

- Kimmins, 1933 (*Neuroptera*, *Myrmeleontidae*) as his model? *Biodiversity Journal*, 3 (2): 132–136.
- Devetak, D., 2008: *Substrate particle size-preference of wormlion Vermileo vermileo (Diptera: Vermileonidae) larvae and their interaction with antlions*. *European Journal of Entomology*, 105: 631–635.
- Klokočovnik, V., Devetak, D., Orlačnik, M., 2012: *Behavioral plasticity and variation in pit construction of antlion larvae in substrates with different particle sizes*. *Ethology*, 118: 1102–1110.
- Klokočovnik, V., Devetak, D. 2014: *Pit-builder vs non-pit-builder: advantage of trap building strategy in antlion larvae does not mean greater behaviour diversity*. *Behaviour*, DOI:10.1163/1568539X-00003156.
- Matsura, T., Kitching, R. L. 1993: *The structure of the Trap and Trap-building Behaviour in Callistoleon manselli New (Neuroptera: Myrmeleontidae)*. *Australian Journal of Zoology*, 41: 77–84.
- Ruxton, G. D., Hansell, M. H., 2009: *Why are pitfall traps so rare in the natural world? Evolutionary Ecology*, 23 (2): 181–186.
3. slovenski entomološki simpozij: <http://3ses.fnm.uni-mb.si/>.
- Vesna Klokočovnik** je leta 2008 dokončala dodiplomski študij na Oddelku za biologijo na Fakulteti za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru.



Na isti fakulteti se je leta 2009 zaposlila kot mlada raziskovalka, kjer je leta 2013 tudi doktorirala. Trenutno je zaposlena na Oddelku za biologijo kot asistentka za zoologijo. Poleg pedagoškega dela sega njeno znanstveno raziskovanje predvsem na področje entomologije. Še posebej poglobljeno se ukvarja z mrežekrilci. Glavna tema njenega raziskovanja je plenilsko vedenje ličink volkcev.

Fizika • Moseley in vrstno število

Moseley in vrstno število

Janez Strnad

V letih 1913 in 1914 je Henry Moseley z rentgenskimi meritvami ugotovil naboj atomskih jeder. Tako je neposredno določil število pozitivnih osnovnih nabojev v atomu in vrstno število, to je mesto elementa v periodnem sistemu. Ob stoletnici začetka prve svetovne vojne Moseleyjeva zgodba utrjuje zavest o nesmislu vojn.

Pred sto leti so o atomih vedeli malo. Leta 1897 so Joseph John Thomson in drugi ugotovili, da v vakuumu električni naboj prenašajo elektroni. To so delci s tisočsemstokrat manjšo maso od mase najlažjega, to je vodikovega atoma, in z negativnim

osnovnim nabojem. Elektroni so sestavni deli atomov, ki so električno nevtralni in vsebujejo tudi pozitivni naboj.

V fizikalnem laboratoriju univerze v Manchesteru, ki ga je vodil Ernest Rutherford, so se tedaj zbirali fiziki z vsega sveta. Rutherford je leta 1908 dobil Nobelovo nagrado za kemijo za raziskovanje radioaktivnosti. Med raziskovanjem prehoda delcev α iz radioaktivnega izvira skozi zelo tanke lističe srebra so opazili, da se nekateri delci odklonijo za velik kot. To je Rutherford leta 1911 pojasnil z *atomskim jedrom* sredi atoma, stotisočkrat manjšim od atoma. V je-

dru sta zbrana ves pozitivni naboj in skoraj vsa masa atoma. Števila pozitivnih osnovnih nabojev v jedru niso poznali. Charles Glover Barkla je meril absorpcijo rentgenskega sevanja v snoveh. Leta 1909 je ugotovil, da telo, ki ga zadene rentgensko sevanje, oddaja tudi rentgensko sevanje, značilno za kemijski element. Odkritje *karakterističnega rentgenskega sevanja* mu je prineslo Nobelovo nagrado leta 1917. Po merjenjih je sklepal, da je število pozitivnih osnovnih nabojev v atomu približno enako polovici relativne atomske mase.

