

VAKAVIA TIETEELLISIÄ VASTAUKSIA

mielikuvituksellisiin kysymyksiin

entäs jos...



RANDALL MUNROE

WSOY

Entäs jos...

Vakavia tieteellisiä vastauksia mielikuvituksellisiin kysymyksiin

RANDALL MUNROE

Suomentanut Jaakko Kankaanpää



WERNER SÖDERSTRÖM OSAKEYHTIÖ HELSINKI

Copyright © xkcd Inc. 2014

www.hmhco.com

Kirjan suunnittelu Christina Gleason

”If I Didn’t Have You” © Tim Minchin 2011

Suomenkielinen laitos © Jaakko Kankaanpää ja WSOY 2015

ISBN 978-951-0-41156-8

Painettu EU:ssa



KYSYMYKSET

<i>Vastuuvapaus</i>	ix	Outoja (ja huolestuttavia) kysymyksiä Entäs jos -postilaatikosta, osa 2	60
<i>Johdanto</i>	xi		
Maailmanlaajuinen myrskytuuli	1	Viimeinen ihmisen valo	61
Baseball suurilla nopeuksilla	7	Rakettireppu konetuliaseista	68
Käytetyn polttoaineen allas	10	Tasainen nousu	73
Outoja (ja huolestuttavia) kysymyksiä Entäs jos -postilaatikosta, osa 1	14	Outoja (ja huolestuttavia) kysymyksiä Entäs jos -postilaatikosta, osa 3	77
Aikakone New Yorkin tapaan	15	Sukellusvene kiertoradalla	78
Sielunkumppanit	23	Lyhyiden vastaisten osasto	83
Laserosoitin	27	Salama	89
Alkuaineiden jaksolliset palikat	35	Outoja (ja huolestuttavia) kysymyksiä Entäs jos -postilaatikosta, osa 4	95
Hyppy yhtä aikaa	43	Ihminen tietokoneena	96
Mooli kontiaisia	47	Pieni planeetta	102
Hiustenkuivain	52		



Pihvin pudotus	107	Itsehedelmöitys	158
Jääkiekko	112	Korkeusheitto	168
Flunssa	114	Tappavat neutriinot	174
Puolityhjä lasi	119	Outoja (ja huolestuttavia) kysymyksiä Entäs jos -postilaatikosta, osa 8	178
Outoja (ja huolestuttavia) kysymyksiä Entäs jos -postilaatikosta, osa 5	125	Hidastetöyssy	179
Avaruusolennot astronomeina	126	Kuolematon etsii kuolematonta	183
Eroon DNA:sta	131	Ratanopeus	187
Cessna muilla taivaankappaleilla	137	FedExin kaistanleveys	192
Outoja (ja huolestuttavia) kysymyksiä Entäs jos -postilaatikosta, osa 6	142	Vapaa pudotus	195
Yoda	143	Outoja (ja huolestuttavia) kysymyksiä Entäs jos -postilaatikosta, osa 9	199
Ylilentovaltiot	146	Sparta	200
Hidastus heliumilla	150	Valtameren viemäri	204
Kaikki ylös	153	Valtameren viemäri, osa II	210
Outoja (ja huolestuttavia) kysymyksiä Entäs jos -postilaatikosta, osa 7	157	Twitter	217
		Lego-silta	222

Pisin auringonlasku	228	Yksinäisin ihminen	270
Satunnainen aivastuspuhelu	233	Outoja (ja huolestuttavia) kysymyksiä Entäs jos -postilaatikosta, osa 11	273
Outoja (ja huolestuttavia) kysymyksiä Entäs jos -postilaatikosta, osa 10	236	Sadepisara	274
Laajeneva maapallo	237	Arvaamalla kokeessa	278
Painoton nuoli	244	Neutroniluotit	280
Maa ilman Aurinkoa	248	Outoja (ja huolestuttavia) kysymyksiä Entäs jos -postilaatikosta, osa 12	289
Tulostetun Wikipedian päivittäminen	252	Richter 15	290
Kuolleiden Facebook	255	<i>Kiitokset</i>	297
Britannian imperiumin auringonlasku	259	<i>Kirjallisuusluettelo</i>	299
Teen sekoittaminen	262		
Kaikki maailman salammat	266		



