



REPUBLIKA SLOVENIJA

MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT

www.mss.gov.si, e: gp.mss@gov.si  
Masarykova 16, 1000 Ljubljana  
t: 01 400 54 00, f: 01 400 53 21



*Naložba v vašo prihodnost*  
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA  
Evropski socialni sklad



Milan Ambrožič

Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru

## Vezava upornikov

Strategija (metoda): frontalni poskus, učinek presenečenja, možganska nevihta z miselnim drevesom

Starostna skupina: vse srednje šole, vključno z gimnazijo (lahko tudi 9. r. OŠ)

Generične kompetence: sposobnost interpretacije, sposobnost sinteze sklepov, sposobnost učenja in reševanja problemov

Umestitev v učni načrt: Ohmov zakon in vezava upornikov

Predmet: **fizika**



## Vezava upornikov - poskus z vzporedno in zaporedno vezavo dveh različnih žarnic

### 1 Uvrstitev gradiva v učni načrt

Opisani poskus spada v temo *Zaporedna in vzporedna vezava uporov* in je zelo primeren za izvedbo v srednji šoli, lahko pa tudi v 9. razredu OŠ. Poskus z različnima žarnicama ne zahteva kakšne posebne dodatne eksperimentalne opreme in verjetno bolj spodbuja k razmišljanju kot vezava ene, dveh, treh... enakih žarnic zaporedno ali vzporedno v električni krog.

### 2 Splošna navodila

Za izvedbo gradiva zadostuje 1 šolska ura.

Vrstni red in časovni potek dejavnosti:

- Pred-test: 10 minut
- Poskus: 15 minut
- Možganska nevihta: 10 minut; potem kratka učiteljeva razlaga poskusa
- (časovna rezerva 10 minut: za razdelitev in pobiranje pred-testov, itd.)
- Po-test: reševanje po-testa kot domače naloge doma (enaka vprašanja kot pri pred-testu)
- Pobiranje po-testov naslednjo šolsko uro fizike; potem učencem preberite pravilne odgovore
- Učiteljevo ovrednotenje rezultatov s priloženim Excelovim dokumentom.

### 3 Natančnejša navodila

Najprej razdelite pred-teste. Dijaki naj se nanje podpišejo. Reševanje naj traja natančno 10 minut. V navodilih pred-testa je nasvet, naj si dijaki za vsako od 10 vprašanj vzamejo po 1 minuto časa. Priporočljivo je, da to šolsko uro dijaki že nekaj vedo o vezavah upornikov od prejšnjih ur fizike. V nasprotnem primeru bi bilo reševanje pred-testov nesmiselno. Ko pred-teste poberete, izvedite demonstracijski poskus.

Po demonstracijskem poskusu naj učitelj vodi frontalno možgansko nevihto, povezano z izidom poskusa. Ob možganski nevihti naj se na tablo riše ustrezni miselni vzorec. Morda za risanje vzorca po ključnih besedah, ki prihajajo iz razreda, povabite k tabli likovno nadarjenega učenca. S tem vas bo razbremenil pisanja in risanja, tako da se lažje osredotočite na vodenje razredne možganske nevihte. Osrednja ključna beseda za obe različici poskusa naj bo npr. **električna moč**. Spodbudimo dijake, naj prerisujejo nekoliko po svoje v svoje zvezke vzorec.

Pri pisanju (risanju) miselnih vzorcev poskušajmo upoštevati naslednja pravila:



1. Začetno ključno besedo napišemo na sredino lista (table); list je bolje obrniti ležeče, saj je lažje vpisovati besede v širino kot v višino.
2. Uporabljajmo tiskane črke in ne pisanih, boljše je uporabljati male tiskane črke kot velike, le izjemoma, za nekaj najpomembnejših ključnih besed, uporabimo velike črke.
3. Uporabljajmo različne velikosti črk; manj pomembne besede (tiste bolj na robu vzorca) naj bodo zapisane manjše.
4. Vsako besedo vpišemo v svoj okvirček ali na svojo črto (ne več besed skupaj, razen če sestavljajo povezan pojem).
5. Čim več uporabljajmo barve (barvna kreda, svinčniki); zelo dobro je označiti ozadje nekaterih besed s posebno barvo.
6. Narišimo tudi kakšne sličice in uporabljajmo posebne znake, npr. ? (vprašaj). Včasih je koristna tudi trirazsežna podoba.
7. Povezovalne puščice so lahko eno- ali dvosmerne, različnih velikosti, oblik (npr.  $\rightarrow$  ali  $\Rightarrow$ ), itd.
8. Čim bolj sprostimo svojo domišljijo.

