

FYSIIKKA 1

Fysiikka luonnontieteenä

Juhani Kaukoranta
Raahen lukio

MITÄ FYSIIKKA ON?

- Peruluonnontiede
- Selvittää luonnon perimmäisiä ilmiöitä:
Sähköä, lämpöä, liikettä, voimia, energiaa, valoa, säteilyä,...
- Nykyisen tekniikan perusta

MIHIN FYSIIKKA KELPAA

- Auttaa ymmärtämään, miten luonto toimii
- Fysiikan keksimät luonnonlait: →
teknologia, keksinnöt, laitteet
- Auttaa selviytymään teknistyneessä yhteiskunnassa

FYSIIKAN TUTKIMUS

kokeellista ja teoreettista

- Kokeellinen (empiirinen) tiede:
Koe = kysymys luonnolle
Luonto vastaa
Mittaaminen keskeistä
- Teoreettinen tiede:
Miksi tapahtuu näin?
Matemaattinen laki

GALILEI, NEWTON, EINSTEIN:

- ”Luonnon kirja on kirjoitettu matematiikan kielellä”
- ”Tavoitteena on luonnon toimintaperiaatteiden löytäminen, niiden pelkistäminen yleisiksi säännöiksi”
- ”Käsittämättömintä luonnossa on sen käsitettävyyys”

IHMISKUNNAN AAMUNKOITTO



OLDUVAI-laakso Itä-Afrikan hautavajoamassa. Vanhimmat työkalut

LUONNONTIETEIDEN JA FYSIIKAN HISTORIAA

Käytännöllisiä mullistavia keksintöjä

- Työkalujen valmistaminen, 2 milj v sitten
- Tulen kesyttäminen, 500 000 v sitten?
- Tulen tekeminen, 30 000-100 000 eKr ?
- Jousi, 30 000 eKr ?
- Maanviljelys, noin 10 000 eKr
- Pyörä, vankkurit, savenvalu, 3000-5000 eKr ?
- Keinokastelu, viljakasvien jalostus, 3000 eKr
- Kirjoitustaito, laskusäännöt, geometria, 3000 eKr

LUONNONTIETEIDEN JA FYSIIKAN HISTORIAA

Mesopotamia, Egypti, Kiina,
Induslaakso, Stonehenge
(3000 eKr alkaen)

- Käytännöllistä toimintaa, ”insinööritaitoa”, hyöty
- Kysymys MIKSI ei kiinnostanut
- Mesopotamian ja Egyptin matematiikka ja tähtitiede korkealla tasolla

LUONNONTIETEIDEN JA FYSIIKAN HISTORIAA

Kreikka 600 eKr alkaen

- Thales esitti kysymyksen MIKSI
- Teoreetikkoja, filosofeja, matemaatikkoja, tähtitieteilijöitä
- Ei kokeellista luonnontiedettä (poikkeus: Arkhimedes)
- Käytännön sovellukset eivät kiinnostaneet

LUONNONTIETEIDEN JA FYSIIKAN HISTORIAA

NYKYAIKAINEN LUONNONTIEDE

Arkhimedes, 287-212 eKr., Antiikin outo lintu:

- teoreetikko, kokeilija, insinööri
- 1800 vuotta aikaansa edellä

Galileo Galilei, 1564-1642 Pohjois-Italia

- Ensimmäinen nykyaikaisen luonnontieteen edustaja
- Toi kokeellisuuden luonnontieteisiin
- ”Luonnon kirja on kirjoitettu matematiikan kielellä”
- Kaukoputki: maailmankuvan mullistuksen alku

LUONNONTIETEIDEN JA FYSIIKAN HISTORIAA

Isaac Newton, 1642-1727

- Keksi painovoimalain
- Selitti planeettojen liikkeitä ja radat
- Aurinkokeskisen maailman voitto
- Keksi mekaniikan lait, liikeyhtälöt
- Kaikkien aikojen merkittävin fyysikko

James Maxwell 1831-1879

- Koko sähköopin ja magnetismin yhtälöt
- ”Jumalako nämä merkit piirsi”

Maxwellin yhtälöt
(”Jumalako nämä merkit piirsi”)

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

Maxwellin yhtälöt selittävät **sähkö- ja magnetismin** ja antavat **sähkömagneettisen aaltoliikkeen** olemassaolon ja ominaisuudet.

MODERNI FYSIIKKA

A. Suhteellisuusteoria

- Albert Einstein 1905 ja 1916
- Suurten **nopeuksien** ja **massojen** maailmassa tarkempi kuin perinteinen Newtonin mekaniikka.
- Valonnopeus 300 000 km/s nopeuksien yläraja
Yllättäviä tuloksia:
 - Kun nopeus kasvaa, aika hidastuu.
 - Massaan liittyy ”mielettömiä” määriä energiaa.
 - Massiiviset kappaleet ”vääristävät” avaruutta ja aikaa

Einsteinin yhtälö maailmankaikkeudesta

$$R_{ab} - \frac{1}{2}R g_{ab} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{ab}.$$

MODERNI FYSIIKKA

B. Kvanttimekaniikka – mikromaailman asiat

- 1920-luvulta alkaen
- Atomien ja alkeishiukkasten fysiikkaa
- ”Terveen järjen” vastainen
- Elektroniikan, tietoliikenteen, tietokoneiden jne perusta

Mitä on ”terve järki”, ”arkijärki”?

Miksi suhteellisuusteoria ja kvanttimekaniikka tuntuvat olevan vastoin ”tervettä järkeä”?

Vastaus: Vain **konkreettinen, havainnollinen** ja **jokapäiväisen arkikokemuksen** mukainen tuntuu järkevältä.
Suhteellisuusteorian ”kummallisuudet” tapahtuvat vasta lähellä valon nopeutta tai valtavien painovoimien vaikuttaessa. Arkimaailmassa näitä ei ole.
Myöskään atomitason maailmasta meillä ei ole minkäänlaista arkikokemusta.

”TIEDE ON HYÖDYTÖNTÄ: SÄHKÖ

- Elektron = meripihka, hankaussähkö 500 eKr
- Hankaussähköllä kokeita 1700-luvulla
- Faraday: ”Voitte vielä saada siitä verotuloja”
- Lennätin 1837 (Samuel Morse)
- Puhelin 1876 (Graham Bell)
- Siemensin sähkögeneraattori 1800-luvun lopulla
- Sähkömoottori 1800-luvun lopulla
- Edisonin sähkölamppu, levysoitin 1800-luvun lopulla
- Radio 1899 (Marconi, Popov)
- TV, jääkaappi, tietokone, mikrouuni...

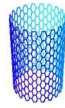
”TIEDE ON HYÖDYTÖNTÄ PUUHAA”

LASER

- Einstein 80 vuotta sitten laski ohimennen perustan
- 50-luvulla teoria (Basov, Prohorov)
- 1960 ensimmäinen lasersäde (Maiman)
- 1963 Bond-elokuva ”Kultasormi” tuotti miljoonia
- Laser-etäisyysmittari, polttoleikkuri
- CD-soitin, valokaapeli, RW-asema, DVD-asema
- laserkirurgia
- holografia (kolmeulotteiset kuvat) ...

NANOTEKNOLOGIA

Nanorobotit



Mikroskooppisen pienet moottorit

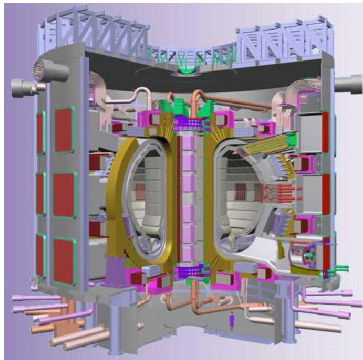
Nanoputket = hiiliatomeista tehdyt putket
 ”mielettömän” lujia
 (nanoputkille ennustetaan suurta merkitystä)

Atomitason muistikomponentit

UUSIA ENERGIALÄHTEITÄ JA VOIMANLÄHTEITÄ ?