VASTUUVAPAAUS

Älkää kokeilko mitään näistä jutuista kotona. Tämän kirjan kirjoittaja piirtää sarjakuvia nettiin. Hän ei ole turvallisuus- tai terveysalan ammattilainen. Tulipalot ja räjähdykset ovat hänestä hienoja, joten teidän hyvinvointinne ei ole hänelle etusijalla. Kirjoittaja ja kustantaja kiistävät kaiken vastuunsa vahingoista, joita tämän kirjan sisältämistä tiedoista saattaa suoraan tai välillisesti aiheutua.

JOHDANTO

TÄHÄN KIRJAAN on kerätty vastauksia kaukaa haettuihin ja järjettömiin kysymyksiin.

Olen saanut nämä kysymykset verkkosivustoni kautta. Noilla sivuilla – sen lisäksi, että pidän eräänlaista Leelian lepotuolia hulluille tiedemiehille – julkaisen xkcd:tä, tikku-ukkojen kansoittamaa nettisarjakuvaa.

En ole alun perin sarjakuvapiirtäjä. Opiskelin fysiikkaa, ja yliopistosta päästyäni olin NASAlla robottihommissa. Lopulta lähdin NASAlta ja ryhdyin piirtämään työkseni sarjakuvia, mutta matematiikka ja luonnontieteet kiinnostivat minua yhä. Viimein kiinnostukseni löysi uuden kanavan: aloin vastaila internetin outoihin – ja usein huolestuttaviin – kysymyksiin. Tähän kirjaan olen kerännyt suosikkijani noista nettivastauksista sekä uusia kysymyksiä, joihin vastaan nyt ensimmäistä kertaa.

Olen yrittänyt vastata kysymyksiin matematiikan avulla niin kauan kuin jaksan muistaa. Kun olin viisivuotias, äiti kävi kanssani keskustelun, jonka hän merkitsi muistiin ja talletti valokuva-albumiin. Kun hän kuuli, että kirjoitin tätä kirjaa, hän etsi muistiin panemansa vuoropuhelun ja lähetti sen minulle. Tässä se on sanasta sanaan jäljennettynä 25 vuotta vanhasta paperista:

Randall: Onko meillä kotona enemmän kovia vai pehmeitä tavaroita?

Julie: En minä tiedä.

Randall: Entä koko maailmassa?

Julie: En minä tiedä.

- Randall:** No, kaikissa taloissa on kolme tai neljä tyynyä, vai mitä?
- Julie:** Joo.
- Randall:** Ja kaikissa taloissa on suunnilleen 15 magneettia.
- Julie:** Niin kai.
- Randall:** Ja 15 plus 3 tai 4, sanotaan 4, on 19, vai mitä??
- Julie:** On.
- Randall:** Joten pehmeitä tavaroita on varmaan noin 3 miljardia ja... kovia tavaroita on 5 miljardia. Niin että kumpia on enemmän?
- Julie:** Kovia sitten kai.

En vieläkään tiedä, mistä ”3 miljardia” ja ”5 miljardia” olivat peräisin. En selvästikään vielä oikein ymmärtänyt, miten luvuilla lasketaan.

Olen vuosien varrella oppinut matematiikkaa hiukan enemmän, mutta käytän sitä yhä samaan tarkoitukseen kuin viisivuotiaana: Haluan vastata kysymyksiin.

Sanotaan, että tyhmiä kysymyksiä ei ole. Se ei selvästikään pidä paikkaansa. Esimerkiksi kysymykseni pehmeistä ja kovista tavaroista oli aika tyhmä. Ilmeisesti on kuitenkin niin, että jos tyhmään kysymykseen yrittää vastata perusteellisesti, vastaan saattaa tulla kaikenlaista mielenkiintoista.

