



Olimpiada de Fizică - Etapa națională
1 – 6 aprilie 2012
Ilfov

Baraj

Problema I (10 puncte)

A. Alunecări...

Un corp punctiform de masă m se află în repaus în vârful unei emisfere de masă M , (vezi figura 1). Printr-un mic impuls, corpul începe să alunece, fără frecare, pe emisferă. La un unghi θ , măsurat față de verticala care trece prin centrul emisferei, corpul se desprinde de emisferă. Consideră că emisfera se poate deplasa orizontal fără frecare și că se află inițial în repaus.

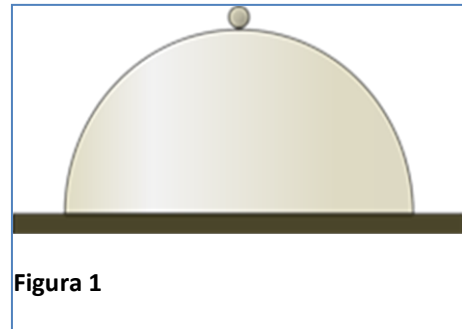


Figura 1

- Scrie ecuația care permite calcularea unghiului θ .
- Calculează unghiul θ dacă $M = m$.
- Particularizează rezultatul pentru cazul în care emisfera este fixă.

B. Mingi mari, mingi mici...

a) O minge de baschet, cu raza R și masa M , se află în repaus la înălțimea h față de sol. Pe ea stă o minge mică de tenis de masă, cu masa m . Se lasă liber cele două mingi. La ce înălțime maximă urcă mingea mică după ciocniri? Consideră ciocnirile perfect elastice și că $m \ll M$.

b) Consideră acum n mingi M_1, M_2, \dots, M_n , având masele m_1, m_2, \dots, m_n (cu $m_1 \gg m_2 \gg \dots \gg m_n$) așezate ca în figura 2. Mingile sunt lăsate liber. Determină, în funcție de n , înălțimea maximă atinsă de mingea n .

c) Dacă $h = 1$ m, care este numărul minim de mingi astfel încât mingea superioară să ajungă la cel puțin 1 km?

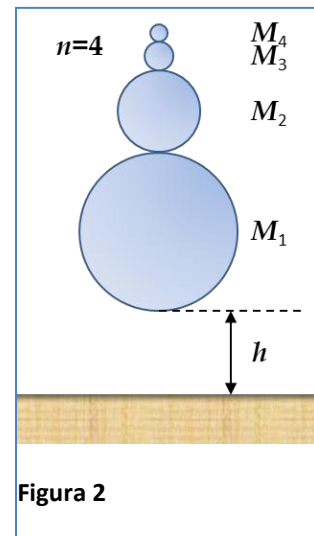


Figura 2

Problemă propusă de prof.dr. Constantin COREGA, CNER, Cluj-Napoca



Olimpiada de Fizică - Etapa națională
1 – 6 aprilie 2012
Ilfov



Problema a II - a (10 puncte)

A. Oscilații în electrostatică

O bilă mică, având masa m , încărcată cu sarcina electrică q , este prinsă de un perete izolator printr-un fir ideal, izolator, cu lungime L . O sferă metalică având raza R , legată la Pământ, are centrul fixat pe dreapta suport a firului. Distanța dintre bilă și centrul sferei este d , astfel încât $d > R$. Bila interacționează numai cu sfera. Se neglijează orice interacțiuni dintre sferă și bilă cu excepția interacțiunii electrostatice. Consideră că raza bilei este neglijabil de mică prin comparație cu raza sferei și că sistemul este plasat în vid.

Sarcina de lucru nr.1

- 1.a. Dedu expresia sarcinii electrice induse pe sferă de bila încărcată electric.
- 1.b. Determină expresia modului forței de interacțiune dintre bilă și sarcina indusă pe sferă.

Sarcina de lucru nr.2

Firul rămâne întins, dar este înclinat cu unghiul α față de poziția inițială. Pentru noua situație, distanța dintre perete și centrul sferei este $\ell > L + R$.

- 2.a. Determină expresia proiecției forței de interacțiune dintre bilă și sferă pe direcția inițială a firului.
- 2.b. Dedu expresia pulsației micilor oscilații ale bilei.

