

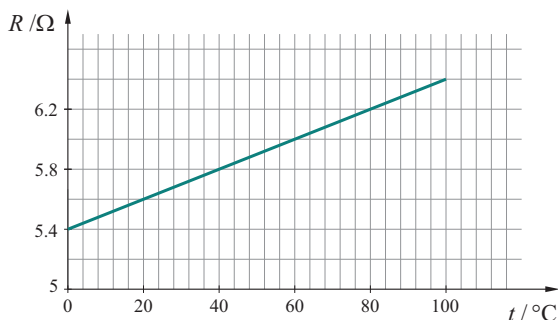
Osnovne škole – zadatci

1. Dva vlaka voze po paralelnim kolosijecima ulazeći u stanicu jedan drugome u susret stalnim brzinama. Vlak A dug je 250 m, dok je vlak B dug 150 m. Vlak A giba se dvostruko većom stalnom brzinom od vlaka B. Otpravnik vlakova, koji miruje na peronu, pokrene štopericu u trenutku kada je horizontalna udaljenost prednjih krajeva vlakova 950 m, a zaustavi ju u trenutku kada su njihovi stražnji krajevi poravnati, te izmjeri vrijeme od 0.75 min.

a) Odredi brzine oba vlaka.

b) Ako bi se ovi vlakovi gibali tim brzinama, ali ovog puta u istom smjeru (ali različitim kolosijecima), odredi vrijeme potrebno da vlak A u potpunosti pretekne vlak B. Uzmi da je u početnom trenutku horizontalna udaljenost prednjeg kraja vlaka A i stražnjeg kraja vlaka B 950 m, a kao kraj pretjecanja uzmi trenutak kada je stražnji kraj vlaka A poravnat s prednjim krajem vlaka B.

2. Učenici su mjerili otpor neke žice kada je ona bila zagrijana na različite temperature, te su svoja mjerenja prikazali grafički. (Pretpostavite da se otpor žice mijenja s temperaturom samo zbog njezinog produljivanja.)



Druga skupina učenika uzela je tu metalnu žicu, mase 10 g i stavila je u staklenu posudu mase 250 g. Žica je tamo dugo stajala na sobnoj temperaturi 20°C . Nakon nekog su vremena u staklenu posudu ulili 153 grama kipuće vode, što je u potpunosti prekrilo žicu.

a) Zanemariivši gubitke topline na okolinu, koliki su otpor žice i njenu duljinu odredili učenici nakon što je postignuta toplinska ravnoteža smjese.

Uputa. Izračunatu temperaturu zaokruži na najbliži cijeli broj.

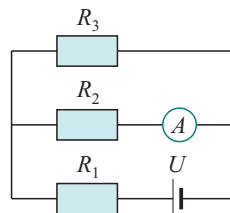
b) Ako znaš njenu početnu temperaturu, odredi za koliko se produljila žica pri zagrijavanju. Poprečni presjek žice je 2 mm^2 .

Specifični toplinski kapacitet vode je 4200 J/kgK , stakla 840 J/kgK , a žice 400 J/kgK . Otpornost žice je neovisna o temperaturi i iznosi $1.7 \cdot 10^{-5}\text{ }\Omega\text{m}$.

Pretpostavi da se prilikom zagrijavanja mijenjala samo duljina žice.

3. Promotri strujni krug na slici koji se sastoji od tri različita otpornika stalnog otpora i idealne baterije.

Snaga koja se razvije na otporniku R_1 iznosi 2.625 W. Ampermetrom protječe 1.875 C naboja svakih 5 sekundi, što je tri puta više naboja nego što u istom vremenu proteče kroz otpornik R_3 . Svakom kulonu naboja koji proteče otpornikom R_3 električna se energija smanji za 3.75 J.



Odredi iznose otpora ova tri otpornika!

4. Unutarnji poprečni presjek čaše iznosi 25 cm^2 . U čašu se nalije 0.2 dm^3 tekućine, u koju se doda kockica leda, dimenzije brida 3 cm koja miruje na površini tekućine.

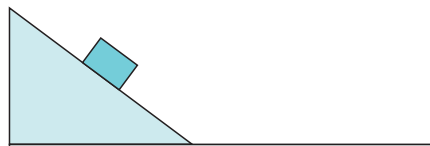
Ako se na površinu te kockice leda, koja je paralelna s površinom tekućine u čaši, postavi kovanica od 1 centa mase 2 grama, tekućina se u čaši podigne do njenog ruba bez prelijevanja. Dio kockice leda pritom je i dalje iznad površine tekućine, a gornja površina kockice leda i dalje je paralelna s površinom tekućine. Za koliko će se podići razina tekućine u čaši nakon dodavanja kockice leda i novčića? Koliko je visoka unutrašnjost čaše?