En vieläkään tiedä, onko maailmassa enemmän kovia vai pehmeitä tavaroita, mutta olen oppinut matkan varrella paljon. Tässä kirjassa on parhaita kohtia tuon matkan varrelta.

RANDALL MUNROE

Entäs jos?

MAAILMANLAAJUINEN MYRSKYTUULI

K. Mitä tapahtuisi, jos maapallo ja kaikki maan päällä olevat esineet äkkiä lakkaisivat pyörimästä, mutta ilmakehän nopeus säilyisi ennallaan?

— Andrew Brown

V. MELKEIN KAIKKI KUOLISIVAT. *Sitten* alkaisi mielenkiintoinen osuus.

Päiväntasaajalla maanpinta pyörii noin 470 metriä sekunnissa – lähes 1700 kilometriä tunnissa – Maan akselin ympäri. Jos Maa pysähtyisi, mutta ilmakehä ei, seurauksena olisi äkillinen 1700 kilometriä tunnissa puhaltava tuuli.

Tuuli olisi kovimmillaan päiväntasaajalla, mutta kaikkea elollista ja elotonta 42. pohjoisen ja 42. eteläisen leveyspiirin välissä – mihin kuuluu myös 85 prosenttia maailman väestöstä – kohtaisi äkillinen ääntä nopeampi tuuli.

Tuuli kestäisi maanpinnalla voimakkaimmillaan vain joitakin minuutteja, koska maanpinnan kitka hidastaisi sen nopeutta. Noiden minuuttien aikana lähes kaikki ihmisen rakentama kuitenkin ehtisi sortua raunioksi.



- HIRVEITÄ TAPAHTUU
- HIRVEITÄ TAPAHTUU, MUTTA HITAAMMIN

Asun Bostonissa eli niin kaukana pohjoisessa, että säästyisin täpärästi yllämen nopeudella puhaltavalta tuulelta, mutta tuuli olisi siitä huolimatta kaksi kertaa niin kovaa kuin voimakkaimmissa tornadoissa. Kaikki rakennukset puutarhavajoista pilvenpiirtäjiin murskaantuisivat, irtoaisivat perustuksiltaan ja lähtisivät lentämään tai vierimään tuulen mukana.

Napojen lähellä tuuli olisi heikompaa, mutta niin etäällä päiväntasaajalta ei ole ainuttakaan merkittävää kaupunkia, joka sijaintinsa ansiosta säästyisi tuholta. Norjalle kuuluvilla Huippuvuorilla sijaitsevaa Longyearbyeniä – lähinnä maapallon napaa sijaitsevaa kaupunkia – runnoisivat tuulet, jotka vastaavat voimakkaimpia trooppisia pyörremyrskyjä.

Jos haluaisit odottaa, että pahin menee ohi, paras paikka saattaisi olla Suomessa sijaitseva Helsinki. Se on niin korkealla pohjoisessa – 60. leveyspiirin yläpuolella – että tuuli ei puhaltaisi sitä maan tasalle, ja lisäksi peruskallioon Helsingin alle on kaivettu laaja tunneliverkosto, johon kuuluu maanalainen ostoskeskus, jääkiekkokaukalo, uimahalli ja niin edelleen.



Yksikään rakennus ei olisi turvassa. Myös rakenteille, jotka periaatteessa kestäisivät sellaisen tuulen, saattaisi käydä huonosti. Kuten koomikko Ron White sanoi hurrikaaneista: ”Pulmana ei ole pelkästään se, että tuuli puhaltaa, vaan myös se, mitä se puhaltaa.”

Sanotaan, että olet massiivisessa bunkkerissa, joka on rakennettu 1700 km/h puhaltavan tuulen kestävästä aineesta.

SITTEN 92. PIKKU POSSU RAKENSI TALONSA
KÖYHDYTETYSTÄ URAANISTA.

JA SUSI OLI ETTÄ: ”NO JUST.”



