

Er Rudolf laget av karbon?

En fysisk analyse av julenissen og reinsdyrene på julaften.

Anders Hafreager og Sunniva Rose,
doktorgradsstipendiater ved Universitetet i Oslo

18. desember 2015

Sammendrag

Vi har studert julenissens 31 travleste timer i året ved hjelp av tall fra verdens beste kilde: Google. Ved å anta at julenissen kun besøker kristne barn og at alle hjem er som en perfekt norsk familie kommer vi frem til at julenissen *ikke* må kjøre raskere enn lyset og at de relativistiske effektene kun endrer tiden med noen få minutter. Selv om dette ikke bryter fysikkens lover må julenissen ha en enorm hastighet. Med luftmotstanden dette medfører ser vi at reinsdyrene opplever enorme temperaturer liknende det som skjer i supernovaer og kan konkludere med at Rudolf ikke er laget av vanlig karbon. Med dette anbefaler vi LHC og CERN om å lete etter nye elementærpartikler.

1 Introduksjon

Hvert år har julenissen og hans reinsdyr en enorm jobb med pipeklatring, levering av gaver og grøtspising. Av jordens 7 milliarder mennesker trenger han heldigvis ikke å besøke alle. Omtrent 29% av jordens befolkning tilhører kristendommen[1], og vi har antatt at han kun besøker disse hjemmene. Med totalt 1,9 milliarder barn under 15 år[2] og antagelsen om at alle hjem er en perfekt norsk familie med 2,1 barn per husholdning må julenissen besøke $N_{\text{hjem}} = 262$ millioner hjem.

2 Hastighet

Vi vet alle at julenissen arbeider mens folk sover om natten. Dette setter begrensninger på tiden han har til råde på julaften. Hvis vi antar at natten varer fra 2300 til 0600, og at vi har 24 tidssoner, vil dette gi ham $T = 31$ timer. Dette gir antall hus han må besøke per sekund

$$f_{\text{hus}} = \frac{272 \text{ millioner hus}}{31 \text{ timer}} = 2437 \text{ hus/sek.} \quad (1)$$

Det neste spørsmålet er nå hvor fort han må kjøre for å rekke dette. Hvis vi nå antar at disse husene ligger jentv fordelt over jordens 149 millioner kvadratkilometer[3] vil hver tomt ha areal

$$A_{\text{tomter}} = \frac{149 \text{ millioner km}^2}{262 \text{ millioner hus}} = 0.57 \text{ km}^2. \quad (2)$$

Siden mange tomter er kvadratiske antar vi at alle er det, og dette kvadratet vil da ha sidelengde

$$L = \sqrt{A_{\text{tomter}}} = 755 \text{ m.} \quad (3)$$

Husene ligger altså 755 meter fra hverandre. Julenissen må reise omtrent 2500 slike strekninger hvert sekund. Dette gir en minimum hastighet på

$$v_{\min} = \frac{2437 \cdot 755 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 1839 \text{ km/s.} \quad (4)$$

Lyshastigheten er omtrent 300.000 km/s, så minimum hastighet er nesten 1% av lyshastigheten. Men det ville vært en litt vel drøy forenkling, selv for fysikere (jada, sfæriske kuer er ikke uvanlig¹). Julenissen skal jo stoppe innom hvert av disse husene. Han skal opp på taket, ned pipa (hvis det ikke er noen pipe må han finne en annen inngang), legge gavene under juletreet, putte godterier i julestrømpene, spise grøt og komme seg ut igjen. Det virker rimelig at 90% av tiden brukes på dette. Da har han bare 10% av tiden til å reise. Dette gir en ny minste hastighet

$$\tilde{v}_{\min} = 18390 \text{ km/s,} \quad (5)$$

i underkant av 10% av lyshastigheten. Siden noe av denne tiden brukes til å bremse og aksellerere kan vi regne med at dette er et godt estimat. Man kan jo nå lure på om vi vil se relativistiske effekter (Einsteins oppdagelse, at tiden går saktere siden for julenissen når han kjører fort). Ved å se bort i fra effektene fra bremsing/aksellerasjon (her ville Sheldon og Einstein sett stygt på oss) kan vi bruke uttrykket for tidsdilatasjon[4]

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \quad (6)$$

der t er tiden det har gått for julenissen, t' er tiden det har gått for alle andre på jorden, v er hastigheten til julenissen og c er lyshastigheten. Ved å sette inn tallene over får vi

$$t' = \frac{31 \text{ timer}}{\sqrt{1 - \left(\frac{18390 \text{ km/s}}{300000 \text{ km/s}}\right)^2}} = 31,06 \text{ timer.} \quad (7)$$

Dette betyr at når julenissen opplever 31 timer har det ikke gått mer enn 31 timer og 3,5 minutter for alle andre på jorden. Han taper altså ikke mer enn 3,5 minutter. Vi regner med at han er kjent med Einsteins relativitetsteori og gjør de nødvendige endringer for å ta hensyn til dette. Hadde vi tatt med effekten av bremsing/aksellererering kan det hende julenissen og reinsdyrene hadde blitt til et sort hull, men det får vi ta en annen gang.

