

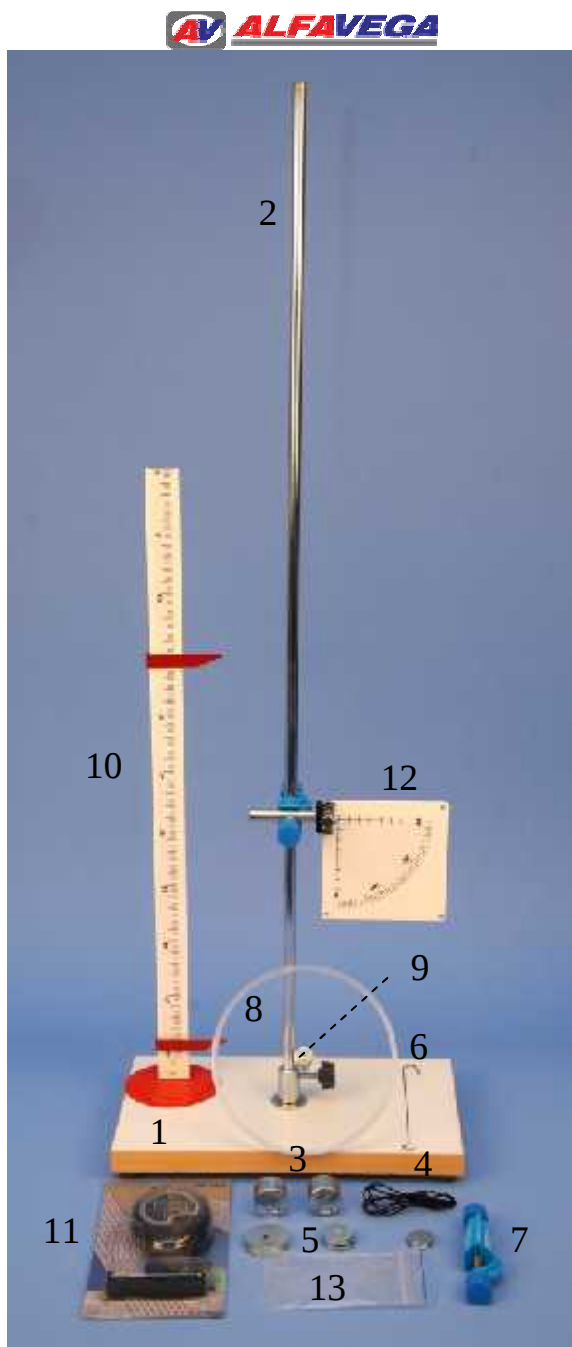


MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN - ILFOV
OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ
Ediția a 48-a; 1 – 6 aprilie 2012
PROBA PRACTICĂ

X
A

Lucrarea A
Disc cilindric rotitor sau fix

Materiale la dispoziție



1) suport cu mufă; 2) tijă cu lungimea de 800 mm; 3) corpuri cu cârlig, cu mase egale, $M = 77$ g; 4) fir de legătură; 5) discuri perforate cu masa m - (5/10g, 5/5g, 5/3g); 6) sârmă subțire rigidă cu agățător având lungimea de 180 mm; 7) mufe universale (2 bucăți); 8) disc cilindric masiv cu masa necunoscută, M_0 , care se poate roti liber pe un ax, și care poate fi blocat cu o piuliță; 9) piuliță de blocare; 10) riglă verticală cu repere; 11) cronometru tip ceas; 12) scală unghiulară cu dispozitiv de fixare; 13) pungă.

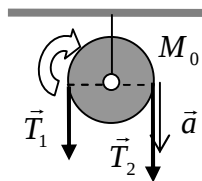
Cerințe

a) Să se determine masa M_0 a discului cilindric mobil, fără ca acesta să fie scos din montaj.

Pentru discul masiv, cu masa M_0 , reprezentat în figura alăturată, aflat în mișcare de rotație, datorită acțiunii celor două tensiuni, $\vec{T}_1$ și $\vec{T}_2$, se știe că:

$$T_2 - T_1 = \frac{1}{2} M_0 a,$$

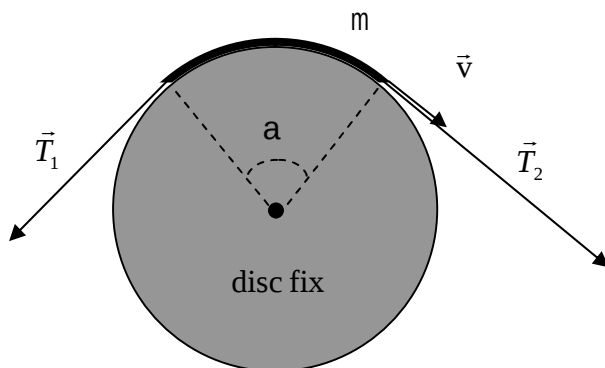
unde $\vec{a}$ este accelerația tangențială a unui punct de pe marginea discului. Se neglijează frecările dintre elementele sistemului.



b) Să se determine coeficientul de frecare prin alunecare a firului peste discul fix (2 metode).