Mikäpä siinä, eikä mitään hätää... jos nimittäin olet ainoa, jolla on bunkkeri. Ikävä kyllä sinulla luultavasti on naapureita, ja jos tuulen puolella asuvan naapurin bunkkeria ei ole ankkuroitu maahan yhtä hyvin, sinun bunkkerisi täytyy kestää myös naapurin bunkkeri, kun se törmää sinun bunkkeriisi 1700 kilometrin tuntinopeudella.



Ihmiskunta ei kuolisi sukupuuttoon.¹ Yleisesti ottaen maanpinnalla ei jäisi henkiin juuri kukaan; tuulen mukana lentävä romu tuhoaisi kaiken, mitä ei ole suunniteltu kestävänsä ydinsotaa. Monilla maan alla oleskelevilla ihmisillä ei kuitenkaan olisi suurtakaan hätää. Jos olisit tapahtuma-aikaan syvällä kellarissa (tai mikä vielä parempaa metrotunnelissa) saattaisit hyvinkin jäädä henkiin.

¹ Ei siis heti.

Muitakin onnekkaita olisi. Etelänavalla sijaitsevan Amundsen-Scottin tutkimusaseman kymmenet tutkijat ja henkilökunnan jäsenet olisivat tuulelta turvassa. Heille ensimmäinen merkki siitä, että jotain on pielessä, olisi ulkomaailman äkillinen vaikeneminen.

He ehkä miettisivät outoa hiljaisuutta aikansa, ja sitten joku heistä huomaisi jotakin vielä oudompaa:



Ilma

Pintatuulen laantuessa alkaisi tapahtua kummia.

Kova tuuli muuttuisi ankaraksi kuumuudeksi. Tavallisesti kovankin tuulen liike-energia on niin pieni, että sitä ei huomaa, mutta tämä tuuli ei olisi tavallista tuulta. Sen hiljalleen pysähtyessä pyörteisinä puuskina ilma puolestaan lämpenisi.

Maalla seurauksena olisi polttava kuumuus ja – siellä, missä ilmassa on runsaasti kosteutta – valtavia ukkosmyrskyjä.

Samaan aikaan valtameren yllä puhaltava tuuli raastaisi merenpinnan rikki. Vähään aikaan valtamerellä ei olisi pintaa lainkaan. Olisi mahdotonta sanoa, mihin pärskeet loppuvat ja mistä meri alkaa.

Valtameret ovat kylmiä. Ohuen pintakerroksen alla niiden lämpötila on jokseenkin tasaisesti 4 °C. Myrsky nostattaisi kylmää vettä syvyyksistä. Polttavan kuumaan ilmaan roiskuva kylmä vesi synnyttäisi säätilan, jollaista ei ole nähty maapallolla koskaan – tuulen, pärskeiden, sumun ja nopeiden lämpötilanvaihdosten hornankattilan.

Tämä kylmän veden kumpuaminen johtaisi joidenkin eliöiden kukoistukseen, kun pintakerrokseen nousisi uusia ravinteita. Samaan aikaan kaloja, rapuja, merikilpikonnia ja muita eläimiä, jotka eivät kestäisi syvyyksien vähähappista vettä, kuolisi valtavia määriä. Valaiden ja muiden nisäkkäiden, joiden on pakko hengittää, olisi

vaikea tulla toimeen veden ja ilman epävakaalla rajapinnalla.

Aallot kiirisivät pitkin merta idästä länteen, ja jokaisella itärannikolla koittaisi kaikkien aikojen ankarin myrsky. Rannasta lentäisi maihin ensin sokaiseva pärskepilvi, ja sitä seuraisi tsunamin kaltainen kuohuva vesiseinä. Paikoitellen aallot löisivät kilometrien päähän sisämaahan.

Myrskytuuli nostattaisi valtavat määrät pölyä ja rojua ilmakehään. Samaan aikaan kylmät valtameret peittäisi sankka sumupilvi. Yleensä sellainen aiheuttaa maailmanlaajuisesti jyrkkää laskua lämpötiloissa. Niin kuin nytkin.

Ainakin maapallon yhdellä puolella.