Pretpostavite da se led ne tali te da kockica leda i kovanica miruju na površini tekućine.

Gustoća leda je 920 kg/m^3 , a tekućine 1030 kg/m^3 .

5. Tijelo mase 2 kg početno se nalazi na kosini na visini od 3 m i miruje, kao što je prikazano na slici.

Razmotrite sljedeće dvije situacije:



1) Ako se tijelo počne gibati iz mirovanja i ako između tijela i kosine nema trenja, ali između tijela i ravne trenje postoji, tijelo će se zaustaviti 5 m od podnožja kosine.

2) No, ako se tijelo počne gibati iz mirovanja s kosine i između kosine i tijela postoji trenje, dok je između tijela i ravne podloge trenje jednako kao u prvom slučaju, tijelo će se zaustaviti 4 m od podnožja kosine.

a) Koliki se postotak početne energije tijela utrošio na savladavanje sile trenja na kosini u drugoj situaciji?

b) Ako bismo htjeli da i u drugoj situaciji tijelo prijeđe put od 5 m po ravnoj podlozi puštajući se s takve kosine, s koje bismo ga visine trebali pustiti?

Napomena. U svim zadacima, gdje je potrebno, uzmite $g = 10 \text{ N/kg}$.

Osnovne škole – eksperimentalni zadatci

1. Istražite kako snaga koju baterija daje strujnom krugu ovisi o otporu strujnog kruga.

a) Shemama detaljno prikažite strujne krugove koje ćete koristiti.

b) Provedite mjerenja za tri različita strujna kruga te ih prikažite i tablično i u odgovarajućem dijagramu. Nemojte se koristiti ommetrom u svojem mjerenju!

c) Što zaključujete?

2. Koristeći se utegom mase 50 g, ravnalom kao polugom i kutijom šibica kao osloncem, odredite srednju gustoću novčića od 50 centa.

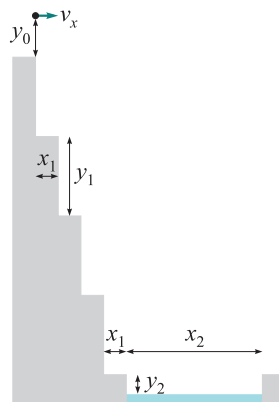
a) Provedite jedno mjerenje i odredite srednju gustoću novčića.

b) Navedite koji su mogući izvori pogrešaka u vašem mjerenju.

Srednje škole – zadatci

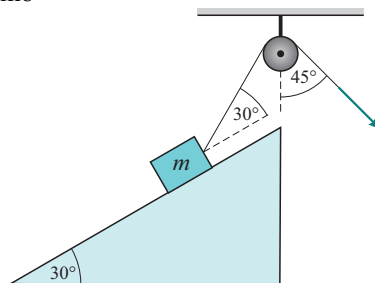
1. skupina

1. Nada vodoravno baci kamen s ruba ograđene litice u obliku 4 pravokutne stepenice, svaka visine $y_1 = 10.5$ m i širine $x_1 = 3$ m. Na udaljenosti x_1 od najdonje stepenice nalazi se rijeka širine $x_2 = 18$ m, čija je razina vode $y_2 = 80$ cm niža od podnožja litice. Kamen upada točno po sredini rijeke. Strujanje vjetra čini otpor zraka zanemarivim. Koliko iznosi početna brzina v_x kojom je Nada bacila kamen $y_0 = 134.5$ cm iznad najgornje stepenice? Koliko iznosi konačna brzina kamena netom prije upada u rijeku?



2. U automobilu slobodno visi miris mase 10 g obješen o nerastezljivu nit zanemarive mase. Automobil, čija brzina u početnom trenutku iznosi 36 km/h, ubrzava na ravnoj cesti duž nizbrdice konstantnog nagiba te nakon 10 s postiže brzinu od 72 km/h. Nacrtajte dijagram sila na miris te odredite napetost niti ako prilikom ubrzanja automobila nit i miris stoje okomito na cestu.