Po možganski nevihti podajte kratko razlago poskusa (opisana spodaj pri opisu obeh poskusov). Nazadnje razdelite dijakom po-teste za reševanje doma in jim povejte, da naj si za reševanje po-testa kot domače naloge vzamejo dovolj časa in se potrudijo poiskati (tudi z uporabo učbenika) pravilne odgovore. Tudi na po-teste naj se dijaki podpišejo. Naslednjo šolsko uro poberite po-teste. Preberite učencem pravilne odgovore in če se vam zdi potrebno, podajte še kratke razlage pravilnih odgovorov (opisane spodaj, za testnimi vprašanji). Pred-teste in po-teste lahko statistično obdelate s priloženim Excelovim dokumentom. Upoštevajte samo tiste dijake, ki so pisali oba testa. Dodatna navodila za ovrednotenje so kar v Excelovem dokumentu.

## 4 Opis poskusa

**4.1 POTREBŠČINE:** šolski nizkonapetostni vir, dve majhni žarnici različnih upornosti, žice. Žarnici sta lahko od kolesarskih luči. Pomembno za uspešnost poskusa je, da se žarnici znatno razlikujeta v upornosti, npr. za 30 do 50 odstotkov, vendar pa ne preveč. Svetilnost obeh je treba namreč preveriti pri isti napetosti, tako da se opazi bistveno razliko, ko svetita, nobena pa ne sme pregoreti.

**4.2 CILJ:** Dijaki spoznajo bistvene razlike v ohmski moči pri zaporedni in vzporedni vezavi različnih upornikov. Tukaj gre za učinek presenečenja: žarnica, ki je pri posamični ali vzporedni vezavi svetila močnejše, bo v zaporedni vezavi svetila manj kot druga žarnica.

**4.3 NAČIN IZVEDBE:** Demonstracijski poskus.

**4.4 POTEK:** Žarnici zvežite v električni krog najprej vzporedno. Nastavite napetost na izviru tako, da bo dobro razvidna razlika v njuni svetilnosti. Nato zvežite žarnici v električni krog zaporedno. Dijaki naj dobro vidijo, katera žarnica je katera pri zamenjavi vezave. Spet nastavite napetost izvira tako, da bo videti razliko v svetilnosti žarnic.

**4.5 RAZLAGA (pozneje, po možganski nevihti):** Če pri isti napetosti ena od žarnic sveti šibkeje, pomeni to, da teče skozi njo manjši tok, torej ima šibkejša žarnica večji električni



REPUBLIKA SLOVENIJA

MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT

www.mss.gov.si, e: gp.mss@gov.si  
Masarykova 16, 1000 Ljubljana  
t: 01 400 54 00, f: 01 400 53 21



Naložba v vašo prihodnost  
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA  
Evropski socialni sklad