B. Atomul de beriliu

În 1906 J.J. Thomson a propus un model conform căruia atomul este alcătuit din particule cu sarcină negativă, electronii, dispuși în interiorul unei sfere încărcate uniform cu o sarcină pozitivă. Modelul este denumit "cozonacul cu stafide", datorită asemănării dintre dispunerea particulelor negative în norul de sarcină pozitivă și dispunerea stafidelor în aluat. Modelul, în care – la echilibru – sarcinile electrice sunt nemișcate, este acceptabil din punct de vedere electrostatic, dar a fost părăsit datorită incapacității sale de a explica împrăștierea particulelor α în foițe metalice și emisia radiației electromagnetice din atomul excitat.

În modelul Thomson atomul de beriliu este o sferă încărcată electric cu sarcină pozitivă $4e$ distribuită uniform. În această sferă sunt localizați patru electroni punctiformi având fiecare sarcina electrică $-e$.

Sarcina de lucru nr.1

- 1.a. Determină expresia modului intensității câmpului electric al sarcinii electrice pozitive distribuite uniform ca funcție de distanța r față de centrul sferei. Presupune cunoscute e (modulul sarcinii electronului), a (raza sferei) și ϵ_0 (permitivitatea dielectrică a vidului).

- ✍ Proba de baraj pentru selecția lotului olimpic lărgit de fizică conține cinci probleme.
- ✍ Durata probei este de cinci ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
- ✍ Fiecare problemă se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- ✍ Elevii pot utiliza calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- ✍ Pentru fiecare problemă evaluarea se face ținându-se cont atât de soluția redactată de elevul competitor, cât și de rezultatele pe care acesta le completează în Foaia de răspunsuri.
- ✍ Fiecare problemă se punctează de la 10 la 0 (nu se acordă punct din oficiu).
- ✍ Punctajul final reprezintă suma punctajelor acordate pentru fiecare dintre cele cinci probleme.








1.b. Stabilește toate configurațiile posibile ale electronilor în interiorul sferei încărcate uniform cu sarcină pozitivă și desenează schițe ale tuturor configurațiilor pe care le-ai stabilit.

1.c. Determină expresiile lungimilor laturilor ca funcție de a și mărimile unghiurilor, pentru una dintre configurațiile plane posibile.

Subiect propus de:

Prof. univ. dr. Ștefan ANTOHE - Facultatea de Fizică – Universitatea București

Conf. univ. dr. Adrian DAFINEI - Facultatea de Fizică – Universitatea București

-  Proba de baraj pentru selecția lotului olimpic lărgit de fizică conține cinci probleme.
-  Durata probei este de cinci ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
-  Fiecare problemă se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
-  Elevii pot utiliza calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
-  Pentru fiecare problemă evaluarea se face ținându-se cont atât de soluția redactată de elevul competitor, cât și de rezultatele pe care acesta le completează în Foaia de răspunsuri.
-  Fiecare problemă se punctează de la 10 la 0 (nu se acordă punct din oficiu).
-  Punctajul final reprezintă suma punctajelor acordate pentru fiecare dintre cele cinci probleme.



Olimpiada de Fizică - Etapa națională
1 – 6 aprilie 2012
Ilfov



FOAIE DE RĂSPUNSURI

Problema a II - a (10 puncte)

A. Oscilații în electrostatică

Sarcina de lucru nr.1

1.a. Expresia sarcinii electrice induse pe sferă de bilă încărcată electric

3,00p

1.b. Expresia modulului forței de interacțiune dintre bilă și sarcina indusă pe sferă

0,70p

Sarcina de lucru nr.2

2.a. Expresia proiecției forței de interacțiune dintre bilă și sferă pe direcția inițială a firului

1,60p

2.b. Expresia pulsației micilor oscilații ale bilei

1,70p

B. Atomul de beriliu

Sarcina de lucru nr.1

1.a. Expresia modului intensității câmpului electric al sarcinii electrice pozitive distribuite uniform ca funcție de distanța r față de centrul sferei.

