2.A De Broglie aallonpituus ja sähkömagneettiset kentät

Vuonna 1924 Louis de Broglie esitti silloisessa tilanteessa täysin spekulatiivisen ajatuksen, että säteilystä tunnettu aalto-hiukkasdualismi pätee myös materiaaliin ja erikoisesti elektroneihin. Itse hän kuvaa tätä ajatustaan äkilliseksi inspiraatioksi, jonka mukaan ”Einstein’s wave-particle dualism was an absolutely general phenomenon extending to all physical nature”.

Yleisessä mielessä tämä pitää paikkansa hiukkasfysiikassa termodynamiikka ja sähköoppi mukaan luettuna, sillä kaikki vuorovaikutukset tapahtuvat värähtävien kenttien kautta. Tämän takia kemian reaktiotkin ovat mahdollisia vain värähdyshetkellä ja kaikki hiukkasten väliset voimavaikutuksetkin liittyvät värähtävään kenttään. Tämän takia on olemassa myös aaltoliikkeen kaltaisia hiukkaspulsseja, jotka kuitenkin ratkaisevasti poikkeavat luonteeltaan tavanomaisesta aaltoliikkeestä. Kun Planckin energia E = hf on ylösalaisin energiaan $E = mc^2$ nähden, niin tässä yhteydessä on aihetta heti ensimmäiseksi todeta, että ei ole olemassa pätevää fysiikan yhtälöä

$$mc^2 = hf \qquad (2A.1)$$

eikä sen päteviä johdannaisia. Tietyin rajoituksin voidaan sensijaan sanoa, että fysiikassa on olemassa verannollisuus

$$mc^2 = \text{vakio} / hf \qquad (2A.2)$$

Kun de Broglie relaatiot ovat

$$f = E / h \qquad (2A.3)$$

$$\lambda = h / p \qquad (2A.4)$$

niin miten yhtälöt 2A.2 ja 2A.4 voivat yhtä aikaa antaa oikealta näyttäviä tuloksia. Tämä liittyy kenttien pilkkoutumiseen ja kääntymiseen sekä suoraan sähkömagnetismiin ilman varsinaisia de Broglie aallonpituuksia. Kyse onkin aivan toisenlaisista ilmiöistä ja näiden selvittäminen on tämän kohdan 2A tarkoitus.

Se aaltoliike ($\rightharpoondown$ the mechanics of wavelike behavior, which is known as quantum mechanics), josta hiukkasfysiikassa puhutaan, on monivaiheisesti ”zig-zag”-pilkkoutuneiden hiukkasryhmien järjestäytynyttä liikettä polarisoituneessa gravitaatiokentässä. Tämä järjestäytynyt liike sisältää sekä hiukkastihentymiä että kondensoitumispisteitä tarkkojen sääntöjen mukaisesti. Tällaisille hiukkasryhmien liikkeille ovat omiaisia sekä taajuus että aallonpituus, mutta tämän lisäksi niille on ominaista diffraktio ja aivan erikoisesti gravitaatiokentän polarisoitumisen takia interferenssi sekä itse itsensä kanssa että läheisten hiukkasryhmien kanssa.

Tämä edellä kuvattu hiukkasryhmien liike on siis aaltomaisista ominaisuuksistaan huolimatta aivan eri asia kuin tavanomainen aaltoliike ja havainnollistetaan tätä tärkeää asiaa vielä yksinkertaisella esimerkillä: tyttö kävelee tietä pitkin ja heittää 5 sekunnin välein saman kiven 1 metrin päähän, jolloin voidaan sanoa, että taajuus f = 0,2 1/s ja aallonpituus λ = 1 m. Tätä ei mitenkään voi väittää aaltoliikkeeksi vaan enintään aaltomaiseksi liikkeeksi ja tästä samasta asiasta hieman monimutkaisempana on kysymys hiukkasfysiikassa. Tämä koskee kaikkia hiukkasia: protoneja, elektroneja, fotoneja, gravitoneja jne., mutta makroskooppiset kappaleet kuten herneet ja tennispallot eivät kuitenkaan kuulu tähän joukkoon, vaikka useissa fysiikan oppikirjoissa esitetään päinvastaista. Herneet ja tennispallot eivät noudata sen enempää yhtälöä 2A.2 kuin yhtälöä 2A.4.

De Broglie relaatioiden 2A.3 ja 2A.4 syvällisemmäksi ymmärtämiseksi on aluksi aihetta laskea joku liikemäärä. Valitaan laskettavaksi hiukkaseksi perusfotoni γ_0 = 4,743077152 · 10^{-36} kg = 91,12670537 nm, jolle saadaan yhtälöstä 2A.4

$$p = mv = h / \lambda = 6{,}6 \cdot 10^{-34} / 91 \cdot 10^{-9}$$

$$= 7{,}271277408 \cdot 10^{-27} \text{ kgm/s} \qquad (2A.5)$$

Vakio h on tässä tapauksessa puhtaasti matemaattinen konstruktio, mikä vastaa elektronia e_{91}

$$e_{91} = 9{,}109389754 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \qquad (2A.6)$$

$$= 2 \cdot (5e_0 + 4q_0) \qquad (2A.7)$$

$$= 2 \cdot 5{,}113636095 \cdot e_0 \qquad (2A.8)$$

$$= 10{,}227272195 \cdot e_0 \qquad (2A.9)$$

Tämä on yksityiskohtaisemmin esitelty kohdassa 9. Luku q_0 tarkoittaa peruselektroniin e_0 = 8,906959334 · 10^{-32} kg sitoutunutta varausta. Tällöin luvuksi h tulee matemaattisesti (vrt. kohta 11)