Jos Maa lakkaisi pyörimästä, tavallinen päivän ja yön vaihtelu päättyisi. Aurion liike taivaalla ei pysähtyisi kokonaan, mutta sen sijaan, että aurinko nousisi ja laskisi kerran päivässä, se nousisi ja laskisi kerran vuodessa.

Sekä päivä että yö kestäisivät puoli vuotta jopa päiväntasaajalla. Maan päiväpuoli paahtuisi jatkuvassa auringonpaisteessa, kun taas yöpuolen lämpötilat laskisivat jyrkästi. Päiväpuolen konvektiovirtaukset johtaisivat valtaviin myrskyihin suoraan auringon alapuolella olevilla alueilla.²

JOS PÄIVÄN JA YÖN TAVALLINEN
KIERTO ON LOPPU, KOSKA NÄITÄ
GREMLINEITÄ VOI RUOKKIA?



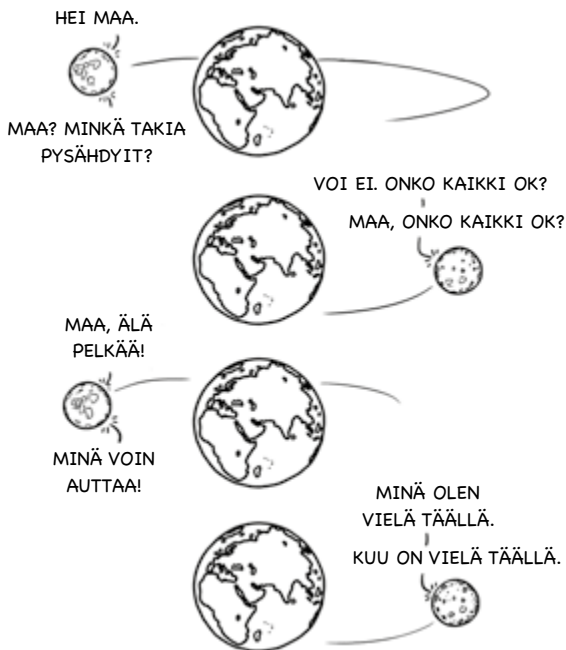
Maa muistuttaisi joissakin suhteissa vuorivesivoimien lukitsemia eksoplaneettoja, joita yleisesti tavataan punaisten kääpiöiden elinkelpoisella vyöhykkeellä, mutta parempi vertailukohta olisi varhainen Venus. Venuksen pyörimisliikkeen vuoksi sen sama puoli on kääntynyt kohti Aurinkoa monta kuukautta kerrallaan, ja samoin kävisi meidän pysähtyneelle Maallemme. Venuksen tiheä kaasukehä kuitenkin kiertää hyvin nopeasti, minkä vuoksi päivä- ja yöpuolen lämpötila on siellä suurin piirtein sama.

Vaikka päivän pituus muuttuisi, kuukauden pituus pysyisi samana! Kuu ei ole lakannut kiertämästä Maan ympäri. Mutta koska Maan pyöriminen ei enää ruok-

² Vaikka ilman coriolisvoimaa on vaikea sanoa, mihin suuntaan ne pyörisivät.

kisi Kuuta vuorovesienergialla, se lakkaisi loittonemasta Maasta (kuten parhaillaan tapahtuu) ja alkaisi sen sijaan hitaasti lähestyä Maata.

Itse asiassa Kuu – uskollinen kumppanimme – pyrki korjaamaan Andrew'n esittämän tapauksen aiheuttaman vahingon. Maa pyöri nykyään nopeammin kuin Kuu kiertää maata, joten Maan vuorovedet hidastavat Maan pyörimistä ja samalla työntävät Kuuta kauemmas.³ Jos Maa lakkaisi pyörimästä, Kuu lakkaisi loittonemasta. Se ei enää hidastaisi Maan pyörimistä vaan vuoroveden kautta nopeuttaisi sitä. Hitaasti ja lähes huomaamatta Kuun vetovoima alkaisi vetää maapalloa mukaansa...