1,00p

1.b. Schițe ale tuturor configurațiilor posibile ale electronilor în interiorul sferei încărcate uniform cu sarcină pozitivă

1,00p

1.c. Expresiile lungimilor laturilor ca funcție de a și mărimile unghiurilor pentru una dintre configurațiile plane posibile

1,00p



Olimpiada de Fizică - Etapa națională
1 – 6 aprilie 2012
Ilfov

Baraj

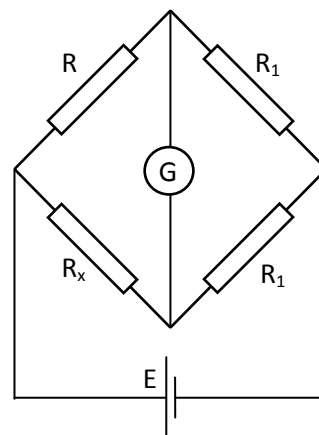
Problema a III-a (10 puncte)

O bandă din platină, practic unidimensională (având lungimea $L=100\text{cm}$, lățimea $l=2,00\text{mm}$ și grosimea $h=0,05\text{mm}$) este complet înnegrită și plasată în vid. Temperatura exterioară este $t_0=0^\circ\text{C}$, iar constanta lui Stefan este $\sigma=5,67\cdot 10^{-8}\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$.

- A. Prin bandă trece un curent electric. Se constată că între tensiunea u la capetele ei și intensitatea i a curentului electric există relația $u=Ci^\beta+Di^\delta$, unde C , D , β , δ sunt constante distincte. Să se determine expresiile și valorile numerice ale acestor constante
- la temperaturi ale benzii mult superioare celei exterioare;
 - la temperaturi ale benzii apropiate de cea exterioară.

Se cunoaște rezistivitatea platinei la temperatura exterioară $\rho_0=9,78\cdot 10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$ și că variația ei relativă este de $1/273$, pentru o creștere a temperaturii benzii cu 1°C . În plus, se neglijează dilatarea termică a benzii (până la 1000°C variația relativă a lungimii ei este sub 1%).

- B. Banda de Pt se folosește drept rezistența R din puntea Wheatstone alăturată. Rezistențele $R_1=1\Omega$ și R_x - variabilă, nu depind de temperatură. Bateria are $E=500\text{mV}$, iar rezistența ei internă, ca și cea a firelor de legătură, este nulă. Ce valoare trebuie să aibă rezistența R_x pentru a echilibra puntea și care este temperatura benzii în acest caz? Pentru a simplifica calculele, se va considera creșterea de temperatură a benzii foarte mică.
- C. O față a benzii de Pt, montată în puntea Wheatstone, este expusă radiației solare. După atingerea stării staționare se constată că pentru echilibrarea punții $R_x=1,04\Omega$. Să se calculeze intensitatea radiației solare.
- D. Se fixează valoarea rezistenței R_x la valoarea $1,10\Omega$ și se expune acțiunii radiației solare o față a benzii. Să se arate că echilibrul punții se poate stabili prin modificarea t.e.m. a unei surse de tensiune reglabilă și să se determine valoarea corespunzătoare a t.e.m., dacă intensitatea radiației solare este cea găsită la punctul C.



Observație: O ecuație algebrică neliniară sau transcendentă se poate rezolva prin metoda aproximațiilor succesive, scriind-o adecvat sub forma $f(x)=g(x)$, unde $f(x)$ se alege ca o funcție liniară. Pentru a găsi punctul de intersecție al graficelor celor două funcții, adică soluția ecuației, se pornește cu o valoare particulară x_0 și se calculează funcția neliniară $g(x_0)$. Apoi se rezolvă, pe rând, ecuațiile $f(x_1)=g(x_0)$, $f(x_2)=g(x_1)$ etc., până când $x_n=x_{n-1}$, cu același număr de cifre semnificative. În acest caz se spune că s-a realizat convergența, iar x_n astfel găsit reprezintă soluția ecuației inițiale.

Problemă propusă de
Conf. univ. dr. Sebastian POPESCU - Facultatea de Fizică, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași



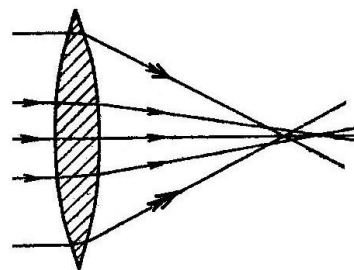
Olimpiada de Fizică - Etapa națională
1 – 6 aprilie 2012
Ilfov

Baraj

Problema a IV-a (10 puncte)