$$h / 2\pi = mvr = e_{91} \cdot vr \qquad (2A.10)$$

$$= 10{,}227 \,.\, e_0 \cdot (c / 137) \,.\, a_0 \qquad (2A.11)$$

$$= 1{,}054572666 \cdot 10^{-34} \text{ kgm}^2\text{/s} \qquad (2A.12)$$

Oikea matemaattinen muoto on yhtälö 2A.11, jossa a_0 = Bohrin säde. Kun jäljempänä osoitetaan, että sähkökentän N-komponentissa 1 V $\longleftrightarrow$ 13,6 · γ_0 ja γ_0 $\longleftrightarrow$ 13,6 V, niin Planckin vakiolle voidaan muodollisesti ja matemaattisesti kirjoittaa myös yhtälö

$$E = hf \qquad (2A.13)$$

$$13{,}6 \text{ eV} = h \cdot 3{,}289841949 \cdot 10^{15} \text{ 1/s} \qquad (2A.14)$$

mikä ei todellisuudessa ilmeisestikään tarkoita mitään järkevää. Fotonin γ_0 liikemäärätulosta 2A.5 vastaava todellinen tulos saadaan yksinkertaisella tavalla ja tavanomaiseen tapaan yhtälöstä

$$p = mv = 4{,}74 \cdot 10^{-36} \cdot 2{,}99 \cdot 10^{8}$$

$$= 1{,}421938758 \cdot 10^{-27} \text{ kgm/s} \qquad (2A.15)$$

Kun lasketaan suhde (tulos 2A.5) : (tulos 2A.15) = 5,113636095, niin tämä on juuri elektronirakenteessa 2A.8 esiintyvä suhde ja se tulee usein esille fysiikassa, esim. radiohiukkasissa kohta 7A.6 tai ideaalikaasun malliatomeissa. Tätä samaa asiaa voidaan tarkastella toisellakin tavalla, jolloin ajatellaan, että on olemassa kondensoitunut ”jänniteryhmä” 2 · 5,1136 · e_0 = e_{91}, jonka kentän alkioryhmä on täsmälleen 5,1136 · γ_0, millä taas on liikemäärä

$$5{,}1136 \cdot 1{,}42 \cdot 10^{-27} = 7{,}271277362 \cdot 10^{-27} \text{ kgm/s} \qquad (2A.16)$$

eli tarkalleen ”de Broglie tulos” 2A.5. Fysiikka on tuskin mitenkään voinut ymmärtää tätä asiaa tähän asti ja vielä suurempiin ymmärryksellisiin ongelmiin fysiikka joutuu, kun todetaan, että aallonpituuden ja fotonin massan kasvaessa yhtälö $p = h / \lambda$ antaa pieneneviä arvoja, kun taas todellinen liikemääräyhtälö $p = mv$ antaa kasvavia arvoja. Jälkimmäinen yhtälö $p = mv$ on oikein ja virhe fysiikassa syntyy taas kerran ylösalaisin olevista energioista ja massoista. Yleissääntöisesti hiukkasfysiikassa pienempi hiukkanen värähtää nopeammin, mutta kun sen kentän nopeudella on verrannollisuus $v \; m^{-1/2}$, niin sen liikemäärä $p = mv$ on pienempi kuin suuremmalla hiukkasella. Tämä on päinvastoin kuin kvanttifysiikassa opetetaan.

Tutkitaan seuraavaksi de Broglien aallonpituusyhtälöä $\lambda = h / p$ erilaisille elektroneille, joita on kiihdytetty erilaisilla jännitteillä. Kun elektronin e_0 kentän nopeus on $c / 137 = 2{,}187691416 \cdot 10^6$ m/s ja yhtä volttia vastaa yhden yhtenäisen elektronin $13{,}6 \cdot e_0$ kenttä, niin kenttien nopeuksien ollessa kääntäen verrannollisia säännöllisten hiukkasten massan ($\rightarrow$ absoluuttinen jännite $\rightarrow$ potentiaali V) neliöjuureen, saadaan 1 V kentän nopeudeksi

$$2{,}18 \cdot 10^6 / 13{,}6^{1/2} = 593096{,}8911 \text{ m/s} \qquad (2A.17)$$

Kun tähän kenttään laitetaan kirjallisuuselektroni $e_{91} = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg, niin saadaan energiaksi

$$E = e_{91} \cdot v^2 / 2 = 1{,}602177334 \cdot 10^{-19} \text{ J} \qquad (2A.18)$$

mikä on tunnettu tarkka tulos. Kun $J = As \cdot V$ ja kysymyksessä oli 1 V kenttä, niin tuloksen 2A.18 voidaan tulkita tarkoittavan myös $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ As $\cdot$ 1 V = $q \cdot U$, missä U on joku jännite $\rightarrow$ hiukkasryhmä $\rightarrow$ potentiaali $\rightarrow$. Liikemäärän p avulla voidaan nyt kirjoittaa

$$E = p^2 / (2 \cdot e_{91}) = q \cdot U \qquad (2A.19)$$

$$\rightarrow p = (2 \cdot e_{91} \cdot qU)^{1/2} \qquad (2A.20)$$

Kannattaa huomata, että ei ole mitenkään itsestään selvää, että näin tulee, mutta fysiikan kokeelliset tulokset osoittavat tämän kehitelmän oikeaksi. Kun nyt tämä tulos 2A.20 sijoitetaan yhtälöön 2A.4, niin saadaan

$$\lambda = h / p = h / (2 \cdot e_{91} \cdot qU)^{1/2} \qquad (2A.21)$$

$$\rightarrow \lambda^2 \cdot U = h^2 / 2 \cdot e_{91} \cdot q \qquad (2A.22)$$

$$= (\hbar / e_{91}) \cdot (\pi h / q) \qquad (2A.23)$$

$$= (\hbar^2 / e_{91}{}^2) \cdot 4 \pi^2 / V_{1V}{}^2 \qquad (2A.24)$$

$$= \text{vakio} \cdot \text{vakio} \qquad (2A.25)$$

Tietysti vakio / vakio = $\hbar / e_{91}$ on aina vakio, mutta tässä yhteydessä on aihetta kerrata, että sen enempää h kuin e_{91} eivät ole fysiikan esittämässä mielessä luonnonvakioita. Elektroneja on lukematon määrä erilaisia juuri siten kuin alkuaineiden spektrit ja jännitekentät yksiselitteisesti osoittavat. Kullakin hiukkasella taas on oma h siten kuin kohdassa 11 on selvitetty ja $h \rightarrow 0$ kun $m \rightarrow 0$. Sen sijaan yllä esitetty suhde