Max von Laue je prišel na misel, da bi atomi v kristalu, urejeno razporejeni po prostoru, na rentgensko sevanje delovali kot uklonska mrežica. Poskus je leta 1912 pokazal, da je rentgensko sevanje elektromagnetno valovanje kot svetloba, le z veliko krajšo valovno dolžino, in da so atomi v kristalih urejeno razporejeni. Laue je dobil Nobelovo nagrado leta 1914. Tedaj se je razmahnilo raziskovanje z rentgensko svetlobo. Henry Bragg je delal poskuse, njegov sin Lawrence Bragg pa je razmišljal o valovanjih, ki izhajajo iz atomov v kristalu, ko ga zadene rentgensko sevanje. Ugotovil je, da se ojači-

jo valovanja, kot da bi se odbila na skupini vzporednih ravnin, ki so v kristalu na gosto zasedene z atomi. Z načinom, ki sta ga razvila Bragga, je bilo mogoče raziskovati kristale (*Sto let Braggovega načina preiskovanja kristalov*, Proteus, 76 (2013/2014), 77-81). Henry in Lawrence Bragg sta dobila Nobelovo nagrado leta 1915.

Rentgensko sevanje je začel raziskovati tudi Henry Moseley. Želja, da bi med zadnjim letom študija v Oxfordu vzporedno delal v Rutherfordovem laboratoriju, se mu ni uresničila. Rutherford pa ga je po diplomi leta 1910 sprejel v laboratorij. Moseley se je izkazal kot sijajen eksperimentalni fizik. Po izjavi sodelavca je delal do »zadnje stopnje izčrpanosti«, pogosto brez prekinitve po petnajst ur na dan. Takoj je razdrl merilno napravo, če se je pokazala priložnost, da bi jo izboljšal. Komaj si je vzel čas za jed in na hrano ni dal veliko. Kosil je sadno solato, večerjal kruh in sir, ob treh ponoči pa je jedel, kar se je tedaj v Manchestru dalo dobiti.

Prvi dve leti je Moseley imel še poučevalske obveznosti. Potem je dobil štipendijo

Henry Gwyn Jeffreys Moseley je bil rojen leta 1887 v Weymouthu na južni obali Anglije. Po srednji šoli je dobil štipendijo za študij na kolidžu Eton. Leta 1906 se je z drugo štipendijo vpisal na univerzo v Oxfordu. Po diplomi je leta 1910 postal član Rutherfordovega laboratorija. Leta 1913 se je vrnil na univerzo v Oxfordu. Leta 1915 je bil ubit v prvi svetovni vojni, star 27 let.



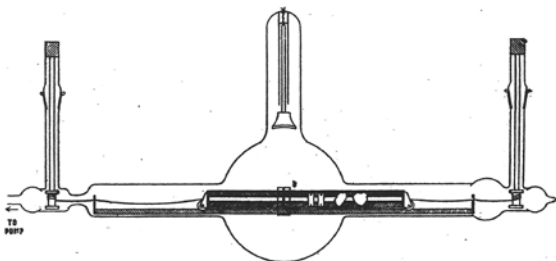
in lahko se je posvetil samo raziskovanjem. Najprej mu je Rutherford naložil delo z radioaktivnostjo. Moseley je ugotovil, da radioaktivno jedro pri vsakem razpadu β odda en delec β , to je elektron. Poleg tega je pripravil še tri članke s tremi sodelavci. Raziskal je tudi, ali je mogoče dobiti visoko napetost z izoliranim radioaktivnim izviro, ki oddaja elektrone. V osnovi je bila to zamisel »atomske baterije«, kakršne so v novejšem času uporabili kot izvir napetosti na številnih umetnih satelitih in vesoljskih sondah.

Potem je Moseley predlagal, da bi delal poskuse z rentgenskim sevanjem. To je Rutherford najprej odsvetoval, češ da nihče v laboratoriju ne pozna tehnike dela. Nazadnje pa se je le dal prepričati. Moseley je za sodelovanje pridobil mladostnega prijatelja Charlesa Galtona Darwina. Vnuk znamenitega Charlesa Darwina se je v Rutherfordovem laboratoriju ukvarjal s teorijo. Jeseni leta 1912 je Moseley obiskal laboratorij Bragga očeta na univerzi v Leedsu. Tam se je poučil o delu z rentgenskim sevanjem. Kot Bragg sta Moseley in Darwin uporabljala rentgensko cev s platinsko elektrodo. Raziskala sta odboj rentgenske svetlobe na kristalu kamene soli in dveh drugih kristalih. Ozek curek rentgenskega sevanja sta usmerila na kristal, ki sta ga vrtela. Odbito sevanje sta zaznavala z ionizacijsko celico, ki je krožila okoli kristala. Merila sta kot, za katerega se je zasukala celica. Ugotovila sta, da so v odbitem sevanju zastopane vse valovne dolžine na določenem območju, podobno kot v beli svetlobi. Pri izbranih kotih