Dioptri și lentile fără aberație de sfericitate

Să considerăm un fascicul luminos cu simetrie cilindrică (axială), format din raze monocromatice paralele, perfect omogen în planul secțiunii transversale prin fascicul. Se știe că dacă în drumul fasciculului, în direcție perpendiculară pe el, intercalăm o lentilă convergentă cu suprafețe sferice, razele fasciculului se strâng într-un punct de pe axul optic principal, numit **focar principal**. Această afirmație este însă adevărată numai dacă fasciculul luminos este destul de subțire (conține doar câteva raze vecine axului optic principal, cu care ele sunt paralele). Altfel spus, pentru ca focarul să fie un punct unic este necesar ca lărgimea fasciculului incident să fie foarte mică în comparație cu razele de curbură ale fețelor (dioptrilor) lentilei. Pentru fascicule largi, razele marginale nu intersectează axul optic principal în focarul razelor paraxiale, ci înaintea sa (vezi figura alăturată). Se spune că lentila posedă **aberație de sfericitate**. O sarcină importantă a celor ce produc componente optice este și aceea de a proiecta și de a realiza astfel de lentile lipsite de aberații de sfericitate.



- Ce formă trebuie să aibă suprafața unui dioptru, cu simetrie axială (de rotație), ce delimitează două medii omogene cu indici de refracție 1 și n , pentru ca un fascicul luminos, paralel, ce vine din vid, de la $-\infty$, în lungul axei, și pătrunde în mediul cu indicele de refracție $n > 1$, să se strângă **într-un singur punct (focar principal al dioptrului)** după refracția în punctele respectivei suprafețe? Discuție.
- Cum ar trebui aleasă forma celeilalte suprafețe ce delimitează o lentilă pentru ca ea să nu aibă **aberație de sfericitate** și, astfel, toate razele unui fascicul paralel larg, incident pe lentilă, ca cel din figură, să converge spre același **unic focar principal** al lentilei?
- Caracterizați cele **două feluri** (cu $n > 1$) de astfel de lentile lipsite de aberație de sfericitate, aflate în vid, pentru fascicule incidente paralele cu axul optic principal.

Subiect propus de:

*Prof.univ.dr. Florea ULIU, Departamentul de Fizică al Universității din Craiova
Prof. dr. Mihail SANDU – G.S.E.A.S. Călimănești*



Olimpiada de Fizică - Etapa națională

1 – 6 aprilie 2012

Ilfov

Baraj

Problema a V - a (10 puncte)

Un model simplu pentru nucleul atomic

Deși nucleeele atomice sunt obiecte cuantice, unele dintre legile fenomenologice referitoare la proprietățile lor de bază (cum sunt raza și energia de legătură) pot fi deduse plecând de la câteva presupuneri simple:

- (i) - nucleeele sunt constituite din nucleoni (protoni și neutroni);
- (ii) - interacțiunile nucleare tari, care țin împreună nucleonii, au rază de acțiune foarte scurtă (ele acționează numai între nucleonii vecini);
- (iii) - numărul de protoni (Z) pentru un nucleu dat este aproximativ egal cu numărul de neutroni

(N), adică $Z \approx N \approx \frac{A}{2}$, unde A este numărul total de nucleoni ($A \gg 1$).

În rezolvarea sarcinilor de lucru din această problemă, folosește aceste trei presupuneri. Consideră că masa medie a nucleonului este $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ și că sarcina electrică elementară are valoarea $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Sarcina de lucru nr.1 – Nucleul atomic considerat ca un sistem de nucleoni împachetați compact

Într-un model simplu, nucleul atomic poate fi considerat ca o sferă umplută cu nucleoni împachetați compact [figura 1(a)], în care nucleonii sunt modelați prin bile solide de rază $r_N = 0,85 \text{ fm}$.

Forța nucleară apare numai când doi nucleoni sunt în contact. Volumul V al nucleului este mai mare

decât volumul tuturor nucleonilor $A \cdot V_N$, unde $V_N = \frac{4}{3} \pi r_N^3$.

Raportul $f = \frac{A \cdot V_N}{V}$ este numit *factor de împachetare* și indică procentul din spațiul nucleului umplut cu materie nucleară.

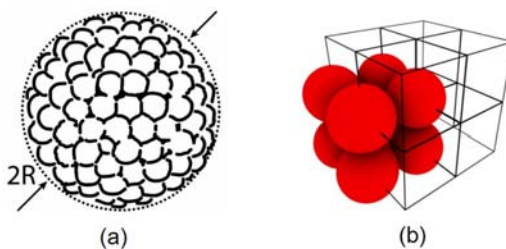


Figura 1 Modelarea nucleului ca un sistem de nucleoni împachetați compact
(a) Un nucleu atomic considerat ca o sferă de nucleoni împachetați compact
(b) Împachetarea cubică simplă (CS)

Pagina 1 din 5

- ✍ Proba de baraj pentru selecția lotului olimpic lărgit de fizică conține cinci probleme.
- ✍ Durata probei este de cinci ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
- ✍ Fiecare problemă se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- ✍ Elevii pot utiliza calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- ✍ Pentru fiecare problemă evaluarea se face ținându-se cont atât de soluția redactată de elevul competitor, cât și de rezultatele pe care acesta le completează în Foaia de răspunsuri.
- ✍ Fiecare problemă se punctează de la 10 la 0 (nu se acordă punct din oficiu).
- ✍ Punctajul final reprezintă suma punctajelor acordate pentru fiecare dintre cele cinci probleme.