Pentru un fir foarte ușor, care alunecă uniform, cu frecare, peste un disc fix, așa cum indică figura alăturată, se demonstrează că, între tensiunile de la capetele sectorului de fir, aflat în contact cu discul, există relația:

$$T_2 > T_1; T_2 = T_1 e^{\mu a}.$$



Lucrare propusă de prof. dr. Mihail Sandu
G.Ș.E.A.S. Călimănești



MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN - ILFOV
OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ
Ediția a 48-a; 1 – 6 aprilie 2012
PROBA PRACTICĂ

X
A

Lucrarea A

Modul de lucru – Barem de notare – 10 puncte

a) Determinarea masei discului mobil (3 puncte)

Se realizează montajul prezentat în figura 1.

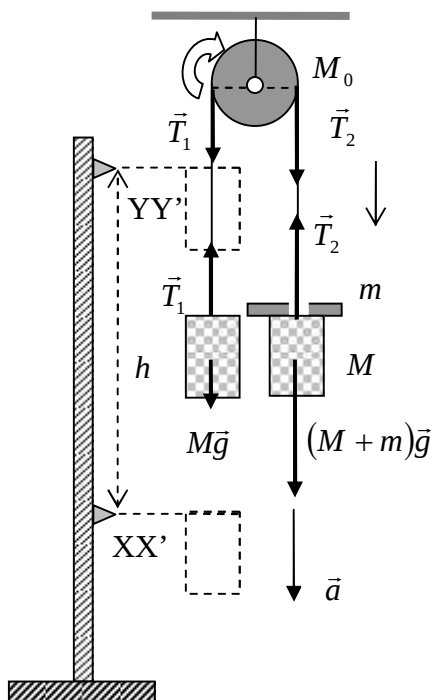


Fig. 1

$$(M + m)g - T_2 = (M + m)a;$$

$$T_1 - Mg = Ma;$$

$$(T_2 - T_1)r = I\epsilon = \frac{1}{2}M_0r^2 \frac{a}{r};$$

$$T_2 - T_1 = \frac{1}{2}M_0a;$$

$$a = \frac{mg}{2M + m + \frac{1}{2}M_0};$$

$$h = \frac{1}{2}at^2;$$

$$a = \frac{2h}{t^2};$$

$$\frac{mg}{2M + m + \frac{1}{2}M_0} = \frac{2h}{t^2};$$

$$M_0 = \frac{mgt^2}{h} - 2(2M + m).$$

Pentru $m = 7 \text{ g}$; $M = 77 \text{ g}$;

h	0,1 m	0,2 m	0,25 m	0,3 m
t	0,85 s	1,19 s	1,31 s	1,47 s
M_0	0,173 kg	0,164 kg	0,178 kg	0,172 kg

Pentru $m = 12 \text{ g}$; $M = 77 \text{ g}$;

h	0,1 m	0,15 m	0,2 m	0,25 m	0,3 m
t	0,66 s	0,81 s	0,93 s	1,04 s	1,14 s
M_0	0,180 kg	0,182 kg	0,177 kg	0,176 kg	0,187 kg

$$\overline{M}_0 = 176,55 \text{ g}.$$

b) Determinarea coeficientul de frecare la alunecare a unui fir peste discul blocat
 6,00 puncte

