



Priporočila za učitelje

Energija atomov

V učnem načrtu je priporočilo, da naj učitelji pouk fizike dopolnijo in popestrijo z uporabo računalniške tehnologije. V paleti uporabe IKT pri pouku fizike je tudi obuditev starejših »klasičnih« eksperimentov, ki so zaradi časovne potratnosti oziroma pomanjkanja opreme izginili iz repertoarja.

Eden takih je poskus s Teltronovo bučo s helijem z obročasto elektrodo (TEL 4533). Nekatere šole imajo bučo še v svojih zbirkah, včasih pa jo je imela skoraj vsaka šola. Pri poskusu opazujemo spremembe notranje energije atomov helija pri trkih z elektroni. Z njim pokažemo, da atom ne more imeti poljubne notranje energije, saj lahko od elektrona sprejme samo izbrane obroke energije. V kombinaciji z opazovanjem spektrov svetlobe, ki jih oddajajo plini, ko po njih teče električni tok, dijaki spoznavajo mikroskopsko sliko narave.

Ob predpostavki, da ima učitelj na voljo delujočo bučo na šoli, bi pri izvedbi poskusa lahko imeli težave:

- Če merimo tok in napetost klasično (z VM in AM), se nam lahko zgodi, da meritev poteka preveč časa in s tem upade pozornost in motivacija dijakov.
- Poskus bi načeloma lahko izvajali učenci sami v okviru laboratorijskih vaj, vendar zaradi občutljivosti buče s helijem učitelji največkrat merjenja ne zaupajo dijaku.
- V navodilih za izvedbo je eden izmed pripomočkov X-Y pisalnik, ki ga na šolah nimajo.

Leta 2011 so gimnazije dopolnile svojo zbirko opreme za računalniško zajemanje meritev. Lahko rečemo, da je »Vernierjeva oprema« danes standardna oprema na vsaki gimnaziji.

I. Vzbujena stanja helijevega atoma s Teltronovo bučo

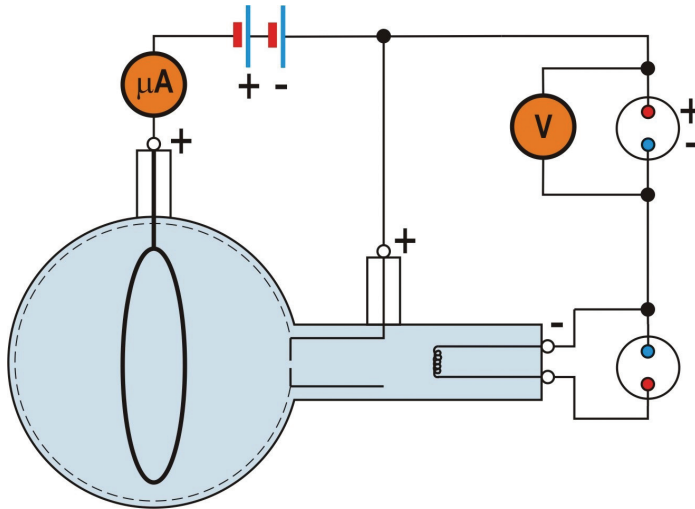
Z računalniškim zajemanjem meritev opravimo meritev karakteristike $I(U)$ v manj kot minuti, kar omogoča več časa za razlago vezave dveh napetostnih sond in samega pojava. Pri izvedbi poskusa moramo biti pozorni na:

- Delovno območje senzorjev električne napetosti je od -10 V do 10 V . Anodno napetost na buči povečujemo od 0 V do 30 V . Ključni dogodki pri poskusu se zgodijo na intervalu od 20 V do 25 V .
- Izmeriti želimo zelo majhen tok. Vernierjevi merilniki toka, ki so si jih šole dokupovale v opremljanju leta 2011, za merjenje tako majhnih tokov niso primerni. Za merjenje toka uporabimo napetostno sondo, ki je v opremi na vsaki šoli.
- Ob uporabi dveh senzorjev električne napetosti je treba poskrbeti za skupno ozemljitev.