3 Masse og vekt

Vi vet nå at julenissen må reise svært fort for å rekke gjøremålene på julaften, men vi har enda ikke diskutert hvordan det går med vekten hans. Det er vanlig å sette igjen noe snacks til julenissen slik at han får noe tilbake for alt arbeidet han gjør. Som vi nevnte innledningsvis antar vi at alle 262 millioner hjem er perfekte norske hjem. Vi kan da regne med at nissen får grøt - etter god, norsk tradisjon. Vi tenker at en typisk porsjon er på ca 200 gram, noe som vil gi en økning i julenissens vekt på (han har ikke tid til dopauser)

$$\Delta m = 262 \text{ millioner} \cdot 0,2 \text{ kg} = 52400 \text{ tonn.} \quad (8)$$

Men husk nå at julenissen legger igjen gaver til alle snille barn. Siden alle hjem antas å være norske familier vil hvert snille barn få en iPhone 6². Det er omtrent 1 snilt barn i hver familie[5] og en iPhone 6 med innpakning veier omtrent 200 gram. Dette betyr at totalvekten på sleden er konstant lik 52400 tonn! Julenissen spiser 200 gram grøt og legger igjen en iPhone 6.

¹Se mer her: http://en.wikipedia.org/wiki/Spherical_cow

²Apple har produsert mer enn 500 millioner iPhones siden begynnelsen, så det er en helt rimelig antagelse.

4 Reinsdyr og luftmotstand

Vi må huske på at det er reinsdyrene som gjør all jobben her. Så langt har vi ikke observert flyvende reinsdyr, men det har blitt hevdet at det er 7,5 millioner ukjente dyrearter[6], så det er ikke helt umulig at de er uopplaget til nå. Vanlige reinsdyr kan kanskje trekke 150 kg, men Rudolf og vennene er tross alt superreinsdyr (de kan jo fly), så vi regner med at de kan trekke 1 tonn (det er jo lettere å dra ting gjennom luften enn langs bakken). Vi trenger altså 52000 reinsdyr³.

Videre antar vi at luftmotstanden kan skrives som[7]

$$F_D = \frac{1}{2} \rho v^2 C_D A, \quad (9)$$

der ρ er massetettheten til luften, v er hastigheten til reinsdyrene, C_D er luftmotstandskoeffisienten og A er tverrsnittet (arealet reinsdyrene dekker, sett forfra). Vi regner med at reinsdyrene flyr optimalt med tanke på luftmotstand og flyr strømlinjeformet⁴, noe som gir $C_D = 0,04$. Bruker vi massetetthet for luft $\rho = 1,2754 \text{ kg/m}^3$ [8] og hastigheten vi fant i likning (5) får vi en luftmotstand på

$$F_D = \frac{1}{2} (1,2754 \text{ kg/m}^3) (18390 \text{ km/s})^2 \cdot 0,04 \cdot 52 = 0,5 \cdot 10^{15} \text{ N} = 0,5 \text{ petanewton}, \quad (10)$$

der vi for enkelhets skyld har antatt at tverrsnittet er 52 m^2 . For å forstå hvor stor kraft dette er (luftmotstanden er en kraft) kan vi tenke at hvis *hver* person på jorden veide 100 kg og kjørte i 2500 km/t, så ville kraften bremset kjøretøyet (bil, båt, fly, rakett) på 1 sekund. Det er *mye*. Reinsdyrene må med andre ord stå på skikkelig for å holde farten oppe.

5 Energi og temperatur

Vi vil nå se på hvor mye energi reinsdyrene må konvertere (de må konvertere energi fra mat til å dytte vekk luft). En konstant kraft F som virker over en avstand s krever energi E ⁵

$$E = F \cdot s. \quad (11)$$

I løpet av 1 sekund med bevegelse har sleden flyttet på seg en avstand

$$s = v \cdot t = 18390 \text{ km/s} \cdot 1 \text{ s} = 18390 \text{ km}. \quad (12)$$

Putter vi det i likningen over får vi hvor mye energi reinsdyrene bruker hvert sekund

$$E = 0,5 \cdot 10^{15} \text{ N} \cdot 18390 \text{ km} = 0,92 \cdot 10^{22} \text{ J}, \quad (13)$$

omtrent like mye menneskene på jorden bruker i løpet av 17 år (med dagens forbruk)[9].

6 Temperatur

Energien vi fant brukes til å dytte vekk luft. Denne energien kommer til å øke temperaturen til luften. Vi antar at luften er en idéell gass og kan bruke ekvipartisjonsprinsippet⁶

$$E = \frac{3}{2} N k_B T, \quad (14)$$

³Vi tror ikke på den vanlige historien om at julenissen har 8 reinsdyr.

⁴Se figur her: http://en.wikipedia.org/wiki/Drag_coefficient

⁵Energi er lik kraft ganget med vei.