$$\hbar / e_{91} = 1{,}157676526 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \qquad (2A.26)$$

on universaali luonnonvakio ja tämä on tietysti hyvin tärkeä asia. Clinton Davissonin ja Lester Germerin tutkimustulokset vuodelta 1927 vahvistavat matemaattisesti edellä esitetyt yhtälöt ja näihin liittyy kiinteästi fysiikan empiirinen Duane-Hunt sääntö. Sen ymmärtämiseksi, miksi näin on, on ensiksi ymmärrettävä sähkökentän rakenne, mikä on esitetty kaaviossa 2A.27. Tässä yhteydessä on hyödyllistä katsoa myös alkeishiukkasjärjestelmätaulukkoa kohdassa 6.

Sähkökentän rakenne

$(13{,}6 \cdot e_0)$ (2A.27)

$\updownarrow$

$13{,}6 \cdot \gamma_0 = 13{,}6 \cdot 91{,}12 = 1239{,}842443$ nm $\leftrightarrow$ 1V

U volttia $\leftrightarrow 13{,}6 \cdot \gamma_0 / U \rightarrow$ N-kenttä

$\rightarrow \lambda = 1239 / U \rightarrow$ Duane-Hunt sääntö = yhtälö 2A.30

$\downarrow$

$\updownarrow$ yhtälö 2A.29

$r_0 = 2 \cdot e_c \leftrightarrow e_c \leftrightarrow e_c / 2 = \lambda_c / 2$

$\updownarrow$

$b / 4 \cdot 13{,}6 = b / 54{,}42279244 \leftrightarrow 1$ V

U volttia $\leftrightarrow U \cdot b / (4 \cdot 13{,}6) \rightarrow$ 1/N –kenttä

$\updownarrow$

jännitekentän kentän alkio-
ryhmien rakenneosa
= gravitoni $g_0 / (4 \cdot 13{,}6)$

Magneettikentän rakenne

$(e_0 / 13{,}6 = 10{,}07195576 \cdot m_m)$ (2A.28)

$\updownarrow$

$(13{,}6 \cdot \gamma_0 = m_m / 10{,}7195576) \leftarrow$ Samankokoinen, mutta ei rakenteinen kuin sähkö-

$\updownarrow$ kentässä sikäli kuin esiintyy.

$13{,}6 \cdot \gamma_0 / 137 \leftrightarrow 1$ T = 1 teslan suuruusluokka?

$n \cdot s_0 \rightarrow$ ”äänihiukkaset”, s_0 = perusfononi = $\gamma_0 / 137$

$\updownarrow$

$r_0 / 13{,}6 \leftrightarrow r_0 / (4 \cdot 13{,}6) \rightarrow e_c / (2 \cdot 13{,}6)$

$\updownarrow$

$13{,}6 \cdot b / 4$

$\updownarrow$

$g_0 / (4 \cdot 13{,}6) \rightarrow$ Tämä rakenneosa on sama kuin jännitekentässä = sähkökentässä ja tämän takia magneettikenttiä voidaan muuttaa sähkökentiksi, erikoisesti painovoimakentän avustuksella, minkä reaktiiviset ryhmät ovat myös g_0-rakenteisia.

Yhtälöt 2A.21 ja 2A.24 voidaan tietysti aina kirjoittaa muotoon

$$\lambda = 1{,}226426288 \cdot 10^{-9} / U^{1/2} \quad (2A.29)$$

Tämä yhtälö sopii saumattomasti yhteen Duane-Hunt säännön kanssa = yhtälö 7A.38L, minkä mukaisesti jännitekentällä ja siitä lähtevällä "elektronisäteilyllä" on fysiikassa kiistämättömästi osoitettu yhteys

$$\lambda = 1239{,}842443 \cdot 10^{-9} / U \quad (2A.30)$$

Tämä yhtälö 2A.30 on selitetty kohdassa 7A.3 sekä kaaviossa 2A.27. Tulokset 2A.29 ja 2A.30 näyttävät ristiriitaisilta, mutta näin ei ole, sillä tulos 2A.29 syntyy kenttäalkioryhmistä ja tulos 2A.30 syntyy näiden kondensoitumispisteestä = jännitealkioryhmät = $(N^{1/2})^2 = N \rightarrow U$. Hyvin mielenkiintoista ja ilmeisestikin tärkeää on, että tulokset 2A.29 ja 2A.30 ovat yhtä suuret tuloksella 1021998,12 V, jolloin aallonpituus olisi matemaattisesti $\lambda_c / 2 = 1{,}213155307 \cdot 10^{-12}$ m. Tämä vastaa luonnollisesti puolikasta Comptonin elektronia $e_c/2 = r_0 / 4$, mikä voisi hyvinkin olla oikea "käännepiste" jännitekentille N ja 1/N. Kerrataan tässä yhteydessä vielä, että sähkökentän komponentit ovat

N-kenttä: $13{,}6 \cdot \gamma_0 / N = 13{,}6 \cdot \gamma_0 / U$ (2A.31)

1/N-kenttä: $N \cdot b / (4 \cdot 13{,}6) = U \cdot b / (4 \cdot 13{,}6)$ (2A.32)

Edellä esitetty käännepiste ei mitenkään rajoita jännitepotentiaalia, vaan 1/N-kenttä voi ilmeisesti kasvaa valohiukkasten kokoluokkaan ja vastaavasti N-kenttä voi pienentyä gravitaatiokentän elektronien = b-kvarkkien kokoluokkaan eli käännepisteestä vielä noin $10^3...10^4$ kertaiseksi. Todetaan tässä yhteydessä mielenkiinnosta, että fysiikka on käänteisenergiana laskenut b-kvarkille arvon $4{,}8 \cdot 10^9$ eV, mikä on tietysti tarkalleen $137^2 \cdot 1021998{,}12 / 4 = 4797{,}990525$ MeV. Kukapa olisi aikaisemmin uskonut, että yhdistämällä Duane-Hunt sääntö ja de Broglie relaation johdannaisyhtälö 2A.29, niin näistä tullaan käytännössä suoraan ensin Comptonin elektroniin e_c ja sitten b-kvarkkiin. Edelleen tässä yhteydessä kannattaa huomata, että suuri osa kosmisista hiukkasista on juuri b-kvarkkiryhmiä = gravitaatiokentän "elektroneja" suuruusluokaltaan $10^8...10^9$ eV.

