

Luku 4: Aineen rakenne ja maailmankaikkeuden mittasuhteet

Tehtävien ratkaisut

Tehtävät 1–3 ovat automaattisesti tarkistettavia tehtäviä ja ne ovat digikirjassa.

4-1.

Täydennä.

Täydennä puuttuvat sanat.

Linnunrata on ***galaksi***, joka kuuluu useista galakseista koostuvaan ***galaksijoukkoon***. Aurinko on yksi Linnunradan ***tähdistä***. Aurinko ja sitä kiertävät kappaleet, kuten ***Maa*** ja muut ***planeetat*** kuineen, muodostavat ***Aurinkokunnan***. Maa ja Kuu koostuvat pääasiassa kivistä ja metalleista. Nämä puolestaan koostuvat ***atomeista***. Atomin muodostavat ***ydin*** ja sitä kiertävät ***elektronit***. Atomin ydin koostuu ***protoneista***, joilla on positiivinen sähkövaraus, ja ***neutroneista***, jotka ovat sähköisesti neutraaleja. Protonit ja neutronit koostuvat ***kvarkeista***. Kvarkit eivät esiinny yksittäisinä hiukkasina vaan ovat aina toisiinsa ***sitoutuneita***.

4-2.

Oikein/väärin-väittämät

- Galaksijoukon galaksit pysyvät yhdessä gravitaation vaikutuksesta. ***Kyllä//Ei***
- Aurinkokunnan planeetat pitää Auringon ympärillä vahva vuorovaikutus. ***Kyllä//Ei***
 Palaute: Aurinkokunnan pitää koossa gravitaatiovuorovaikutus.
- Molekyylissä atomit pitää yhdessä sähkömagneettinen vuorovaikutus ***Kyllä//Ei***
- Atomin ytimen ja sitä ympäröivän elektronipilven pitää yhdessä gravitaatiovuorovaikutus ***Kyllä//Ei***

Palaute: Positiivisesti varautunut ydin ja negatiivisesti varautuneet elektronit pysyvät yhdessä sähkömagneettisen vuorovaikutuksen vuoksi.

- Atomin ytimen protonit ja neutronit pitää yhdessä sähkömagneettinen vuorovaikutus ***Kyllä//Ei***
 Palaute: Sähkömagneettinen vuorovaikutus saa protonit hylkimään toisiaan! Ydin pysyy kasassa kvarkkien välisen vahvan vuorovaikutuksen seurauksena.
- Protonit ja neutronit koostuvat kvarkeista. Kvarkit sitoo toisiinsa vahva vuorovaikutus ***Kyllä//Ei***

4-3.

Yhdistä.

- Yhdistä tapahtuma ja syntyneen järjestelmän kokoluokka.
 Kaksi galaksia törmää ja muodostaa uuden galaksin. 10^{21} m
 Kaksi molekyyliä törmää ja muodostaa uuden molekyylin. 10^{-9} m
 Kaksi ydintä törmää ja muodostaa uuden ytimen. 10^{-14} m
- Yhdistä tapahtuma ja syntyneen järjestelmän koossa pitävä vuorovaikutus.
 Kaksi galaksia törmää ja muodostaa uuden galaksin. Gravitaatiovuorovaikutus
 Kaksi molekyyliä törmää ja muodostaa uuden molekyylin. Sähkömagneettinen vuorovaikutus
 Kaksi ydintä törmää ja muodostaa uuden ytimen. Vahva vuorovaikutus

4-4.

- Galaksi on miljardien tähtien muodostama rakenne, jota gravitaatio pitää koossa.
- Galaksijoukko on useasta galaksista muodostunut ryhmä, jota gravitaatio pitää koossa.
- Aurinko on yksi Linnunradan tähdistä. Maa kiertää Aurinkoa.
- Aurinkokunta muodostuu Auringosta ja sitä kiertävistä kahdeksasta planeetasta kuineen. Aurinkokuntaan kuuluu myös pienempiä kappaleita ja komeettoja. Aurinkokunnan pitää koossa gravitaatio.
- Eksoplaneetta on planeetta, joka ei kierrä Aurinkoa vaan jotain toista tähteä.
- Kuut ovat planeettojen kiertolaisia. Planeetat ja niiden kuut pysyvät yhdessä gravitaation vaikutuksesta.

Luku 4: Aineen rakenne ja maailmankaikkeuden mittasuhteet

4-5.

