

# Elektromagnetno polje: 1. kolokvij

(29. 11. 2019 ob 14:15)

asistent: Martin Klanjšek (01 477 3866, [martin.klanjsek@ijs.si](mailto:martin.klanjsek@ijs.si))

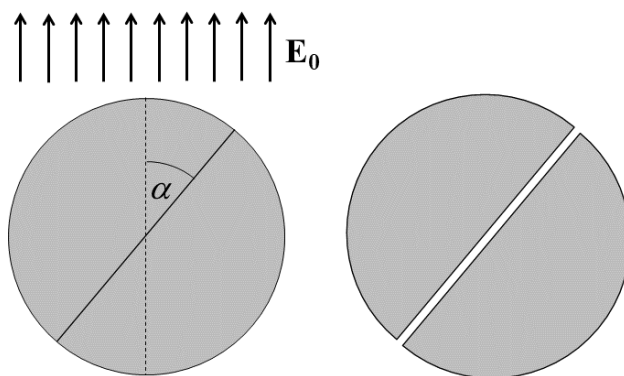
## 1. naloga

Dolgo tanko nitko iz izolatorskega materiala položimo na ravno podlago in jo oblikujemo v črko "U", tako da sta kraka nitke med seboj vzporedna, vmesni del nitke pa opisuje polkrog polmera  $a$ , kakor prikazuje slika. Na nitko enakomerno naneseemo naboj z dolžinsko gostoto  $\mu$ . Izračunaj jakost električnega polja v središču polkrožnega dela nitke.



## 2. naloga

Dolg prevoden valj postavimo v homogeno električno polje jakosti  $E_0$ , tako da je os valja pravokotna na smer polja. Valj prerežemo na dve polovici, tako da ravnina prereza (označena s polno črto na prvi sliki) poteka skozi os valja in oklepa kot  $\alpha$  s smerjo polja. Nato polovici valja v smeri pravokotno na ravnino prereza rahlo razmaknemo in na koncu polje izklopimo (druga slika). Razmik med polovicama valja je zelo majhen v primerjavi s polmerom valja. Izračunaj jakost električnega polja v špranji med polovicama valja.



## 3. naloga

Skozi dve enaki krožni zanki polmera  $a$ , ki se nahajata v medsebojni razdalji  $b$ , tako da njuni osi sovpadata, spustimo električni tok  $I$  v enaki smeri. Z uporabo napetostnega tenzorja magnetnega polja izračunaj magnetno silo, s katero ena zanka deluje na drugo zanko za primer, ko je  $b \gg a$ . Zanki torej lahko obravnaváš kot točkasta magnetna dipola.

## 4. naloga (za dodatne točke)

Kovanec polmera  $a$  iz materiala z gostoto  $\rho$  in specifično prevodnostjo  $\sigma$  vržemo v notranjost velikega magneta v obliki tuljave premera  $D$ , v središču katerega je magnetno polje  $B_0$ . Na območju okoli vhoda v magnet ima magnetno polje močan gradient. Ko se kovanec giblje skozi krajevno spreminjajoče se magnetno polje, se v njem inducirajo vrtnični električni tokovi, zaradi katerih se pojavi magnetna sila, ki po Lenzovem pravilu nasprotuje gibanju kovanca in s tem upočasnjuje gibanje kovanca. Oцени najmanjšo začetno hitrost, s katero moramo kovanec vreči, da bo uspel doseči središče magneta.

Predpostavi, da se kovanec ves čas giblje tako, da njegova os sovпада z osjo magneta, in da je teža kovanca zanemarljiva v primerjavi z magnetno silo. Gradient magnetnega polja

vzdolž osi magneta je znaten na območju približne višine  $D$  okoli vhoda v magnet in ga v približku lahko zapišeš kot  $B_0/D$ . Pri računanju komponent magnetnega polja v magnetu si pomagaj z Maxwellovo enačbo  $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$ . Končni rezultat oceni tudi numerično, tako da vzameš tipične vrednosti  $a \approx 1$  cm,  $\rho \approx 10$  g/cm<sup>3</sup>,  $\sigma \approx 10^6$  (Ω cm)<sup>-1</sup>,  $D \approx 10$  cm in  $B_0 \approx 1$  T.

---

**Matematični pripomoček:**

Periodične rešitve Laplaceove enačbe  $\nabla^2 U(r, \varphi) = 0$  v valjnih koordinatah:

$$U(r, \varphi) = A + B \ln r + \sum_{m=1}^{\infty} (A_m r^m + B_m r^{-m}) \cos(m\varphi) + \sum_{m=1}^{\infty} (C_m r^m + D_m r^{-m}) \sin(m\varphi).$$

---

**Čas reševanja:** 90 minut.

Dovoljeni pripomočki: podani spisek enačb, matematični priročnik, kalkulator.

Rešitve nalog, ocene ter kraj in čas ogleda kolokvija bodo objavljeni na spletni strani

<http://www-f5.ijs.si/emp-2019-2020.html>.

---