⁶Les mer her: http://en.wikipedia.org/wiki/Equipartition_theorem

der E er energien, N er antall atomer, k_B er Boltzmanns konstant og T er temperaturen. All energien vil fordeles mellom atomene reinsdyrene har dyttet vekk. Antall atomer som får denne energien er atomene reinsdyrene har dyttet vekk, altså de i det volumet reinsdyrene flyr gjennom. Vi husker antagelsen om at tverrsnittet reinsdyrene har var $A = 52 \text{ m}^2$ og strekningen de flyr i løpet av 1 sekund er $s = 18390 \text{ km}$, så vil de hvert sekund dytte vekk et volum

$$V = A \cdot s = 956 \text{ millioner kubikkmeter luft.} \quad (15)$$

Luft har omtrent 10^{25} atomer per kubikkmeter[10], så vi kan da finne antall atomer N som har blitt dyttet vekk

$$N = 10^{25} \text{ atomer per kubikkmeter} \cdot 956 \cdot 10^6 \text{ kubikkmeter} \quad (16)$$

$$= 9,6 \cdot 10^{33} \text{ atomer.} \quad (17)$$

Løser vi likning (14) for temperaturen får vi

$$T = \frac{2E}{3Nk_B} = 4,6 \cdot 10^{10} \text{K,} \quad (18)$$

altså 46 milliarder °C. Til sammenlikning har solen en kjernetemperatur 15,7 millioner °C[11], altså blir det 3000 ganger varmere enn i solens kjerne. Når stjerner dør vil vi kunne se temperaturer på 100 milliarder °C[12], så temperaturen rundt Rudolf er sammenliknbar med det vi ser i en supernova - de største eksplosjonene universet har å tilby. Karbon begynner å fusjonere ved temperaturer rundt 500 millioner °C[13], så det vil være høyst problematisk for Rudolf og julenissen dersom de er laget av karbon.

7 Konklusjon og diskusjon

Vi har sett på minste hastighet Rudolf og gjengen må fly i for å klare å levere gaver til alle verdens kristne barn. Det viser seg at de relativistiske effektene nesten er neglisjerbare og at det ikke er noen fundamentale fysiske lover julenissen må bryte for å gjøre jobben sin. På grunn av luftmotstand må reinsdyrene stå på heftig for å opprettholde hastigheten og de vil bruke enorme mengder energi for å klare dette. Energien blir overført til luften rundt og reinsdyrene vil oppleve en temperatur på 46 milliarder °C, omtrent 3000 ganger varmere enn i solens kjerne. Ved slike temperaturer vil kjernefysiske reaksjoner skje og vi konkluderer med at Rudolf *ikke* er laget av karbon eller andre kjente grunnstoffer.

Det kan derfor tyde på at det finnes helt andre partikler enn de vi kjenner i dag og vi anbefaler CERN og LHC, den store partikkelakseleratoren i Genève, å se etter disse.

Referanser

- [1] PewResearch. *Global Christianity – A Report on the Size and Distribution of the World’s Christian Population*. 2011. URL: <http://www.pewforum.org/2011/12/19/global-christianity-exec/> (sjekket 23.12.2014).
- [2] Grapminder. *The World has reached Peak Number of Children!* 2011. URL: <http://www.gapminder.org/news/world-peak-number-of-children-is-now/> (sjekket 23.12.2014).
- [3] Jerry Coffey. *Surface Area of the Earth*. 2009. URL: <http://www.universetoday.com/25756/surface-area-of-the-earth/> (sjekket 23.12.2014).
- [4] Wikipedia. *Time dilation*. 2014. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Time_dilation (sjekket 23.12.2014).

- [5] Anders Hafreager. *Snille barn*. 2014. URL: <http://folk.uio.no/anderhaf/snillebarn.html> (sjekket 23.12.2014).
- [6] National Geographic. *86 Percent of Earth's Species Still Unknown?* 2011. URL: <http://news.nationalgeographic.com/news/2011/08/110824-earths-species-8-7-million-biology-planet-animals-science/> (sjekket 23.12.2014).
- [7] Wikipedia. *Drag equation*. 2014. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Drag_equation (sjekket 23.12.2014).
- [8] Wikipedia. *Density of air*. 2014. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Density_of_air (sjekket 23.12.2014).
- [9] Wolfram Alpha. *World energy consumption*. 2010. URL: <http://www.wolframalpha.com/input/?i=world+energy+consumption> (sjekket 23.12.2014).
- [10] Wikipedia. *Number density*. 2014. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Number_density (sjekket 23.12.2014).
- [11] Wikipedia. *Solar core*. 2014. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_core (sjekket 23.12.2014).
- [12] Wikipedia. *Supernova*. 2014. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Supernova> (sjekket 23.12.2014).
- [13] Wikipedia. *Carbon-burning process*. 2014. URL: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/astro/carbcyc.html> (sjekket 23.12.2014).