

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova  
**Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare**  
**OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV**  
CHIȘINĂU, 22– 25 martie 2019

Proba practică ORF 2019,  
Problema

clasa a 12  
(20,0 p.)

**Determinarea pierderilor de energie în ciocnirile inelastice a bilelor metalice cu ajutorul modelului camerei Wilson**

**Scopul lucrării:**

cercetarea pierderilor relative a energiei mecanice  $Q = \Delta E / E_0$  la ciocnirea unei bile în mișcare (rostogolirea pe o suprafață plană acoperită cu hârtie indigo (hârtie-carbon) - modelul camerei Wilson) cu o bilă aflată în repaos.  $E_0$  – energia inițială a bilei în mișcare,  $\Delta E = E_0 - (E_1 + E_2)$  – pierderi ale energiei mecanice  $E_1 + E_2$  – energia bilelor după ciocnire. Se va analiza cazul când are loc ciocnirea a două bile cu mase diferite, iar bila în mișcare are masă mai mare decât cea în repaos.

**Aparate și accesorii**

Două bile metalice, razele cărora sunt  $2r_1=23,8$  mm și  $2r_2=20,5$  mm. Foaie de hartie albă (Foaie de raspuns), hârtie indigo (hârtie-carbon), echer cu scară milimetrică (și/sau riglă).

**Ciocnirea inelastică necentrală a bilelor de dimensiuni diferite**

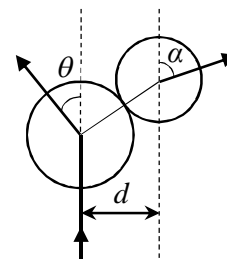
Ciocnirea bilelor are loc practic momentan. În momentul inițial al ciocnirii, bilele se comprimă, iar apoi forțele elastice le împing în părți opuse. În timpul acestui proces o parte din energia mecanică se pierde și se transformă în alte forme de energie. Un sistem din două corpuri, pentru un interval scurt de timp la ciocnire, poate fi considerat a fi un sistem închis, deoarece forțele de interacțiune depășesc după mărime cele externe. Cele din urmă pot fi neglijate pentru un interval scurt de timp în decursul căruia are loc ciocnirea. Într-un sistem închis se respectă legile conservării impulsului, momentului impulsului și energiei, care pe lângă cea mecanică include și și cea determinată de acțiunea forțelor disipative, energie internă precum și alte forme de energie. De menționat, că în pierderile de energie  $\Delta E$  se conține toate pierderile de energie ce figurează în experimentul dat, iar energia mecanică a bilelor  $E$  se definește de expresia cunoscută și e egală cu suma energiilor mișcării de translație și a mișcării de rotație

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2, \quad I_1\vec{\omega} = I_1\vec{\omega}_1 + I_2\vec{\omega}_2, \quad E_0 = E_1 + E_2 + \Delta E, \quad I = \frac{2}{5}mr^2, \quad E_0 = \frac{7}{10}mv^2, \quad k = \frac{m_2}{m_1} \quad (1)$$

Toate mărimile prezentate mai sus se referă la momentul de timp până la ciocnire și imediat după terminarea interacțiunii bilelor. Componenta verticală a forței de interacțiune poate fi neglijată în cazul vitezelor mici a bilei până la ciocnire și în cazul valorilor apropiate ale razelor bilelor.