- AURINKOKENNOT SAHARASSA
- AURINKOVOIMALA AVARUUESSA
 energia maahan mikroaaltolinkillä
- Vety polttoainetta synteettisellä fotosynteesillä
 tai vedestä ydinenergian avulla
- AURINKOPURJE - Tulevaisuuden avaruusmatkailuun?
- FUUSIOVOIMALA

FUUSIOVOIMALA vuonna 2015 (ITER)



MITTAYKSIKÖT, SI-JÄRJESTELMÄ

Mittaaminen on fysiikan kivijalka.
 Toinen kivijalka on teoria ja matematiikka

SUURE

- Mitattavissa oleva ominaisuus,
 esim pituus, massa, lämpötila, aika, voima
- Ilmaistaan lukuarvolla ja mittayksiköllä,
 esim 5,2 metriä, 82 kg, -15 °C

SI-JÄRJESTELMÄN PERUSSUUREET

symboli ei ole yksikäsitteinen yksikkö ja tunnus yksikäsitteisiä

SUUREEN NIMI	SUUREEN SYMBOLI	SUUREEN YKSIKKÖ	YKSIKÖN TUNNUS
Pituus	l, s, d, r, ...	metri	m
Massa	m	kilogramma	kg
Aika	t	sekunti	s
Lämpötila	T, t	kelvin	K
Sähkövirta	I	ampeeri	A

katso Taulukkokirja s.66

SI-JÄRJESTELMÄN JOHDANNAISSUUREITA

katso Taulukkokirja s. 66 -70

SUUREEN NIMI	SUUREEN SYMBOLI	SUUREEN YKSIKKÖ	YKSIKÖN TUNNUS
Voima	F	newton	N
Energia, Työ	E, W	joule	J
Teho	P	watti	W
Nopeus	v	metriä sekunnissa	m/s
Jännite	U	voltti	V

SI-JÄRJESTELMÄN ETULIITTEET

kahden peräkkäisen väli on 3 numeroa

mikro = μ = miljoonasosa = $0,000\ 001 = 1/1000\ 000 = 10^{-6}$

esim $5\ \mu\text{V} = 5$ mikrovolttia = 5 miljoonasovoltia

milli = m = tuhannesosa = $0,001 = 1/1000 = 10^{-3}$

esim $5\ \text{mm} = 5$ millimetriä = $0,005\ \text{m}$

esim $5\ \text{mV} = 5$ millivoltia = $0,005\ \text{V}$

kilo = k = tuhat = $1000 = 10^3$

esim $5\ \text{km} = 5$ kilometriä = $5000\ \text{m}$

esim $500\ \text{kV} = 500$ kilovoltia = $500\ 000\ \text{V}$

esim $500\ \text{kW} = 500$ kilowattia = $500\ 000\ \text{W}$

mega = M = miljoona = $1000\ 000 = 10^6$

esim $500\ \text{MW} = 500$ megawattia

giga = G = miljardi = $1000\ 000\ 000 = 10^9$

esim 40 gigatavun kiintolevy = 40 miljardia tavua

Tera = T = 1000 miljardia

YKSIKÖIDEN MUUNTAMINEN

$$2 \cdot 10^{-6}\ \text{kg} = 2\ \text{miljoonasosa}\ \text{kg} = 0,000\ 002\ \text{kg} = 0,002\ \text{g} = 2\ \text{mg}$$

$1\ \text{dm}^3$ vettä sisältää $22\ 000$ pisaraa.

Kuinka suuri on yhden vesipisaran tilavuus?

$$\text{Vastaus: } 1\ \text{dm}^3 / 22000 = 0,000\ 045\ \text{dm}^3 = 0,045\ \text{cm}^3$$

$$1\ \text{l (litra)} = 1000\ \text{ml} = 1000\ \text{cm}^3 = 1\ \text{dm}^3$$

$$1\ \text{ml (millilitra)} = 1\ \text{cm}^3$$

$$1\ \text{m}^3 = 1000\ \text{litraa}$$

Potilaalle annetaan infuusioliuosta tiputuksessa $200\ \text{ml}$ tunnissa. Kuinka suuri on tiputusnopeus tippaa/min, jos $1\ \text{l} = 1\ \text{dm}^3 = 1000\ \text{ml} = 22\ 000$ tippaa.

$$200\ \text{ml} = 1/5\ \text{l, joten pisaroita tarvitaan } 22000/5 = 4400$$

1 tunti = 60 min, joten tiputusnopeus on 4400 pisaraa/ 60 min

V: noin 73 pisaraa minuutissa.

(Tai: $1\ \text{ml} = 22$ tippaa $\rightarrow 200\ \text{ml} = 200 \cdot 22 = 4400$ tippaa)

YKSIKÖIDEN MUUNTAMINEN

Yhden vesipisaran tilavuus on $0,045\ \text{cm}^3$.

Kuinka paljon vettä on miljardissa pisarassa?

Ratkaisu: Miljardi = $1 \cdot 10^9$

$$1 \cdot 10^9 \cdot 0,045\ \text{cm}^3 = 45\ 000\ 000\ \text{cm}^3$$

Laskimella $1\ \text{exp}\ 9 \times 0,045 =$

$$45\ 000\ 000\ \text{cm}^3 = 45\ 000\ \text{dm}^3 = 45\ \text{m}^3$$

ETULIITTEET JA LASKIMEN EXP-NÄPPÄIN

$$5,2\ \text{miljoonasosaa} = 5,2 \cdot 10^{-6}$$

näppäillään $5.2\ \text{EXP} - 6$

$$1,75\ \text{miljardia} = 1,75 \cdot 10^9$$

näppäillään $1.75\ \text{EXP}\ 9$

$$\text{milli} = m = 10^{-3} = \text{EXP} -3$$

$$\text{mikro} = \mu = 10^{-6} = \text{EXP} -6\ (\text{laskimessa})$$

$$\text{nano} = n = 10^{-9} = \text{EXP} -9$$

$$\text{kilo} = k = 10^3 = \text{EXP}\ 3$$

$$\text{mega} = M = 10^6 = \text{EXP}\ 6$$

$$\text{giga} = G = 10^9 = \text{EXP}\ 9$$

$5.2E - 9$ tarkoittaa $5,2 \cdot 10^{-9}$

ETULIITTEET JA LASKIMEN EXP-NÄPPÄIN

$$5,2\ \text{miljoonasosaa} = 5,2 \cdot 10^{-6}$$

näppäillään $5.2\ \text{EXP} - 6$

$$1,75\ \text{miljardia} = 1,75 \cdot 10^9$$

näppäillään $1.75\ \text{EXP}\ 9$

Rauta-atomin massa on $9,5 \cdot 10^{-26}\ \text{kg}$. Kuinka monta rauta-atomia on $0,15$ kilogrammassa puhdasta rautaa?

$$\frac{0,15}{9,5 \cdot 10^{-26}}$$

Näppäile $0.15 / 9.5\ \text{EXP} - 26 =$

$$1,578947368 \cdot 10^{24} = 1,6 \cdot 10^{24}$$

Tehtävä: 150 grammassa rautaa on $1,6 \cdot 10^{24}$ atomia. Rauta levitetään tasaisesti Suomen pinta-alalle $338\,000\text{ km}^2$.
Kuinka monta atomia tulee jokaiselle neliometrille ja jokaiselle neliösenttimetrille?

$$1\text{ km}^2 = 100\,000\,000\text{ m}^2$$

ha a

Suomi neliömetreinä:

$$338\,000\text{ km}^2 = 338\,000 \cdot 1\,000\,000\text{ m}^2$$

150 g rautaa Suomen pinta-alalle

$$\frac{1,6 \cdot 10^{24}}{(1000000 \cdot 338000)} \text{ atomia/m}^2 \approx 4,7 \cdot 10^{12} \text{ atomia/m}^2$$

neliösentille $4,7 \cdot 10^{12} / 10\,000 = 4,7 \cdot 10^8$ atomia/cm²

neliömillille (kirpun selkään) $4,7 \cdot 10^8 / 100 = 4,7$ milj

AJAN YKSIKÖT

$$1\text{ vuosi} = 365\text{ vrk} \quad 1\text{ vrk} = 24\text{ h}$$

$$1\text{ h} = 60\text{ min} = 3600\text{ s} \quad 1\text{ min} = 60\text{ s}$$

Esim 1: Kuinka monta sekuntia 30 vuotias on elänyt?

$$\text{Vastaus: } 30 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600\text{ s} = 946\,080\,000\text{ s} \\ = 950\text{ miljoonaa sekuntia.}$$

Esim 2: Mitä on 1,4 h? Vast: $1 + 0,4 \cdot 60 = 1\text{ h } 24\text{ min}$

Esim 3: Mitä on tunteina 2h 25 min?

$$\text{Ratkaisu: } 25\text{ min} = 25/60\text{ h} = 0,42\text{h. Vastaus } 2,42\text{ h}$$

Esim.: Voyager 1 –luotain lähetettiin matkaan vuonna 1977. Luotain on matkannut Aurinkokuntamme ulkopuolelle 14 miljardin kilometrin päähän ja etenee yhä lähettäen tietoja.
Kuinka kauan kestää radiosignaalin lähetys Maasta Voyager 1:een?

