

Elektromagnetizam: Maxwellove jednačbe, valovi i titraji

- Vodič okružuje površinu $0,65 \text{ m}^2$ u ravni $z = 0$. Koliki je inducirani napon ako se magnetska indukcija mijenja po zakonu:

$$\vec{B} = 0,05 \text{ T} \cdot \cos 10^3 \text{ s}^{-1} t \cdot \left(\frac{\vec{j} + \vec{k}}{\sqrt{2}} \right) ?$$

Rješenje: $U_{\text{ind}} = +22,981 \cdot \sin 10^3 t = +23 \text{ V} \sin 10^3 \text{ s}^{-1} t$

- Električno polje elektromagnetskog vala zadano je jednačbom

$$\vec{E} = \vec{j} E_0 f(x - ct),$$

gdje je f proizvoljna funkcija. U koju se smjeru širi EM-val? Napišite jednačbu za magnetsko polje tog vala?

Val se širi u smjeru $+x$ osi (jed. vektor \vec{i}); $\vec{B} = \frac{E_0}{c} \vec{k} f(x - ct)$

- Pokažite da je srednja gustoća energije električnog polja ravnog harmoničkog elektromagnetskog vala jednaka srednjoj gustoći energije magnetskog polja.

$$\overline{w}_m = \frac{1}{4\mu} B_0^2 = \frac{1}{4} \epsilon E_0^2 = \overline{w}_{el}$$

- Monokromatski ravni linearno polarizirani elektromagnetski val ($\lambda = 500 \text{ nm}$) rasprostire se u vakuumu u smjeru pozitivne osi apscise. Srednja gustoća energijskog toka vala jest $0,1 \text{ W/m}^2$, a ravnina titranja električnog polja paralelna je osi ordinate. Napišite izraze za sve komponente električnog i magnetskog polja ovog vala!

[ispitni zadatak]

$$\begin{aligned} \vec{E} &= (0, E_y, 0), \quad E_y = 8,68 \cos[4\pi \cdot 10^6 (x - ct)] \\ \vec{B} &= (0, 0, B_z), \quad B_z = 2,894 \cdot 10^{-8} \cos[4\pi \cdot 10^6 (x - ct)] \end{aligned}$$

Fotometrija i optika

- Iznad središta sobe kvadratnog presjeka $6 \cdot 6 \text{ m}^2$ na pomičnom držaču visi svjetiljka. Smatrajući je točkastim izvorom, izračunajte visinu (iznad poda) na kojoj svjetiljku valja učvrstiti da bi osvjetljenje uglova bilo najveće!

[ispitni zadatak]

Rješenje: $h = 3 \text{ m}$

- Snaga zračenja „točkastog izvora“ monokromatskog zračenja valne duljine $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ jest 10 W . Na kojoj maksimalnoj udaljenosti čovjek može primijetiti taj izvor, ako njegovo oko reagira na svjetlosni tok od 60 ili više fotona u sekundi? Promjer zjenice oka je $0,5 \text{ cm}$.

$R = 8,1 \cdot 10^5 \text{ m}$

- Zraka svjetlosti upada pod kutom 60° na površinu vode u posudi. Na dnu posude nalazi se ravno zrcalo. Koliko se puta promijeni udaljenost između upadne i izlazne zrake zamijenimo li vodu drugom kapljevnom s dva puta većim indeksom loma od indeksa loma vode ($4/3$). Visina kapljevne se ne mijenja!

Rješenje: $R/R' = 2,454$

- Dvije tanke leće razmaknute su 10 cm na zajedničkoj optičkoj osi. Prva leća ima žarišnu daljinu $+20 \text{ cm}$ a druga -20 cm . Na kojoj udaljenosti od druge leće na optičkoj osi će takav susrav dati sliku beskonačno dalekog predmeta? Konstruirajte sliku!

[ispitni zadatak]

- Tanka plankonkavna leća uronjena je u horizontalnom položaju u vodu tako da je prostor ispod konkavne površine ispunjen zrakom. Jakost takvog optičkog sustava jest $-2,6$ dioptrija. Odredite polumjer zakrivljenosti leće. (Indeks loma vode jest $4/3$, zraka 1, stakla $3/2$).

Rješenje: $b_2 = 20 \text{ cm}$

[ispitni zadatak]

Rješenje: $R = 14,4 \text{ cm}$

- U Youngovu pokusu natrijeva svjetlost ($\lambda = 589,3 \text{ nm}$) pokazuje 6 interferencijskih pruga u jednom centimetru. Koliko iznosi valna duljina svjetlosti koja pokazuje 8 pruga u jednom centimetru?

Rješenje: $\lambda = 442 \text{ nm}$

- Pri ogibu natrijeve svjetlosti na jednoj pukotini ukupna kutna širina glavnog difrakcijskog maksimuma jest 30° . Pod kojim se ogibnim kutom opaža treći minimum?

Rješenje: $\theta_3 = 50,93^\circ$

- Prostor između plankonveksne leće i planparalelne pločice (Newtonova sakla) ispunjen je kapljevnom nepoznatog indeksa loma. Polumjer zakrivljenosti leće jest 10 m, a valna duljina upotrijebljene svjetlosti 589 nm. Odredite indeks loma kapljevine ako polumjer četvrtog svijetlog kolobara u prolaznoj (transmitiranoj) svjetlosti iznosi 4,21 mm.

[ispitni zadatak]

Rješenje: $n = 1,33$

- Svjetlost električkog izboja iz plinom ispunjene cijevi pada okomito na optičku rešetku. Kolika je konstanta rešetke ako se maksimumi za dvije valne duljine od 656,3 nm i 410,3 nm vide pod jednakim kutom 40° .