Jännitekentistä syntyy siis yhtälöiden 2A.29 ja 2A.30 mukaista hiukkassäteilyä, millä ei sinänsä ole mitään tekemistä de Broglie yhtälön 2A.4 ja idean kanssa lukuunottamatta sattumanvaraista yhteensopivuutta. Epäspesifisyys syntyy jännitekentän reaktioista ja vaihteluista, mitkä sitten keskittyvät alkuaineesta riippuviin kenttäkokoihin, mistä taas puolestaan syntyvät aineelle ominaiset "röntgen-piikit". Kun yhtälö 2A.21 esiintyy Davissonin Nobel-esitelmässä osoittamassa de Broglien "aineaaltoyhtälö" oikeaksi, niin tämä on kaikki väärin, sillä tällaisesta de Broglien yhtälöstä ei todellisuudessa ollenkaan ole kysymys. Aivan erikoisesti Davissonin ja Germerin tulosta, jonka mukaan heijastunut intensiteetti on "aaltomainen" funktio käänteisestä aallonpituudesta heijastuskulmalla Φ 50°, pidettiin aikanaan osoituksena de Broglien ehdottamasta hiukkasten aaltoliikkeestä. Tämä on tietysti yhtä väärin ja seuraavaksi tarkastellaankin tätä Davissonin ja Germerin tulosta. Tarkastelu aloitetaan taulukoimalla Davissonin ja Germerin tulos (esim. Tipler : Modern Physics, s. 205).

Taulukko 2A.33

Max intensiteetti	Jännite	λ_1	λ_2	"jänniteryhmät"	
kohdat $1 / \lambda$	$\lambda^2 \sim 1 / U$	nm	nm	$N(\lambda_1)$	$N(\lambda_2)$

1,00 $\rightarrow$ 4/4	54 V	22,96	0,167	$4\gamma_0 / 4^2$	$s_0 / 4$
1,25 $\rightarrow$ 5/4	84 V	14,76	0,134	$4\gamma_0 / 5^2$	$s_0 / 5$
1,50 $\rightarrow$ 6/4	121 V	10,26	0,111	$4\gamma_0 / 6^2$	$s_0 / 6$
1,75 $\rightarrow$ 7/4	165 V	7,44	0,095	$4\gamma_0 / 7^2$	$s_0 / 7$
2,00 $\rightarrow$ 8/4	216 V	5,70	0,083	$4\gamma_0 / 8^2$	$s_0 / 8$

Riippumatta siitä, mitä tuloksia ja miten Davisson ja Germer todellisuudessa saivat, niin heidän tuloksistaan voidaan johtaa edellä olevan kirjallisuusviitteen mukaisesti taulukko 2A.33. Yhtälö 2A.30 antaa tuloksen λ_1 ja yhtälö 2A.29 antaa tuloksen λ_2. Tämän taulukon vaakasuorat rivit vastaavat löydettyjä intensiteetin huippukohtia ja nyt on helppo todeta, että maksimikohdat sattuvat aina määrättyihin tasalukuisiin kohtiin sekä N-kentässä hiukkasina (λ_1) että N-kentän alkioryhminä (λ_2). Kysymyksessä on siis erilaisten jännitekenttien luomat ominaishiukkaset eikä millään tavoin elektronit ”aallot”. Kertauksena voidaan todeta, että perusfononi s_0 = perusfotoni γ_0 / 137 ja sitten huomata, että λ_1 = yhtälö 2A.30 ja λ_2 = yhtälö 2A.29 noudattavat itse asiassa aivan tavanomaisia hiukkasrakenteita.

Tämä edellä esitetty huomaaminen on aivan ilmeisesti fysiikalta jäänyt tekemättä ja koska asia ei ehkä ole niin yksinkertainen kuin se näyttää, niin käydään tämä läpi. Hiukkasen kenttä on yleisessä tapauksessa 1/137-osa säännöllisestä hiukkasesta ja havainnollisesti ajattelemalla voi kuvitella, että hiukkanen jakautuu magneettikenttänä ylös ja alas = (1/2 + 1/2) ja sähkökenttänä oikealle ja vasemmalle (1/2 + 1/2). Tästä seuraa, että jokainen kenttäyksikkö on 1/4 koko kentästä ja siten 1/4 · 137 -osa hiukkasesta. Kun $4\gamma_0 / (4 \cdot 137) = s_0$ ja kun alkioryhmien lukumäärä m ilmoittaa kentän koon suuruutena m^2 (”neliöityvä kenttä” eli alkioryhmien koko = lukumäärä $\rightarrow m^2$), niin tästä voidaan huomata, että arvot N(λ_1) ja N(λ_2) sopivat täydellisesti toisiinsa. Yhtälöistä 2A.29 ja 2A.30 ei ehkä ole todellakaan helppo nähdä tätä yhteyttä, joten kirjoitetaan se vielä taulukoksi.

$$(4 / 4) \cdot 137 \cdot 0{,}167 = 22{,}9 \text{ nm} \qquad (2A.34)$$
$$(4 / 5) \cdot 137 \cdot 0{,}134 = 14{,}7 \text{ nm}$$
$$(4 / 6) \cdot 137 \cdot 0{,}111 = 10{,}1 \text{ nm}$$
$$(4 / 7) \cdot 137 \cdot 0{,}095 = 7{,}4 \text{ nm}$$
$$(4 / 8) \cdot 137 \cdot 0{,}083 = 5{,}7 \text{ nm}$$

Näiden sähkökentän rakenteiden käänteiset b-kvarkkirakenteet (yhtälö 2A.32) yhdessä gravitaatiokentän b-kvarkkirakenteen kanssa johtavat siihen, että intensiteettimaksimit ovat ”nikkeliheijastuksessa” kulmalla Φ = 50 ° juuri Davissonin ja Germerin osoittamissa kohdissa.

