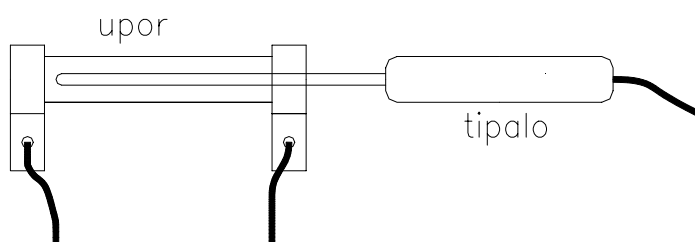


Določanje efektivne vrednosti izmenične napetosti

Jože Pahor, FMF, Univerza v Ljubljani

Načelno je poskus, s katerim določimo efektivno vrednost izmenične napetosti, zelo preprost. Izmenično napetost nekaj voltov priključimo na upor. Upor se segreva, zato oddaja vse več toplote. Slednjič oddaja v časovni enoti natanko toliko toplote, kolikor jo dobi od električnega toka, ki teče skozenj. Upor se je segrel do temperature T_0 , ki se več ne spreminja. Natanko enak upor priključimo na istosmerno napetost, ki jo počasi večamo, dokler se tudi temperatura tega upora ne ustali pri vrednosti T_0 . Zdaj odčitamo napetost na uporu. Tolikšna pa je tudi efektivna vrednost izmenične napetosti. Seveda pa je amplituda izmenične napetosti večja. Istosmerna napetost enakomerno greje upor, izmenična napetost s frekvenco 50 Hz pa stokrat v sekundi greje zelo malo. Da to nadoknadi, mora tudi stokrat v sekundi greti precej močnejše. Zato pa mora napetost zrasti nad efektivno vrednost. Kolikšno je torej razmerje med efektivno napetostjo U_{ef} in amplitudo izmenične napetosti U_{maks} ?

Postavljeno nalogo lahko rešujemo na različne načine. Poiščemo primeren upor, ga segrejemo z izmeničnim tokom do temperature T_0 , ki si jo zapomnimo. Nato priključimo isti upor na istosmerno napetost, ki jo postopoma večamo, dokler ne dosežemo enake temperature, kot prej. Izmerjena vrednost istosmerne napetosti je tudi efektivna napetost prejšnje izmenične napetosti. Amplitudo te napetosti odčitamo z osciloskopom, ali pa posnamemo njen potek s sistemom za

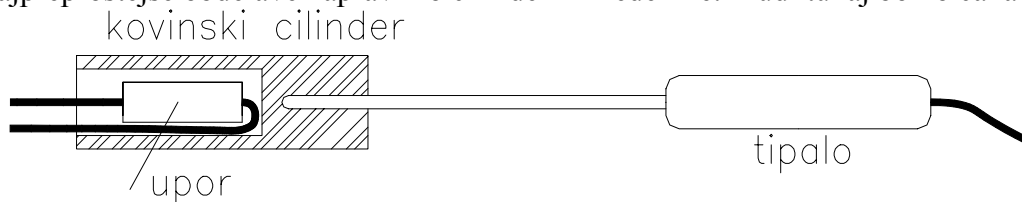


Sl.1. Za merjenje temperature uporabimo merilni sistem VERNIER

zajemanje podatkov VERNIER, odkoder potem preberemo maksimalno vrednost.

Poskus lahko izvedemo na več načinov. Sl.1. kaže, da smo našli upor starejše izdelave in močjo 10 ali 15 W, ki ima uporovno žico navito na keramično cevko. Temperaturno tipalo vtaknemo v to cevko. Zaradi precejšnje toplotne kapacitete vsega sistema in zaradi slabega odvajanja toplote prek zraka bo treba čakati na ravnovesno stanje kar precej dolgo, morda deset minut ali celo več.

Današnji močnostni upori so podolgasti kvadri brez luknje in z uporovo žico skritov v notranjosti. Tu bomo potrebovali cilinder z dvema izvrtinama, kamor vtaknemo na eni strani upor, na drugi pa tipalo (sl.2). Zaradi najpreprostejše obdelave napravimo cilinder iz medenine. Tudi tukaj bomo čakali



Sl.2. Če ne najdemo upora z luknjo, se moramo precej bolj potruditi

precej dolgo, dokler se ne bo temperatura ustalila.