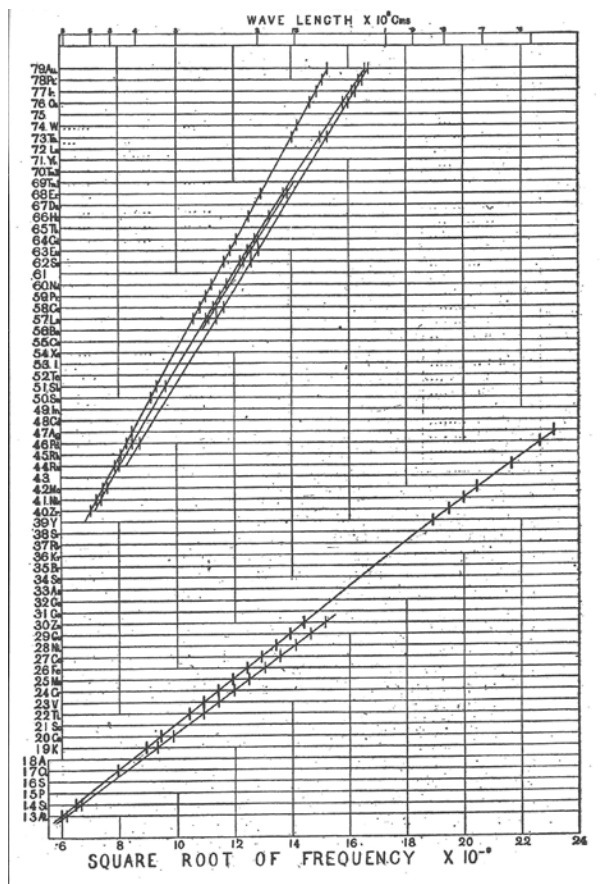
pa so se pojavili močni odboji. To je bilo sevanje z določeno valovno dolžino, ki se je pri izbranih kotih na kristalu ojačeno odbilo. Zaznala sta pet takih sevanj, značilnih za platino. O tem sta poročala v članku *Odboj žarkov X* leta 1913. Poskuse te vrste sta pred njima izvedla Bragga, ki sta ju o svojih uspehih sproti obveščala.

Potem se je Darwin odločil, da se bo ukvarjal s teorijo sipanja rentgenske svetlobe, Moseley pa se je sam lotil merjenj. V rentgensko cev s platinsko elektrodo je vgradil majhne sani, na katerih so bili drug ob drugem pritrjeni majhni kosi različnih snovi. Z nitkama je premikal sani po vodilu tako, da je želeni kos spraval nasproti elektrode. S kristalom je odbito rentgensko sevanje razstavil po valovni dolžini v spekter in spektralne črte fotografiral. To je naredil po vrsti za različne elemente.

Leta 1913 je pravnik in amaterski fizik Antonius van den Broek domneval, da o lastnostih atomov ne odloča atomska masa, ampak *vrstno število*, ki mu pravijo tudi *atomsko število*, to je zaporedna številka elementa v periodnem sistemu. Niels Bohr je leta 1912 tudi delal v Rutherfordovem laboratoriju. Tam je dobil osnovne zamisli, ki jih je uresničil po vrnitvi v København. Leta 1913 je v tridelnem članku obdelal zgradbo atomov in molekul. Pozneje je tega leta obiskal Rutherfordov laboratorij in se o van den Broekovi domnevi pogovarjal z Moseleyjem, s katerim sta se dobro poznala. Bohr in drugi so bili prepričani, da domneva drži. Moseley pa je rekel: »Bomo videli.« Name-



V svoji rentgenski cevi je Moseley z nitkama premikal sani s kosi različnih elementov. Zgoraj je elektroda iz platine. Na levi je bila cev priključena na vakuumsko črpalko, ki je delovala neprekinjeno. Iz Moseleyevega drugega članka.



V diagramu je Moseley na navpično os nanesele zmanjšano vrstno število in na vodoravno os spodaj kvadratni koren iz frekvence v enotah $10^8 \text{ s}^{-1/2}$, zgoraj pa ustrezno valovno dolžino

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

v enotah 10^{-8} cm , to je $0,1 \text{ nm}$. Od spodaj navzgor so vrisane odvisnosti za črte K_{α} , K_{β} , L_{α} , L_{β} , L_{ϕ} in L_{γ} . Iz Moseleyevega drugega članka.

nil se je domnevo neposredno preizkusiti. Leta 1913 je v članku *Visokofrekvenčni spektri elementov* objavil izide merjenj z desetimi elementi - od kalcija do cinka. Izidi so domnevo razločno podprli. Valovna dolžina najizrazitejših karakterističnih spektralnih črt se je spreminjala preprosto. Tako je neposredno ugotovil število pozitivnih osnovnih nabojev v jedru atomov. Leta 1914, pred sto leti, je pri natančnejšem merjenju zajel šestinšestdeset elementov od aluminija do zlata in izide objavil v drugem delu članka.