Radioaallon nopeus on $300\,000\text{ km/s}$

$$\text{Matka } s = 14 \cdot 10^9\text{ km} \quad \text{Nopeus } v = 300\,000\text{ km/s}$$

$$\text{Aika } t = \frac{s}{v} = \frac{14 \cdot 10^9\text{ km}}{300\,000\text{ km/s}} = 46\,667\text{ s}$$

$$46\,667 / 3600\text{ h} = 12,963\text{ h} = 12\text{ h} + 0,963 \cdot 60\text{ min} \\ \approx \mathbf{11\text{ h } 58\text{ min}}$$

Merivedessä on liuenneena myrkyllistä uraania noin 2 milligrammaa kuutiometriä kohti (Grönvall, Hannu: Meritiede, Hki, Otava, 1983).

Neliömuotoisen merialueen sivut ovat 1000 m ja syvyys 50 m .
Kuinka paljon kyseisessä vesimassassa on uraania?

Ratkaisu:

$$\text{Tilavuus} = 1000 \cdot 1000 \cdot 50\text{ m}^3 = 50\,000\,000\text{ m}^3$$

$$\text{Uraania} = 2 \cdot 50\,000\,000\text{ mg} = 100\,000\,000\text{ mg} \\ 100\,000\text{ g} = \mathbf{100\text{ kg}}$$

Määrä tuntuu suurelta, terveyshaittaa siitä ei ole.

MERKITSEVIEN NUMEROIDEN MÄÄRÄ

VASTAUKSESSA YHTÄ MONTA MERKITSEVÄÄ NUMEROA KUIN EPÄTARKIMMASSA LÄHTÖARVOSSA

$340\,000\text{ km}$ alusta lukien 2 merkitsevää

(kokonaisluvun loppunollat eivät merkitse)

Huom! valon nopeus $300\,000\text{ km/s}$ on hyvin tarkka, koska tarkka arvo $299\,792,458\text{ km/s}$

$0,1000\text{ m}$ 4 merkitsevää

$0,100$ 3 merkitsevää

$0,10$ 2 merkitsevää

$0,000\,025$ 2 merkitsevää (etunollat eivät merkitseviä)

Mittaustarkkuus, mittausvirheet

Mikään fysikaalinen mittaustulos ei voi olla ehdottoman tarkka. Tulokset ovat **likiarvoja**

Esimerkiksi 0,1 mm tarkkuudella mitattu pituus:

16,5 mm ± 0,1 mm

Paras arvio tulokselle

Mittaustarkkuus
(absoluuttinen virhe)

Miten mittausvirhe arvioidaan

Mittausvirhe voidaan arvioida:

1. Mittausten keskihajontana (laskimella)
2. Mittausten keskipoikkeamana
3. (suurin arvo – pienin arvo) / 2
4. Päätelemällä mittalaitteiden tarkkuudesta

Helpoin tapa on 3, siis jaetaan suurimman ja pienimmän arvon erotus kahdella. Tulos hieman liioittelee virheen suuruutta.

ABSOLUUTTINEN JA SUHTEELLINEN VIRHE

Absoluuttinen virhe on virheen suuruus mittayksiköissä.

esim pituus = 5,08 m ± 0,01 m

mittaustulos absoluuttinen virhe on 0,01 m = 1 cm

$$\text{Suhteellinen virhe} = \frac{\text{absoluuttinen virhe}}{\text{keskiarvo}} = \frac{0,01 \text{ m}}{5,08 \text{ m}} = 0,00196 \approx 0,002 = 0,2 \%$$

Suhteellinen virhe on siis virheen suuruus suhteutettuna mittauksen tulokseen

MITTAAMINEN JA MITTAUSVIRHEET

Jokaisessa mittauksessa on aina virhettä

(suureen arvo on desimaaliluku, ei kokonais- tai murtoluku)

Miten virhe saadaan mahdollisimman pieneksi?

Huolellisuus on valttia, mutta se ei ainariitä

Parempi mittari

Toistetaan mittaus monta kertaa

Mittaustulos = mittausten **KESKIARVO**

Mittaustulosten **virhe** saadaan keskihajonnasta, keskipoikkeamasta, suurimman ja pienimmän erotus jaettuna kahdella tai mittalaitteen tarkkuus).

MITATAAN HEILURIN HEILAHDUSAIKA 10 KERTAA

MITTAUS	10 HEIL. AIKA
1	21,5
2	18,5
3	19,0
4	21,1
5	20,5
6	19,5
7	19,4
8	20,2
9	19,9
10	20,1

10 heilahduksen keskiarvo = **19,97 s**, joten

1 heilahduksen aika = heilahdusaika = **1,997 ≈ 2,00 s**

10 heilahduksen max=21,5 s ja min=18,5 s, joten virhe=**1,5s**

1 heilahdusajan virhe = 1,5s/10 = 0,15 s

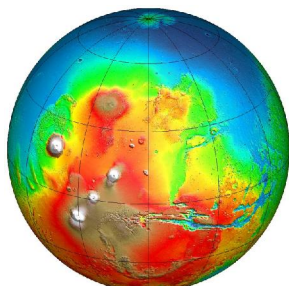
Absoluuttinen virhe = 0,15 s

Suhteellinen virhe =
 $\frac{0,15s}{2,00s} \approx 7,5 \%$

Kotimittaus

- Otetaan noin 1 m pituinen lanka
- Toiseen päähän paino
- Lanka roikkumaan jostakin
- Muistiin langan pituus kiinnityskohdasta painon keskikohtaan
- Mitataan 10 heilahduksen aika, tulos paperille
- Toistetaan mittaus 5 kertaa
- Lasketaan 5 mittauksen keskiarvo
- Jaetaan saatu keskiarvo 10:lla → 1 heilahduksen aika

TUNNETUIN TÖPPÄYS MITTAYKSIKÖISSÄ



TUNNETUIN TÖPPÄYS MITTAYKSIKÖISSÄ

1999 NASA:n Mars Climate Orbiter-luotaimen piti asettua kiertämään Marsia.

NASA tilasi jarrutuslaskelman Lockheed-yhtymältä

Lockheedin kesäharjoittelija-ohjelmoija laski tarvittavat luvut amerikkalaisissa yksiköissä, siis tuumissa, nauloissa, paunoissa, jaloissa, maileissa...

Ja ilmoitti luvut NASA:lle kertomatta yksiköitä.

NASA oletti ilman muuta yksiköiden olevan SI:n mukaisia siis metri- ja kilogramma-yksiköitä.

Kallis luotain rysähti Marsin pintaan...

MITTAUSTARKKUUS: MANNERTEN ETÄISYYS



Vanhaan aikaan tähtitieteellisesti 1 km tarkkuus

Nykyään erikois-GPS:lla 1 mm tarkkuudella

➔ Mannerten liikunnoista tarkkaa tietoa

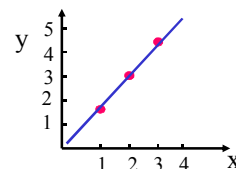
Taulukko ja graafinen esitys

Riippuva muuttuja (yleensä tutkittava asia) pannaan y-akselille (pysty akseli)

Riippumaton muuttuja (se josta toinen riippuu) pannaan x-akselille (vaaka-akseli)

Lukuparit **taulukkoon**, x vasemmalle, y oikealle yksikkö otsikossa

x (s)	y (m)
1,0	1,5
2,0	3,0
3,0	4,5



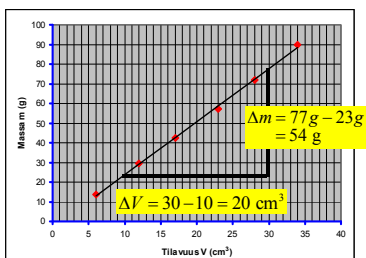
Lineaarinen riippuvuus

Kuvaaja suora → kulmakerroin

Kappaleen massa **m** on suoraan verrannollinen kappaleen tilavuuteen **V**

V (cm ³)	m (g)
6	13,7
12	29,6
17	42,4
23	57,1
28	71,8
34	90,0

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{54 \text{ g}}{20 \text{ cm}^3} = 2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$



$$\text{KESKINOPEUS} = \frac{\text{MATKA}}{\text{AIKA}}$$

TASAINEN LIIKE = NOPEUS PYSYY SAMANA

KIIHTYVÄ LIIKE = NOPEUS KASVAA

HIDASTUVA LIIKE = NOPEUS VÄHENEE

Esim.: HKI → KUUSAMO 790 km matka, ajoaika 10 tuntia. Keskinopeus = ?

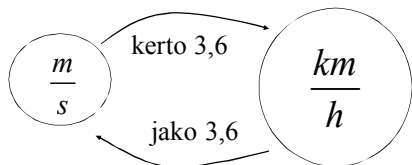
Ratkaisu: keskinopeus = 790 km / 10 h = 79 km/h

km/h vai m/s ?

Molempia käytetään.

