

# DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

Brodarica, 25.-28. travnja 2016.

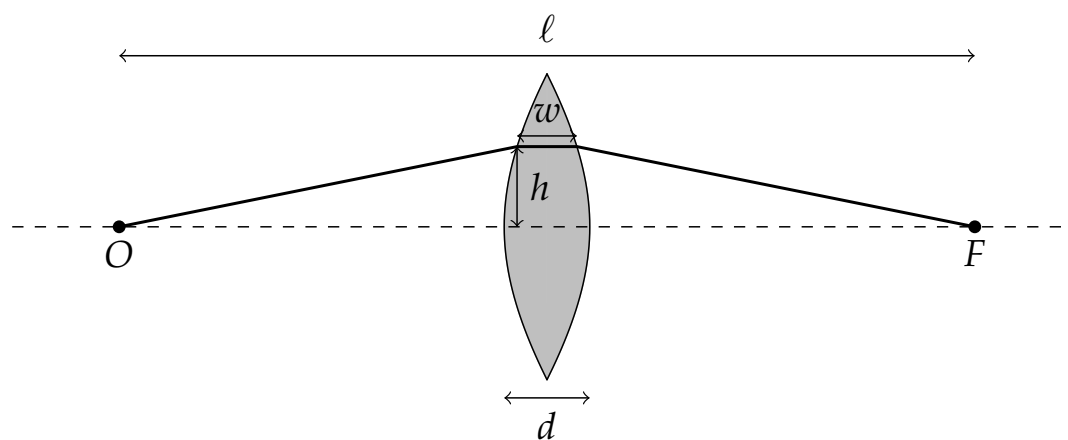
Srednje škole - 4. skupina

1. Kao rezultat testiranja nuklearnog oružja sredinom prošlog stoljeća, u atmosferi su stvorene znatne količine radioaktivnog izotopa vodika—tricija. Jezgra tricija, triton, sastoji se od jednog protona i dva neutrona te se standardno označava  ${}^3_1\text{H}$ . Triton je nestabilna jezgra s vremenom poluraspada od 12.3 godine. Atomi tricija u atmosferi se brzo vežu u molekule vode i, nošeni kišom, završe u oceanu. Tamo dolazi do radioaktivnog raspada u kojem se triton  ${}^3_1\text{H}$  raspada na stabilnu jezgru helija  ${}^3_2\text{He}$  koju u normalnim okolnostima, kao niti triton, ne nalazimo u oceanu. Stoga je, mjerenjem relativnih udjela izotopa helija  ${}^3_2\text{He}$  i tricija  ${}^3_1\text{H}$  u uzorku morske vode, moguće odrediti koliko se dugo radioaktivan tricij nalazi u oceanu.

- Kojeg je tipa raspad  ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He}$ ? Nastaju li još neke čestice u tom raspadu? Ako da, koje?
- Mjerenja na uzorku morske vode iz 1952. godine su pokazala da je omjer izotopa helija naspram tricija 0.483 : 1. Ako sav tricij u oceanu pripišemo eksploziji jedne atomske bombe, koje je godine ta bomba eksplodirala?
- Druga je atomska bomba na istom mjestu eksplodirala 1955. godine, a mjerenja uzorka morske vode iz 1956. godine pokazuju da je omjer izotopa helija naspram tricija tada bio 0.158 : 1. Pod pretpostavkom da je jačina atomske bombe proporcionalna količini stvorenog tricija u trenutku eksplozije, odredite koja je od atomskih bombi, prva ili druga, bila snažnija. Koliko puta?

[17 BODOVA]

2. Točkasti izvor svjetlosti se nalazi u točki  $O$ , a vi želite konstruirati leću koja bi svjetlost fokusirala u točku  $F$ , na udaljenosti  $\ell = 1\text{ m}$  od izvora. U tu ćete svrhu koristiti komad stakla debljine  $d = 2\text{ cm}$  i indeksa loma  $n = 1.62$ . Zbog jednostavnosti, napraviti ćete simetričnu bikonveksnu leću i postaviti je točno između točaka  $O$  i  $F$ , kao na donjoj slici.