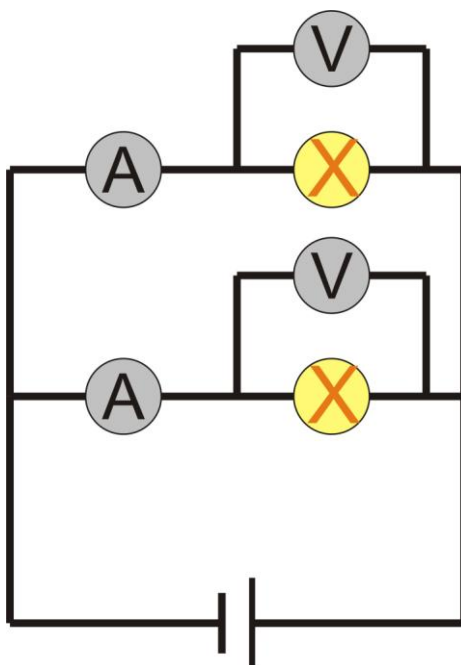


upor. Naj bo upornost šibkejše žarnice  $R_1$ , močnejše pa  $R_2$ , tako da velja  $R_1 > R_2$ . Pri vzporedni vezavi sveti močnejše druga žarnica, saj sta padca napetosti na žarnicah enaka. Malo težje je razumeti, kaj se zgodi pri zaporedni vezavi. Ker teče skozi obe žarnici v zaporedni vezavi enak električni tok, padec napetosti pa je večji na žarnici z večjim uporom (prva, »šibkejša« žarnica), je tudi njena moč sedaj večja kot pri drugi žarnici – zato sveti močnejše; ravno nasprotno kot pri vzporedni vezavi.

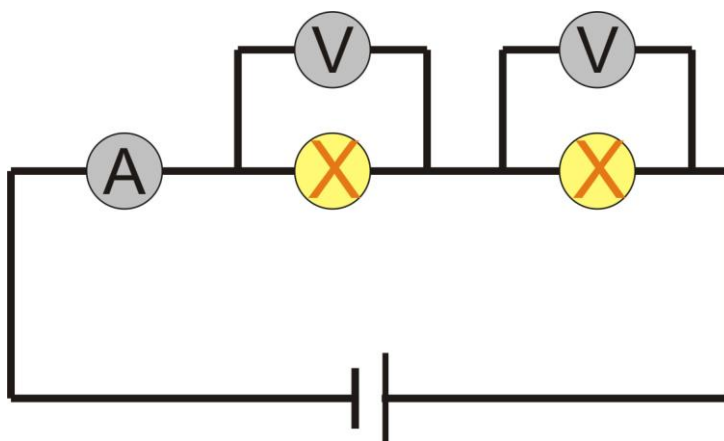
Pri razlagi poskusa (med možgansko nevihto ali po njej) narišite na tablo skici in komentirajte tudi morebitno uporabo in pomen ampermetrov in voltmetrov. Oboji merilniki so seveda dobrodošli pri vključitvi v možgansko nevihto in ustrezni miselni vzorec.



### Vzporedna vezava obeh žarnic



### Zaporedna vezava žarnic





## 5 Pred-test in po-test z vprašanji izbirnega tipa in rešitvami

Pravilni (najustreznejši) odgovori: 1D, 2A, 3Č, 4B, 5B, 6C, 7A, 8B, 9C, 10Č so označeni rdeče za pomoč učitelju pri ovrednotenju rezultatov. (V učenčevih testih sta narisani tudi obe vezavi, ker ju po dosedanjih ugotovitvah pogosto zamenjujejo.)

1) Na izvir električne napetosti je priključen upornik. Nato dodamo še en vzporedno vezan upornik. Kaj se zgodi z električnim tokom skozi prvi upornik in kaj s padcem napetosti na njem.

- A) Tok se zmanjša, napetost pa poveča.
- B) Tok in napetost se povečata.
- C) Tok se poveča, napetost pa zmanjša.
- Č) Tok in napetost se zmanjšata.
- D) Tok in napetost se ne spremenita.**

2) Trije enaki upori so vezani vzporedno na izvir napetosti 60 V. Tok skozi izvir napetosti je 0,6 A. Kolikšen je tok skozi vsak upornik in kolikšen padec napetosti na njem?

- A) 0,2 A; 60 V**
- B) 0,2 A; 20 V
- C) 0,6 A; 60 V
- Č) 0,6 A; 20 V
- D) 0,6 A; 180 V

3) Na izvir električne napetosti je priključen upornik. Nato dodamo še en zaporedno vezan upornik. Kaj se zgodi z električnim tokom skozi prvi upornik in kaj s padcem napetosti na njem.

- A) Tok se zmanjša, napetost pa poveča.
- B) Tok in napetost se povečata.
- C) Tok se poveča, napetost pa zmanjša.
- Č) Tok in napetost se zmanjšata.**
- D) Tok in napetost se ne spremenita.

4) Prvi upornik v zaporedni vezavi ima dvakrat manjši upor kot drugi. Skozi prvi upornik teče električni tok 0,05 A. Kolikšen električni tok skozi drugi upornik?

