centripetalkraft, som virker på den yderste cm af skiven, ved en frekvens ν . Massen per fladeenhed er:

$$d = \frac{M}{\pi r^2} \text{ og massen af den yderste cm } \Delta r = 1 \text{ cm er derfor: } m = 2\pi \Delta r d .$$

Centripetalkraften, der skal leveres for at holde det yderste af skiven i rotation er $F_c = m\omega^2 r$

Indsætter vi talværdierne og en (høj) rotationsfrekvens 100 Hz: $\omega = 200\pi$, får vi:

$$d = \frac{M}{\pi r^2} = 249 \text{ kg/m}^2 \text{ og } m = 2,50 \text{ kg} .$$

$$F_c = m\omega^2 r = 2,50(200\pi)^2 r = 1,58 \cdot 10^5 \text{ N} \approx 1,6 \cdot 10^4 \text{ kg} .$$

Dette er næppe nok til at rive metallet i fra hinanden.

Det er nemt nok at indsætte en højere frekvens for at bestemme kraften (indtil det absurde er nået).

Dette svar var brevkasse redaktøren nu langt fra tilfreds med, fordi der ikke blev givet et kort mundtlig svar uden formler, da det langt fra var alle af "Ingeniørens" læsere, der forstod formler (kunne matematik). Om det ikke var muligt at give et teoretisk svar uden at anvende formler. Det måtte jeg beklageligvis svare nej til, det er det ikke, i hvert fald ikke, hvis svaret skal ledsages af en forklaring.

2. Sorte huller skabt i laboratoriet?

Forskelle i kræfter på forskellige dele af et fast legeme, der er tilstrækkelige til at rive legemet fra hinanden forekommer vist kun, når et massivt legeme falder ned i et sort hul, hvor det splintres i atomer.

Sorte huller er selv sagt ikke noget, man kan fremstille i laboratorier, og dog, i stil med myten om kold fusion, så fremkom der i pressen formodninger om at "the Large hadron collider" LHC i CERN, der blev taget i brug i 2008, kunne være i stand til at skabe et micro sort hul, der ville vokse og til sidst opsluge hele jorden.

Lige som det var tilfældet med påstanden om den kolde fusion, kan det nu afvises ved elementære teoretiske overvejelser, men som desværre ikke er egnede for den almindelige trykte presse eller de mere vidtløftige sociale medier.

Herunder følger en beregning, der viser, at forestillingen om at man kunne skabe et sort hul ved kollision af to relativistiske protoner er helt hen i vejret.

Først nogle naturkonstanter:

Massen af protonen: $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Lysets hastighed: $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Gravitationskonstanten: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ SI}$

Radius af en proton: $1,4 \cdot 10^{-15} \text{ m}$.

$1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

CM energien for to protoner i LHC i CERN: $8 \text{ TeV} = 8,0 \cdot 10^{12} \text{ eV}$.

Først udregner vi den ækvivalente relativistiske masse svarende til en CM energi på 8 TeV.

$E = 8,0 \text{ TeV} = 8,0 \cdot 10^{12} \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,28 \cdot 10^{-6} \text{ J}$, som svarer til en masse $m = E/c^2 = 1,42 \cdot 10^{-23} \text{ kg}$.

Dernæst udregner vi massen af et sort hul, idet vi antager (noget vilkårligt), at der dannes et sort hul med radius 10 protonradier. Radius af et sort hul er givet ved formlen:

$$R = \frac{2GM}{c^2} \Leftrightarrow M = \frac{Rc^2}{2G} \Rightarrow M = \frac{14,0 \cdot 10^{-15} (3,0 \cdot 10^8)^2}{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11}} = 9,45 \cdot 10^{12} \text{ kg} = 9,45 \text{ mia. ton}$$

Der er således en faktor 10^{35} til forskel mellem den energi, der er mellem to kolliderende protoner i LHC og den energi, der skal leveres for at danne et sort hul med en atomar radius.

Især i de sociale medier, bliver der ikke vist regninger, så det bliver påstand mod påstand. (Eller uvidenhed mod indsigt).

3. Luftballoner (med vacuum)

Det næste spørgsmål, var mindst lige så besynderligt.

2. Hvorfor benytter man ikke vakuum i stedet for varm luft eller helium til at holde luftballoner og luftskibe svævende, og er det overhovedet teoretisk muligt? Hvis man eksempelvis spændte lufttæt plastic rundt om en stiv ramme og efterfølgende pumpede luften ud, ved korrekt dimensionering ville konstruktionen da i teorien ikke kunne holde sig svævende uden at tilføre nogen form for energi?

Igen, så kan man jo ikke svare på den slags (idiotiske) spørgsmål, uden at ridse det teoretiske grundlag op først. Så mit svar var:

Det er ikke trykket, der får en luftballon til at stige, det er opdriften, der fremkommer på grund af forskellen i massefylde af gassen inde i ballonen og udenfor. Trykket er det samme inden i og udenfor ballonen ellers ville ballonen jo blive trykket sammen (eller ekspandere).