Tämän kokeen suuren merkityksen takia käydään se vielä käänteisesti läpi. Davisson-Germer kokeessa eri jännitteillä irroitettuja ”elektroneja” heijastetaan puhtaasta nikkelikidepinnasta, jossa atomien väli on 0,215 nm. Tällöin havaitaan selvä heijastuspiikki, mikä liittyy sekä jännitteeseen 54 V että tulo- ja lähtösäteen väliseen kulmaan = 50°, molempiin yhtäaikaisesti. Tämän yksinkertainen selitys menee seuraavasti: jotta yleensä syntyy heijastus, niin minkä tahansa hiukkasen ja sen kentän on reagoitava ja törmättävä tarkalleen toisen elektronin kenttään, mikä ei onnistu sattumalta, vaan heijastuksessa yhtä hyvin ”elektronit” kuin valohiukkaset itse ohjautuvat tällaiseen tilanteeseen tasalukuisena kondensoitumispistereaktiona. Jännitekentälle ja ”elektroneille” 54 V saadaan ominaisaallonpituudeksi

$$13{,}6 \cdot \gamma_0 / 54 = 0{,}252 \cdot \gamma_0 = 22{,}96 \text{ nm} \qquad (2A.35)$$

Jännite 54 V ei siis ole mikä tahansa jännite, vaan sen alkioryhmä on eräs tarkka tasalukuinen osa fotonista = γ_0 / 4 ja tällä asialla on myös merkitystä interferenssin syntymisessä. Tämän kenttäalkioryhmä on

$$22{,}96 / 137 = 0{,}1675 \text{ nm} \tag{2A.36}$$

Jotta nämä tahdistuvat toinen toisiinsa kentän polarisoitumisen kautta, niin välimatkan pitää siis olla tämä. Tällöin heijastuskulmaksi nikkelitason kanssa saadaan

$$0{,}1675 / 0{,}215 = 0{,}779 = \cos\alpha \tag{2A.37}$$

$$\rightarrow \alpha = 38{,}8° \qquad (2A.38))$$

Tällöin tulevien alkioryhmien ja lähtevien alkioryhmien välinen kulma on 51,2° silloin kun ”elektronisuihku” osuu kohtisuoraan yhteen nikkelin reagoivaan ryhmään. Näinhän ei yleensä ole, vaan syntyy määrätty jakaumakuvio, vrt. esimerkiksi Tipler: Modern Physics, s. 203, kuva 5-3. Käytännössä jännite 54 V saattaa ohjautua juuri tasalukuiseksi jännitteeksi 54,4 V kentässä. Tästä seuraa ominaisaallonpituus 22,78 nm ja alkioryhmän aallonpituus 0,1662 nm sekä näistä edelleen heijastuskulmaksi tulee 50,65 °. Tämä voi olla syy, miksi Davisson ja Germer tekivät mittaukset 2A.33 juuri kulmalla Φ = 50 ° ja tästä tulee juuri taulukon 2A.33 mukainen N-kentän tasajaollisuus.

Näistä samoista asioista tulee myös James Franckin ja Gustav Hertzin kokeiden tulokset vuodelta 1914 koskien elohopeakaasupurkausputken jännitteen ja virran välistä yhteyttä. Tämä on ilmeisesti ymmärretty täysin väärin (vrt. Kaarle ja Riitta Kurki-Suonio, Aaltoliikkeestä dualismiin, s. 274-275), koska varsinkaan elektronien törmäyksistä ei ole ollenkaan kysymys. Elohopean perusjakeistukseen kuuluva spektriviiva on 253,651 nm, jolloin yhtälöstä 2A.30 saadaan vastaavaksi jännitteeksi

$$U = 1239 / 253 = 4{,}88799 \text{ V} \tag{2A.39}$$

mikä vastaa varsin tarkasti Franckin ja Hertzin tulosta n $\cdot$ 4,9 V. Virtamaksimi näissä pisteissä johtuu taas siitä, että kun kaasuatomien kenttä ja ulkoinen jännitekenttä yhtyvät kooltaan, niin ne kykenevät tekemään yhtenäisiä sähkökenttiä, joita pitkin sähkövirta pääsee kulkemaan. Tämä yksinkertainen selitys saattaa olla kokonaan laiminlyöty fysiikassa.

Yhtälöstä 2A.30 saadaan suoraan myös Comptonin aallonpituus käyttämällä yhtälöä $U = 13{,}6 \cdot \gamma_0 / N$ eli

$$\begin{aligned} U &= 13{,}6 \cdot \gamma_0 / e_c = 13{,}6 \cdot 137^2 \cdot 2 \cdot e_c / e_c \\ &= 510999{,}0661 \end{aligned} \tag{2A.40}$$

$$\rightarrow U = 510999 \text{ V} \tag{2A.41}$$

$$\rightarrow 1239 / 510999 = 2{,}416310585 \cdot 10^{-12} \text{ m} = \lambda_c \tag{2A.42}$$

