

**Školsko natjecanje iz fizike, šk. god. 2024./2025.**  
**Srednja škola, 4. skupina**  
(17. 2. 2025.)

**ZADATCI**

**VAŽNO:** Tijekom ispita učenici ne smiju imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule...). Za pisanje treba se koristiti kemijskom olovkom ili nalivperom. Učenici pri ruci ne smiju imati mobitel ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.

Dodatna napomena: Oznaka  $c$  odnosi se na brzinu svjetlosti u vakuumu čak i ako to u zadatku nije izričito navedeno. Za indeks loma zraka uzmite  $n_z = 1$ .

1. (9 bodova) Mioni su nestabilne subatomske čestice koje se raspadaju u elektrone s prosječnim vremenom života od  $2.2 \mu\text{s}$ . a) Recimo da si dva miona u sudarivaču prilaze relativnom brzinom od  $0.89c$ , gdje je  $c$  brzina svjetlosti u vakuumu. Mirujući u laboratorijskom referentnom sustavu, May mjeri da su iznosi brzina ovih dvaju miona međusobno jednaki. Koliki je njihov iznos u laboratorijskom sustavu?

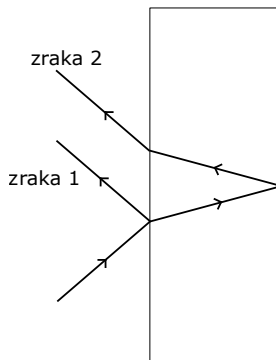
b) Razmotrimo sad samo jedan od miona iz zadatka a). Drugog miona nema, a stoga ni sudara. Koliki je prosječan put koji će ovaj mion prijeći, iz perspektive May, prije raspada?

2. (10 bodova) Pobjeđujući u međuzvezdanoj utrci, Mavis, koja sjedi na prednjem kraju svog svemirskog broda, njime leti kroz ciljnu ravninu brzinom  $0.6c$  u odnosu na tu ravninu. Uzvikuje "Hura!", a odašiljač na stražnjem kraju njezina broda prosljeđuje tu poruku svim ostalim sudionicima i gledateljima (događaj 2) upravo u trenutku (u Mavisinu referentnom sustavu) kad prednji dio broda prelazi ciljnu ravninu (događaj 1). Ona mjeri duljinu broda kao  $300 \text{ m}$ . Stanley stoji u ciljnoj ravnini i miruje s obzirom na ravninu. Iz Stanleyjeve perspektive ova dva događaja nisu istovremena: on je izmjerio da se događaj 2 zbio  $0.75 \mu\text{s}$  prije događaja 1!

a) Na kojoj udaljenosti od ciljne ravnine Stanley mjeri poziciju zadnjeg kraja broda u trenutku događaja 2?

b) Ako je Stanley izmjerio da se događaj 2 zbio prije događaja 1, znači li to da relativnost nekako narušava načelo kauzalnosti, odnosno je li moguće da se posljedica dogodila prije uzroka? Da biste na to odgovorili, odredite koliko je minimalno Mavis morala uraniti s uzvikom u odnosu na prolazak cilja da bi u njezinu sustavu događaji 1 i 2 bili istovremeni. Što zaključujete o kauzalnosti?

3. (12 bodova) Vjerojatno ste mnogo puta vidjeli kako se sloj ulja šareni pod Sunčevom svjetlosti. To je posljedica tzv. interferencije na tankim listićima. Slika prikazuje ovu situaciju. Svjetlost upada na jednu plohu listića i dio se odmah reflektira (ovaj je slučaj predstavljen zrakom 1), dok drugi dio (zraka 2) prolazi u listić, reflektira se na nasuprotnoj plohi i u konačnici se vraća natrag, paralelno sa zrakom 1. Ove se dvije zrake u našem oku fokusiraju i interferiraju konstruktivno ili destruktivno, ovisno o razlici njihovih optičkih puteva.



a) Neka  $u$  označava upadni kut zraka na prvu plohu listića,  $l$  lomljeni kut u listiću,  $d$  njegovu debljinu, a  $n$  njegov indeks loma. Pretpostavite da se listić nalazi u zraku. Koristeći se zakonima refleksije i loma te trigonometrijskim identitetima, izrazite razliku optičkih puteva zraka 1 i 2 preko  $u$ ,  $d$  i  $n$ . Pritom vodite računa da pri refleksiji na prijelazu iz optički rjeđeg u optički gušće sredstvo dolazi do faznog pomaka koji rezultira povećanjem optičkog puta od  $\lambda/2$ , gdje je  $\lambda$  valna duljina svjetlosti. Zanimarite činjenicu da se valna duljina mijenja pri prelasku iz jednog sredstva u drugo.

b) Razliku optičkih puteva iz zadatka a) usporedite s uvjetom za konstruktivnu interferenciju. Neka je debljina tankog sloja (odnosno listića) jednaka  $d = 10 \mu\text{m}$ , a svjetlost koja nam upada u oči na taj sloj upada pod kutom  $u = 45^\circ$ . Hoće li nam se sloj ulja činiti više plavim ili crvenim? Indeksi loma ulja za plavu i crvenu svjetlost su  $n_P = 1.477$  i  $n_C = 1.463$ , a za valne duljine uzmite  $480 \text{ nm}$  i  $665 \text{ nm}$ .

4. (8 bodova) Dječak visine  $1.5 \text{ m}$  stoji uz sam rub bazena savršeno ravnog dna koji je napunjen do samog vrha. Budući da nosi naočale s polaroidom, dječak primjećuje kako je svjetlost reflektirana od površine vode linearno polarizirana. Na dnu bazena njegova sjena završava na udaljenosti od  $3 \text{ m}$  od ruba uz koji stoji. a) Kolika je dubina bazena ako znamo da je indeks loma vode jednak  $1.33$ ? b) Pod kojim kutom, mjereno od okomice na površinu bazena, putuje svjetlost koja dječaku upada u oči? Zanimarite visinu dječakova čela.

5. (11 bodova) a) Za koju je konačnu vrijednost brzine omjer relativističke i nerelativističke kinetičke energije jednak  $1.05$ ? b) Kolika je razlika relativističke i nerelativističke količine gibanja (s obzirom na nerelativističku vrijednost) za satelit koji se nalazi blizu površine Marsa i jednoliko kruži oko njega? Za radijus Marsa uzmite  $R_m = 3390 \text{ km}$ , a za njegovu masu  $M_m = 6.39 \times 10^{23} \text{ kg}$ . Gravitacijska je konstanta  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ .