

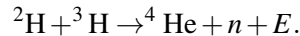


68. ДРЖАВЕН НАТПРЕВАР ПО ФИЗИКА

25 април 2026

III година

Задача 1. ITER е експериментален термонуклеарен реактор чија цел е да покаже дека нуклеарната фузија може да произведува чиста енергија. Во термонуклеарниот реактор ITER, како гориво се користи реакцијата на фузија на деутериум и трициум:



Во реакторот со волумен $V = 840 \text{ m}^3$, се случуваат $N = 2,11 \cdot 10^{17}$ реакции на фузија секоја секунда на единица волумен.

а) Колкава енергија E се ослободува при една реакција?

б) Да се определи моќноста (изразена во W) на реакторот.

Масите на честичките се: $m_p = 938,27 \text{ MeV}/c^2$, $m_n = 939,57 \text{ MeV}/c^2$, $m({}^2\text{H}) \approx 1875,6 \text{ MeV}/c^2$, $m({}^3\text{H}) \approx 2808,9 \text{ MeV}/c^2$, $m({}^4\text{He}) \approx 3727,4 \text{ MeV}/c^2$. Елементарниот електричен полнеж е еднаков на $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Задача 2. Позитрониум е "егзотичен" атом, којшто е составен од електрон и позитрон (античестичка на електронот), коишто орбитираат еден околу друг, слично како електронот околу протонот во водородниот атом. Позитронот има еднаква маса и ист по апсолутна вредност полнеж како и електронот, но е позитивно наелектризиран.

Користејќи го Боровиот модел на атомот, да се пресмета:

а) Енергијата на основното и првите две возбудени нивоа на ваквиот атом;

б) Да се нацрта енергетски дијаграм, во којшто ќе се подредат енергиите на првите три нивоа ($n = 1, n = 2, n = 3$) на позитрониумот и да се означат премините помеѓу соодветните нивоа каде што се емитува фотон, како и вредностите на брановите должини на соодветните премини.

Енергијата на n -тото ниво, според Боровиот модел, е дадена со $E_n = -\frac{\mu k^2 e^4}{2\hbar^2 n^2}$, каде $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ е редуцираната маса на системот од двете честички во атомот.

Масата и полнежот на електронот се соодветно: $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ и $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Редуцираната Планкова константа е $\hbar = 1,055 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$. Кулоновата константа изнесува $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,988 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$. Производот на Планковата константа и брзината на светлината е $hc = 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}$.

Задача 3. Извор S на монохроматска светлина со бранова должина λ и детектор D се наоѓаат во вакуум на висина h над хоризонтална стаклена плоча и се оддалечени меѓусебно на хоризонтално растојание x . Брановите, што стигнуваат до детекторот D директно од изворот S , интерферираат со брановите, коишто прво се одбиваат од стаклото, а потоа стигнуваат до детекторот.

а) Која релација треба да ја задоволуваат растојанијата x и h за да се набљудува конструктивна/деструктивна интерференција?

б) Нека $h = 24 \text{ cm}$ и $x = 14 \text{ cm}$. Која е најголемата бранова должина за којашто ќе се појави конструктивна интерференција?

Задача 4. Мила има задача да анализира непознат извор на светлина во лабораторијата по оптика, со помош на поларизација. Таа го мери интензитетот на светлината, при што го менува аголот на анализаторот, θ , од 0 до 180° и забележува дека при ниту една вредност на аголот, интензитетот на светлината не исчезнува целосно. Како добар физичар, таа точно заклучува дека светлината се состои од дел линеарно поларизирана, како и дел неполаризирана светлина. Извршените мерења на вкупниот интензитет, кој е збир на интензитетите на поларизираната и неполаризираната светлина, Мила ги запишува во следната табела:

Агол θ ($^\circ$)	25	55	85	115	145	175
Интензитет I (W)	7,2	4,5	3	3,9	6,3	7,9

Анализаторот е калибриран така што за агол $\theta = 0^\circ$, се добива максимален интензитет. Користејќи ги податоците од табелата, да се определат поединечните интензитети на упадната неполаризирана и упадната поларизирана светлина.

Задача 5. Соларна печка користи големо вдлабнато сферно огледало за да ја концентрира сончевата светлина и да постигне високи температури за топење метали. Огледалото има радиус на закривеност $R = 4$ m и дијаметар на огледалната површина еднаков на $D = 3$ m. Дијаметарот на Сонцето, гледан од Земјата, зафаќа агол $\alpha = 0,53^\circ$.

Бидејќи Сонцето не е точкест извор, туку зафаќа конечен агол, неговиот лик во фокалната рамнина претставува мал круг наместо точка.

а) Да се определи дијаметарот d на ликот на Сонцето, формиран од огледалото.

Вкупниот интензитет на сончевото зрачење на Земјината површина изнесува $I_0 = 1000$ W/m².

б) Да се определи рамнотежната температура T на тело во форма на тенок диск, коешто е поставено во фокалната рамнина на вдлабнатото огледало, ако тоа зрачи од двете основи. Основата на дискот има иста површина како и ликот на Сонцето формиран од огледалото.

Сонцето лежи на оптичката оска на огледалото и се наоѓа на многу големо растојание од Земјата. Телото може да се разгледува како апсолутно црно тело. За мали агли α важи $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha \approx \alpha$. Штефан–Болцмановата константа изнесува $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ W · m⁻² · K⁻⁴.