Kiihtyvyysskuluissa kuitenkin m/s

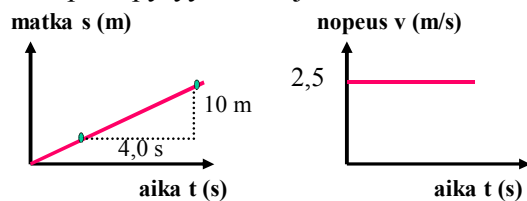
Kätevä muunnos m/s ja km/h välillä:



$$10 \text{ m/s} = 3,6 \cdot 10 \text{ km/h} = 36 \text{ km/h}$$

TASAINEN LIIKE KOORDINAATISTOSSA

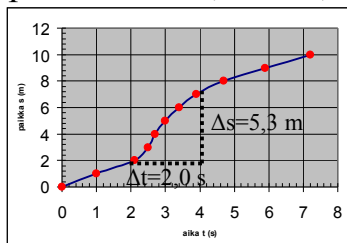
Nopeus pysyy koko ajan samana



$$\text{nopeus} = \frac{\text{matka}}{\text{aika}} = \frac{10 \text{ m}}{4,0 \text{ s}} = 2,5 \text{ m/s}$$

Keskinopeus välillä 2,0s...4,0s

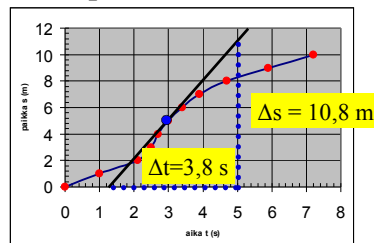
t/s	s/m
0,0	0,0
1,0	1,0
2,1	2,0
2,5	3,0
2,7	4,0
3,0	5,0
3,4	6,0
3,9	7,0
4,7	8,0
5,9	9,0
7,2	10,0



$$\text{Keskinopeus } v = \frac{\text{matka}}{\text{aika}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{5,3 \text{ m}}{2,0 \text{ s}} \approx 2,7 \text{ m/s}$$

Hetkellinen nopeus hetkellä t=3,0 s

t/s	s/m
0,0	0,0
1,0	1,0
2,1	2,0
2,5	3,0
2,7	4,0
3,0	5,0
3,4	6,0
3,9	7,0
4,7	8,0
5,9	9,0
7,2	10,0



Piirretään tangentti (sivuaja) kohtaan t=3,0s ja lasketaan **kulmakerroin**

$$\text{Kohdassa } t=3,0\text{s hetkellinen nopeus} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{10,8 \text{ m}}{3,8 \text{ s}} \approx 2,8 \text{ m/s}$$

KIIHTYVÄ LIIKE

(muutos=loppuarvo-alkuarvo)

KIIHTYVYYS = nopeuden kasvuvauhti

$$\text{KIIHTYVYYS} = \frac{\text{nopeudenmuutos}}{\text{aika}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Nopeus kasvaa 4,0 s aikana arvosta 3,0 m/s arvoon 10 m/s

$$\text{Kiihtyvyys} = \frac{10 \text{ m/s} - 3 \text{ m/s}}{4 \text{ s}} = \frac{7 \text{ m/s}}{4 \text{ s}} \approx 1,8 \text{ m/s}^2$$

Nopeus kasvaa siis joka sekunti 1,8 m/s

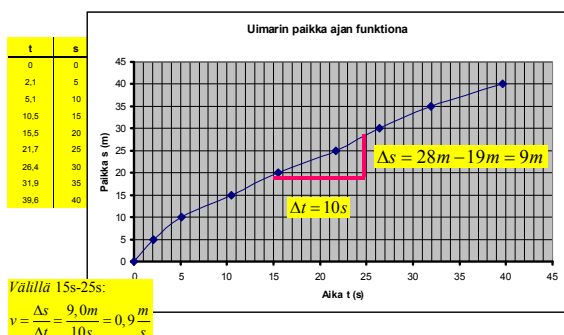
Yo syksy 2012

Fysiikan työkurssilla annettiin tehtäväksi mitata putoamiskiihtyvyyttä. Lukiolainen kuvasi videokameralla putoavaa palloa, määrittäen videolta pallon nopeuksia ja kirjasi ne oikeisiin taulukon mukaisesti. Määritä tuloksista graafisesti pallon putoamiskiihtyvyyttä.

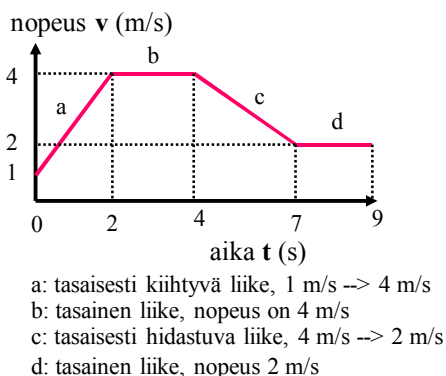
t (s)	1,48	1,52	1,56	1,60	1,64	1,68	1,72	1,76
v (m/s)	0,22	0,64	1,04	1,40	1,79	2,17	2,57	2,95

- Tee graafinen esitys, x-akselina aika t ja y-akselina nopeus v
- Määritä kuvaajan avulla putouskiihtyvyyttä

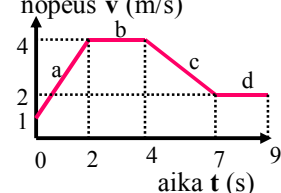
Tehtävä: Uimarin paikka ajan funktiona



KIIHTYVÄ JA HIDASTUVA LIIKE



KIIHTYVÄ JA HIDASTUVA LIIKE



nopeuden muutos = $\frac{\Delta v}{\Delta t}$

a: kiihtyvyys = $\frac{4 \text{ m/s} - 1 \text{ m/s}}{2 \text{ s} - 0 \text{ s}} = \frac{3 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

c: kiihtyvyys = $\frac{2 \text{ m/s} - 4 \text{ m/s}}{7 \text{ s} - 4 \text{ s}} = \frac{-2 \text{ m/s}}{3 \text{ s}} = -0,67 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

PUTOUSKIIHTYVYYS

Maapallon pinnalla putoavan kappaleen nopeus kasvaa joka sekunti noin 10 m/s.
 Putouskiihtyvyys g on siis noin 10 m/s²
 Tarkemmin

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Esim. Tiili lähtee putoamaan tornitalon katolta ja törmää 5,0 sekunnin kuluttua maahan.
 Millä nopeudella tiili iskeytyy maahan?

Ratkaisu: $9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 5,0 \text{ s} = 49 \text{ m/s}$
 (pääsälaskuna $10 \cdot 5 \text{ m/s} = 50 \text{ m/s}$)

Esimerkkejä kiihtyvyydelaskuista

a) Moottoripyörä kiihtyy 4,1 sekunnissa 0 km/h → 95 km/h
 Mikä on pyörän kiihtyvyys?

Muutetaan km/h-yksikkö muotoon m/s: 95 km/h = 26,4 m/s
 (saadaan jakamalla luvulla 3,6, joten $95 / 3,6 = 26,4$)

$\text{kiihtyvyys} = \frac{\text{nopeuden muutos}}{\text{aika}} = \frac{26,4 \text{ m/s}}{4,1 \text{ s}} = 6,4 \text{ m/s}^2$

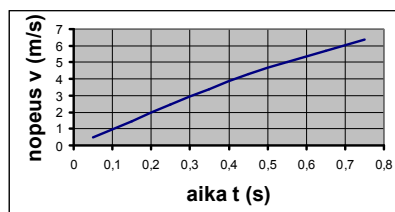
b) Auto kiihtyy 8,7 sekunnissa 0 km/h → 95 km/h
 95 km/h = 26,4 m/s

$\text{kiihtyvyys} = \frac{\text{nopeuden muutos}}{\text{aika}} = \frac{26,4 \text{ m/s}}{8,7 \text{ s}} = 3,0 \text{ m/s}^2$

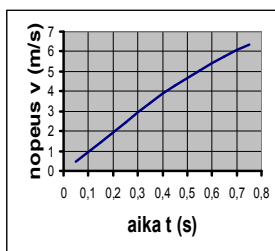
Yo-tehtävä kevät 2002: Ilmassa putoavan kappaleen nopeus mitattiin jaksottimella, saatiin tulokset:

t/s	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75
v/(m/s)	0,49	1,47	2,45	3,40	4,30	5,02	5,72	6,35

a) Piirrä nopeuden kuvaaja v = v(t)



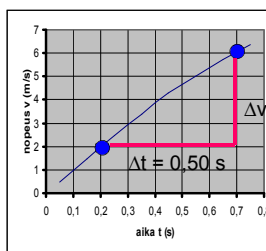
Yo.tehtävä kevät 2002



b) Perustele kuvaajan muoto

Aluksi kuvaaja on suora, koska kiihtyvyys on vakio. Nopeuden kasvaessa ilmanvastus kasvaa, jolloin kiihtyvyys pienenee ja kuvaaja muuttuu loivemmaksi

