



Određivanje Curiejeve temperature

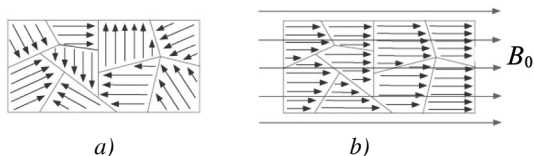
Zvonimir Labor¹, Jakov Labor²

Gibanje elektrona u atomu uzrokuje magnetsko polje, zbog čega se atomi ponašaju kao mali magneti. Kada se uzorak tvari nađe u vanjskom magnetskom polju indukcije B_0 , magnetska indukcija (B) u uzorku ovisi o vanjskom magnetskom polju i magnetskom polju atomskih magneta uzorka. Ovisnost o polju atomskih magneta iskazujemo relativnom permeabilnošću (μ_r):

$$\vec{B} = \mu_r \vec{B}_0.$$

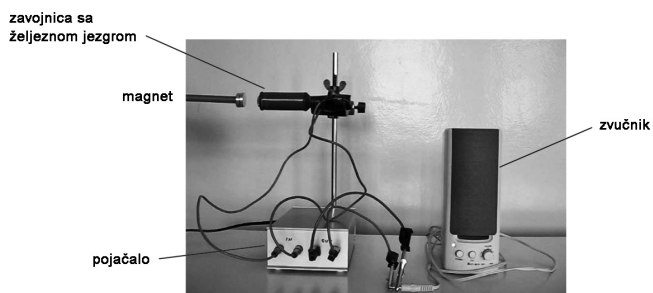
Tvari se prema vrijednosti relativne permeabilnosti dijele u tri skupine:

tvari	relativna permeabilnost, μ_r
paramagnetične	nešto veća od 1
feromagnetične	mного veća od 1
dijamagnetične	nešto manja od 1



Slika 1. Domene feromagnetične tvari a) izvan magnetskog polja i b) u jakom magnetskom polju.

U feromagnetičnim tvarima nalazimo područja (domene) u kojima magnetska polja atomskih magneta imaju isti smjer i čine magnetsko polje domene (slika 1 a)). U vanjskom magnetskom polju magnetska polja domenâ usmjeravaju se stvarajući u tvari jako magnetsko polje koje ima smjer vanjskog polja (slika 1 b)).



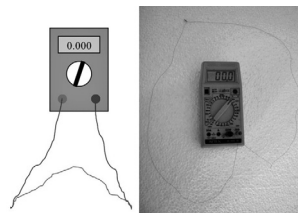
Slika 2. Uređaj za demonstraciju Barkhausenova učinka.

¹ Autor je učenik 4. razreda u Tehničkoj školi u Šibeniku.

² Mentor je prof. savjetnik u Gimnaziji Antuna Vrančića u Šibeniku.

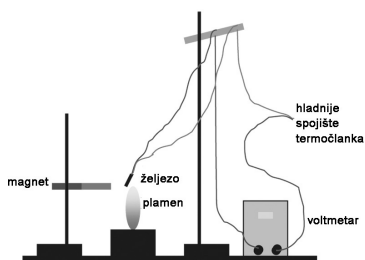
Na slici 2 prikazan je uređaj pomoću kojeg možemo registrirati usmjeravaje domena. Kada jaki magnet približavamo jezgri od mekog željeza, sve se više domena orijentira u smjer polja zavojnice. To u zavojnici uzrokuje promjenu magnetskog toka, zbog čega se između njezinih krajeva kratkotrajno inducira mali napon. Taj se napon pojačava i vodi na zvučnik iz kojega čujemo pucketanje. Opisana je pojava poznata kao *Barkhausenov učinak*.

Iznad određene, tzv. Curiejeve ili kritične temperature tvar gubi fermagnetska svojstva. Iznos Curiejeve temperature ovisi o vrsti tvari. Curiejevu temperaturu možemo odrediti pomoću termočlanka, a u ovom je radu na taj način određena Curiejeva temperatura za željezo. Termočlanak se sastoji od triju žica, pri čemu su dvije od istoga materijala. Po jedan slobodni kraj žica od istoga materijala spojen je s krajevima treće žice, a na preostale slobodne krajeve žica priključen je voltmetar (slika 3). Kada jedno od spojišta termočlanka zagrijavamo, voltmetar pokazuje napon.

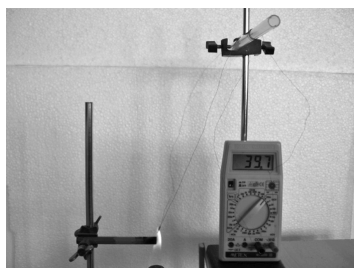


Slika 3. Termočlanak s voltmetrom.