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| A) Maa | 3) 10^7 m |
| B) Aurinkokunta | 2) 10^{13} m |
| C) Linnunrata | 1) 10^{21} m |
| D) Paikallinen galaksiryhmä | 4) 10^{23} m. |

4-6.

Piirroksessa ydin ja elektronit ovat liian suuria verrattuna atomin kokoon. Kuvasta saa myös sen väärän käsityksen, että elektronit kiertävät ydintä määrättyjä ratoja pitkin. Elektronien liikettä atomissa ei voi jäljittää, voidaan vain esittää todennäköisyys sille, että elektroni on tietyssä osassa atomia.

4-7.

- Atomin ytimen protonit ja neutronit koostuvat u- ja d-kvarkeista.
- Atomissa on ytimen lisäksi elektronipilvi, joten atomi koostuu u- ja d-kvarkeista sekä elektroneista.
- Ihminen koostuu atomeista. Siten ihmisen muodostavat hiukkaset ovat u- ja d-kvarkit sekä elektroni.

4-8.

- | | |
|-------------------|-----------------|
| A) atomi | 4) 10^{-10} m |
| B) ydin | 2) 10^{-15} m |
| C) hiilinanoputki | 1) 10^{-9} m |
| D) punasolu | 3) 10^{-5} m |

4-9.

- Galaksit ja galaksijoukot pitää koossa gravitaatiovuorovaikutus.
- Kemiallinen sidos on seurausta sähkömagneettisesta vuorovaikutuksesta.
- Maa kiertää Aurinkoa gravitaatiovuorovaikutuksen seurauksena.
- Atomin ytimen pitää koossa niin kutsuttu ydinvoima, joka on seurausta vahvasta vuorovaikutuksesta.

4-10.

Muunnetaan fullereenimolekyylin halkaisija nanometreiksi:

$$\begin{aligned} 7,1 \text{ \AA} &= 7,1 \cdot 10^{-10} \text{ m} \\ &= 0,71 \cdot 10^{-9} \text{ m} \\ &= 0,71 \text{ nm.} \end{aligned}$$

Huomataan, että DNA-molekyylin kaksoiskierteen halkaisija, 2 nm, on suurempi.

4-11.

- 4,9 miljardia kilometriä on kymmenenpotenssimuodossa $4,9 \cdot 10^9 \text{ km} = 4,9 \cdot 10^{12} \text{ m}$. Muunnetaan myös tähtitieteellinen yksikkö metreiksi: $1 \text{ AU} = 149,5979 \text{ Gm} = 149,5979 \cdot 10^9 \text{ m}$. Lasketaan, monestiko tähtitieteellinen yksikkö mahtuu annettuun etäisyyteen:

$$\frac{4,9 \cdot 10^{12} \text{ m}}{149,5979 \cdot 10^9 \text{ m}} \approx 33.$$

Siispä Maan ja Pluton välinen etäisyys oli tuolloin 33 AU eli noin 33 kertaa Maan ja Auringon keski-etäisyys.

- Koska valonnopeus on $v = 299\,792\,458 \text{ m/s} = 299\,792,458 \text{ km/s}$, signaalin kulkuaika on

$$t = \frac{s}{v} = \frac{4,9 \cdot 10^9 \text{ km}}{299\,792,458 \text{ km/s}} = 16344,64 \text{ s} \approx 4,5 \text{ h} (= 4 \text{ h } 30 \text{ min}).$$

Luku 4: Aineen rakenne ja maailmankaikkeuden mittasuhteet

- c) Samaan matkaan kuluisi henkilöautolla aikaa

$$t = \frac{s}{v} = \frac{4,9 \cdot 10^9 \text{ km}}{100 \text{ km/h}} = 4,9 \cdot 10^7 \text{ h.}$$

$$\text{Tämä olisi vuosina } \frac{4,9 \cdot 10^7 \text{ h}}{24 \text{ h/d} \cdot 365 \text{ d/a}} \approx 5600 \text{ a.}$$

4-12.

- a) Punasolun suuruusluokka on 10^{-5} m ja atomin 10^{-10} m . Suuruusluokkien suhde on $\frac{10^{-5} \text{ m}}{10^{-10} \text{ m}} = 10^{-5-(-10)} = 10^5$.
- b) Punasolun halkaisijaan liittyvän kymmenpotenssin eksponentti on -5 ja atomin -10 . Punasolu on siten $-5 - (-10) = -5 + 10 = 5$ suuruusluokkaa atomia suurempi, jolloin niiden halkaisijoiden suhde on noin 10^5 .
- c) Punasolu on noin $10^5 = 100\,000$ -kertainen atomiin verrattuna.