...ja Maa alkaisi taas pyöriä.

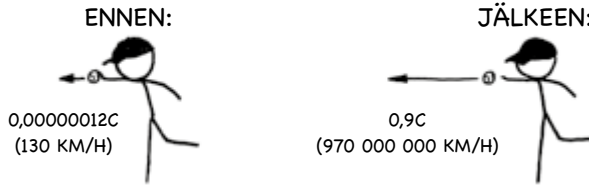


3 Syy tähän on selitetty (englanniksi) sivulla Leap Seconds, <http://what-if.xkcd.com/26/>

BASEBALL SUURILLA NOPEUKSILLA

K. Mitä baseballissa tapahtuisi lyöjän lyödessä palloa, jos syötön nopeus olisi 90 prosenttia valon nopeudesta?

—Ellen McManis



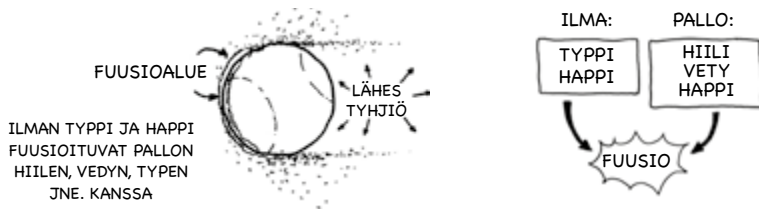
Jätetään huomiotta se, miten pallon saisi liikkumaan niin nopeasti. Oletetaan, että syöttö tapahtuu normaalisti, mutta pallon irrotessa syöttäjän kädestä sen nopeus nousee taikaiskusta 0,9c:hen. Siitä lähtien kaikki toimii fysiikan lakien mukaan.

V. NÄHTÄVÄSTI VASTAUS on ”tapahtuisi paljon kaikenlaista”, ja se kaikki tapahtuisi hyvin nopeasti eikä tietäisi hyvää lyöjälle (saati syöttäjälle). Otin avukseni fysiikankirjoja, Nolan Ryan -actionhahmon sekä videoita ydinkokeista ja yritin selvittää, miten siinä voisi käydä. Alla on parhaan ymmärrykseni mukaan laadittu kuvaus tapahtumista nanosekunti nanosekunnilta.

Pallo liikkuisi niin nopeasti, että kaikki muu pysyisi siihen nähden käytännössä paikoillaan. Jopa ilmamolekyylit. Ilmamolekyylit singahtelevat edestakaisin muutaman sadan kilometrin tuntinopeudella, mutta pallon nopeus sen kulkiessa ilman halki olisi lähes miljardi kilometriä tunnissa. Se tarkoittaa, että pallon näkökulmasta ilman molekyylit leijuisivat jähmettyneinä paikoilleen.

Aerodynamiikan periaatteet eivät tässä tapauksessa pätsisi. Yleensä ilma virtaa

kaikkien kappaleiden ympäri niiden liikkeessa sen läpi. Tämän pallon edessä olevat molekyylit eivät kuitenkaan ehtisi kimpoilla pois sen tieltä. Pallo paiskautuisi niitä päin niin kovaa, että ilmamolekyylien atomit kirjaimellisesti fuusioituisivat pallon pinnan atomien kanssa. Jokainen törmäys aiheuttaisi purkauksen gammasäteitä ja hiukkasia.¹



Gammasäteet ja pallosta irronneet hituset laajenisivat ulospäin kuplana, joka keskus olisi syöttäjän kummulla. Ne alkaisivat raastaa muita ilmamolekyyliä rikki, repiä elektroneja ytimistä ja muuttaa stadionin ilmaa laajenevaksi, valoa hohtavaksi plasmapalloksi. Tämän kuplan seinämä lähestyisi lyöjää suunnilleen valon nopeudella – ja vain hieman pallon edellä.