3. Hrvoje nerastezljivim užetom zanemari-ve mase prebačenim preko koloture, zanemari-ve mase, obješene o strop, pridržava nepomičan blok mase $m = 99$ kg koji leži na kosini nagiba 30° . Uže s kosinom zatvara kut od 30° , a na drugome kraju 45° s vertikalom. Faktor trenja bloka i kosine iznosi $\sqrt{3}/4$. Odredite minimalni iznos sile kojom Hrvoje mora djelovati, a da blok ostane u stanju mirovanja.



4. Petar baci ključeve vertikalno uvis s visine 1500 mm od tla. Jednu sekundu nakon toga Andrijana kroz prozor uhvati ključeve na visini 5595 mm od tla. Zanemarite otpor zraka. Kolikom brzinom i u kojemu su se smjeru gicali ključevi netom prije hvatanja? Obrazložite.

5. Vatrogasni avion djeluje takvom silom da cijelo vrijeme leti vodoravno na visini 61.6 m iznad ravnice, jednoliko brzinom 144 km/h u odnosu na tlo, od juga prema sjeveru. Suprotno gibanju aviona širi se požar ravnicom konstantnom brzinom 7.2 km/h. Avion ispušta 5 t vode koja upada od 1 m prije ruba požara nadalje. Vjetar i otpor zraka djeluju na ispuštenu vodu stalnom silom od 10 550 N prema gore te 20 kN od sjevera prema jugu. Koliko su bili udaljeni avion i požar u trenutku ispuštanja vode?

Napomena. Konstanta ubrzanja slobodnog pada $g = 9.81$ m/s².

2. skupina

1. Promotrite pumpu za vodu čiji je otvor, površine poprečnog presjeka 5 cm^2 , usmjeren direktno prema dolje te se nalazi 50 cm iznad plitkog korita. Ako pumpa pri radu postiže konstantni ukupni tlak od 1.1 atmosfera, odredite kolikom silom voda koja istječe iz nje djeluje na korito.

Pretpostavite da nema prskanja ni razdvajanja toka vode te da se nakon kontakta s koritom voda u potpunosti prestane gibati. Uzmite da je gustoća vode 1 kg/L te da je tlak zraka 1 atmosfera.

2. Odredite koliko je vremena potrebno kako bi kompresor napunio prazan čelični ronilački spremnik zrakom do pritiska od 200 atmosfera. Poznato je da spremnik ima volumen od 10 L te da mu je masa, kada je prazan, jednaka 16 kg . Osim toga, poznato je da je specifični toplinski kapacitet čelika 420 J/kgK .

Pretpostavite da kompresor koji vrši punjenje ima efikasnost od 50% te da radi konstantnom snagom od 1 kW , da se zrak može opisati kao dvoatomni idealni plin i da ga kompresor crpi iz atmosfere. Uzmite da je početna temperatura boce i zraka 290 K , dok je konačna 340 K . Zanimajte sve gubitke energije.

3. Promotrite sustav sastavljen od tri beskonačno velika toplinska spremnika temperatura $T_1 = 500 \text{ K}$, $T_2 = 250 \text{ K}$ i $T_3 = 200 \text{ K}$ (koje ćemo označiti rednim brojevima u skladu s indeksima temperatura) i tri Carnotova stroja, koja ćemo označiti s A, B i C. Koristeći se tim oznakama možemo objasniti kako su strojevi međusobno spojeni na spremnike:

Stroj A radi kao toplinski stroj te je spojen na prvi i drugi spremnik, primajući 1.5 kJ topline od toplijeg spremnika u svakom svom ciklusu. 50% izlaznog rada tog stroja napušta sustav, čineći jedan od dvaju doprinosa ukupnom radu koji sustav vrši na okolinu, dok se preostalih 50% izlaznog rada stroja A koristi kao ulazni rad za stroj B, koji je konfiguriran kao hladnjak te spojen na drugi i treći spremnik. Stroj B u jednom radnom ciklusu uzima 1.5 kJ topline od trećeg spremnika. Konačno, stroj C toplinski je spojen na drugi i treći spremnik te njegov čitav izlazni rad napušta sustav tvoreći tako drugi doprinos ukupnom radu koji ovaj sustav vrši na okolinu.

Odredite kolika je ukupna izlazna snaga ovog sustava (s obzirom na rad koji ovaj sustav vrši na okolinu, dakle s obzirom na rad koji "napušta" sustav), ako je poznato da je ukupna izmjena topline u drugom spremniku jednaka nuli. Ako bismo sva tri stroja i "međuspremnik" 2 smatrali jednim strojem, odredite njegovu efikasnost. Bi li se takav stroj mogao smatrati Carnotovim strojem? Svakom od strojeva treba isto vrijeme, 2 sekunde, da odradi jedan ciklus.