Yo.tehtävä kevät 2002



c) Määritä kappaleen keskikihtyvyys välillä 0,20 ... 0,70 s

V : keskikihtyvyys
 $a = 8,2 \text{ m/s}^2$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6,0 \text{ m/s} - 1,9 \text{ m/s}}{0,5 \text{ s}} = 8,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Kiihtyvän liikkeen loppunopeus

Paikalta lähtevän (ei alkunopeutta)

$$\text{nopeus} = \text{kiihtyvyys} \cdot \text{aika}$$

$$v = a \cdot t$$

Kiihdytetään alkunopeudesta:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

Alkunopeus Kiihtyvyys

Esim. Moottoripyörä liikkuu aluksi nopeudella 10 m/s. Kuljettaja lisää pyöränsä nopeutta kiihtyvyydellä 2,0 m/s². Mikä on pyörän nopeus 4 sekunnin kuluttua kiihdytyksen alkamisesta?

alkunopeus $v_0 = 10 \text{ m/s}$

kiihtyvyys $a = 2,0 \text{ m/s}^2$

aika $t = 4,0 \text{ s}$

kts Taulukko s 116

$$\text{loppunopeus } v = v_0 + a \cdot t$$

$$v = 10 \text{ m/s} + 2,0 \text{ m/s}^2 \cdot 4,0 \text{ s} = \mathbf{18 \text{ m/s}}$$

Tiikeri juoksee nopeudella 2,0 m/s ja nähtyään saaliin lisää nopeuttaan 5,5 s ajan vakiokiihtyvyydellä 3,0 m/s². Laske tiikerin loppunopeus.

alkunopeus $v_0 = 2,0 \text{ m/s}$

kiihtyvyys $a = 3,0 \text{ m/s}^2$

aika $t = 5,5 \text{ s}$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$v = 2,0 \text{ m/s} + 3,0 \text{ m/s}^2 \cdot 5,5 \text{ s} \approx 19 \text{ m/s}$$

Vastaus: Tiikerin loppunopeus on 19 m/s



Tasaisesti kiihtyvän liikkeen matka

$$\text{matka} = \frac{\text{alkunopeus} + \text{loppunopeus}}{2} \cdot \text{aika}$$

$$s = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t$$

Esim. Aapon lähteen paikalta ja saavuttaa 5 sekunnissa 6 m/s nopeuden. Matka=?

$$s = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t = \frac{0 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2} \cdot 5 \text{ s} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5 \text{ s} = 15 \text{ m}$$

Tasaisesti kiihtyvä liike: Matka
 Matka s voidaan laskea kahdella tavalla

Joko näin

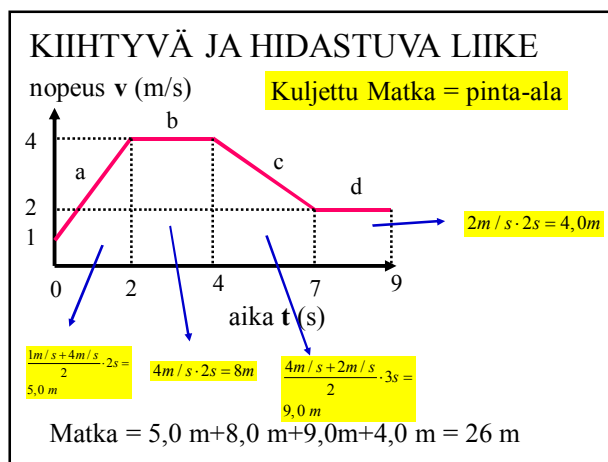
$$s = v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

alkunopeus aika kiihtyvyys

Tai näin

$$s = \frac{(v_0 + v)}{2} \cdot t$$

Loppunopeus



Kiihtyvyys = nopeuden suuruuden tai suunnan muutos

Mikä aiheuttaa kiihtyvyyttä?

”Voima se on joka jyllää”

”Missä kiihtyvyys – siellä voima!”

Mitä on voima ?

Voima on kappaleiden välistä vuorovaikutusta
 Voiman yksikkö on NEWTON, siis 1 N

PAINOVOIMA

Maapallon pinnalla painovoima G lasketaan kaavalla

$$G = m \cdot g = m \cdot 9,81$$

jossa m on massa kilogrammoina
 ja $g=9,81 \text{ m/s}^2$ on painovoiman putouskiihtyvyys

Käytännössä päässä laskuna painovoima saadaan newtoneina, kun kilot kerrotaan luvulla 10
 Esim. 57 kg massaiseen Liisaan kohdistuu painovoima
 $G = 57 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 560 \text{ N}$

MEKANIIKAN PERUSLAIT

JATKAVUUDEN LAKI:
 (Newtonin I laki)

Jos kappaleeseen ei vaikuta mitään voimia, kappale pysyy levossa tai jatkaa suoraviivaista liikettään muuttumattomalla nopeudella

Tunnetaan myös nimellä massan HITAUDEN LAKI, koska massa vastustaa liiketilansa muutoksia.

MEKANIIKAN PERUSLAIT

DYNAMIIKAN PERUSLAKI
 (Newtonin II laki)

VOIMA = MASSA • KIIHTYVYYS

$$F = m \cdot a$$

taulukkokirja: $(\Sigma F = m \cdot a)$

Vain voima voi aikaansaada kiihtyvyyttä, siis muuttaa kappaleen **nopeutta** tai **suuntaa**

MEKANIIKAN PERUSLAIT

Dynamiikan peruslain $F=m \cdot a$ seurauksia:

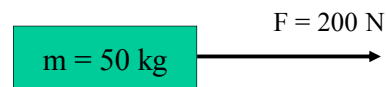
Jos tunnemme tarkasti kappaleeseen vaikuttavat **voimat** suuruuksineen ja suuntineen sekä kappaleen sijainnin ja nopeuden tietynä hetkenä, voimme laskea tarkasti:

- kappaleen saaman **kiihtyvyyden**
- kappaleen **nopeuden**
- kappaleen **sijainnin**

minä hetkenä hyvänsä.

Kappaleen rata on siis ikään kuin **ennalta määrätty, täysin ennustettavissa ja laskettavissa oleva.**

VOIMAN AIKAANSAAMAN KIIHTYVYYDEN LASKEMINEN



$F = m \cdot a$ josta saadaan kiihtyvyydeksi a

$$a = \frac{F}{m} = \frac{\text{voima}}{\text{massa}} = \frac{200 \text{ N}}{50 \text{ kg}} = 4,0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Kappaleen nopeus alkaa kasvaa joka sekunti 4 m/s.
10 sekunnin kuluttua nopeus on kasvanut jo 40 m/s

Aapo, 60 kg, kiihdyttää mopolla $1,2 \text{ m/s}^2$.

a) kuinka suurella voimalla Aapon on pidettävä kiinni Moposta, jotta hän pysyy mopon mukana?

$$F = m \cdot a = 60 \text{ kg} \cdot 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 72 \text{ N}$$

b) Aapo kiihdyttää 5 sekuntia. Mikä on Mopon nopeus?

Taulukkokirjasta s 116 loppunopeus:

$$v = v_0 + at = 0 + 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{ s} = 6,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

c) Kuinka pitkän matkan Aapo ajaa kiihdytyksen aikana?

$$s = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t = \frac{0 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2} \cdot 5 \text{ s} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5 \text{ s} = 15 \text{ m}$$

Liikennefysiikkaa

Auto ajaa pusikkoon ja pysähtyy

Kumpi on vaarallisempaa:

- a) pysähdys 1 m matkalla (äkkipysäys)
- b) pysähdys 10 m matkalla?

Vastaus: pysähdys 1 m matkalla, koska hidastuvuus on suurempi

Pysäytysvoima = $F = m \cdot a$

MARS ODYSSEY-luotaimen JARRUTUS

Mars Odysseyn massa oli 725 kg, kun se aloitti Marsin takana jarrutuspolton.

Rakettimoottorin työntövoima oli 695 N.

Poltto kesti 1182 sekuntia, polttoainetta kului 266 kg.

a) Kuinka suuri oli jarrutushidastuvuus polton alussa?

$$F=m \cdot a, \text{ josta } a = \frac{F}{m} = \frac{695 \text{ N}}{725 \text{ kg}} \approx 0,959 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

b) Kuinka suuri oli jarrutushidastuvuus polton lopussa? työntövoima $F = 695 \text{ N}$ pysyy koko ajan samana, mutta luotaimen massa on lopussa keventynyt 266 kg

$$a = \frac{F}{m} = \frac{695 \text{ N}}{725 \text{ kg} - 266 \text{ kg}} = \frac{695 \text{ N}}{459 \text{ kg}} \approx 1,51 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Ionimoottori

USA:n **Deep Space 1** testasi 1998 – 2001 ionimoottoria ja kohtasi komeetta Borrellyn. Moottorin sähköteho oli 2,1 kW.