Tako se je pokazalo, da mesta elementa v periodnem sistemu ne določa atomska masa, ampak število pozitivnih osnovnih nabojev v jedru, vrstno število Z . To je pojasnilo, zakaj so kemiki postavili kobalt z $Z = 27$

pred nikelj z $Z = 28$, čeprav ima kobalt za malenkost večjo atomsko maso. Podobno je bilo z argonom z $Z = 18$ in kalijem z $Z = 19$ ter s telurjem z $Z = 52$ in jodom z $Z = 53$. Opazil je, da manjka sedem elementov z vrstnimi števili: 43, 61, 72, 75, 85, 87, 91. Za nekatere je ugotovil to že Mendelejev. Protaktinij ($Z = 91$) so odkrili leta 1917, hafnij ($Z = 72$) leta 1923 in renij ($Z = 75$) leta 1925. Ti elementi so zelo redki. Tehnecij ($Z = 43$) so odkrili leta 1937, francij ($Z = 87$) leta 1938, astat ($Z = 85$) leta 1940 in prometij ($Z = 61$) leta 1945. Ti elementi so radioaktivni z razmeroma kratkim razpolovnim časom. Nekatere od njih so pridobili z jedrsko reakcijo.

Jeseni leta 1914 je Moseley nameraval sodelovati na znanstvenem sestanku v Avstraliji. Tja je potoval skupaj z materjo. Za izbruh vojne je izvedel na ladji. Po prihodu v Avstralijo je odpovedal udeležbo na sestanku in se vrnil v Anglijo. Prijavil se je kot prostovoljec, čeprav so mu to odsvetovali. Javil se je h kraljevim inženircem, ki so ga najprej odklonili, češ da potrebujejo inženirje in ne fizikov. Po zvezah je dosegel, da so ga vseeno sprejeli. Potem se je premislil in si - zaman - prizadeval, da bi ga premestili k letalstvu. Kot častnik za zveze je načeloval enoti v pohodu na Dardanele. Avgusta leta 1915 ga je na Galipoliju v glavo zadela kro-

gla turškega ostrostrelca. Bil je star 27 let. Isaac Asimov je zapisal, da je glede na to, kar je dosegel, »njegova smrt utegnila biti za celotno človeštvo najdražja posamezna smrt v vojni«. Verjetno bi Moseley dobil Nobelovo nagrado, kot so jo dobili Laue, oče in sin Bragg ter Barkla. O Moseleyjevi smrti so veliko pisali. Potem je angleška vlada poskrbela, da se znani in obetavni raziskovalci ne morejo prostovoljno javiti v vojaško službo na fronti.

Ozadje

Bohr je gibanje edinega elektrona v atomu vodika opisal z novim, kvantnim prijemom. Pojasnil je energijska stanja vodikovega atoma in prehode s sevanjem med njimi. Izpeljal je enačbo za valovno dolžino pri prehodih med stanji atoma vodika, ki so jo že prej izluščili iz merjenj:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right), \quad \frac{1}{\lambda_0} = \frac{me_0^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c}, \quad \lambda_0 = 91,2 \text{ nm.}$$

Nanometer, nm, je milijardina metra. m je masa elektrona, e_0 osnovni naboj, ε_0 električna (influenčna) konstanta, c hitrost svetlobe in h Planckova konstanta. n' zaznamuje začetno stanje, n pa končno stanje. $n = 1$ je osnovno stanje, $n = 2$ prvo vzbujeno stanje, $n = 3$ drugo vzbujeno stanje ... Pri prehodu iz prvega vzbujenega stanja v osnovno je

$$\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} = \frac{3}{4},$$

tako da je valovna dolžina

$$\frac{4\lambda_0}{3} = 121,6 \text{ nm.}$$

Pri prehodu iz drugega vzbujenega stanja v prvo vzbujeno stanje je $\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} = \frac{5}{36}$, tako da je valovna dolžina