4-13.

Linnunradan ja Auringon halkaisijoiden suuruusluokkien suhde on $\frac{10^{21} \text{ m}}{10^9 \text{ m}} = 10^{21-9} = 10^{12}$

eli Linnunradan halkaisija on 10^{12} -kertainen Auringon halkaisijaan nähden. Jos Linnunradan halkaisija olisi 100 m , olisi Auringon halkaisija 10^{12} osa tästä eli

$$\frac{100 \text{ m}}{10^{12} \text{ m}} = \frac{10^2 \text{ m}}{10^{12} \text{ m}} = 10^{2-12} \text{ m} = 10^{-10} \text{ m} = 0,1 \text{ nm.}$$

Aurinko olisi siis vain atomin kokoinen!

4-14.

Atomin ja ytimen halkaisijoiden suuruusluokkien suhde on $\frac{10^{-10} \text{ m}}{10^{-15} \text{ m}} = 10^{-10-(-15)} = 10^5$

eli atomin halkaisija on 10^5 -kertainen ytimen halkaisijaan nähden. Jos atomin ydin olisi halkaisijaltaan 24 cm , olisi atomin halkaisija

$$10^5 \cdot 24 \text{ cm} = 10^5 \cdot 24 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 24 \cdot 10^{5+(-2)} \text{ m} = 24 \cdot 10^3 \text{ m} = 24 \text{ km} \approx 20 \text{ km.}$$

Elektronipilvi ulottuisi siis noin 10 kilometrin päähän koripallon keskipisteestä. (Tehtävä voidaan laskea myös käyttäen ytimen halkaisijan suuruusluokkaa 10^{-14} m , jolloin atomin halkaisija olisi vain n. 2 km).

Luku 4: Aineen rakenne ja maailmankaikkeuden mittasuhteet

4-15.

Ohessa esimerkkejä tapahtumista ja niiden kestoista. Muistathan huomioida tekijänoikeudet kuvia etsiessäsi. Hakukoneet mahdollistavat myös vapaasti käytettävien kuvien hakemisen.

Kappale	Ajan suuruus (kuten ilmoitettu lähteessä)	Aika kymmenenpotenssimuodossa sekunteina
Aika, jossa elektronit asettuvat yksittäisiin atomeihin kaksiatomisen molekyylin hajotessa	140 fs	$1,4 \cdot 10^{-13} \text{ s}$
Tietokoneen prosessorin (1 GHz) yhden laskusyklin kesto	1 ns	$1 \cdot 10^{-9} \text{ s}$
Hermoimpulssin syntyprosessin kesto aivoissa	1 ms	$1 \cdot 10^{-3} \text{ s}$
Maasalaman kokonaiskesto	0,2 s	$2 \cdot 10^{-1} \text{ s}$
Sydämen syke	1 s	1 s
Opetuskerran pituus	75 min	$4,5 \cdot 10^3 \text{ s}$
Punasolujen elinaika	100 päivää	$8,65 \cdot 10^6 \text{ s}$
Maan kiertoaika Auringon ympäri	365,26 vrk	$3,16 \cdot 10^7 \text{ s}$
Maailmankaikkeuden ikä	13,8 miljardia vuotta	$4,32 \cdot 10^{17} \text{ s}$

4-16.

Neptunuksen keskimääräinen etäisyys Auringosta on $4496 \cdot 10^6 \text{ km}$. Jos Neptunuksen etäisyys olisi 1089 km, olisi Aurinkokuntaa pienennetty tekijällä $1089 : (4496 \cdot 10^6) = 0,242 \cdot 10^{-6}$. Planeettojen etäisyydet Helsingin rautatieasemalta ja halkaisija olisivat silloin oheisen taulukon mukaiset.

Planeetta	Etäisyys Helsingistä	Halkaisija
Merkurius	14 km (Vantaa)	1,1 m
Venus	26 km (Kerava)	2,9 m
Maa	36 km (Järvenpää)	3,1 m
Mars	55 km (Mäntsälä)	1,6 m
Jupiter	188 km (Tampere)	35 m
Saturnus	346 km (Kuopio)	29 m
Uranus	700 km (Rovaniemi)	12 m
Neptunus	1100 km (Utsjoki)	12 m

Auringon halkaisija olisi 340 m.