ESA:n SMART-1 lähetettiin 27.9.2003 kohti Kuuta. Kuuta kiertämään se asetui 15.11.2004. Hidas kiihdytys!

Xenon-suihkun nopeus 16 km/s
Työntövoima 0,068 N
Massavirta noin 4 milligrammaa/s
Ionimoottorin sähköteho 480 W – 1500 W
Toiminta-aika 7000 tuntia
Luotaimen alkumassa 370 kg
Ajoainetta Xenonia 82 kg

MEKANIIKAN PERUSLAIT VOIMAN JA VASTAVOIMAN LAKI (Newtonin III laki)

Jos kappale A vaikuttaa kappaleeseen B tietyllä voimalla, niin kappale B vaikuttaa takaisin kappaleeseen A yhtäsuurella mutta vastakkaissuuntaisella voimalla

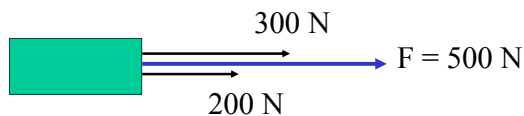
VOIMIEN YHTEENLASKU



Mihin suuntaan kappale lähtee?

Summavoima $F = 100 \text{ N}$ oikealle
Summavoima (kokonaisvoima) on erotus, koska voimat tappelevat vastaan

VOIMIEN YHTEENLASKU



Summavoima (kokonaisvoima) on summa, koska voimat vetävät samaan suuntaan
(Jos kappaleen massa on 50 kg, se saa kiihtyvyyden

$$a = \frac{F}{m} = \frac{500 \text{ N}}{50 \text{ kg}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Maailmankaikkeuden rakenteet (kosmologiaa)

Mistä maailmankaikkeus on tullut?

Mitä maailmankaikkeuden rakenne?

Mistä me olemme tulleet, minne menemme?

Päätyykö maailmankaikkeuden laajeneminen vai alkaako maailmankaikkeus supistua?

Mikä on maailmankaikkeuden kohtalo?

Maailmankaikkeuden tietämys etenee

Kopernikus 1500-luvulla: Maa kiertää Aurinkoa

Newton 1600-luvun lopulla: **Painovoimalaki** selittää täysin planeettojen kiertoradat

Einstein 1905, 1916: **Suhteellisuusteoria** selittää painovoiman ja maailmankaikkeuden syvällisesti

Hubble 1929: On **muistakin** galakseja kuin omamme, Maailmankaikkeus **laajenee** koko ajan

Bethe 1930-luvulla: Tähdet saavat energiansa **vetyfuusiosta**, ydinreaktioista
Fuusioreaktiot tuottavat happea, hiiltä, typpeä,...

Maailmankaikkeuden tietämys etenee

Vera Rubin 1930-luvulla: Galakseissa **pimeää ainetta** enemmän kuin näkyvää. Asiaan palattiin 1990-luvulla.

Gamov 1940-luvulla: Alussa **alkuräjähdyks**, "Big Bang"

Penzias, Wilson 1965: Löysivät alkuräjähdyksen kaiuin, kaikkialta tulevan **kosmisen mikroaaltotaustasäteilyn**.

Nyt: Kosmisen taustasäteilyn pienet vaihtelut kertovat alkuräjähdyksen tapahtuneen **13,7 miljardia vuotta** sitten (satelliittimittaukset: COBE, WMAP)

Tulossa: ESA:n Planck-satelliitti v 2008 mittaa kosmisen mikroaaltotaustan "kuprut" ennennäkemättömän tarkasti.

Tietämys etenee: Pimeä aine

Viime vuosina on havaittu, että maailmankaikkeuden materiaasta on **näkyvää materiaa** vain 4 %, siis elektroneista ja kvarkeista koostuneiden protonien ja neutronien muodostamaa tavallista ainetta. Pimeää ainetta on 22 % maailmankaikkeuden massaenergiasta.

Pimeä aine, näkymätön aine, itse asiassa **läpinäkyvä aine**, on ilmeisesti **tuntemattomia alkeishiukkasia**, jotka eivät vaikuta sähkömagneettisesti. Pimeä aine aiheuttaa kuitenkin **painovoimaa**.



Kuva 21.8.2006: Pimeä aine on galaksin reunoilla (epäsuora havainto) Pimeä aine on väritetty siniseksi, näkyvä aine punaiseksi

Loput 74 % maailmankaikkeuden massaenergiasta on **pimeää energiaa**

Pimeä energia kiihdyttää laajentumista

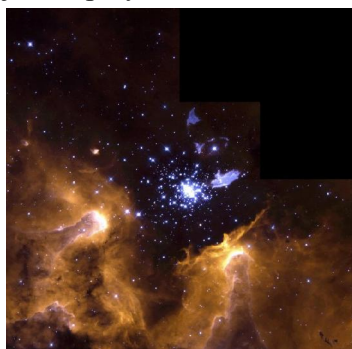
1990-luvun lopulla havaittiin kaukaisten supernovien punasiirtymistä, että **avaruuden laajentuminen** on alkanut **kiihtyä** noin 5 miljardia vuotta sitten. Mittaukset on vahvistettu moneen kertaan toisistaan riippumattomilla tavoilla (mikroaaltotausta, gravitaatiolinssit, maailman ikä, avruuden suuret rakenteet, supernovat).

Tekijää, joka kiihdyttää avaruuden laajentumista, on alettu nimittää **pimeäksi energiaksi**. Sen luonteesta ei juuri tiedetä mitään. (Kosmologinen vakio?, kvintessenssi?)

Wmap-satelliitin viimeisimpien mittausten mukaan maailmankaikkeuden massaenergiasta näkyvää ainetta on 4 %, pimeää ainetta 22 % ja pimeää energiaa 74 %.

Pimeä energia repii maailmankaikkeutta hajalle: galaksit loittonevat kiihtyvästi – kohta kaikki jäävät yksin...

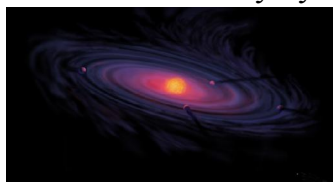
”Tähtipölystä sinä olet syntynyt ja tähtipölyksi olet muuttuva”



AURINKOKUNNAN PIENOISMAALLI

Kohde	Halkaisija	Etäisyys Auringosta
Aurinko	110 cm	-
Merkurius	3,8 mm	45 m
Venus	0,95 cm	85 m
Maa	1,0 cm	117 m
Mars	5,3 mm	179 m
Jupiter	11 cm	611 m
Saturnus	9,4 cm	1120 m
Uranus	4,1 cm	2250 m
Neptunus	3,8 cm	3530 m
(Pluto)	1,8 mm	4620 m)

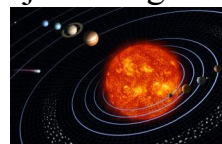
Aurinkokunnan synty



Noin 5 miljardia vuotta sitten valtaisa **vety/pölypilvi** alkoi **painovoiman** vaikutuksesta tiivistyä. Vetypilvi puristui ja kuumentui, kunnes sen sisällä syttyi ydinreaktioita. Näin oli syntynyt Aurinkomme.

Pölystä ja kaasusta syntyivät **kivi- ja kaasuplaneetat**. Lopusta pölystä ja jäästä tuli **asteroideja ja komeettoja**.

Maan ja Auringon tulevaisuus

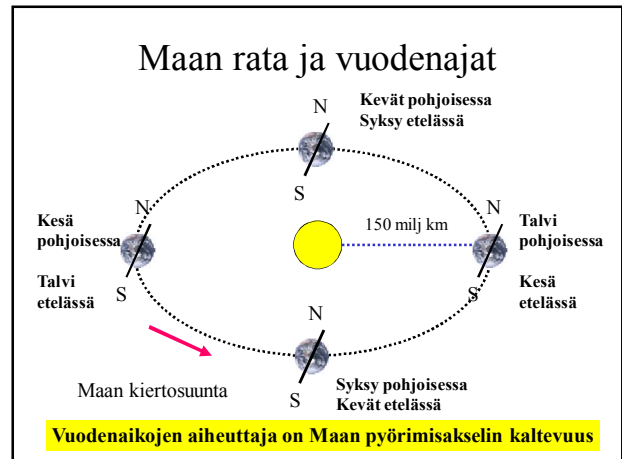
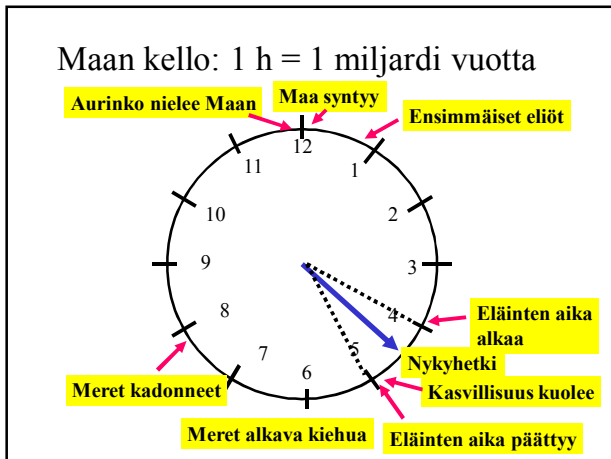


12 miljardin vuoden tarina päättyy

Aurinko on säteilyt jo 5 miljardia vuotta.