- Prema Fermatovom principu, da bi se zrake svjetlosti, koje su istovremeno krenule iz točke  $O$ , fokusirale u točki  $F$ , one moraju tamo stići istovremeno. Koliko je vremena potrebno svjetlosti da dođe iz točke  $O$  do točke  $F$ , ako prolaze kroz gore spomenutu leću?
- Zbog simetrične konstrukcije, svjetlost se unutar leće giba paralelno optičkoj osi. Koristeći tu činjenicu, kao i Fermatov princip, odredite kako debljina leće  $w$  mora ovisiti o visini  $h$  tako da leća ima tražena svojstva.
- Jednom kad ste izbrusili leću da bude traženog oblika, koliko je ta leća velika? To jest, gledano iz smjera optičke osi, koliki je njen polumjer  $R$ ?
- Ukoliko izvor emitira svjetlost u svim smjerovima, koliki je udio emitirane svjetlosti fokusiran u točki  $F$ ?

[19 BODOVA]

# DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

Brodarica, 25.-28. travnja 2016.

3. Uzorak idealnog crnog tijela temperature  $T = 1000\text{ K}$  stavi se u laboratorijsku centrifugu kraka  $r = 1\text{ m}$  i zavrti do kutne brzine  $\omega$ . U središtu centrifuge, na samoj osi rotacije, nalazi se optički spektrometar pomoću kojeg se mjeri temperatura uzorka u gibanju.

- Hoće li izmjerena temperatura biti veća ili manja od stvarne temperature uzorka?
- Pri kojoj će se kutnoj brzini  $\omega$  izmjerena temperatura razlikovati za  $\Delta T = 1\text{ K}$  od stvarne?

[14 BODOVA]

4. Je li foton stabilna čestica? Ovaj će nam zadatak dati odgovor na to pitanje. Pretpostavite da se foton energije  $E_\gamma$  giba u vakuumu i, u nekom trenu, spontano raspadne. Budući da je foton nositelj elektromagnetske interakcije, za očekivati je da su produkti raspada fotona neke nabijene čestice. Najlakše nabijene čestice su elektron i njegova antičestica, pozitron. Zbog zakona očuvanja naboja, među produktima raspada mora biti isti broj čestica i antičestica. Uzmimo, stoga, da se foton spontano raspada na elektron-pozitron par:  $\gamma \rightarrow e^+ e^-$ .

- Napišite zakone očuvanja energije i količine gibanja za gornji raspad, te iz njih odredite izraze za kutove raspršenja elektrona i pozitrona u odnosu na smjer upadnog fotona. Pokažite da se kut raspršenja  $e^\pm$  može izraziti samo kao funkcija količina gibanja  $e^\pm$  i njegove mase. Što nam dobiveni rezultati govore o spontanom raspadu fotona?

Promotrimo sad drugu mogućnost raspada fotona. Foton upada upada u mirujuć olovni blok i sudari se s jezgrom olova  $N^1$  uslijed čega dolazi do raspada  $\gamma N \rightarrow Ne^+ e^-$ . Dakle, u sudaru se foton raspadne na elektron-pozitron par, a jezgra se odbije, bez raspada. Ovaj se proces naziva *dezintegracija fotona u materijalu*.

- Odredite kojom minimalnom energijom  $E_\gamma$  (u MeV-ima) foton mora udariti u mirujuću jezgru olova da dođe do raspada. Masa jezgre olova je  $M = 207.2u$ .

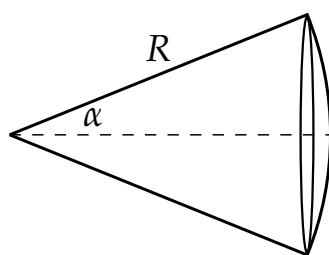
Prilikom računa koristite relativističke izraze za energiju i količinu gibanja te zanemarite elektrostatsko privlačenje/odbijanje među nabijenim česticama.

[20 BODOVA]

Vrijednosti fizikalnih konstanti:

- brzina svjetlosti:  $c = 3.00 \times 10^8\text{ m/s}$ ;
- elementarni naboj:  $e = 1.60 \times 10^{-19}\text{ C}$ ;
- masa elektrona:  $m = 9.11 \times 10^{-31}\text{ kg}$ ;
- unificirana atomska jedinica mase:  $u = 1.66 \times 10^{-27}\text{ kg}$ .

Formula za oplošje kugline kape polumjera  $R$  i polukuta  $\alpha$ :  $2\pi R^2(1 - \cos \alpha)$ .



<sup>1</sup>Nucleus = jezgra.