Potrebščine:

1. buča s helijem z obročasto elektrodo (TEL 4533)
2. stojalo za elektronske buče (TEL 501)
3. napetostni izvir ŠMI 03 ($U = 30\text{ V}$)
4. baterija

5. trije uporniki ($R_1 = 100 \text{ k}\Omega$) in upornik ($R_2 = 1 \text{ M}\Omega$)
6. dva analogna senzorja električne napetosti
7. Vernierjev vmesnik LabPro ali vmesnik LabQuest
8. računalnik z nameščeno programsko opremo LoggerPro



Slika 2: Shema poskusa, pri katerem opazujemo trke elektronov z atomi helija (priretil S. Božič po Hribar, M. et al. (2005). Električna, svetloba in snov: Fizika za 3. in 4. letnik srednjih šol – 5. izd., Ljubljana: Modrijan).

Razlaga

V buči, ki jo kaže slika 1, je helij z majhnim tlakom. Vanj je usmerjen ozek curek elektronov. Curek poteka po osi obročaste zbiralne elektrode, ki je prek baterije vezana z anodo. Tako je potencial obročaste elektrode nekaj višji od potenciala anode. Elektroda zato s svojim električnim poljem polovi elektrone, ki se jim ob trkih z atomi zmanjša hitrost in se odklonijo iz curka. Bolj ko se je zaradi izgube kinetične energije pri vzbujanju helijev atomov elektronom zmanjšala hitrost, lažje jih obročasta elektroda polovi. Več elektronov ujame v enoti časa, večji je električni tok. Preostali elektroni zadenejo ob steno buče, ki je premazana s prevodno snovjo in priključena na anodo.

1. Merjenje anodne napetosti – delilnik napetosti

Napetost med žičko in anodo večamo na intervalu od 0 V do 30 V, merilno območje senzorja električne napetosti pa je na intervalu od -10 V do 10 V. Pri merjenju je treba biti pazljiv, da ne prekoračimo merilnega območja napetostne sonde. Težavo rešimo s pripravo preprostega delilnika napetosti. Zaporedno vežemo tri enake upornike (npr. upornike po 100 k Ω) in s sondo merimo napetost na enem izmed njih.

2. Merjenje toka na obročasto elektrodo – Ohmov zakon

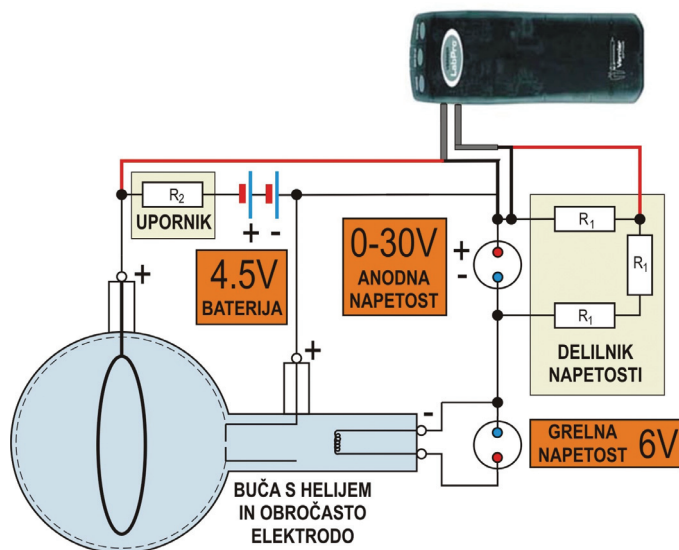
Ker želimo izmeriti tok posredno z napetostno sondo (vse šole so v vsakem kompletu poleg vmesnika dobile senzorje električne napetosti), rešimo težavo tako, da v električni krog zaporedno vežemo upornik. Električna napetost na njem je soraz-



merna električnemu toku, ki ga želimo izmeriti. Zaradi občutljivosti napetostne sonde in preprostega preračunavanja je najprimernejši za vezavo kar upornik z upornostjo $1\text{ M}\Omega$.