Comptonin elektroni e_c on siis 1 / 510999 –osa 1 voltin kenttäryhmästä = $13{,}6 \cdot \gamma_0$. Kirjallisuuselektroni $e_{91} = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg on puolestaan $10{,}227272195 \cdot 137^2 \cdot \gamma_0 = 192056{,}5375 \cdot \gamma_0$. Tyypillinen kuvaushiukkanen sekä televisiossa että elektronimikroskoopissa on jännitekentästä 15 kV syntynyt alkioryhmä. Molemmat yhtälöt 2A.29 ja 2A.30 pätevät, mutta tässä yhteydessä on käytettävä alkioryhmiä koskevaa yhtälöä 2A.29. Tämän mukaisesti alkioryhmäksi saadaan

$$\lambda = 1{,}226 \cdot 10^{-9} / 15000^{1/2} = 0{,}0100137 \text{ nm} \tag{2A.43}$$

ja 10 kV:n alkioryhmä on vastaavasti 0,01226 nm. Tällaisten Comptonin elektronien alkioryhmien koko on siten tyypillisesti 2 ... 10 x e_c ja niiden kondensoitusmispisteitä vastaavat N-kentät ovat aallonpituudeltaan suuruusluokkaa 10^{-10} m. Nämä ovat siis aallonpituudeltaan 1/5000 –osa näkyvän valon hiukkasista. Sininen valohiukkanen on massaltaan $3 \cdot \gamma_0$ ja siten sinisen valohiukkasen ja hiukkasryhmän $6 \cdot e_c$ massasuhde on

$$(3 \cdot \gamma_0) / (6 \cdot e_c) = (3 \cdot 2 \cdot 137^2 \cdot e_c) / (6 \cdot e_c) = 137^2 = 18778 \qquad \text{(2A.43B)}$$

Vastaavasti 100 kV:n alkioryhmien aallonpituus on λ = 0,00388 nm ja näiden kondensoitumispisteiden aallonpituus on λ = 0,0124 nm. Tästä edellä esitetystä johtuu luonnollisesti myös elektronimikroskoopin parempi erotuskyky $\rightarrow$ pienemmillä hiukkasilla ja pienemmillä aallonpituuksilla päästään yksinkertaisesti parempaan erotuskykyyn. Käytännössä erotuskyky riippuu useista muistakin tekijöistä ja kun se valohiukkasilla on aallonpituuden suuruusluokkaa, niin jännitekentistä irrotetuilla ”röntgen-säteillä ja elektroneilla” se on karkeasti ottaen 100-kertainen aallonpituuteen nähden. On oikeastaan aika ihmeellistä, että pitkät ajat on uskottu, että elektronimikroskoopissa elektroni on $e_{91} = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg, mikä ei ole edes suuruusluokaltaan oikein ja millaista elektronia ei synny anodilla eikä katodilla sen enempää kuin sähkökentästäkään.

Koska matemaattisen sattuman kautta de Broglie aallonpituusyhtälön tulokset syntyvät luonnonvakioista ja sähkömagneettisista kentistä, niin näitä on aihetta tarkastella hieman syvällisemmin. Jännitehiukkasilla = eräs määrätty N-hiukkanen tarkoitetaan tässä yhteydessä yksiselitteisesti sähköopin potentiaalia V

$$\text{N-hiukkanen} = \text{potentiaali } V \qquad \text{(2A.44)}$$

Tämä ei ole ollenkaan itsestään selvä asia, sillä jännite U $\rightarrow$ N voisi tarkoittaa mitä tahansa potentiaalieroa $U = V_2 - V_1$. Fysiikan kokeelliset tulokset kuitenkin osoittavat, että jännite U ja potentiaali V ovat tavanomaisessa tapauksessa sidottu toisiinsa. Tästä seuraa, että sähkökenttä E on

$$E = -dN / dx = -dV / dx \qquad \text{(2A.45)}$$

Toisin sanoen sähkökentän rakentaja on potentiaali V ja N-luku, joita tulee pitää sähkökenttien perimmäisinä tekijöinä ja jännitettä U niiden seurannaisilmiönä. Tämä tulos on yhtäpitävä ns. Aharonov-Bohm efektin kanssa ja miten se muuten voisi ollakaan. Tuloksen 2A.45 mukaan kenttä V voi olla olemassa vaikka E = 0. Aivan erikoisesti on huomattava, että sähkökenttä E laadultaan V/m ei ilmeisestikään ole lineaarinen etäisyyden x suhteen, vaan kysymyksessä on todennäköisemmin vähintään toisen asteen riippuvuus. Tämä tarkoittaa, että potentiaali välillä ΔV $\rightarrow$ Δx sähkökenttä E on suurimmillaan siellä, missä N-kenttä on pienimmillään, esimerkiksi anodilla. Tästä juuri todennäköisesti seuraa myös tunnettu epäspesifisen röntgensäteilyn intensiteettihuippu lyhytaaltoisessa alueessa yhdessä luontaisen jännitevaihtelun kanssa.

Sähkökentän rakennekaavio 2A.27 näyttää ainakin alkuosaltaan hyvin perustellulta ja fysiikan todelliset tulokset tukevat tätä näkökantaa. Mikä tahansa tavanomainen sähkökenttä on aina kaksisuuntainen, missä värähdysten tahdissa vuorottelevat N-kenttä ja 1/N-kenttä. Tämä sama pätee sitten myös analogisesti painovoimakenttään. Tästä johtuu, että massavirta hitaassa N-kentässä kulkee vastakkaiseen suuntaan kuin nopeassa 1/N-kenttässä. Hyvä esimerkki tästä on sähkön toimittaminen Inkoon voimalaitokselta Ouluun (1/N), jolloin fysiikan kokeellisten tulosten mukaan ”elektronit” (N) virtaavat hitaasti Oulusta Inkooseen.