Joka sekunti Aurinko muuttaa 4 miljoonaa tonnia ainetta energiaksi Einsteinin kaavan $E=mc^2$ mukaisesti. Vetypolttoainetta riittää vielä 7 miljardia vuotta.

Aurinko kuumenee koko ajan ja kirkastuu. Lopulta 7 miljardin vuoden kuluttua Aurinko pullistuu Maan radalle asti ja romahtaa sitten **valkoiseksi kääpiöksi**.



Maailmankaikkeuden perusvuorovaikutukset ,

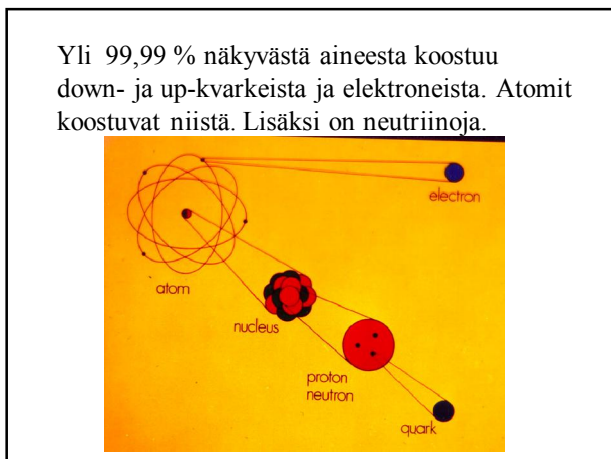
- **Painovoima eli gravitaatio**
 vaikuttaa kaikkien massojen välillä
 pienillä massoilla hyvin heikko,
 suurilla etäisyyksillä ainoa merkittävä voima
- **Sähkömagneettinen vuorovaikutus**
 mm. kemiallinen sidos, pitää molekyylit koossa
 aine tuntuu kovalta, koska atomien elektroniverhot karkottavat toisiaan.
- **Heikko vuorovaikutus**
 aiheuttaa radioaktiivisuuden
 (atomin ytimestä sinkoutuu hiukkanen)
- **Vahva vuorovaikutus** ("ydinvoimat")
 pitävät atomien ytimet koossa (kvarkit kiinni toisissaan)
 erittäin vahvoja atomiytimen mittakaavassa

Miten ihmisen arkimaailmassa?

Sähkömagneettinen vuorovaikutus näkyy ehkä eniten ihmisen arkimaailmassa.

Kitka, kosketusvoimat, törmäysten vaikutus, aineen koossapysyminen, sähkö- ja magnetismi.

Gravitaatio eli painovoima on ilmeinen.
 Se pitää meidät Maan pinnalla.
 Sen ansiosta satelliitti voi kiertää Maapalloa.



"Tavallisen" aineen rakenne

Tavallinen aine rakentuu 3 alkeishiukkastyypistä, jotka muodostuivat alkuräjähdyksen jälkeen noin 13 miljardia vuotta sitten.

elektroni
u-kvarkki
d-kvarkki

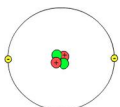
u- ja d-kvarkit eivät esiinny vapaana. Ne esiintyvät "kolmen koplana" muodostaen protonin ja neutronin

Neutroni **Protoni**

(ei sähköinen) (positiivinen)

Atomin koko

Helium-atomi



Neutronit ja protonit ovat atomin ytimessä.
Elektronit kiertävät ydintä.

Esimerkiksi 1g rautaa sisältää $1,1 \cdot 10^{22}$ rauta-atomia. Jos se levitetään tasaisesti koko Suomen maa-alueelle $338\,000 \text{ km}^2$, yhdelle neliömetrille tulee rauta-atomeja noin 33 miljardia kpl.

$$\frac{1,1 \cdot 10^{22}}{(1000000 \cdot 338000)} \text{ atomia/m}^2 \approx 3,3 \cdot 10^{10} \text{ atomia/m}^2$$

Tehtävä:

a) Mitä tarkoittaa ”isotooppi”?

Alkuaineella voi olla useita eri versioita eli isotooppeja. Kaikilla niillä on sama määrä protoneja (=järjestysluku), mutta eri määrä neutroneja.

b) Selvitä luonnossa esiintyvän raudan yleisimmän isotoopin rakenne?

Massaluku = neutronit + protonit
 neutronit = $56 - 26 = 30$ (järjestysluku)

Protonit \rightarrow ${}^{56}_{26}\text{Fe}$

Radioaktiivinen ydin ja puoliintumisaika

Jotkut alkuaineet ovat epävakaita: niiden ytimet hajoavat itseksensä.

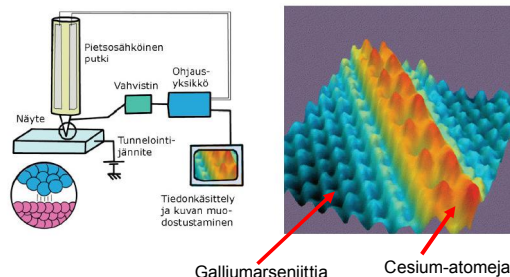
Puoliintumisaika kuvaa hajoamisnopeutta: Aika jonka kuluessa puolet ytimistä on hajonnut

${}^{137}_{55}\text{Cs}$ eli Cesium-137 puoliintumisaika on 30,17 vuotta

${}^{131}_{53}\text{I}$ eli Jodi-131 puoliintumisaika 8,02 vuorokautta

Jodierä puoliintuu 32 vrk:ssa 4 kertaa, jolloin määrä putoaa 1/16 -osaansa

Pyyhkäisy-tunnelointimikroskoopi näkee jopa yksittäisiä atomeja ja molekyyliä



CERNin TARKOITUS

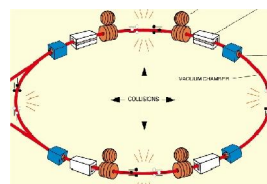
CERNissä tuhannet fyysikot pyrkivät selvittämään muun muassa:

- Luonnon syvimät vuorovaikutusvoimat
- Miksi luonnonlait ovat sellaisia kuin ne ovat
- Miten maailmankaikkeus on syntynyt
- Mikä on maailmankaikkeuden kohtalo

Tärkein tutkimusväline on **hiukkaskiihdytin**

Mikä hiukkaskiihdytin on?

- Laite, jolla kiihdytetään varauksellisten hiukkasten suihku lähes valonnopeuteen.
- Cernin LHC-kiihdyttimessä kaksi hiukkassuihkua kulkee vastakkaisiin suuntiin.



27 km tunneli

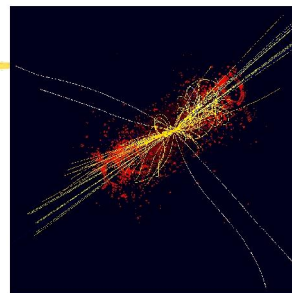
Miten kiihdytin toimii?

- Sähköisesti varattu hiukkanen (esim. protoni) **kiihdytetään sähkökentällä**
- Kiihdytetty suihku saadaan **kaartumaan** ympyräradalle hyvin voimakkailla **magneeteilla** (7 teslaa)



Törmäysjäljistä päätellään syntyneiden hiukkasten ominaisuudet

H → 4 muons
CMS-
koeasemassa



25/1/01

Onko muuta kuin ”tavallista” ainetta?

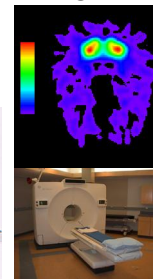
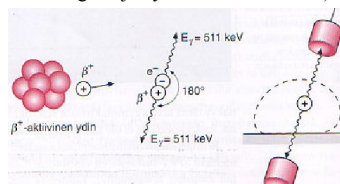
Alkuräjähdyksen aikana oli sekä **materiaa** että **antimateriaa**. Jostakin syystä materiaa syntyi hieman enemmän kuin antimateriaa. Materia ja antimateria **tuhotessa toisensa** jäi jäljellä pieni ylijäämä materiaa, siis tavallista ainetta. Siitä koostuu kaikki näkyvä aine. Miksi antimateriaa oli vähemmän?