- A) 0,025 A
- B) 0,05 A**
- C) 0,075 A
- Č) 0,1 A
- D) 0,125 A

5) Žarnica je vezana zaporedno s spremenljivim upornikom. Ko povečamo upor upornika, začne žarnica svetiti šibkeje. Zakaj?

- A) Ker se poveča njena upornost.
- B) Ker se zmanjša električni tok skozi njo.**
- C) Ker se poveča električni tok skozi njo.



- Č) Ker se zmanjša skupni padec napetosti na žarnici in zaporedno vezanem uporniku.  
D) Ker se poveča padec napetosti na zaporedno vezanem uporniku.

6) Ali je mogoče narediti kombinirano vezavo (morda z dodatnimi uporniki), tako da bo skozi upornika z uporoma  $20\ \Omega$  in  $50\ \Omega$  tekel enak tok in da bo na njiju enak padec napetosti?

- A) Da, če naredimo ustrezno kombinacijo zaporednih in vzporednih vezav.  
B) Da, to se da doseči z vzporedno vezavo in primernim izvirom napetosti.  
☒ C) Ne, ker tega ne moremo uskladiti z Ohmovim zakonom.  
Č) Ne, ker teče skozi večji upornik vedno manjši tok.  
D) Ne, ker je na večjem uporniku vedno večji padec napetosti.

7) Ampermeter je občutljiv električni instrument. Če nisi prepričan(a), ali si ga pravilno vezal(a) v električno vezje, kaj se da narediti?

- ☒ A) Na začetku ga nastaviti na najširše merilno območje.  
B) Vprašati sošolca za nasvet.  
C) Naglo ga vklopiti in izklopiti.  
Č) Napetostni izvir naglo vklopiti in izklopiti.  
D) Zanesti se na občutek, da je vezava pravilna.

8) V gospodinjstvu so električne naprave vezane na omrežno napetost vzporedno. Kakšne prednosti ali slabosti bi imela zaporedna vezava namesto vzporedne? Ker je ustreznih več odgovorov, izberi tistega z največjo težo.

- A) Bila bi manjša nevarnost za prevelik skupni tok.  
☒ B) Če bi bilo zaporedno priključenih več naprav, bi bile električne moči na njih neustrezne.  
C) Če bi namesto izmenične napetosti uporabljali enosmerno, bi imela zaporedna vezava zaradi svoje enostavnosti prednost.  
Č) Pri vzporedni vezavi »porabimo« več električne energije kot pri zaporedni.  
D) Pri zaporedni vezavi ne bi mogli voditi mesečne »porabe« električne energije.

9) Kakšne so podobnosti in razlike med električnim tokom in kroženjem (tokom) vode v naravi? Poišči najustreznejši odgovor.

- A) V obeh primerih mora tok nekaj poganjati, vendar pa mora biti električni krog sklenjen, za vodni tok pa to ni nujno.  
B) Nasprotno od električnega toka voda lahko teče tudi brez »pogona«, v obeh primerih pa lahko opredelimo fizikalno količino kot pretok nečesa na časovno enoto.  
☒ C) Tako električni kot vodni tok v naravi sta sklenjena. Oba imata za gibanje nekak upor, zato ju je treba z nečem poganjati.  
Č) To sta fizikalno tako različna sistema, da je nesmiselno iskati kakršnekoli analogije med njima.  
D) Pri obeh gre pravzaprav za pretok snovi, vendar je električni tok veliko hitrejši od vodnega.

10) Kaj bi spremenil(a) pri obravnavi Ohmovega zakona in vezave upornikov, posebno pri šolskih poskusih nasploh, da bi bilo snov lažje razumeti in si jo zapomniti?





- A) Čim enostavnejši poskusi in morda njihove računalniške simulacije mi kar ustrezajo, ne glede na to, koliko je snov povezana z vsakdanjo uporabo.
- B) Raje imam zanimive poskuse, pa tudi če jih teže razumem, saj je pomembna edino zanimivost fizike.
- C) Poskusi, ki smo jih delali doslej, se morajo spremeniti, tako da so povezani izključno z vsakdanjim življenjem.
- ☒ D) Zagovarjam kombinirane poskuse: najprej preproste, ki pokažejo osnovno fizikalno sliko, potem pa kakega bolj zanimivega.
- D) Poskusi me ne zanimajo preveč in imam raje razlago snovi na tabli.