Pallon edessä tapahtuva jatkuva fuusioreaktio aiheuttaisi työntövoiman, joka hidastaisi palloa aivan kuin pallo olisi raketti, joka käyttää moottoreitaan lentäessään perä edellä. Ikävä kyllä pallo kulkisi niin nopeasti, että edes jatkuvan lämpödynräjähdysten valtava voima ei riittäisi juuri hidastamaan sen vauhtia. Räjähdyks alkaisi kuitenkin kuluttaa pallon pintaa, ja pieniä hitusia pallosta sinkoilisi eri suuntiin. Niiden nopeus olisi niin suuri, että osuessaan ilmamolekyyliin ne laukaisisivat kaksi tai kolme uutta fuusiokierrosta.

Noin 70 nanosekunnin kuluttua pallo saapuisi kotilaatan kohdalle. Lyöjä ei edes ehtisi nähdä syöttäjän päästävän irti pallosta, koska tätä tietoa tuova valo saapuisi hänen luokseen suunnilleen samaan aikaan pallon kanssa. Törmäykset ilmamolekyyliin olisivat kuluttaneet pallon lähes olemattomiin, ja se olisi enää luodin muotoinen laajeneva plasmapilvi (pääasiassa hiiltä, happea, vetyä ja typpeä), joka työntyisi ilman halki jatkuvasti uusia fuusioreaktioita aiheuttaen. Ensimmäisenä lyöjään osuisi röntgensädeseinämä, ja muutamaa sekuntia myöhemmin sitä seuraisi pallosta irtoilevien hitusten pilvi.

¹ Sen jälkeen, kun julkaisin tämän artikkelin ensimmäisen kerran, fyysikko Hans Rinderknecht MIT:stä otti minuun yhteyttä ja kertoi, että oli simuloinut tapahtumat laboratorionsa tietokoneilla. Hän oli saanut selville, että pallon lennon alkuvaiheessa suurin osa ilmamolekyyleistä liikkuu niin nopeasti, että ne eivät aiheuta fuusiota vaan kulkevat suoraan pallon läpi. Tällöin pallo lämpenee hitaammin ja tasaisemmin kuin alkuperäisessä artikkelissani väitettiin.

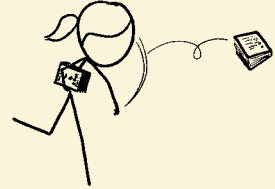
Hei! Kiitos kun katselet kirjaani. Jos ajattelet ostaakin sen, tässä muutama juttu jotka ehkä haluaisit tietää:

Ihminen ei kykene sulattamaan selluloosasta tehtyä paperia, mutta jos kykenisi, tästä kirjasta saisi noin 2300 kilokaloria (kannet mukaan luettuna).



Tämä kirja ei pysäyttäisi suurinta osaa luodeista, mutta jos haluaisit käyttää sitä haarniskana, kannattaisi varmaan ostaa useampi kappale.

Hyvän heittokäden omaavat pystyvät heittämään tämän noin 14 metrin päähän. Harjoittelemalla olisi mahdollista heittää kirjaa noin joka 800. millisekunti, mistä seuraa, että päälle ryntäävää ihmisjoukkoa vastaan sinulla on kolme mahdollisuutta neljästä osua hyökkääjiin ennen kuin he saavuttavat sinut. Toisaalta, jos kimppuusi hyökkää kojootti, sen on niin nopea että sinulla on vain yksi mahdollisuus osua. Tähtää huolellisesti.



Tämän kirjan sisältö on sanoja ja kuvia. Se vastaa moniin tärkeisiin kysymyksiin, joihin muun muassa kuuluu voisiko lentokoneesta hypätä ja säilyä hengissä heliumtankin ja valtavan ilmapallon avulla joka hidastaisi putoamista (kyllä voi) ja voisiko Suomeen piiloutua yliäänen nopeudella puhaltavalta myrskyltä (kyllä voisi, mutta ei se lopulta mitään auta).

TUOMITUT
MYÖS TUOMITUT



#kirja

WWW.KIRJA.FI



90.1

ISBN 978-951-0-41156-8