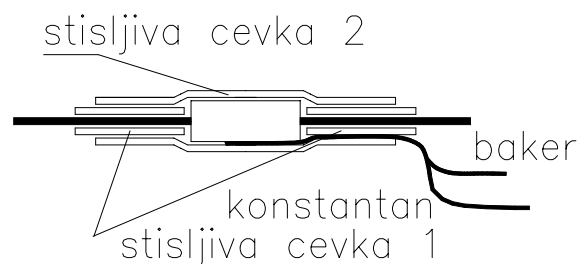
Kako do rezultata hitreje? Kupimo si nekaj drobnih 56 ohmskih uporov, ki zmorejo obremenitev 0.25 W. Morda se odločimo za takoimenovane metal-film upore, ki imajo na drobnem keramičnem cilindru naneseno posebno uporabno plast namesto običajne grafitne. Nič ne bo narobe, če bomo priključili 56 ohmski upor na napetost okoli 6, ali celo več voltov in ga tako obremenili celo z wattom. Naše temperaturno tipalo zdaj seveda ni več primerno. Nima nobene ravne površine, da bi se prilegala upor in omogočilo dober toplotni stik. Tudi njegova toplotna kapaciteta je prevelika. Spet bi izgubili vse, kar smo pridobili. Zdaj bomo merili temperaturo s termočlenom (sl.3.), ki ga sestavlja žica iz konstantana,



Sl.3. Dve bakreni žici in žica iz konstantana sestavljajo termočlen. Med bakrenima žicama dobimo napetost, sorazmerno temperaturni razliki med točkama A in B. Napetost je majhna, le $43 \cdot 10^{-6}$ V na stopinjo Kelvina

povezana z dvema bakrenima žicama. S konstantanove in bakrene žice ostrgamo izolacijo, obe žici nekoliko zvijemo in stično mesto zacínimo. Naš termočlen odgovarja na temperaturno razliko med obema spojema z napetostjo, ki je, žal, precej majhna: $43 \cdot 10^{-6}$ V/K. Da bomo lahko zasledovali temperaturo segretega upora, bomo potrebovali ojačevalnik. Sam sem uporabil modularno enoto lastne izdelave, ki je ojačevala 4000 krat. Stopinja je bila potem vredna okoli 160 mV. Umerjanja ne potrebujemo, saj bomo upor segreli obakrat do enake temperature, ki pa je ni treba poznati.

Kako pritrditi eno od obeh stičišč termočlena na upor? V trgovinah najdemo plastične cevčice različnih premerov, ki se skrčijo (krčne bužirke), ko jih segrejemo. Če nataknemo tako cevčico na upor in vtaknemo vanjo še stičišče, bosta po segrevanju s lasnim sušilnikom upor in stičišče trdno pritisnjena drug ob drugega. Da bo vse skupaj še trdneje, je dobro, da na dovodni žici upora nasadimo dva koščka tanjše skrčljive cevčice (sl.4). Če se nam zdi, da curek