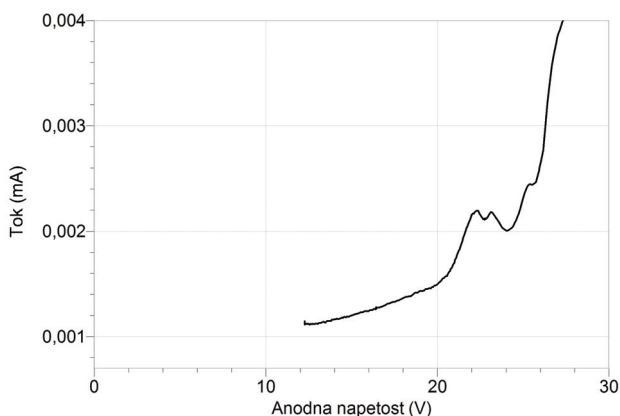
3. Skupna ozemljitev senzorjev

Ker uporabimo dva senzorja električne napetosti, je treba biti pozoren na skupno ozemljitev. V navodilih preberemo, da morata biti črna priključka vedno vezana skupaj na enakem potencialu. Shema vezja je na sliki 2.

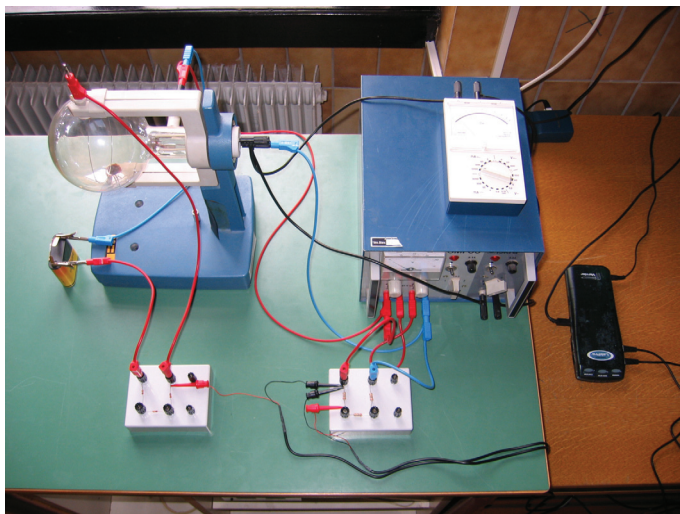


Slika 3: Shema vezave vmesnika in senzorjev električne napetosti (prirenil S. Božič po Hribar, M. et al. (2005). Električna, svetloba in snov: fizika za 3. in 4. letnik srednjih šol – 5. izd., Ljubljana: Modrijan).

Slika 3 kaže tok, ki ga izmerimo, ko počasi spreminjamo pospeševalno napetost na anodi. Do napetosti okrog 20 V se tok počasi povečuje. Nato na intervalu do 25 V opazimo izrazita povečanja in zmanjšanja toka. Okrog napetosti 25 V pa se tok še zadnjikrat močno poveča in se ne zmanjša več. Pojav razložimo s trki med elektroni in atomi helija ter z energijskimi stanji v atomu.



Slika 4: Graf odvisnosti toka na obročasto elektrodo v odvisnosti od anodne napetosti



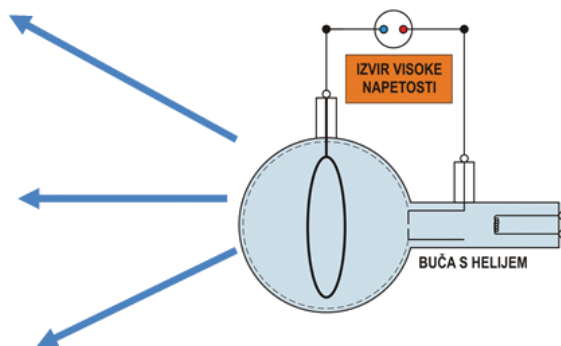
Slika 5: Fotografija poskusa. Z analognim ampermetrom nadzorujemo tok skozi grelno žičko v buči (upornik R2 na shemi je na fotografiji sestavljen iz treh zaporedno vezanih upornikov) (foto: S. Božič).

