

ei-kimmoisaan vuorovaikutukseen atomin ytimen kanssa. Ylijäämäenergia poistuu fotonina. Näin syntynyttä säteilyä kutsutaan jarrusäteilyksi (bremsstrahlung). Tällaista vuorovaikutusta ei esiinny esim. alfasäteilyllä, koska sen todennäköisyys on kääntäen verrannollinen hiukkasen massan neliöön. Todennäköisyys jarrusäteilyn syntymiseen kasvaa nopeammin kuin todennäköisyys törmästä muihin elektroneihin beetahiukkasen energian kasvaessa. Jarrusäteilyä voi myös esiintyä jo siinä atomissa, joka emittoi beetahiukkasen. Tällöin sitä kutsutaan

sisäiseksi jarrusäteilyksi. Beetasäteily menettää aineessa kulkessaan energiaansa eksponentiaalisesti eli tietyn matkan jälkeen sen energia aina vähenee puoleen. Pysäytysvoima on verrannollinen aineen tiheyteen, kun on kyse elektronien törmäyksen aiheuttamasta hidastumisesta, ja atomien järjestysluvun neliöön, kun jarrusäteily aiheuttaa hidastumisen.

Beetahajoamista laskettaessa on pidettävä mielessä, että siinä täytyy, toisin kuin alfahajoamisessa, soveltaa erityisen suhteellisuusteorian kaavoja. Näistä lienevät merkittävimmät elektro-

nin liikemassan m

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}},$$

ja kokonaisenergian T

$$T = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2} = mc^2 \\ = E_k + m_0 c^2$$

kaavat, joissa m_0 on hiukkasen lepomassa, v sen nopeus ja p liikemäärä. Beetahajoamisen takana arvellaan nykykäsityksen mukaan olevan heikonvuorovaikutuksen, jonka välittäjähiukkasia suomalaiset olivat mukana löytämässä CERN:issä.

EK

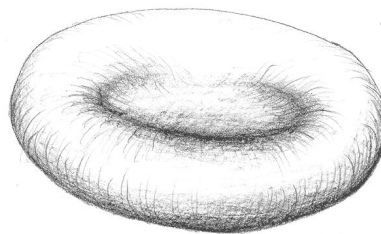
Punasolut välkkyvät kuin tähdet

Veren punasolut ovat muodoltaan pyöreitä, molemmilta puoliltaan koveria kiekkoja, joiden halkaisija on noin $20\mu\text{m}$. Ne koostuvat pääasiassa kaksinkertaisesta fosfolipidikalvosta sekä solulimasta. Joustavan rakenteensa sekä muotonsa ansiosta ne pystyvät kulkemaan jopa itseään pienemmissä verisuonissa.

1900-luvun alussa tutkijat huomasivat, että mikroskoopilla tarkastellut punasolut näyttivät välkkyvän "kuin tähdet pimeänä tähtikirkkaana yönä". Tätä ilmiötä ei tuolloin osattu vielä selittää, ja se kummastutti tutkijoita suuresti. Ilmiölle kehitettiin erilaisia *ad hoc*-selityksiä: jotkut pitivät välkkymistä jopa salaperäisen *elämän voiman* ilmentymänä.

1970-luvulla ranskalainen Nobel-fyysikko Pierre-Gilles de Gennes tutkimusryhmineen osoitti välkkymisen aiheutuvan lämpöliikkeestä. Saattaa tuntua ihmeelliseltä, että yksittäisten molekyylien liikehdintä saattaa aiheuttaa taämän kaltaisia ilmiöitä. Punasolun massa on molekyylien liike-energiaan nähden liian suuri, jotta ne voisivat havaittavissa määrin muuttaa solun liiketilaa —

vaikka molekyylit liikkuvatkin huoneenlämmössä noin 500 metrin sekuntinopeudella. Lisäksi törmäykset osuvat punasoluun tasaisesti joka puolelta.



© Aapo Ahola

Selitys välkkymiseen piilee itse asiassa solun pintarakenteessa: Kaksinkertainen fosfolipidikalvo on kummaltakin puolelta veden ympäröimä, joten pienet liikkeet eivät poikkeuta sitä tasapainotilasta molekyylien välisten hylkimisvoimien suhteen. Kalvoon törmäävien yksittäisten vesimolekyylien liike-energia riittää tällöin muuttamaan hieman sen muotoa. Pinnan osat toimivat kuten pienet peilit, jotka värähte-

levät toisistaan riippumatta. Mikroskoopin valon heijastuminen näistä peleistä aiheuttaa tuikeimmista muistuttavan ilmiön.

Myöhemmin tällaisia ns. *pehmeitä pintoja* on tutkittu paljon, ja ne ovat saaneet paljon käytännön sovelluksia. Niihin liittyvää tietoutta on hyödynnetty jopa alkeishiukkasia koskevissa teorioissa.

Pehmeistä aineista voi lukea lisää Pierre-Gilles de Gennesin ja Jaques Badozin kirjasta "Les objets fragiles" (suomennos: "Hauraat esineet", Terra Cognita 1998).

ST

Ostamme ja myymme kirjoja Antikvariaatti Korkeavuori

Korkeavuorenkatu 13
puh. / fax 176 687

AVOINNA

ark. 11.00-17.15
la 11.00-15.00
su 12.00-16.00