1.a. Calculează factorul de împachetare f , dacă nucleonii au fost dispuși în „rețeaua cubică simplă” (CS) în care fiecare nucleon este plasat astfel încât centrul său se află într-un nod al unei rețele cubice infinite [figura 1(b)].

În toate sarcinile de lucru ce urmează consideră că factorul de împachetare pentru nucleee este acela pe care l-ai determinat în cadrul sarcinii de lucru 1.a. În situația în care nu ai reușit să-l calculezi, folosește în continuare valoarea $f = 1/2$.

1.b. Calculează densitatea medie ρ_m a nucleului.

1.c. Determină valoarea densității de sarcină electrică ρ_s .

1.d. Determină expresia razei R a nucleului, ca funcție de numărul A de nucleoni conținuți.

Sarcina de lucru nr.2 – Energia de legătură a nucleelor atomice – contribuțiile de volum și de suprafață

Energia de legătură este energia necesară pentru a descompune nucleul izolat și în repaus în nucleoni izolați și în repaus. Ea se datorează esențial forțelor atractive care se exercită între un nucleon și vecinii săi. Dacă un nucleon nu se află pe suprafața nucleului, contribuția sa la energia totală de legătură este de $\alpha_v = 15,8 \text{ MeV}$ ($1 \text{ MeV} = 1,60 \cdot 10^{-13} \text{ J}$). Contribuția unui nucleon aflat pe suprafața nucleului la energia de legătură este aproximativ $\alpha_v / 2$.

2.a. Dedu expresia energiei de legătură E_b a unui nucleu cu A nucleoni. Exprimă rezultatul în funcție de A , α_v și f , ținând seama de contribuția nucleonilor din suprafață.

Sarcina de lucru nr.3 – Contribuția interacțiunii electrostatice (coulombiene) la energia de legătură

Consideră că nucleul atomic, modelat printr-o sferă cu nucleoni împachetați compact, are sarcina electrică distribuită uniform în întreg volumul său. Ai în vedere că energia electrostatică a unei bile de raza R , încărcată uniform cu sarcina electrică totală Q_0 are expresia

$$U_c = \frac{3Q_0^2}{20\pi\epsilon_0 R}$$

unde $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$.








3.a. Utilizând formula de mai sus, dedu expresia energiei electrostatice a nucleului. Ține cont că într-un nucleu, fiecare proton nu interacționează cu el însuși (prin forță coulombiană) ci numai cu ceilalți protoni. Ia în considerare acest fapt prin înlocuirea $Z^2 \rightarrow Z(Z-1)$ în expresia pe care ai obținut-o.

Expresia energiei electrostatice a nucleului, dedusă în cadrul acestei sarcini de lucru, permite efectuarea unei corecții a expresiei energiei de legătură, pe care ai dedus-o în cadrul sarcinii de lucru 2.a.

3.b. Scrie expresia completă a energiei de legătură, care să includă contribuția principală (de volum), contribuția suprafeței și contribuția electrostatică. Exprimă rezultatul în funcție de A , α_v , f , r_N , e și ϵ_0 .

Sarcina de lucru nr.4 – Fisiunea nucleelor grele

Fisiunea este procesul nuclear în care un nucleu se dezintegrează în părți mai mici (nuclee ușoare). Presupune că nucleul cu A nucleoni se dezintegrează în două părți egale, așa cum este reprezentat în figura 2.

-  Proba de baraj pentru selecția lotului olimpic lărgit de fizică conține cinci probleme.
-  Durata probei este de cinci ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
-  Fiecare problemă se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
-  Elevii pot utiliza calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
-  Pentru fiecare problemă evaluarea se face ținându-se cont atât de soluția redactată de elevul competitor, cât și de rezultatele pe care acesta le completează în Foaia de răspunsuri.
-  Fiecare problemă se punctează de la 10 la 0 (nu se acordă punct din oficiu).
-  Punctajul final reprezintă suma punctajelor acordate pentru fiecare dintre cele cinci probleme.