## 6 Kratke razlage pravih (najboljših) odgovorov

- 1D: Pri vzporedni vezavi je električni tok (in z njim ustrezni padci napetosti) v eni veji neodvisen od drugih, vzporednih vej. Zato se v eni veji nič ne spremeni, če dodamo vezju še več vej.
- 2A: Pri vzporedni vezavi s tremi enakimi vejami so v vseh vejah enaki padci napetosti, kot je napetost izvira, medtem ko se skupni tok razdeli na tri enake dele.
- 3Č: Pri zaporedni vezavi je tem manjši tok, čim več je upornikov v tokokrogu. Zaradi tega je tudi padec napetosti na vsakem uporniku manjši.
- 4B: Pri zaporedni vezavi teče skozi vse upornike enak električni tok, ne glede na njihove upornosti. Padci napetosti na njih pa so v splošnem različni.
- 5B: Pravilnost tega odgovora najbolje upravičimo tako, da pokažemo, da so preostali štirje odgovori nesmiselni.
- 6C: Enake napetosti in toka za dva različna upornika ne moremo doseči, ker bi enačba  $R = U/I$  dala enaka upora.
- 7A: Boljše je zanesti se na varnost in lastno znanje kot na občutek, tveganje in pomoč drugih.
- 8B: Odgovor D je edini popolnoma napačen, odgovor C je tudi piškav, ker ni bistvene razlike v zapletenosti vzporedne in zaporedne vezave. Odgovora A in Č sta medsebojno povezana in načeloma veljata, saj je pri zaporedni vezavi skupni tok res manjši kot pri vzporedni. A seveda je najpomembnejše to, da ima vsaka električna naprava primeren padec napetosti in z njim električno moč, kar pa pri zaporedni vezavi ni res.
- 9C: Edino odgovor Č je popolnoma napačen in kaže na neke vrste »miselno lenobo«. Odgovor D je napačen v tem, da ne moremo primerjati »hitrosti« dveh neopredeljenih ali pa po enotah različnih fizikalnih veličin (npr. električni tok pri elektriki in masni tok pri pretoku vode). Pri opredelitvi moramo biti natančnejši: vprašati bi se morali npr., ali je večja hitrost elektronov v žicah pri električnem toku ali vodnih molekul v reki. Pokaže pa se, da so pri običajnih napetostih hitrosti elektronov v žici razmeroma majhne. Odgovor A je le delno pravilen. Težava je v pravilni interpretaciji sklenjenosti obeh tokov (za kar je mogoče razen pojma *pogon* v istem vprašanju potreben sploh najtežji razmislek v testu): tako vodni kot električni tok sta v principu lahko sklenjena ali pa ne. Nesklenjen tok obstaja pri prehodnih/kratkotrajnih pojavih: polnjenje ali praznjenje kondenzatorja (med ploščama ne teče noben fizični tok, čeprav lahko govorimo o navideznem – tako imenovanem premikalnem toku), izlitje vode iz posode v lijak. Vendar pa sta pri stacionarnih pogojih oba toka sklenjena, zato je ustrežnejši





odgovor C. Podobno velja za odgovor B, le da tu je težava v pravilni interpretaciji pogona. Oba lahko v principu tečeta s pogonom ali brez njega. Brez pogona lahko tečeta v posebnih primerih, ko je njun »upor« enak nič: superprevodno stanje pri nizkih temperaturah pri superprevodnih materialih, ali pa enakomerno gibanje vodne mase v brezračnem in breztežnem prostoru. V bolj običajnih, vsakdanjih razmerah pa mora oba toka nekaj poganjati: električni tok poganja vir napetosti, vodni tok pa črpalke, teža! (padavine ne bi padale brez pogona – teže), Sonce (izhlapevanje vode), itd.

- 10Č: Od vseh vprašanj je to najbolj subjektivno, vendar je Č verjetno najprimernejši odgovor, ker se v dobri znanosti (in ustrezno dobrem poučevanju) prepletajo nasprotja preprostost in zapletenost, malo »dolgočasnejša« nazornost in težje razumljiva atraktivnost, itd.