Sl.4. Stičišče termočlena stiska ob segret upor cevka, ki se ob segrevanju skrči

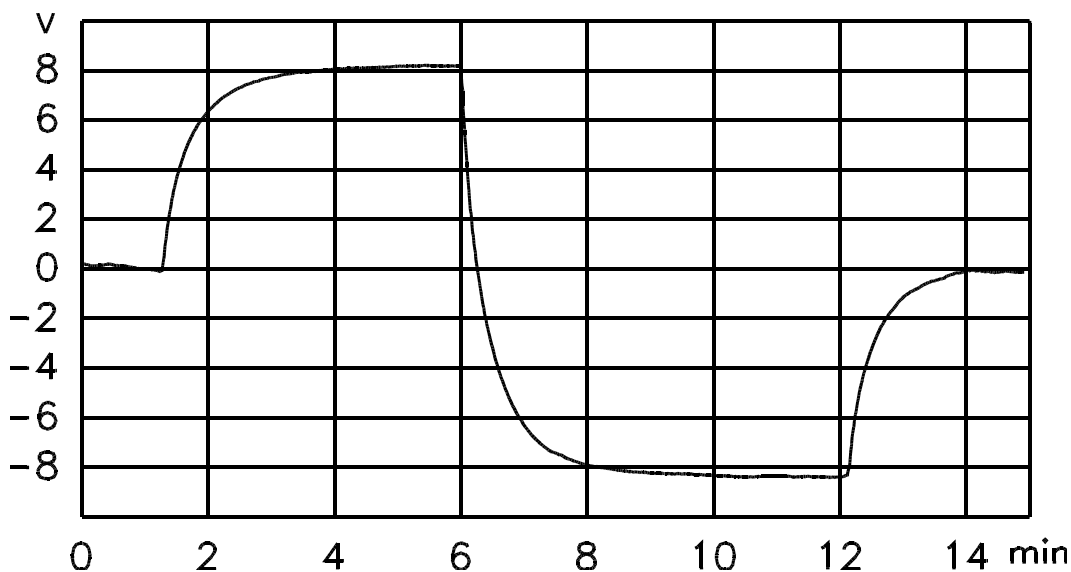
toplega zraka sušilnika ni dovolj vroč, lahko nekoliko zaslonimo vstopne reže sušilnika.

Termočlen pa ne meri absolutne temperature, ampak temperaturno razliko. Zato vtaknemo drugo stičišče v kozarec z vodo pri sobni temperaturi. Ledu torej ne potrebujemo, voda pa natočimo v kozarec precej pred poskusom.

Zaradi manjše toplotne kapacitete je novi sistem nervoznejši. Uporoma se spreminja temperatura že, ko gre kdo mimo ali ko odpremo ali zapremo vrata. Stabilnost izboljšamo, če vse skupaj postavimo v odprto kartonsko škatlo, ki jo delni prekrijemo z listom papirja.

Nova postavitev omogoča hitrejše meritve. V opisanem sistemu dosežemo stacionarno stanje po šestih do osmih minutah. Fiziki ljubimo primerjalne meritve. Dvakrat hitreje pridemo do rezultata, če hkrati grejemo dva upora: prvega z izmeničnim, drugega z istosmernim tokom in opazujemo temperaturno razliko. Ob izenačeni temperaturi je potemtakem efektivna vrednost izmenične napetosti enaka vrednosti istosmerne napetosti.

Zdaj se pojavi vprašanje, ali se oba upora, ki imata z dodatki domnevno enako toplotno kapaciteto, tudi enako ohlajata. Le tako dosežeta lahko oba enako temperaturo pri enaki moči. Enakost preverimo tako, da segrejemo najprej prvi upor do ravnovesja in odčitamo temperaturo, potem pa z isto napetostjo segrejemo drugi upor, medtem ko se je prvi ohladil. Rezultat take meritve kaže sl.5. Obe napetosti, ki sta sorazmerni temperaturi, ena pozitivna, druga negativna, bi se morali ujemati, a pride do nekaj odstotne razlike. Zelo težko je sestaviti dva



Sl.5. Enega od uporov smo priključili na napetostni vir in sledili temperaturi. Šest minut po začetku meritve smo priključili na isti napetostni vir drugi upor in hkrati odključili prvega. Meritev pove, da se je drugi upor segrel nekoliko bolj od prvega.

natanko enaka sklopa upora in termočlena. Asimetrijo bi lahko povzročil premik ničelne črte pri sistemu v ravnovesju. Vendar je meritev pokazala, da je ta premik neznamenit. Zato hkratnega segrevanja dveh uporov ne bi priporočal.

