



Problema I (10 puncte)

Despre radioactivitate

Această problemă îți propune să analizezi câteva fenomene din fizica nucleară, să estimezi valoarea energiei eliberate la explozia unei bombe atomice și să determini unele mărimi caracteristice dezintegrărilor radioactive.

Sarcina de lucru nr. 1 - Estimarea realizată de Sir Geoffrey I. Taylor

Pe la jumătatea secolului al XX-lea, valoarea energiei eliberate la explozia unei bombe atomice era o informație clasificată. Utilizând analiza dimensională și imagini filmate în 1945 la detonarea primei bombe atomice în aer, imagini care au devenit publice în anul 1947, fizicianul englez Geoffrey I. Taylor a estimat valoarea energiei eliberate în urma exploziei. În anul 1950, Taylor a publicat două articole^{1 2} în care a prezentat rezultatele acestei estimări.

Geoffrey I. Taylor a presupus că raza R a norului radioactiv, apărut ca urmare a detonării unei bombe atomice în aer, depinde numai de intervalul de timp t scurs din momentul exploziei, de energia eliberată E și de densitatea ρ a aerului din jurul norului radioactiv.

1.a.	Utilizând informațiile de mai sus și analiza dimensională, dedu dependența razei R a norului radioactiv de energia eliberată E , de intervalul de timp t și de densitatea ρ a aerului înconjurător.	(0,5p)
-------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

Figura 1 prezintă o succesiune de imagini ale norului radioactiv apărut în urma exploziei unei bombe atomice, în anul 1953.

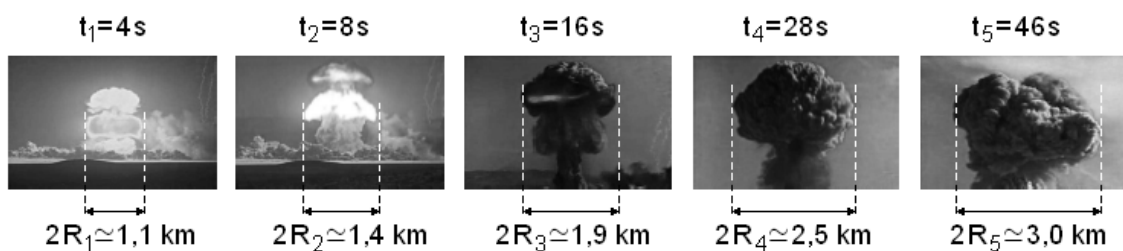


Figura 1

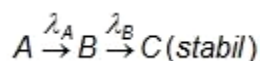
1.b.	Estimează valoarea energiei eliberate în explozia unei bombe atomice în anul 1953, utilizând datele indicate în imaginile din figura 1. Densitatea aerului din jurul norului radioactiv are valoarea de $1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, iar coeficientul adimensional este $C \cong 1$.	(1,0p)
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

¹ Taylor, Sir G. (1950). "The Formation of a Blast Wave by a Very Intense Explosion. I. Theoretical Discussion". *Proceedings of the Royal Society A* **201** (1065): 159–174

² Taylor, Sir G. (1950). "The Formation of a Blast Wave by a Very Intense Explosion. II. The Atomic Explosion of 1945". *Proceedings of the Royal Society A* **201** (1065): 175–186

Sarcina de lucru nr. 2 - Studiul a două transmutatii nucleare succesive

Această sarcină de lucru îți propune un studiu referitor la două transmutații nucleare succesive. Pentru rezolvarea cerințelor, consideră o specie nucleară A , care se dezintegrează formând nuclee radioactive de tip B . Constanta de dezintegrare radioactivă a nucleelor de tip A este λ_A . La rândul lor, nucleele de tip B se dezintegrează generând nuclee stabile de tip C . Constanta de dezintegrare radioactivă a nucleelor de tip B este λ_B .

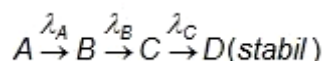


La momentul inițial de timp ($t_0 = 0$), numărul de nuclee de tip A este $N_A(0) = N_0$, iar numerele de nuclee de tip B și C sunt $N_B(0) = 0$ și $N_C(0) = 0$.

2.a.	Scrisse legea de variație în timp $N_A = N_A(t)$ a numărului de nuclee de tip A .	(0,5p)
2.b.	Determină expresia pentru legea de variație în timp $N_B = N_B(t)$ a numărului de nuclee de tip B .	(1,0p)
2.c.	Dedu expresia momentului de timp la care numărul de nuclee de tip B este maxim.	(0,5p)
2.d.	Determină expresia pentru legea de variație în timp $N_C = N_C(t)$ a numărului de nuclee de tip C .	(1,0p)

Sarcina de lucru nr. 3 - Studiul a trei transmutatii nucleare succesive

În cadrul sarcinii de lucru nr. 3 vei analiza cazul a trei transmutații nucleare succesive, ce se desfășoară conform schemei

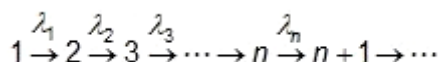


și apoi vei generaliza rezultatul pentru n astfel de transmutații nucleare.