4. Jednu dvadesetinu volumena zatvorene i izolirane posude volumena 1 m^3 ispunjava krutina posebnog materijala, temperature 190 K , čiji je specifični toplinski kapacitet jednak za njezinu krutu i tekuću fazu te iznosi 1 kJ/kgK . Ostatak volumena ispunjen je sa 100 mola jednoatomnog idealnog plina temperature 500 K . Odredite tlak plina u konačnom stanju, odnosno kada je sva izmjena topline završena.

Specifikacije posebnog materijala su: specifična latentna toplina 150 kJ/kg , gustoća krute faze 60 kg/m^3 , gustoća tekuće faze 20 kg/m^3 , temperatura taljenja 200 K . Pretpostavite da su ove veličine konstante, da idealni plin ne može proći kroz fazni prijelaz te zanemarite toplinsko širenje posude i tvari. Pri računu zanemarite utjecaj promjene gravitacijske potencijalne energije.

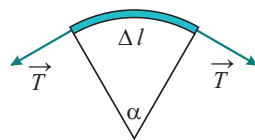
5. Vodoravna ekspanzijska komora parnog stroja na jednom je kraju zatvorena pomičnim klipom površine 5 dm^2 koji po njoj može kliziti bez trenja. U trenutku kada je razmak između klipa i zida komore 8 cm , dodatna se para počinje ubrizgavati u nju tako da para na klip djeluje stalnom silom od 50 kN . Klip se tada udaljava od drugog kraja komore te ukupno izvrši 20 kJ rada. Odredite koliko je molova pare ubrizgano u komoru.

Pretpostavite da je temperatura komore u početku jednaka 120°C te da je do kraja procesa narasla za 20°C . Osim toga, pretpostavite da se para može opisati jednadžbom stanja idealnog plina. Zanimajte utjecaj vanjskog tlaka na klip i komoru.

Fizikalne konstante: ubrzanje sile teže blizu površine Zemlje: $g = 9.81 \text{ m/s}^2$; atmosferski tlak, odnosno tlak koji odgovara jednoj atmosferi: $p_{\text{atm}} = 101\,300 \text{ Pa}$; temperatura apsolutne nule: $T_0 = -273.15^\circ\text{C}$; plinska konstanta: $R = 8.314 \text{ J/Kmol}$.

3. skupina

1. Električni generatori služe proizvodnji električne energije iz mehaničke, a sastoje se od zavojnice uronjene u promjenjivo magnetsko polje. Zavojnica (solenoid) pritom se napeže, zbog čega može doći do pucanja vodiča u njoj. Zavojnica je promjera 20 cm , a sastoji se od jednog sloja čvrsto namotanih bakrenih vodiča (žica) koji se međusobno dodiruju. Vodič zavojnice promjera je 1 mm , a električna otpornost bakra $1.68 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$. Sila napetosti pri kojoj neki materijal puca mjeri se tlačnim naprezanjem, odnosno silom napetosti po jedinici površine poprečnog presjeka pri kojoj će vodič puknuti, a koji za bakar iznosi 200 MPa . Magnetsko polje uvijek je usmjereno paralelno s osi zavojnice, a njegova promjena u vremenu prikazana je na slici desno.

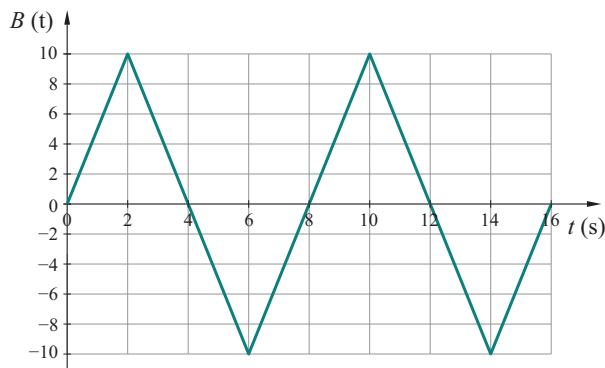


a) Odredite najveću struju u zavojnici koja bi potekla kada bismo krajeve zavojnice kratko spojili.

b) Odredite silu napetosti u bakrenom vodiču zavojnice pod a).