Kun 1 voltti määritellään kaaviossa yhden yhtenäisen elektronin $13{,}6 \cdot e_0$ kentän alkioryhmäksi $13{,}6 \cdot \gamma_0$, niin tämä ei mitenkään edellytä itse elektronin $13{,}6 \cdot e_0$, olemassa oloa. Tämän takia luku $13{,}6 \cdot$

e_0 on kaaviossa 2A.27 suluissa. Tämän jälkeen todetaan, että kun jännite on 1/N-kentän mitta, niin jännitteen kasvaessa N-kenttä lähtee pienenemään eli

$$13{,}6 \cdot \gamma_0 \leftrightarrow 1\ \text{V} \qquad (2A.46)$$

$$13{,}6 \cdot \gamma_0 / N = 13{,}6 \cdot \gamma_0 / U \leftrightarrow U \text{ volttia} \qquad (2A.47)$$

Tästä tarkalleen tuli edellä esitetty fysiikan kokemusperäinen Duane-Hunt sääntö röntgen-aallonpituuksille.

$$13{,}6 \cdot \gamma_0 = 1239\ \text{nm} \qquad (2A.48)$$

$$\lambda = 1239\ \text{nm} \cdot \text{voltti} / U \qquad (2A.49)$$

Tämä on aina kondensoitumispisteen hiukkanen ja yhtälön 2A.30 yhteydessä on osoitettu, miten tästä päästään alkioryhmien hiukkasiin. Tuloksen 2A.49 vahvistavat fysiikan kokeelliset tulokset suurella tarkkuudella.

Yhtälöiden 2A.29 ja 2A.30 = 2A.49 leikkauspisteeseen = 1021998,12 V asti sähkökentän rakennekaaviota voitanee pitää kokeellisen fysiikan hyvin vahvistamana. Tätä leikkauspistettä ei kuitenkaan voida pitää jännitteen ylärajana, vaan jännitteitä saattaa olla suuruusluokassa 10^3 –kertaa vielä suurempia. Tällöin em. leikkauspistettä tulee pitää käännepisteenä ja tästä alkaa kokeellisen fysiikan testaamaton todellisuus. Jännite 1021998 V vastaa N-hiukkasta $e_c / 2$ = Comptonin elektronin puolikasta. Jos gravitaatiokentän perusrakenneosa on termoni $r_0 = 2 \cdot e_c$, niin tässä saattaa olla paljonkin logiikkaa. Kun gravitaatiokentän perusrakenne kirjoitetaan muotoon

$$r_0 = \text{magneettijae} + \text{sähköjae}$$

$$= (e_c / 2 + e_c / 2) + (e_c / 2 + e_c / 2) \qquad (2A.50)$$

niin leikkauspiste on juuri yksi kenttäryhmä $e_c / 2$. Sähköpotentiaali on kuitenkin aina kondensoitumispiste ja kun yhtälön 2A.50 tekijät kondensoituvat pareittain, niin käännepisteeksi valitaan $2 \cdot e_c / 2 = e_c$ = Comptonin elektroni. Jos valinta on sitten väärä esimerkiksi tekijällä 2, niin voihan sitä myöhemmin paremmilla tiedoilla korjata.

Jos koko sähkökentän käännepiste on e_c, niin siitä seuraa, että 1 volttia vastaa 1/N-kentässä

$$1 \text{ voltti} \leftrightarrow \text{b-kvarkki} / 4 \cdot 13{,}6 = b / 54{,}42279244 \qquad (2A.51)$$

$$N \text{ voltti} \leftrightarrow N \cdot b / 13{,}6 = U \cdot b / 54 \qquad (2A.52)$$

Kun N-kenttä on aina rakennettu 1/N-alkioista, niin 1 voltin yksikkökentässä on ensin b-kvarkkeja

$$13{,}6 \cdot \gamma_0 = 13{,}6 \cdot 137^4 \cdot b = 4{,}797990582 \cdot 10^9 \cdot b \qquad (2A.53)$$

Alkioita 2A.51 on siten

$$4 \cdot 13{,}6 \cdot 4{,}79 \cdot 10^9 = 2{,}611200456 \cdot 10^{11}\ \text{kpl} \qquad (2A.54)$$

Nämä alkiot ovat niitä, jotka kuljettavat sähkövirtaa ja reagoivat toinen toistensa kanssa joka värähdyksessä yhtälön 2A.52 muodossa $U \cdot b / 54$. Tästä on kysymys, kun siirretään

”sähköenergiaa” Inkoon voimalaitokselta Ouluun. Idea säilyy samana, vaikka kondensoitumispisteissä yhtälön 2A.52 todellinen muoto olisikin $U \cdot b / 13{,}6$.

Sähkökentän alkioryhmällä 2A.52 on luonnollisesti aina vielä kenttä ja ilman vuorovaikutuksia pilkkoutuminen voi jatkua hyvinkin pitkälle, mikä lopulta johtaa liukeenmiseen painovoimakenttään = gravitaatiokenttä + φ-kenttä. Stabiileissa sähkökentissä hiukkaset 2A.52 vuorovaikuttavat toistensa kanssa kenttien

$$U \cdot b / 54 \cdot 137^2 = n \cdot \text{gravitoni } g_0 / 54 \qquad (2A.55)$$

kautta ja tämä on hyvin tärkeä kohta. Kun atomeilla on elektroneja ja näillä fotonikenttä, niin vastaavasti gravitaatiokentän termoneilla on b-kvarkkeja = ”elektroneja”, joilla on gravitoni = ”fotonikenttä”. Edelleen kaavion 2A.28 mukaisesti magneettikenttien peruskenttä olisi myös muotoa $n \cdot g_0 / 54$ eli täsmälleen sama kuin kondensoituneen sähkökentän kenttä ja tämä kohta saattaa olla magnetismin ja sähkön yhteinen liittymäkohta, missä ne voivat myös muuttua toisikseen. Edelleen on aihetta huomata, että atomiytimen kenttä on r_0-kenttä, jolla on tavanomaiseen tapaan b-kvarkkien kautta gravitonit reaktiivisena ryhmänä. Tärkeätä kokonaisuuden kannalta on, että nämä kaikki edellä luetellut kohdat: sähkö, magnetismi, gravitaatiokenttä ja atomiytimien kentät ovat samantapaisia rakenteita, joissa voidaan kondensoitumispisteiden olettaa olevan erilaisia b-kvarkkiryhmiä, joilla sitten edelleen on vuorovaikuttavat gravitoniryhmät. Tämä saattaa olla luonnollinen edellytys sille, että voimalaitoksilla magneettikentät uusiutuvat jatkuvasti painovoimakentästä ja että suurten taivaankappaleiden sisällä uusia alkuaineita syntyy juuri painovoimakentästä. Kummassakin tapauksessa olemassa olevilla ”oikeilla” atomiytimillä voidaan olettaa olevan samankaltainen tärkeä rooli uuden luomisessa.

