

# Elektromagnetno polje: 1. kolokvij

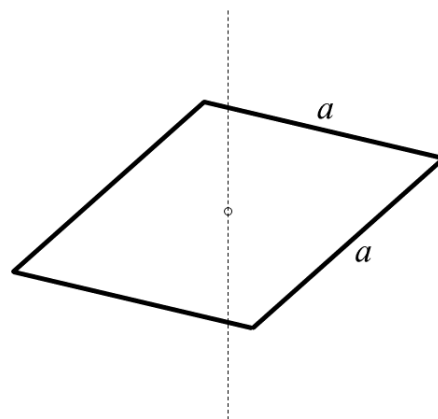
(7. 12. 2018 ob 15:15)

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

## 1. naloga

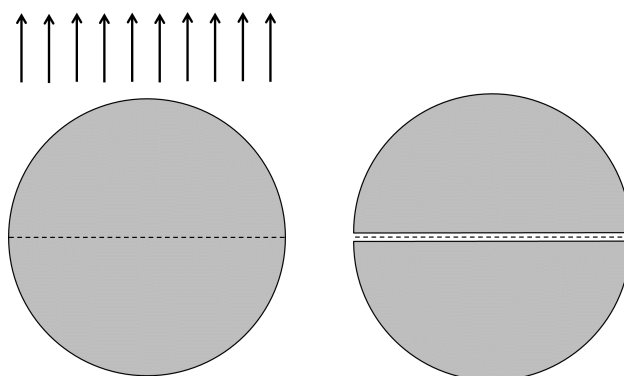
Iz štirih tankih izolatorskih palic dolžine  $a$  sestavimo vodoraven kvadratni okvir, kakor prikazuje slika. Na okvir enakomerno nanesemo naboj  $e$ .

- Izračunaj velikost jakosti električnega polja  $E$  na navpični osi okvirja (črtkana črta na sliki), ki poteka skozi njegovo središče (označena točka), v odvisnosti od oddaljenosti  $z$  od središča okvirja.
- Dobljeni izraz za  $E(z)$  poenostavi za primera majhnih in velikih  $z$  ter skiciraj odvisnost  $E(z)$ .



## 2. naloga

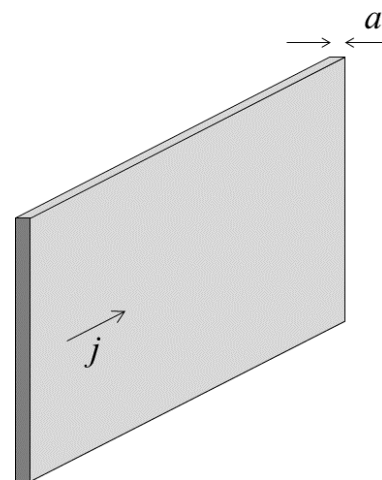
Prevodno kroglo postavimo v homogeno električno polje jakosti  $E_0$ . Kroglo prerežemo na dve polovici, tako da je ravnina prereza (označena s črtkano črto na prvi sliki) pravokotna na polje. Nato polovici krogle v smeri polja rahlo razmaknemo in na koncu polje izklopimo (druga slika). Razmik med polovicama krogle je zelo majhen v primerjavi s polmerom krogle. Izračunaj jakost električnega polja v špranji med polovicama krogle.



## 3. naloga

Vzdolž prevodnega traku debeline  $a$  v vodoravni smeri spustimo električni tok gostote  $j$ , kakor prikazuje slika. Tok je po preseku traku enakomerno porazdeljen, dolžina in višina traku pa sta mnogo večji od  $a$ . Izračunaj magnetno silo na dolžinsko enoto, s katero spodnja polovica traku deluje na zgornjo. Ali je ta sila privlačna ali odbojna?

*Popravek:* za izračun sile je potrebno poznati tudi višino traku  $h$ , ki v besedilu po pomoti ni bila podana.



#### 4. naloga (za dodatne točke)

V razdalji  $a$  nad razsežno kovinsko ploščo, skozi katero so na gosto izvrtane majhne luknjice, se nahaja točkast magnetni dipol z magnetnim momentom  $p_m$ , tako da je njegova os pravokotna na ploščo. Ploščo najprej ohladimo, tako da preide v klasično superprevodno stanje, nato pa dipol v smeri njegove osi premaknemo za razdaljo  $\delta$  (kjer je  $\delta \ll a$ ). Izračunaj magnetno silo, ki potem deluje na dipol.

Klasični superprevodnik je idealni diamagnet, kar pomeni, da zunanjim *spremembam* magnetnega polja preprečuje, da bi prodrle vanj. Razdalja med luknjicami skozi ploščo je mnogo manjša od  $a$ , razsežnosti plošče pa sta mnogo večji od  $a$ . Luknjice v plošči povzročijo, da magnetni pretok skozi ploščo, ko je ta v klasičnem superprevodnem stanju, ostane *vezan* na ploščo, saj se vrtilni tokovi na površini zaradi luknjic ne morejo premikati.

#### Matematična pripomočka:

Rešitve osno simetrične Laplaceove enačbe  $\nabla^2 U(r, \vartheta) = 0$  v krogelnih koordinatah:

$$U(r, \vartheta) = \sum_{l=0}^{\infty} [A_l r^l + B_l r^{-(l+1)}] P_l(\cos \vartheta),$$

kjer so  $P_0(x) = 1$ ,  $P_1(x) = x$ ,  $P_2(x) = (3x^2 - 1)/2$ ,  $P_3(x) = (5x^3 - 3x)/2$ , ... Legendrovi polinomi.

Uporaben integral:

$$\int \frac{dx}{(x^2 + y^2)^{3/2}} = \frac{x}{y^2 \sqrt{x^2 + y^2}}$$

**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-2018-2019.html>.