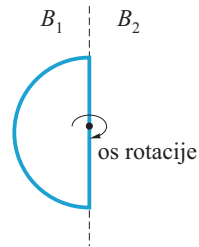
Uputa. Do sile napetosti dolazi zbog djelovanja Lorentzove sile na vodič. Sila napetosti uvijek je paralelna s vodičem. Promotrite djelovanje Lorentzove sile na segment vodiča duljine luka koji razapinje kut α kako biste odredili silu napetosti. Promatrajte napetost za male kutove i male duljine luka te uzmite u obzir da je $\sin \alpha \approx \alpha$ za male kutove α .

c) Odredite najveću silu napetosti u bakrenom vodiču pri kojoj će vodič puknuti. Hoće li pri navedenim uvjetima doći do pucanja vodiča u zavojnici?



Zanimajte sve rubne efekte. Funkcija koja opisuje ovisnost magnetskog polja o vremenu svugdje je glatka. Pretpostavite da se zavojnica nalazi u vakuumu.

2. Polukružna vodljiva petlja okreće se oko osi koja je okomita na površinu petlje tako da opisuje kružnicu polumjera r . Petlja rotira konstantnom brzinom s periodom P . Petlja se nalazi u konstantnom magnetskom polju B_1 okomitom na površinu petlje (lijeva strana), te rotacijom ulazi u magnetsko polje B_2 istog smjera, ali tri puta manje jakosti u odnosu na B_1 (vidi sliku).

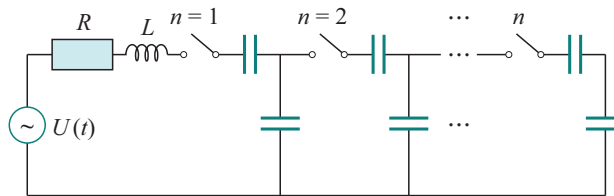


a) Odredite izraz za inducirani elektromotorni napon u petlji u ovisnosti o vremenu, magnetskom polju B_1 , polumjeru r i periodu P .

b) Nacrtajte graf ovisnosti induciranoeg elektromotornog napona o vremenu u intervalu od početka rotacije petlje do povratka u početni položaj (petlja je rotirala puni krug) ako je petlja radijusa 50 cm i rotira s periodom 0.5 s. Magnetsko polje iznosi $B_1 = 2$ T.

3. Serijski krug RLC spojen je na izvor izmjeničnog napona $U(t)$ kako je prikazano na donjoj slici. Svi su kondenzatori istog kapaciteta koji iznosi $50 \mu\text{F}$. Omski otpor iznosi 60Ω , dok je induktivitet zavojnice 330 mH.

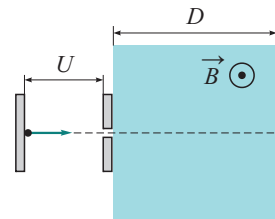
a) U kapacitivnom dijelu kruga spojeni su kondenzatori u nizu s n sklopki kako je prikazano na slici. Usporedite ukupni kapacitet kapacitivnog dijela kruga u slučajevima kada prvo zatvorimo sklopku $n = 1$, zatim i sklopku $n = 2$, pa $n = 3$ i na kraju sklopku $n = 4$. U kojim je slučajevima međusobna razlika kapaciteta manja od 1 %?



b) Za $n = 3$ zatvorenih sklopki, odredite impedanciju cijelog sklopa RLC ako je sklop spojen na izvor izmjeničnog napona frekvencije 100 Hz.

c) Za $n = 3$ zatvorenih sklopki odredite rezonantnu frekvenciju sklopa.

4. Maseni spektrometar jest uređaj koji s pomoću magnetskog polja može razdvojiti čestice u ovisnosti o omjeru njihove mase i naboja. Nabijena se čestica prvo ubrzava iz stanja mirovanja u homogenom električnom polju s razlikom potencijala $U = 1000$ V, nakon čega uleti u prostor u kojemu djeluje magnetsko polje. Magnetsko polje okomito je na upadni smjer brzine čestice te izlazi iz površine papira. Takvo magnetsko polje uzrokuje otklon nabijene čestice. Magnetsko polje naizmjenice se pali i gasi, i to tako da se upali u trenutku ulaska čestice u magnetsko polje. Upaljeno magnetsko polje uvijek je istog iznosa $B = 1$ mT i smjera. Polje je upaljeno $t_0 = 1 \mu\text{s}$, jednako dugo koliko je ugašeno. Česticu možemo detektirati kada udari u fluorescentni zastor postavljen okomito na smjer upadne čestice na udaljenosti $D = 1.5$ m. Odredite mjesto udara protona u zastor u odnosu na mjesto udara kada bi magnetsko polje bilo u potpunosti isključeno.