Rješenje: $k_1 = 5$ i $k_2 = 8$, $d = 5,1 \cdot 10^{-6}$ m

Crno tijelo, modeli atoma i kvantni brojevi, nuklearna fizika

- Elektronski snop, ubrzan naponom 300 V, ulijeće u homogeno magnetsko polje koje izvire iz ravnine crtnje [vidi u *Predavanjima*, skripta, T.P., omjer e/m]. Duljina na kojoj polje djeluje jest $l = 2,5$ cm. Kad je magnetsko polje isključeno, elektronski snop stvara mrlju u točki A na zaslonu, udaljenoj $l_1 = 5$ cm od rubova polova magneta. Uključenjem magnetskog polja, mrlja se pomiče u točku B na zaslonu. Izračunajte udaljenost $y = AB$, ako je vrijednost indukcije magnetskog polja 1,46 mT.

[ispitni zadatak]

Rješenje: $y = 4,881$ cm

- Najveća valna duljina koja uzrokuje fotoelektrični efekt na natriju iznosi 545 nm. Izračunajte zaustavni potencijal potreban za zaustavljanje fotoelektrona iz natrija obasjanog zračenjem valne duljine 200 nm.

Rješenje: $U_Z = 3,927$ V

- Pretpostavimo da foton energije 2,55 eV pogađa atom vodika koji se nalazi u prvom pobuđenom stanju. Koji je glavni kvantni broj višega pobuđenog stanja u koji prelazi atom vodika, ako se foton apsorbirao u atomu?

Rješenje: $n = 4$

- Atomi vodika, koji se nalaze u osnovnom energijskom stanju, pobuđuju se ultraljubičastim zračenjem, zbog čega emitiraju šest spektralnih linija. Izračunajte valnu duljinu ultraljubičastog zračenja u jedinicama Rydbergove konstante R_H te u nanometrima.

Rješenje: $\lambda = \frac{16}{15R_H} = 97,2 \text{ nm}$

- Koliko se promijeni potencijalna energija elektrona u vodikovome atomu pri emisiji fotona valne duljine 486 nm?

[ispitni zadatak]

Rješenje: $\Delta E_{\text{pot}} = 5,1 \text{ eV}$

- Kvantnim prijelazom (*skokom*) elektrona iz L – ljuske u K – ljusku, emitira se rendgensko zračenje valne duljine 0,0788 nm. Koji je to atom?

Rješenje: cirkonij $_{40}\text{Zr}$

- Odredite energiju koja se u procesu *Comptonovog raspršenja* predaje elektronu i manifestira kao njegova kinetička energija, za dva karakteristična slučaja:

- Kad je kut raspršenja fotona mali, $\theta \approx 0$,
- Ako je kut raspršenja $\theta = \pi$ (raspršenje fotona *unatrag*).

Rješenje: a) $E_\gamma \approx E'_\gamma$ i $E'_k \approx 0$ b) $E'_k = \frac{2E_\gamma^2}{m_e c^2 + 2E_\gamma}$

- Izračunajte najveću energiju koju foton iz gama–raspada nuklida ^{137}Cs , energije $E_\gamma = 662 \text{ keV}$, može predati elektronu u elastičnom suderu. Prije sraza elektron je u mirovanju!

Rješenje: $E'_k = 477,65 \text{ keV}$

- Foton energije $4 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ rasprši se na elektronu u mirovanju. Nađite kut između smjera odbijenog elektrona i raspršenog fotona, ako se valna duljina fotona promijenila za $1,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}$.

[ispitni zadatak]

$\theta + \phi = 112,75^\circ$

- U Comptonovom raspršenju fotona na elektronu u mirovanju, energija upadnog fotona se jednako razdjeli na raspršeni foton i na elektron odbijen u raspršenju. Kolika je energija raspršenog fotona ako je kut raspršenja fotona 90° ?
[ispitni zadatak]

Rješenje: $E' = 0,2555 \text{ MeV} = 4,093 \cdot 10^{-14} \text{ J}$

- Detektorom zračenja očitana je aktivnost izotopa $^{14}_6\text{C}$ od 10^5 Bq u uzorku. Vrijeme poluraspada $^{14}_6\text{C}$ jest 5730 godina. Izračunajte početnu masu uzorka.

[ispitni zadatak]

Rješenje: $m = 6,062 \cdot 10^{-7} \text{ grama}$

- Dok organizam (biljka, životinja, čovjek) živi, aktivnost radioaktivnog izotopa ugljika $^{14}_6\text{C}$ u njemu je stalna, ako 250 Bq po kilogramu. Smrću, organizam ne uzima više radiougljik iz Prirode, pa se količina $^{14}_6\text{C}$ vremenom smanjuje zbog radioaktivnog raspada. Izračunajte starost drveta čija je sadašnja aktivnost 200 Bq/kg . Vrijeme poluraspada $^{14}_6\text{C}$ jest 5730 godina.

Rješenje: $t = 1845 \text{ godina}$

- Kolika je masa urana $^{235}_{92}\text{U}$ koji se raspao fisijom, ako je fisijom te mase oslobođena energija $3,24 \cdot 10^{16} \text{ J}$?

Rješenje: $m = 395 \text{ kg}$

- Izračunajte specifičnu aktivnost nuklida stroncija $^{90}_{38}\text{Sr}$, čije vrijeme poluraspada za β raspad iznosi 28,78 godina. Uzmite da jedna (zvjezdana) godina ima 31 558 159 sekunda. (Naputak: Specifična aktivnost radioaktivnog izvora se definira po jedinici mase (kg) uzorka).

Rješenje: $A_{sp} = 5,1 \cdot 10^{15} \text{ Bq/kg}$