II. Svetloba, ki jo oddajajo vzbujeni atomi helija

Potrebščine:

1. buča s helijem z obročasto elektrodo (TEL 4533)
2. stojalo za elektronske buče (TEL 501)
3. visokonapetostni izvir ŠVI ($U = 7500 \text{ V}$)
4. Vernierjev spektrometer SpectroVis Plus (SVIS-PL)
5. SpectroVis optični kabel (SVIS-FIBER)

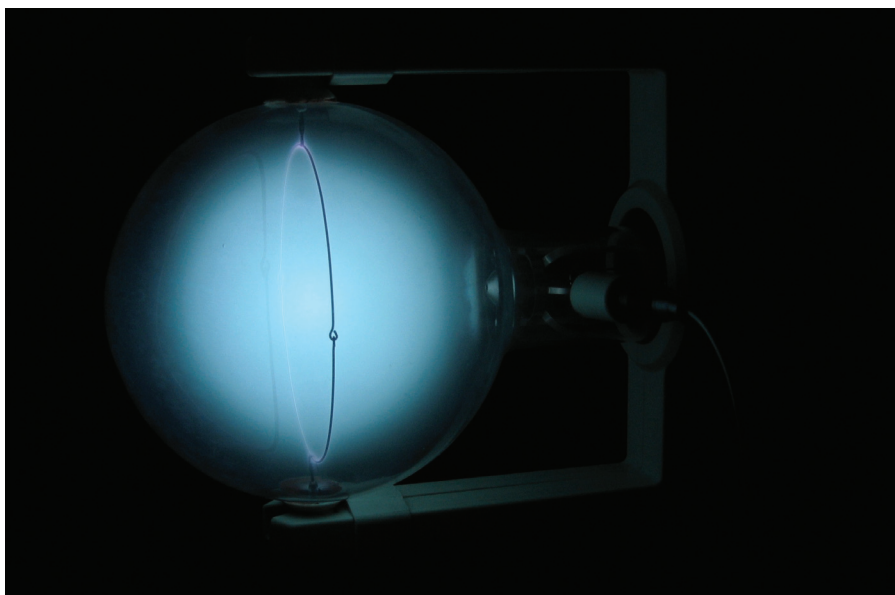
Emisijske spektre plinov opazujemo največkrat v ločenih bučkah s plini, ki jih priključimo na visoko napetost. Če hočemo doseči povezovalni učinek med merjenjem toka skozi obročasto elektrodo v odvisnosti od pospeševalne napetosti $I(U)$ in opazovanjem emisijskih spektrov plinov, priključimo na visoko napetost kar bučo z obročasto elektrodo. Dijaki težko povežejo, da so pojavi sorodni.



Slika 6: Shema vezave izvira visoke napetosti na bučko



Buča zažari. Intenziteta svetlobe je majhna, zato je treba poskus opraviti v zatemnjenem prostoru.