Če nimate konstantana, ojačevalnika in skrčljive cevke, nikar ne obupajte. Pravi eksperimentalni fizik je iznajdljiv. Segrejmo kovino z električnim tokom še bolj, dokler na zažari. Poiščimo torej dve enaki baterijski žarnici in ju priključimo na istosmerno in izmenično napetost. Kadar žarita enako, je efektivna vrednost izmenične napetosti enaka istosmerni napetosti. Primerjalnega fotometra z Lumer-Brodhumovo kocko najbrž ne premoremo, zato si naredimo svoj fotometer. Vzemimo ohišji dveh vžigalčnih škatlic, ju postavimo vstřic in prekrijemo skupno okno s tankim papirjem. Z zadnje strani vtaknemo obe žarnici in skušamo izenačiti osvetljenost obeh zaslonov z uravnavanjem istosmerne napetosti. Meritev, ki na pogled ni znanstvena, pa je dala odlično ujemanje s pričakovanimi rezultati.

Uporabili smo 3,5 V žarnici, ki smo ju zasadili v plastilinsko podlago (sl.5) potem, ki smo jima prispajkali napajalni žici. Šolski malonapetostni vir SMI-03 ISKRA je dajal izmenično napetost 2,20 V, ki smo jo izmerili z



Sl.6. Kako zgradimo fotometer BOSS? Na dve žarnici prispajkamo dovodne žice. Žarnici vsadimo v gredico plastilina. Snamemo ohišji dveh vžigalčnih škatlic in ju opremimo z okencema iz prosojnega lepilnega traku. Obe ohišji povežemo z lepilnim trakom in ju posadimo prek obeh žarnic.

digitalnim voltmetrom. Izenačeno osvetljenost smo opazovali pri istosmerni napetosti $2.20, \pm 0,05$ V. Osvetljenosti smo primerjali v polmraku. Pri večji osvetljenosti, ko je na priprte polknice sijalo sonce, so bili rezultati bolj razsuti.

Do amplitude izmenične napetosti pridemo bodisi z osciloskopom, bodisi uporabimo Vernierov sistem za zajemanje podatkov.

Meritev lahko napravimo bolj znanstveno, če uporabimo kot čutilo svetlobe fotoupor ali pa fotodiodo. Oba elementa najdemo v trgovinah z elektronskimi komponentami. Prevodnost osvetljenega fotoupora lahko izmerimo z ohmmetrom, ki je del vsakega univerzalnega merilnega inštrumenta. Fotodioda, ki bi jo lahko uporabili namesto fotoupora, daje osvetljena majhno napetost, ki pa jo vseeno lahko izmerimo z digitalnim voltmetrom. Bolj smotrna je meritev toka, ki ga daje osvetljena fotodioda. Fotodiodo zato priključimo na sponke digitalnega miliampermetra.

Nova postavitev s hkratnim opazovanjem dveh žarnic z dvema diodama ali dvema fotouporoma pa se ne obnese. Posebno neprijazna je fotodioda, ki zaradi majhne površine prestreže le majhen del svetlobe. Stekljeni balon žarnice je močno nehomogen, tako da svetlobna jakost ni enakomerno porazdeljena po smereh. Neenakomerno porazdelitev svetlobe je lepo vidna že na zaslonu našega fotometra. Zaradi tega uporabimo le eno žarnico z enim senzorjem, s katerim pomerimo osvetljenost diode ali fotoupora pri osvetljevanju z izmenično napajano žarnico, potem pa poiščemo tisto istosmerno napetost, ki zagotavlja enak odziv.

Učiteljem fizike ne priporočam, da predstavljajo v razredu katerega koli od opisanih poskusov. Pri poskusih, ki trajajo predolgo, upade zanimanje učencev. Opisana vrsta poskusov pa se mi zdi dragocena za delo v fizikalnem krožku. Spreminjali, razvijali in dopolnjevali smo merske metode, dokler nismo dosegli zadovoljive natančnosti pri meritvi. Takšno pa je tudi delo fizika - raziskovalca, le na precej višjem nivoju.

Za predstavitev v razredu priporočam računalniško animacijo, pri kateri skušamo z istosmerno napetostjo segreti upor do temperature, ki jo ima z izmenično napetostjo greti upor. Animacija ponuja dosti manj fizike kot pravi poskus, je pa koristnejša od mrtve slike in ustreznega besedila.

Animacijo najdete na temle CDu. Da bo tekla na vašem računalniku, zaženite program Setup v direktoriju [EFEKTIVNA](#).