Upute. Prvo izračunajte položaj protona kada je po prvi put upaljeno magnetsko polje. Ako proton nije udario u zaslon u trenutku kada se polje ugasio, izračunajte položaj protona u intervalu s ugašenim poljem i provjerite je li dosegao zaslon. Ako nije, izračunajte položaj protona u intervalu s ponovno upaljenim poljem, provjerite je li udarilo u zaslon itd., sve dok proton ne dosegne zaslon.

5. Hidrometar je jednostavan uređaj za mjerenje gustoće tekućina. Sastoji se od uske cilindrične cijevi polumjera $r = 4 \text{ mm}$ potpuno ispunjene tekućinom mase $m = 10 \text{ g}$. U ravnotežnom stanju cijev je uronjena u tekućinu i miruje u uspravnom položaju. Dužina cilindrične cijevi od $l = 30 \text{ cm}$ dovoljno je velika da se jedan dio uvijek nalazi ispod, a drugi dio iznad površine tekućine. Ako malo pomaknemo cijev vertikalno prema dolje, njezin će položaj početi oscilirati. Ako ste izmjerili period oscilacija $T = 0.9 \text{ s}$, odredite gustoću tekućine. Zanimajte viskoznost tekućine.

4. skupina

1. Osvjetljavanjem površine nekog metala svjetlošću valne duljine $0.35 \mu\text{m}$, a zatim svjetlošću valne duljine $0.54 \mu\text{m}$, uočeno je da se odgovarajuće maksimalne brzine fotoelektrona razlikuju za faktor dva.

a) Nađite izlazni rad ovog metala.

b) Na koji će se maksimalni električni potencijal nabiti kuglica načinjena od ovog metala, udaljena od svih drugih naboja, kad je obasjamo elektromagnetskim zračenjem valne duljine 140 nm ?

U oba dijela zadatka računajte nerelativistički.

2. Ravna staklena ploča reflektivnosti 0.8 leži na ravnoj horizontalnoj podlozi bez trenja. Kratak svjetlosni puls energije 10 J u obliku uske i kolimirane zrake upada na ploču pod kutom od 30° u odnosu na okomicu na njezinu površinu. Promatrajte ovaj puls kao roj fotona, tj. kuglica koje se lijepe za ploču, odnosno odbijaju od nje.

a) Nađite iznos ukupne količine gibanja koju ploči predaju reflektirani i apsorbirani fotoni. Pretpostavite da će se svi fotoni koji nisu reflektirani apsorbirati.

b) Neka ovaj puls traje 0.13 ms . Koliki tlak okomito na površinu izvrši ako obasjava dio ove staklene ploče površine $100 \mu\text{m}^2$?

3. Spektar zračenja Sunca može se prilično dobro aproksimirati onime crnog tijela čiji je maksimum zračenja na valnoj duljini od 480 nm .

a) Koliku masu Sunce izgubi svake sekunde uslijed zračenja?

b) U kojem vremenu izgubi 1% onoga što tipično uzimamo za masu Sunca, naime $M_S = 1.99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$? Sunce promatrajte kao kuglu radijusa $M_S = 6.96 \cdot 10^8 \text{ m}$.

4. Idealan polarizator stavljen je na put djelomično polarizirane svjetlosti.

a) Ako se polarizator zarotira za 60° u odnosu na orijentaciju koja rezultira maksimalnom transmisijom, intenzitet transmitirane svjetlosti smanji se na trećinu maksimalne vrijednosti. Nađite stupanj polariziranosti upadne svjetlosti. Pod stupnjem polariziranosti misli se na udio intenziteta polarizirane svjetlosti u ukupnom intenzitetu.

b) Neka je polarizator iz prvog dijela zadatka zarotiran za 60° u odnosu na maksimum transmisije. Iza njega dodan je još jedan idealan polarizator, zarotiran za kut od 30° u odnosu na prvi polarizator. Koliki dio upadnog intenziteta svjetlosti iz prvog dijela zadatka prolazi kroz sustav ovih dvaju polarizatora?

5. Koristeći se zakonima očuvanja energije i količine gibanja, pokažite da slobodni elektron ne može u potpunosti apsorbirati (jedan) foton.

Naputak. Pretpostavite suprotno te sudar/apSORpciju promatrajte relativistički!

Neke konstante: $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ (Planckova konstanta); $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ (Stefan-Boltzmannova konstanta); $b = 2.9 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$ (Wienova konstanta); $c = 2.9 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ (brzina svjetlosti u vakuumu); $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ (masa elektrona); $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (elementarni naboj).

Emil Tafra