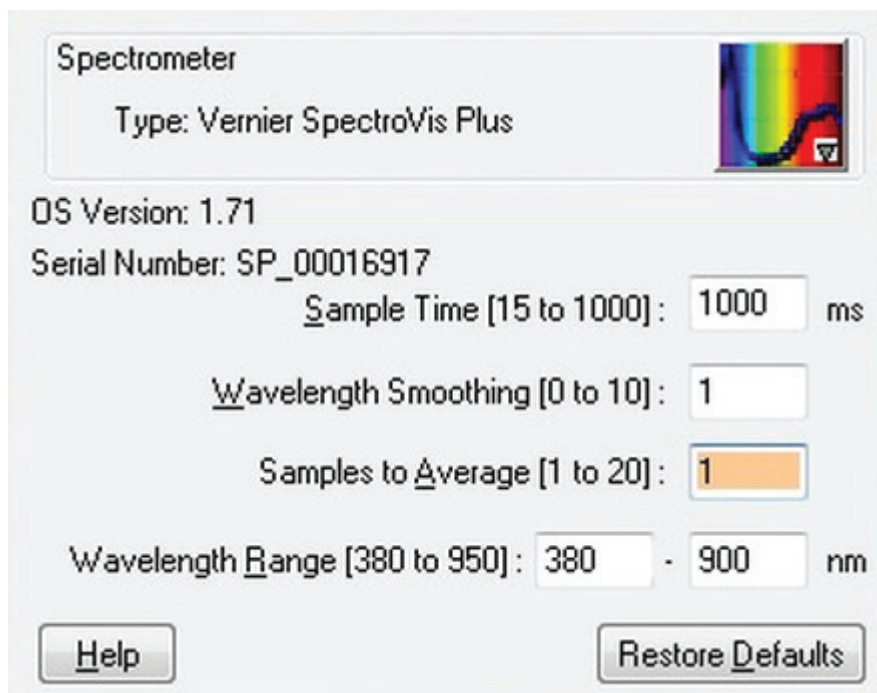
Slika 7: Fotografija buče s helijem, po katerem teče električni tok (foto: S. Božič).

Dijaki najhitreje opazujejo lastnosti spektrov tako, da izsevano svetlobo pogledajo skozi uklonsko mrežico. V tem primeru je svetloba šibka in buča relativno velika, zato bučo pokrijemo s kartonasto škatlo, v kateri naredimo manjšo režo. Skozi njo nato opazujemo svetlobo z uklonsko mrežico.

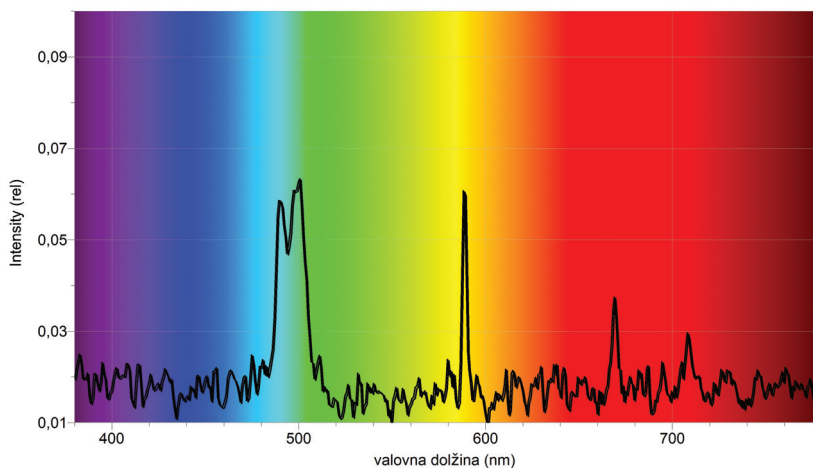
Svetlobo lahko analiziramo tudi s spektrometrom. Približno polovica šol je v opremljanju leta 2011 za enega izmed merilnikov izbrala tudi spektrometer SpectroVis Plus. Za opazovanje emisijskih spektrov je treba dokupiti še optični kabel SpectroVis.

Priprava spektrometra za merjenje emisijskih spektrov

- Spektrometer prek USB priključite na računalnik in odprite program Logger-Pro. Spektrometer je tovarniško nastavljen tako, da meri absorpcijo.
- Priključite optični kabel SpectroVis na spektrometer.
- V meniju *Experiment* z izbiro *Change Units* ► *Spectrometer: 1* ► *Intensity* spremenite v način merjenja intenzitete svetlobe.
- Nastavite primeren čas zajemanja podatkov. Ker je izsevana svetloba iz buče s helijem šibka, je treba parameter *Sample time* nastaviti na največjo vrednost, kot kaže slika 7.
- Pritisnite gumb *Collect* za začetek zajemanja meritev.