Hvis der var vacuum i ballonen, er der et tryk på $1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ på ydersiden svarende til tyngden af $1,013 \cdot 10^4 \text{ kg}$ altså 10.013 kg (10 tons) *pr. m*². Det skal der vist mere end to tommer stål til at modstå. Så nok om det, men hvad er det som holder ballonen oppe.

Opdriften er ifølge Arkimedes lov: $F_{op} = (\rho_1 - \rho_2)Vg$, hvor $(\rho_1 - \rho_2)$ er forskellen i massefylde på gasserne indeni og udenfor ballonen. V er rumfanget af ballonen, og g er tyngdeaccelerationen.

Vi vil da undersøge, hvor stor opdriften er i en varmluftsballon er under nogle simplificerede antagelser.

Vi antager at ballonen er kugleformet med en radius $r = 5,0 \text{ m}$.

Rumfanget af en kugle er $V_{kugle} = \frac{4}{3}\pi r^3 = 524 \text{ m}^3$.

Uden for ballonen er temperaturen 20^0 C , mens gassen i ballonen tænkes opvarmet til 60^0 C .

Når en gas opvarmes under konstant tryk, gælder der ifølge Gay Lussacs 2. lov: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$, hvor T , er den absolutte temperatur. Vi finder da for rumfanget af gassen i beholderen efter opvarmningen.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{273 + 60}{273 + 20} = 1,14$$

Det er altså den faktor, som rumfanget forøges med ved opvarmningen.

Da massefylden er defineret som massen per rumfangsenhed: $\rho = \frac{m}{V}$ vil massefylden af gassen reduceres med den samme faktor. Massen af atm. Luft ved 20^0 C er $1,29 \text{ g/l} = 1,29 \text{ kg/m}^3$.

Massefylden for den opvarmede gas er derfor: $\frac{1,29}{1,14} \text{ kg/m}^3 = 1,13 \text{ kg/m}^3$

Vi finder herefter opdriften ud fra formelen:

$$F_{op} = (\rho_1 - \rho_2)Vg = (1,29 - 1,14)524 \cdot 9,82 \text{ N} = 772 \text{ N}, \text{ svarer til tyngden af } 78,6 \text{ kg}.$$

Hvis diameteren af ballonen forøges til 15 m , forøges opdriften med en faktor $1,5^3 = 3,38$.

For nu at tilfredsstille spørgeren, er det naturligvis ligetil at udregne opdriften på ballonen, hvis det er en stålbeholder, som er udpumpet til vacuum.

$$F_{op} = \rho_{luft}Vg = (1,29)524 \cdot 9,82 \text{ N} = 6.638 \text{ N} \approx 676 \text{ kg}$$

Før man får armene ned over denne fantastiske forbedring, skal man nok vurdere massen af den, skal vi sige, 1 cm tykke stålbeholder, der skal til for at klare trykket.

Overfladen af en kugle med radius $r = 5,0 \text{ m}$ er: $O = 4\pi r^2 = 314 \text{ m}^2$, som svarer til et rumfang stål med tykkelse på 1 cm . $\rho_{\text{stål}} = 7874 \text{ kg/m}^3$, så $m_{\text{stål}} = 3,14 \cdot 7874 \text{ kg} = 24.724 \text{ kg}$
Så ideen med at lade varmluft ballonen erstatte af en stålbeholder med vacuum, er nok ikke ”bæredygtig” om man så må sige.

4. Hastigheder større end lysets hastighed (1)

Nogen gange kan jeg godt blive så træt af at høre om forsøg, der strider mod Einsteins relativitetsteori, som f.eks. nedenstående.

3. Jeg opfatter lysets hastighed som et absolut maksimum, og intet, heller ikke kommunikation, bevæger sig hurtigere end de 300.000 km/sek. Men jeg har netop erfaret at forskermagasinet Nature allerede i 2008 antyder, at schweiziske forskere ved universitetet i Geneve, under ledelse af Nicolas Gisin, har haft held med at få to fotoner til at tale sammen med 100.000 gange lysets hastighed. Hvad sker der med Einsteins relativitetsteori. Og med kvanteteorierne generelt?

Mit anstrengte svar lød.

Den omtalte reference, kender jeg ikke, men enten er det den myte om neutrinoer, der blev sendt fra (vist nok) Italien til Geneve. Et forsøg, der iøvrigt blev falsificeret ret kort tid efter. (Alene de tekniske vanskeligheder med at gennemføre et sådant forsøg, synes at umuliggøre resultatet), så jeg gætter på at det er en ”misfortolkning” af ”Aspects experiment”, som blev udført i 70’erne eller 80’erne af franskmanden Alain Aspect.