Euroopan hiukastutkimuskeskuksen CERN:n antimaterialaboratoriossa valmistetaan antimateriaa jotta voidaan tutkia sen ominaisuuksia ja selvittää miksi antimateriaa oli vähemmän



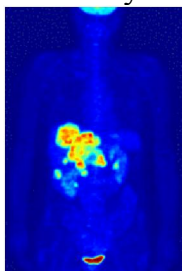
Antimateria lääketieteessä: PET=Positroni-Elektroni-Tomografia

•PET-kuvauksessa saadaan tarkkoja kuvia kudoksista ja niiden **toiminnasta** (farmakologiset ja dynaamiset mittaukset)



Tavallinen annos on noin 7 mSv, pienempi kuin TT:sta

Antimateria lääketieteessä: PET-kuvista tehty 3D-animaatio



Pimeä aine ja pimeä energia

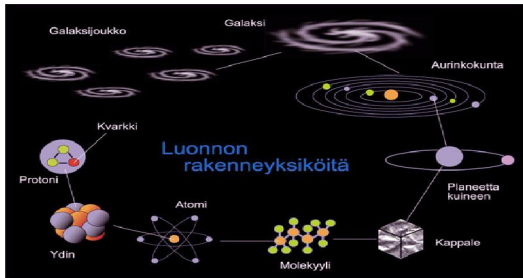
Viime vuosina on havaittu, että maailmankaikkeuden materiaasta on **näkyvää materiaa** vain 10 %, siis elektroneista ja kvarkeista koostuneiden protonien ja neutronien muodostamaa tavallista ainetta.

Pimeä aine, näkymätön aine, on ilmeisesti tuntemattomia alkeishiukkasia, jotka eivät vaikuta sähkömagneettisesti. Pimeä aine aiheuttaa kuitenkin painovoimaa.

Maailmankaikkeudessa on ilmeisesti myös **pimeää energiaa**, joka kiihdyttää maailmankaikkeuden laajenemista.

Lähivuosina saamme ehkä lisätietoa sekä salaperäisestä pimeästä aineesta että pimeästä energiasta.

Galaksijoukoista kvarkkeihin



ENERGIA ja ENERGIARATKAISUT

Energia = "Kykyä tehdä työtä"
("Käyttövoimaa")
("Saa pyörät pyörimään")
("Kykyä lämmittää")



Energian lajeja

- Liike-energia
- Kappaleiden potentiaalienergia
- Lämpöenergia
- Säteilyenergia
- Kemiallinen energia
- Ydinenergia

MEKAANINEN ENERGIA

koostuu

- Potentiaalienergiasta
- Liike-energiasta

POTENTIAALIENERGIA

se on kappaleeseen varastoitunutta kykyä tehdä työtä.

- jännitetty jousi
- ylös nostettu paalujuntta
- ylös pumpattu vesi

POLTTOAINEEN LÄMPÖARVO



Polttoaineen lämpöarvo tarkoittaa käytännössä sitä, kuinka paljon palamisessa vapautuu energiaa massakiloa kohti.

Kuivan koivuhalon lämpöarvo on 13 MJ/kg
Siis 1 kg koivuhalkoja sisältää 13 MJ energiaa
Vetykaasulla on korkein lämpöarvo, 119 MJ/kg

Auringon energia ydinten **fuusioreaktioista**

Vedyn ytimet (protonit) yhtyvät (fuusioituvat) tuloksen on **heliumia**

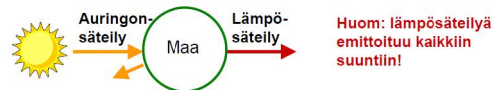
Fuusioreaktio tuottaa miljoona kertaa enemmän energiaa kuin kemialliset reaktiot



Aurinko muuttaa yhdessä sekunnissa 600 miljoonaa tonnia **vetyä** 596 tonniksi **heliumia**. Noin neljä miljoonaa tonnia massasta muuttuu energiaksi, jolloin Auringon teho on $3,86 \cdot 10^{26}$ W

2.1 Luonnollinen kasvihuoneilmiö

Tarkastellaan koko maapallon (pinta + ilmakehä) energiatiloutta



Maapallo saa energiaa imemällä (=absorboimalla) auringonsäteilyä

Maapallo menettää energiaa säteilemällä (=emittomalla) lämpösäteilyä avaruuteen

Tasapainon vallitessa absorboitunut auringonsäteily = emittoitunut lämpösäteily

Säteily

Säteily on energiaa, joka etenee ilman väliainetta

Aurinko siirtää Maapallolle valtavasti energiaa säteilyn muodossa. Aurinko on Maan tärkein energianlähde. (Toinen lähde on Maapallon sisuksen radioaktiivisuus, joka näkyy tuliperäisyytenä.)

Auringosta tulee lämpösäteilyä, näkyvää valoa, ultraviolettivaloa, röntgensäteilyä ja hiukkasia

Maapallo säteilee avaruuteen lähinnä lämpösäteilyä.

SÄTEILY

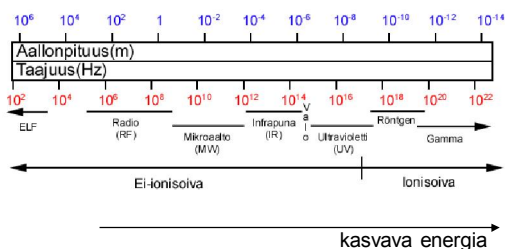
Sähkömagneettinen säteily:

- Radioaallot (kännykkä, mikroaaltouuni)
- Lämpösäteily eli infrapunasäteily
- Näkyvä valo
- UV- eli ultraviolettisäteily (Auringosta)
- Röntgensäteily (ionisoivaa, röntgenkuvaus)
- Gammäsäteily (ionisoivaa, maaperästä)

Hiukkassäteily (ionisoivaa)

- alfahiukkaset, lähtee esimerkiksi uraanista
- beetahiukkaset (elektroneja tai positroneja)
- neutronisäteily

Sähkömagneettinen säteily



Sähkömagneettinen säteily koostuu pienistä energiapaketeista, joiden nimi on kvantti. Kvantit etenevät tyhjiössä valon nopeudella c.

IONISOIVA SÄTEILY

Pystyy **irrottamaan** atomista **elektroneja**, jolloin atomista tulee ioni. Syntynyt ioni reagoi herkästi, On siksi epäterveellistä.

Sähkömagneettisesta säteilystä ionisoivia vain
- röntgensäteily
- gammasäteily

Hiukkassäteilystä sähköiset hiukkaset ionisoivia
- alfahiukkaset (heliumin ytimiä)
- beetahiukkaset (elektroni tai positroni)

Ionisoivan säteilyn altistukset ihmiselle

1. Maaperästä tihkuva radon-kaasu, 54 %
(sisätiloissa), säteilee alfahiukkasia
(pohjoismaissa 1300 keuhkosyöpäkuolemaa/vuosi)
2. Lääketieteellinen käyttö, 15 %
röntgenkuvaukset, syöpähoito
3. Maaperästä tuleva gammasäteily, 14 %
uraanipitoinen peruskallio
4. Avaruudesta tuleva kosminen säteily, 8 %
5. Ihmisestä itsestään tuleva säteily, 8 %
6. Tshernobylin jättämä laskeuma, 1 %

Aineen aktiivisuus

1 Bq = 1 Bekkerel = 1 Becquerel = 1 hajoaminen /s

Esim. Ihmisen joka painokilossa on aktiivisuutta
55 Bq. Se aiheutuu Kalium-40:sta.

70 kg ihmisen radioaktiivisuus on

$70 \cdot 55 \text{ Bq} = 3850 \text{ Bq} = 3,9 \text{ kBq}$

Ihmisessä hajoaa siis noin 4000 K-40 -ydintä/s

Tämä aiheuttaa noin 8 % ihmisen saamasta
vuotuisesta säteilyaltistuksesta.

Ihmisen saama säteilyannos

Yksikkö 1 Sievert = 1 Sv

alaysikkö 1 mSv = 0,001 Sv

Suomalainen saa joka vuosi luonnollisesti
180 mSv annoksen. Tästä suurin osa, 100mSv,
tulee maaperästä tihkuvasta radonista.

Lääketieteelliset kuvaukset → 27 mSv

Tshernobyl → 2 mSv

5 Sv kerta-annoksena → 50 % kuoleman todennäk.

Puoliintumisaika

Radioaktiivisen aineen puoliintumisaika
tarkoittaa aikaa, jonka kuluessa aktiivisista
ytimistä on jäljellä vain puolet.

Cesium-131:n puoliintumisaika 30 vuotta

Teknetium-99:n puoliintumisaika 6 h

1 vrk:ssa Tc-99 ehtii puoliintua 4 kertaa

→ $0,5^4 = 0,0625$ jäljellä = 6,25 % jäljellä