$$\frac{36\lambda_0}{5} = 656,6 \text{ nm.}$$

Za atome z vrstnim številom Z , ki jim razen enega odtrgajo vse elektrone, velja za $\frac{1}{\lambda}$ zapisana enačba, če desno stran pomnožimo z Z^2 . (Sila med nabojema e_0 in e_0 je sorazmerna z e_0^2 , sila med nabojema e_0 in Ze_0 pa je sorazmerna z Ze_0^2 .) Najrazritejšo rentgensko spektralno črto K seva atom, ko hitri elektron ali rentgenska svetloba izbije iz njega najmočnejše vezani elektron v stanju $n = 1$, z rentgensko oznako K, in nastalo vrzel izpolni elektron iz vzbujenega stanja $n = 2$, z rentgensko oznako L. V atomu sta najmočnejše vezana dva elektrona in drugi elektron zastira naboj jedra, zato je treba Z zmanjšati za 1, torej:

$$\frac{1}{\lambda_K} = \frac{3}{4} \frac{(Z-1)^2}{\lambda_0}.$$

Valovna dolžina se v primerjavi s sevanjem vodikovega atoma $(Z - 1)^2$ -krat zmanjša in iz območja vidne svetlobe premakne na rentgensko območje. Če nastane vrzel v stanju $n = 2$

in jo izpolni elektron iz stanja $n = 3$, z rentgensko oznako M, velja enačba:

$$\frac{1}{\lambda_L} = \frac{5}{36} \frac{(Z-7,4)^2}{\lambda_0}$$

($n = 2$ ustreza $2n^2$, to je 8, stanj. Naboj jedra zastira tedaj osem elektronov. Pokazalo se je, da merjenje bolje opiše manjše število 7,4.) Zapisani enačbi veljata za črti K_α in L_α . Moseley je zaznal več črt. Črta K_β nastane, ko vrzel v stanju $n = 1$ izpolni elektron iz stanja $n = 3$... Podobno nastanejo druge črte L, ko vrzel v stanju $n = 2$ izpolni elektron iz stanja $n = 4$... Odvisnost valovne dolžine od vrstnega števila je Moseley dobro opisal, ko je po izkušnjah prilagodil konstante. Pri natančnejšem merjenju valovne dolžine se je pozneje pokazalo, da na primer črto K_α sestavljata črti $K_{\alpha 1}$ in $K_{\alpha 2}$. To je pojasnila kvantna mehanika po odkritju spina elektrona.

»V zadnjih štirih dneh sem dobil spekter tantala, kroma, mangana, železa, niklja, kobalta in bakra in del spektra srebra. Glavni rezultat je, da dajo vsi elementi spekter enake vrste. Rezultat za katero koli kovino je lahko uganiti iz rezultatov za druge. To kaže, da so v notranjosti vsi atomi zelo podobni, in po teh rezultatih bo mogoče ugotoviti, iz česa so narejene notranjosti atomov.«

H. Moseley v pismu materi novembra leta 1913

Literatura:

Heilbron, J. L., 1966: *The work of H. G. J. Moseley*.

Isis, 57: 336-364.

Moseley, H. G. J., 1913: *The high frequency spectra of the elements*. *Philosophical Magazine*, 26: 1024-1034.

Moseley, H. G. J., 1914: *The high frequency spectra of the elements, Part II*. *Philosophical Magazine*, 27: 703-713.

Varfarin: od strupa za podgane do učinkovitega zdravila • Medicina

Varfarin: od strupa za podgane do učinkovitega zdravila

Nejc Pavšič

Varfarin je zdravilo iz skupine zaviralcev (antagonistov) vitamina K in ga uporabljamo kot oralno zdravilo proti strjevanju krvi (antikoagulacijsko zdravilo). Njegovo delovanje se že šestdeset let s pridom uporablja pri preprečevanju nastajanja in zdravljenju krvnih strdkov (tromboz in trombemboličnih bolezni). Še pred prvo klinično uporabo so ga množično in uspešno uporabljali kot sestavino strupa za podgane. Z njegovim odkritjem in klinično uporabo je povezanih več zgodb, ki razkrivajo leta raziskovanj, naključij in prilog, ki so bila potrebna, preden je varfarin postal tako pomembno zdravilo, kot ga poznamo danes.

Uvod

Klinična uporaba varfarina se je pričela leta 1954, a zanimiva zgodba njegovega odkritja se začne že leta 1933 v Wisconsinu v Združenih državah Amerike (Link, 1959). V biokemijskem laboratorju tamkajšnje univerze je tega leta ravno začel delati dr. Karl Paul Link, biokemik, specializiran za področje agrikulturne kemije.

Dr. Link je diplomiral in doktoriral iz agrikulturne kemije na univerzi v Wisconsinu. V svojem podoktorskem študiju se je izobraževal v Evropi, med drugim tudi pri slavnem kemiku in zdravniku slovenskega rodu Fridriku Preglu v Gradcu (Copeland, Six, 2009).