Consideră cunoscute constantele de dezintegrare radioactivă λ_A , λ_B și λ_C . La momentul inițial de timp ($t_0 = 0$), numărul de nuclee de tip A este $N_A(0) = N_0$, iar numerele de nuclee de tip B și C sunt $N_B(0) = 0$ și $N_C(0) = 0$.

3.a.	Dedu expresia legii de variație în timp $\Lambda_C = \Lambda_C(t)$ a activității speciei nucleare C , menționate în cadrul acestei sarcini de lucru.	(1,0p)
-------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

Expresia obținută în cadrul sarcinii de lucru 3.a. se poate generaliza pentru o serie de transmutații nucleare descrise cu ajutorul schemei

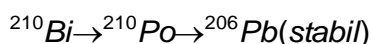


Consideră cunoscute constantele de dezintegrare radioactivă λ_i , unde $i = \overline{1, n}$ precum și condițiile inițiale $N_1(0) = N_0$ și $N_j(0) = 0$, pentru $j = \overline{2, n}$

3.b.	Scrie expresia legii de variație în timp $\Lambda_n = \Lambda_n(t)$ a activității celui de-al n -lea produs radioactiv din seria menționată mai sus.	(0,5p)
-------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

Sarcina de lucru nr. 4 - Activitatea unui preparat radioactiv

În cadrul acestei sarcini de lucru vei determina activitățile generate de o probă radioactivă, care în momentul preparării conținea numai nuclee de ^{210}Bi . Cunoști că radionuclidul ^{210}Bi se dezintegrează conform schemei



Constantele de dezintegrare radioactivă pentru ^{210}Bi și pentru ^{210}Po sunt $\lambda_{\text{Bi}} = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ și $\lambda_{\text{Po}} = 5,8 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$, iar numărul lui Avogadro are valoarea $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

4.a.	Determină valorile activităților Λ_α și Λ_β pentru un preparat de ^{210}Bi , după 20 de zile de la prepararea acestuia, știind că masa inițială a preparatului a fost de 2 mg.	(1,0p)
-------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

Sarcina de lucru nr. 5 – Sursă continând două materiale radioactive diferite

În cadrul sarcinii de lucru nr. 5, vei analiza o sursă radioactivă, formată din două materiale radioactive diferite. Fiecare dintre cele două materiale radioactive sunt alcătuite din nuclee care pot suferi doar câte un singur proces de dezintegrare radioactivă. În urma acestor procese, nucleele rezultate sunt stabile.

Măsurările efectuate într-un laborator specializat în fizica nucleară, au permis stabilirea dependențe de timp a logaritmului natural al activității sursei formată din două materiale radioactive diferite, conform datelor din tabelul 1. Ai în vedere că în tabelul 1, timpul este exprimat în ore.

Tabelul 1

$t \text{ (h)}$	0	1	2	3	5	7	10	14	20
$\ln \Lambda$	4,10	3,60	3,10	2,60	2,06	1,82	1,60	1,32	0,90

Pentru sarcina de lucru nr. 5, exprimă toate rezultatele folosind numere cu trei cifre semnificative.

5.a.	Dedu valorile timpilor de înjumătățire pentru fiecare dintre cele două materiale radioactive din componența sursei analizate.	(2,5p)
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

5.b.	Determină valoarea raportului numerelor de nuclee radioactive existente în fiecare dintre cele două materiale, la momentul de timp $t = 0$.	(0,5p)
-------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

© Subiect propus de:

Delia DAVIDESCU, PhD

Adrian DAFINEI, PhD



eFizică!
30 Mai 2021

Foaie de Răspunsuri

Problema I

Despre radioactivitate

1.a.	$R =$	0,5p
1.b.	$E =$	1,0p
2.a.	$N_A(t) =$	0,5p
2.b.	$N_B(t) =$	1,0p
2.c.	$t _{N_B \max} =$	0,5p
2.d.	$N_C(t) =$	1,0p
3.a.	$\Lambda_c(t) =$	1,0p
3.b.	$\Lambda_n(t) =$	0,5p
4.a.	$\Lambda_\alpha =$ $\Lambda_\beta =$	1,0p
5.a.	$T_1 =$ $T_2 =$	2,5p
5.b.	$\frac{N_{01}}{N_{02}} =$	0,5p
Total		10p