**Modelul camerei Wilson**

Camera Wilson, după cum este bine cunoscut, permite studiul track-urile particulelor în timpul reacțiilor nucleare. Modelul propus, fiind unul destul de simplu, folosește hârtia indigo (hârtie-carbon) pentru vizualizarea ciocnirii particulei în mișcare de cea în repaos. Pentru efectuarea experimentului prealabil, poziționați hârtia indigo pe o foaie de hârtie de format A4 (Foaie de răspuns). Divizați virtual foaia în două părți și poziționați bila cu raza  $r_2$  în partea stângă a foii iar bila cu raza  $r_1$  – la cea mai apropiată margine de experimentator, astfel încât, linia de ciocnire să fie orientată de-a lungul laturii mici a foii. Folosind echerul sau rigla, lansați bila cu raza  $r_1$  direcționând-o în partea stângă a bilei cu raza  $r_2$  cu viteză mică. Același experiment repetați-l în partea dreaptă a foii, imprimând bilei  $r_1$  o viteză mai mare. Reieșind din rezultatele experimentului prealabil se poate concluziona că pot fi măsurate doar trei parametri. Aceștea sunt unghiurile de deviere  $\theta$  (a bilei  $r_1$ ) și  $\alpha$  (a bilei  $r_2$ ) de la direcția de ciocnire și parametrul de ciocnire  $d$  (parametru de țintă sau parametru de impact). Ecuațiile (1) nu sunt suficiente pentru determinarea tuturor mărimilor fizice, care descriu procesul ciocnirii inelastice. Să simplificăm problema considerând bilele ca fiind puncte materiale.



Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova  
**Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare**  
**OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV**  
CHIȘINĂU, 22– 25 martie 2019

Proba practică ORF 2019,

clasa a 12

Legile de conservare a energiei și impulsului la ciocnirea punctelor materiale au următoarea formă

$$m_1 v = m_1 v_1 \cos \theta + m_2 v_2 \cos \alpha, \quad m_1 v_1 \sin \theta = m_2 v_2 \sin \alpha, \quad \frac{1}{2} m_1 v^2 = E_0 = E_1 + E_2 + Q E_0 \quad (2)$$

Aceste ecuații constituie un sistem complet care formal au soluție exactă și permit, reieșind din măsurările efectuate, de a calcula funcția pierderilor relative de energie  $Q$ .

**Experiment și sarcini spre soluționare**

1. Analizați rezultatele experimentului preliminar și formulați metoda de măsurare a parametrului de ciocnire  $d$  și a unghiurilor de deviere  $\theta$  și  $\alpha$ . – (3,0 p.)

2. Folosind ecuația (1) găsiți formulele de lucru pentru pierderile de energie și viteze ale bilelor, care trebuie să conțină următorii parametri și mărimi fizice

$$Q, \quad a = \operatorname{tg} \theta, \quad b = \sin \alpha, \quad c = \cos \alpha, \quad k = m_2 / m_1, \quad v_2, \quad v_1 \quad (3)$$

Vitezele bilelor sunt exprimate în unități ale vitezei inițiale ale bilei  $r_1$ . Enumărați principalele feluri de energii incluse în parametrul  $Q$ . – (4,0 p.)

3. În limită, considerați cazul ciocnirii absolut elastice  $Q = 0$  și găsiți ecuația pentru parametrul  $k(Q = 0)$ . – (1,0 p.)

4. Efectuați experimentul de ciocnire inelastică a bilei de rază  $2r_1 = 23,8$  mm cu bila de rază  $2r_2 = 20,5$  mm (trei măsurări pe o foaie de răspuns). Efectuați minim cincisprezece măsurători pentru un interval larg de valori al parametrului de ciocnire. – (4,0 p.)

5. Calculați parametrii folosind expresiile (3) și scrieți datele în tabel. Tabelul trebuie să conțină valorile următoarelor mărimi

$$d, \quad a = \operatorname{tg} \theta, \quad b = \sin \alpha, \quad c = \cos \alpha, \quad Q, \quad k(Q = 0), \quad v_1, \quad v_2 \quad (4) \quad - (3,0 \text{ p.})$$

Aranjați datele în tabel în ordinea crescătoare a valorii parametrului de ciocnire  $d$ .

6. Analizați rezultatele obținute și determinați regiunea în care pierderile de energie depind liniar de parametrul de ciocnire. Construiți graficul dependenței și găsiți tangenta unghiului de înclinare  $\gamma$ . – (3,0 p.)

7. Analizați dependența vitezelor relative a bilelor de parametrul de ciocnire. Prezentați grafic dependența analizată. – (2,0 p.)

Probleme propuse de:  
dr. hab., prof. univ. Alexandr Cliucanov  
dr., conf. cerc. Sergiu Vatavu  
Universitatea de Stat din Moldova