Slika 8: Parameter Sample time nastavite na največjo vrednost



Slika 9: Spekter izsevane svetlobe helija v buči z obročasto elektrodo

Predlog učne ure

1. Začnemo z merjenjem karakteristike $I(U)$.
2. Rezultate pojasnimo s trki elektronov v atome helija, povežemo zmanjševanje kinetične energije elektronov in energijske nivoje v atomih helija.
3. Bučo priključimo na visoko napetost.
4. Svetlobo, ki jo oddaja helij, po katerem teče električni tok, pogledamo skozi uklonsko mrežico in opazujemo črtast emisijski spekter.
5. Spekter analiziramo s spektrometrom.

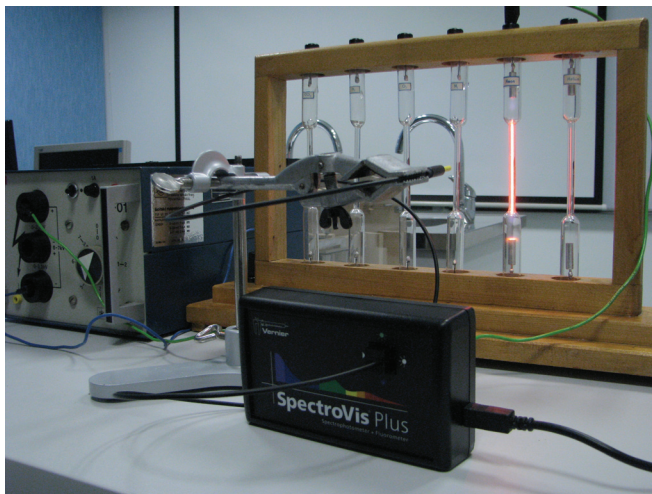


6. Oba pojava povežemo. Frekvenca izsevane svetlobe je sorazmerna zmanjšanju energije helijevega atoma.

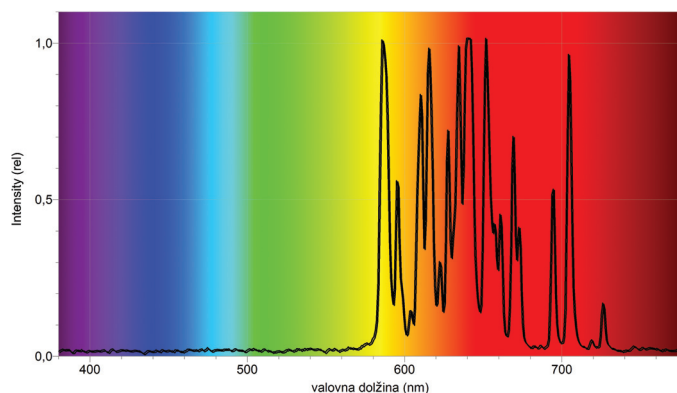
$$e\Delta U = E_{kon} - E_{zac} = E_f = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

III. Dodatek

S spektrometrom lahko izmerimo spektre različnih svetil. Pri obravnavi črtastih emisijskih spektrov največkrat opazujemo spektre plinov v ozkih bučkah, ki jih priključimo na visoko napetost.



Slika 10: Pripomočki za opazovanje črtastih emisijskih spektrov plinov (foto: S. Božič)



Slika 11: Spektar izsevane svetlobe neona

Literatura in viri

- 1 Hribar, M. et al. (2005). *Elektrika, svetloba in snov: Fizika za 3. in 4. letnik srednjih šol* - 5. izd. Ljubljana: Modrijan.
- 2 Planinšič, G. (2010). *Didaktika fizike - aktivno učenje fizike ob poskusih; Mehanika in termodinamika*. Ljubljana: DMFA - založništvo.
- 3 Strnad, J. (2004). *Mala fizika 2, elektrika, nihanje, valovanje, optika, posebna teorija relativnosti, kvantna mehanika*. Ljubljana: DZS.