Valohiukkasten kenttäalkioryhmiä ovat b-kvarkkiryhmät. Tämä on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa 2 yhtälöissä 2.45 ... 2.57 ja kohdassa 4 yhtälöissä 4.42 ... 4.74 sekä taulukoiden 6.25 ja 7.27 yhteydessä. Näitä kohtia ei tässä toisteta, mutta todetaan, että lämmön siirtyminen ja sähkön siirtyminen ovat niin läheisiä sukulaisia, että lämpöä voidaan muuttaa suoraan sähköksi ja päinvastoin $\Rightarrow$ siirtymät tapahtuvat kuitenkin atomien muodostamien eri kenttien kautta, mistä tulee niiden suuri nopeusero. Luonnollisestikaan sähkökenttien fotonirakenteet eivät ole samoja kuin liikkuvien valohiukkasten ja yksinkertaistetusti voidaan todeta, että kenttärakenteet ovat tyyppiä $y \cdot x$ ja hiukkasrakenteet tyyppiä x^x, vaikka kaikki on tietysti hiukkasista rakennettu. Valohiukkasen γ_0 = 91,12670537 nm osalta tämä tarkoittaa rakenteita

”kenttärakenne”:

$$\begin{aligned} \gamma_0 &= 20 \cdot 137^2 \cdot yx \\ &= 20 \cdot 137^2 \cdot 207{,}2506282 \cdot 4{,}530471774 \cdot b \\ &= 137^4 \cdot b \end{aligned} \qquad (2A.56)$$

”hiukkasrakenne”:

$$\begin{aligned} \gamma_0 &= 20 \cdot 137^2 \cdot x^x \\ &= 20 \cdot 137^2 \cdot 4{,}53^{4{,}53} \\ &= 137^4 \cdot b \end{aligned} \qquad (2A.57)$$

Erikoisen kestäviä ovat joka neljännen ryhmän (vrt. kohta 6 taulukot) hiukkasrakenteet: protonirakenteet, fotonirakenteet ($\gamma_0 = p_0 / 137^4$), b-kvarkkirakenteet ($b = \gamma_0 / 137^4$) ja φ_0-hiukkaset ($\varphi_0 = b / 137^4$). Muuntuvia hiukkasrakenteita on taas näiden puolessa välissä: elektronit, termonit, gravitonit jne. Kaikissa tapauksissa $y \cdot x$ tyyppiset kenttärakenteet ovat aina helposti muuntuvia ja tasoittuvia riippumatta hiukkasryhmästä. Tämä juuri sallii lämmön ja sähkön siirtymisen, kun taas hiukkasrakenne sallii valohiukkasten ja äänihiukkasten liikkumisen muuttumattomina. Sähkökenttä rakennekaaviossa 2A.27 on pelkästään kenttärakenteista rakennettu, mutta protonisten hiukkasrakenteiden läsnäolo kenttineen on suuresti avuksi sähkökenttien syntymisessä, kuten johtimet ja eristeet osoittavat. Rakenteet $y \cdot x$ ja x^x voivat muuntua toisikseen, kuten puolestaan tavallisesta sähkölampusta tiedetään. Siinä sähkökenttä virtaa ”kenttänä” vastuslangan atomien primaarielektroneihin, jotka sitten luovat kentästä todellisia valohiukkasia.

Erikoisuutena kannattaa huomata, että Duane-Hunt yhtälöstä 2A.30 saadaan matemaattisesti syntymään myös kosminen taustasäteily. Kun elektroni $e_0 = 137^2 \cdot \gamma_0$ ja kun yhtälöstä 2A.30 annetaan jännitteen mennä matemaattisesti arvoon $U(e_0) \rightarrow U = 13{,}6 \cdot 1\ V / 137^2$, niin aallonpituudeksi saadaan

$$\lambda = 1239 \cdot 137^2 / 13{,}6 = 1{,}711255864 \text{ mm} \qquad (2A.58)$$

Tämä on kosmisen taustasäteilyn huippu, mikä tarkoittaa, että kosminen taustasäteily on tavallista avaruudesta tulevaa ”elektronisäteilyä”, arkipäiväistä ja joka hetkistä. Tämä on erikseen selostettu myös tähtitieteen osassa ja tämän samaan tulokseen tullaan yksinkertaisemminkin, mutta on mielenkiintoista, että Duane-Hunt sääntö antaa tässäkin oikean tuloksen.

Lopuksi on aihetta vielä kerrata, että de Broglie aallonpituusyhtälö ja relaatio

$$p = h / \lambda \rightarrow \lambda = h / p \qquad (2A.59)$$

antaa vääriä ja ylösalaisin olevia tuloksia eikä tätä tosiasiaa mikään matematiikka ja fysiikka toiseksi muuta. Kun sitten tästä johdetaan yhtälö

$$\lambda_2 = 1{,}226 \cdot 10^{-9} / U^{1/2} \qquad (2A.60)$$

ja tähän tietoon liitetään Duane-Hunt sääntö

$$\lambda_1 = 1239 \cdot 10^{-9} / U \qquad (2A.61)$$

niin saadaan kuva hiukkaisista 2A.61, joiden alkioryhmiä ovat hiukkaset 2A.60. Tämä täsmää täysin tavanomaiseen hiukkasrakenteeseen ja tämä asia voidaan kääntää toisinpäinkin: yhtälöt 2A.61 ja sen johdannaisyhtälö 2A.60 osoittavat hiukkasrakenteen. Näiden tulosten vieminen yhtälöön 2A.59 on idealtaan virheellinen menettely. Mykistävän virheelliseksi fysiikka menee silloin, kun yhtälö 2A.59 liitetään pölyhiukkasiin, herneisiin tai tennispalloihin.