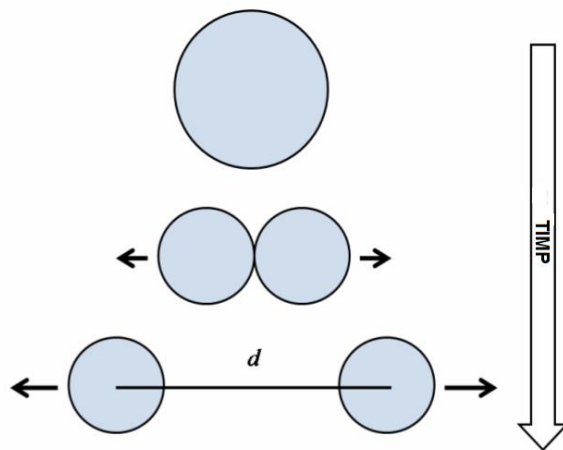


Figura 2 Descriere schematică a fisiunii nucleare în modelul simplu folosit în problemă

- 4.a.** Determină expresia energiei cinetice totale E_{cin} a produselor de fisiune, atunci când centrele celor două nuclee ușoare se află la distanța $d \geq 2R(A/2)$, unde $R(A/2)$ este raza fiecăruia dintre cele două nuclee ușoare. Nucleul care se dezintegrează se află inițial în repaus.
- 4.b.** Presupune că $d = 2R(A/2)$ și scrie expresia energiei cinetice E_{cin} , obținută la sarcina de lucru 4.a.
- 4.c.** Calculează valorile E_{cin} pentru $A = 100, 150, 200$ și 250 . Exprimă rezultatele în MeV .
- 4.d.** Estimează valoarea lui A pentru care este posibilă fisiunea, în modelul analizat.

Subiect propus de:

Dr. Delia DAVIDESCU – Centrul Național pentru Evaluare și Examinare – M E C T S

- ✍ Proba de baraj pentru selecția lotului olimpic lărgit de fizică conține cinci probleme.
- ✍ Durata probei este de cinci ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
- ✍ Fiecare problemă se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- ✍ Elevii pot utiliza calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- ✍ Pentru fiecare problemă evaluarea se face ținându-se cont atât de soluția redactată de elevul competitor, cât și de rezultatele pe care acesta le completează în Foaia de răspunsuri.
- ✍ Fiecare problemă se punctează de la 10 la 0 (nu se acordă punct din oficiu).
- ✍ Punctajul final reprezintă suma punctajelor acordate pentru fiecare dintre cele cinci probleme.



Olimpiada de Fizică - Etapa națională

1 – 6 aprilie 2012

Ilfov

Baraj

FOAIE DE RĂSPUNSURI

Problema a V- a (10 puncte)

Un model simplu pentru nucleul atomic

Sarcina de lucru nr.1 – Nucleul atomic considerat ca un sistem de nucleoni împachetați compact

1.a. Valoarea factorului de împachetare f

0,50p

1.b. Valoarea densității medii ρ_m a nucleului

0,40p

1.c. Valoarea densității de sarcină electrică ρ_s a nucleului

0,50p

1.d. Expresia razei R a nucleului, ca funcție de numărul A de nucleoni

0,70p

Sarcina de lucru nr.2 – Energia de legătură a nucleelor atomice – contribuțiile de volum și de suprafață

2.a. Expresia energiei de legătură E_b a unui nucleu cu A nucleoni

1,70p

Sarcina de lucru nr.3 – Contribuția interacțiunii electrostatice (coulombiene) la energia de legătură

3.a. Expresia energiei electrostatice a nucleului

1,00p

3.b. Expresia completă a energiei de legătură, care include contribuția principală (de volum), contribuția suprafeței și contribuția electrostatică

0,50p

Sarcina de lucru nr.4 – Fisiunea nucleelor grele

4.a. Expresia energiei cinetice totale E_{cin} a produselor de fisiune

1,50p

4.b. Expresia energiei cinetice E_{cin} pentru $d = 2R(A/2)$

1,00p

4.c. Valorile E_{cin} pentru $A = 100, 150, 200$ și 250

1,20p

4.d. Estimarea valorii lui A pentru care este posibilă fisiunea, în modelul analizat

1,00p