Det har intet som helst at gøre med kommunikation mellem fotoner eller lysets hastighed (fotoner kan ikke kommunikere, men eventuelt vekselvirke).

Resultatet er en konsekvens af dybe og delvis uforståelige sammenhænge i kvantemekanikken. At kunne ”forstå” eller bedre, at kunne anvende kvantemekanikken kræver flere års universitetsstudium.

Kvantefysikken kan ikke forstås ud fra ”hverdagsforestillinger”, man må nøjes med, at konstatere at den fuldstændig præcist beskriver den atomare virkelighed.

5. Hastigheder større end lysets hastighed (2)

Det næste spørgsmål er af samme skuffe, at slå tvivl om den specielle relativitetsteori, (som det har været forsøgt i mere end 100 år)

Til det tredje er dette spørgsmål lidt i samme dur: Jeg har engang lært, at Einsteins specielle relativitetsteori medfører, at intet legeme kan nå over lysets hastighed. Nu læser jeg, at astronomer i disse år har fundet himmellegemer i solsystemets yderområde, der farer fra os med langt over denne hastighed. Hvordan kan det hænge sammen? Er Einstein også gået af mode ligesom så meget andet i denne flygtige verden?

Mit lakoniske svar var:

Man kan ikke måle hastigheden af stjerner eller galakser direkte. Det man måler er rødforskydningen, altså ændringen i bølglængde som følge af Doppler effekten: Der gælder:

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$$

Hvor v er hastigheden af det legeme som udsender lyset og c er lysets hastighed.

Så vidt jeg husker, har jeg læst om kvasarer med $z = 0,7$, (altså 70% af lysets hastighed), men jeg har aldrig hørt om $z > 1$. Til gengæld har jeg gennem tiderne stødt på adskillige populære videnskabelige artikler, som har forsøgt at undergrave en af de bedst verificerede fysiske teorier, nemlig den specielle relativitetsteori.

Det viser sig altid, at der har været fejl eller direkte fusk ved udførelsen af forsøgene.

Hvis man har to legemer, der bevæger sig med hastigheder v_1 og v_2 , kan den relative hastighed (som i øvrigt er en invarians) godt blive større end lysets hastighed. Men jeg lader den stå der.

6. Kold fusion. En anden fantom påstand

Angående vilde påstande, så husk f.eks. det spektakulære (og uredelige) ”kold fusion” forsøg, fra 1980’erne. Det forfalskede resultat af forsøget blev offentliggjort i pressen før det skete i et videnskabeligt tidsskrift, hvilket er meget ”risikabelt”, da andre fysikere ikke har haft mulighed for at vurdere det.

Jeg kan huske, at især de humanistiske faggrupper var meget optaget af påstanden, da de øjnene en chance for at kunne nedgøre de selvsikre arrogante fysikere, der jo troede at de var klogere end alle andre! (Lidt om snakken er der jo). Jeg kunne derimod gå op og forklare mine 3g’ere hvorfor det ikke kan lade sig gøre.

Det forfalskede forsøg endte med to italienske fysikers totale videnskabelige deroute. De vil aldrig nogensinde igen kunne få ansættelse på et universitet eller publicere en artikel i fysisk tidsskrift.

At kold fusion ikke kan lade sig gøre er i øvrigt helt elementært at vise. Det første skridt i en fusion mellem to deuterium kerner er, at to protoner støder sammen og danner deuterium.

Her er det nødvendigt at de to protoner støder fysisk sammen, men for at gøre dette skal de overvinde den elektriske frastødning mellem de to centre i afstanden en kernediameter. Coulomb frastødningen, svarende til den potentielle energi:

$$E_{pot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{2r_p} = 9,0 \cdot 10^9 \frac{(1,60 \cdot 10^{-19})^2}{2 \cdot 1,4 \cdot 10^{-15}} = 8,23 \cdot 10^{-14} \text{ J} = 514 \text{ KeV}.$$

Ved kold fusion er protonerne imidlertid termiske, med energier omkring 1 eV. Men det vil altså kræve omkring 500.000 gange mere energi, hvis de skal støde sammen for at danne deuterium, som er forudsætningen for en fusionsproces til helium.

Så kan man vrøvle så længe man vil om tunnel effekt, men det rækker ikke ved konklusionen.

Redaktøren af brevkassen på ”Ingeniøren” var klart ikke tilfreds med, hvad jeg skrev, fordi jeg jo ”ikke svarede på spørgsmålene”, men bare skrev en masse formler.

”Om jeg ikke kunne korte mine svar ned til nogen få sætninger uden formler?”

Og hermed sluttede det relativt korte samarbejde mellem mig og ”Ingeniørens” brevkasse.

Selv synes jeg jo, at mine svar var særdeles fornuftige, måske også for andre, så jeg har valgt at publicere dem i en let udvidet form.