Napon je veći što je veća temperaturna razlika među spojištima, a ovisi i o materijalu žica. Žice termočlanka korištenog u ovom pokusu su od željeza konstantana. U literaturi se može naći da temperaturna razlika od $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ uzrokuje kod ovoga termočlanka napon od $54\text{ }\mu\text{V}$ te da mu je mjerni opseg od $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

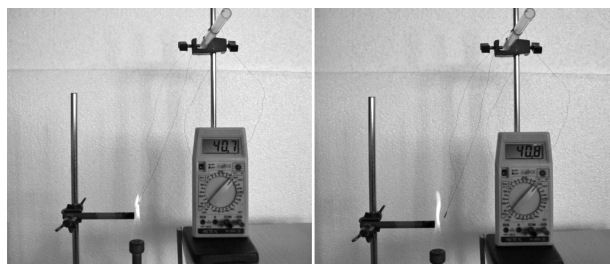


Slika 4.



Slika 5.

Uređaj za određivanje Curiejeve temperature prikazan je na slikama 4 i 5. Jedno je spojište žica termočlanka čvrsto obuhvaćeno komadićem željeznog lima. Žice su prebačene preko plastične cijevi na stalku i zalijepljene komadićima ljepljive vrpce za plastičnu cijev. Spojište obuhvaćeno željezom nalazi se blizu magneta, koji ga svojim djelovanjem održava u položaju višem od onoga u kojem bi bilo da nema magneta.



a)

b)

Slika 6. a) Na temperaturi nižoj od Curiejeve magnet privlači željezo. b) Kada željezo zagrijemo do Curiejeve temperature, magnet ga više ne privlači i ono se počne od njega udaljavati.

Željezo zagrijavamo plamenom, a na voltmetru pratimo povećanje napona. Treba uočiti pri kojem se naponu željezo počne udaljavati od magneta (slika 6). Ono je tada izgubilo feromagnetska svojstva i magnet ga više ne privlači. Može se dogoditi da neposredno nakon izlaska željeza iz plamena voltmetar pokaže veći napon nego na samom početku udaljavanja željeza od magneta. Razlog je tromost termočlanka i voltmetra. Zbog toga kao napon kod kojega željezo gubi feromagnetska svojstva uzimamo njegov najveći iznos. Radi pouzdanijeg određivanja tog napona, pokus je sniman kamerom, a snimka promatrana na računalu pomoću programa Virtual Dub. Taj program omogućuje promatranje pokusa sliku po sliku. Nakon što se željezo udalji, novo mjerenje počinjemo odmicanjem plamena i vraćanjem željeza u početni položaj.

Rezultati mjerenja nalaze se u priloženoj tablici. Pomoću formule

$$\Delta t = \frac{U \text{ (mV)}}{0.054 \frac{\text{mV}}{^{\circ}\text{C}}}$$

za svaki napon (U) smo izračunali pripadajuću temperaturnu razliku (Δt) između spojišta termočlanka. Srednja vrijednost temperaturne razlike iznosi $\Delta t = 753.9^{\circ}\text{C}$, a maksimalna apsolutna pogreška $[\Delta(\Delta t)]_m = 13.2^{\circ}\text{C}$.

$\frac{U}{\text{mV}}$	40.1	41.2	40.8	41.4	41.1	40.0	40.8	40.3	40.2	41.2
$\frac{\Delta t}{^{\circ}\text{C}}$	742.6	763.0	755.6	766.7	761.1	740.7	755.6	746.3	744.4	763.0
$\frac{\bar{\Delta t}}{^{\circ}\text{C}}$	753.9									
$\frac{[\Delta(\Delta t)]_m}{^{\circ}\text{C}}$	13.2									

Hladnije spojište bilo je na temperaturi okolnog zraka, koja je iznosila 13.5°C pa je srednja vrijednost Curiejeve temperature (t_C):

$$\bar{t}_C = 753.9^{\circ}\text{C} + 13.5^{\circ}\text{C} = 767.4^{\circ}\text{C}.$$

Uzimajući u obzir maksimalnu apsolutnu pogrešku, za Curiejevu temperaturu možemo pisati:

$$t_C = (767.4 \pm 13.2)^{\circ}\text{C}.$$

Maksimalna relativna pogreška mjerenja je

$$r_m = \frac{13.2^{\circ}\text{C}}{767.2^{\circ}\text{C}} \cdot 100\% = 1.7\%.$$

Usporedimo li dobivenu srednju vrijednost Curiejeve temperature s iznosom koji se najčešće susreće u literaturi (770°C), relativna pogreška iznosi:

$$r_m = \frac{770^{\circ}\text{C} - 767.2^{\circ}\text{C}}{770^{\circ}\text{C}} \cdot 100\% = 0.4\%.$$

Pri izvođenju pokusa plamen treba usmjeriti na željezo kojim je obuhvaćeno spojište termočlanka. Ako plamen zaleluja i skrene sa željeza na žice termočlanka, temperatura koju pokazuje termočlanak (temperatura žica) može narasti iznad kritične, a da magnet i dalje privlači željezo. Vjerojatnost takve pogreške je manja što je manja širina plamena, a njegov smjer stabilniji. Na preciznost mjerenja utječe i kut što ga s vertikalom zatvaraju žice termočlanka na čijem se spojištu nalazi željezo. Što je taj kut veći, veća je i komponenta sile teže koja nastoji odmaknuti željezo od magneta. Ako je kut prevelik, željezo će se odmaknuti od magneta i prije nego u potpunosti izgubi feromagnetska svojstva.