Metoda 12,00 puncte

Dacă mișcarea elementelor sistemului reprezentat în figura alăturată este uniformă, înseamnă
 că:

$$T_1 = G_1 = m_1g;$$

$$T_2 = G_2 = m_2g;$$

$$T_2 = T_1e^{\mu m}; \mu = p;$$

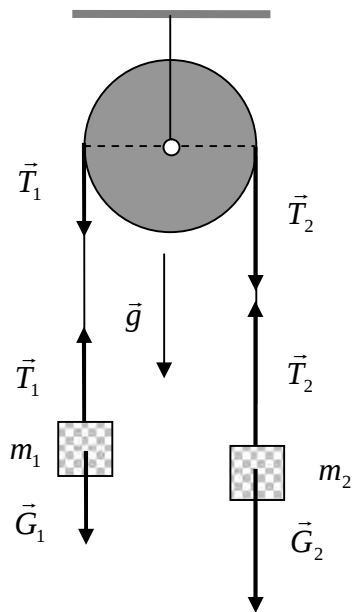
$$m_2 = m_1e^{\mu m};$$

$$\frac{m_2}{m_1} = e^{\mu m}; \ln \frac{m_2}{m_1} = \mu m;$$

$$\mu = \frac{1}{p} \ln \frac{m_2}{m_1};$$

$$m_1 = 77 \text{ g}; m_2 = 123 \text{ g}; \frac{m_2}{m_1} = 1,59; \ln \frac{m_2}{m_1} = 0,468;$$

$$\mu \approx 0,149.$$



Metoda 2 4,00 puncte

1) La capetele firului trecut peste discul blocat sunt suspendate două corpuri identice, fiecare cu masa M . Sistemul este în echilibru, în orice poziție s-ar afla cele două corpuri suspendate, de exemplu în poziția prezentată în figura 1.

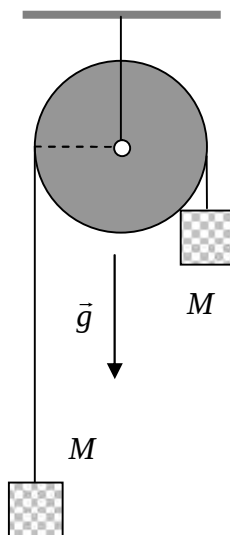


Fig. 1

2) Sub corpul superior se suspendă un corp cu masa m , suficient de mică, astfel încât sistemul să rămână în repaus, așa cum indică figura 2.

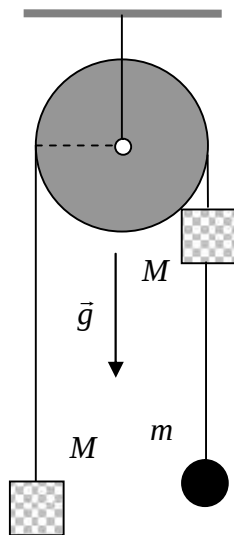


Fig. 2

3) Se deplasează corpul cu masa m , firul său de suspensie formând cu verticala un unghi α , așa cum indică figura 3, căutat în așa fel încât, după eliberarea corpului, atunci când firul său de suspensie trece prin poziția verticală inițială, sistemul celor două coruri suspendate de firul trecut peste disc să se deplaseze.

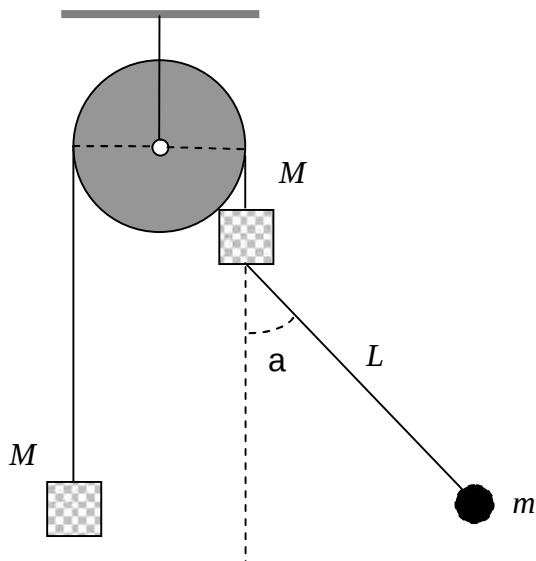


Fig. 3

4) Corespunzător acestei situații, utilizând figura 4, unde sunt reprezentate forțele care acționează asupra elementelor sistemului, rezultă:

$$\text{pm} = \ln \left[1 + \frac{m}{M} \left(1 + 4 \sin^2 \frac{a}{2} \right) \right];$$

$$m = \frac{1}{p} \ln \left[1 + \frac{m}{M} \left(1 + 4 \sin^2 \frac{a}{2} \right) \right].$$

m	30 g	40 g	50 g
m/M	0,389	0,519	0,649
a	70°	40°	30°
$a / 2$	35°	20°	15°
$\sin^2 a / 2$	0,328	0,116	0,066
m	0,2	0,18	0,19

$$\bar{m} = 0,19.$$

Oficiu 1,00 punct



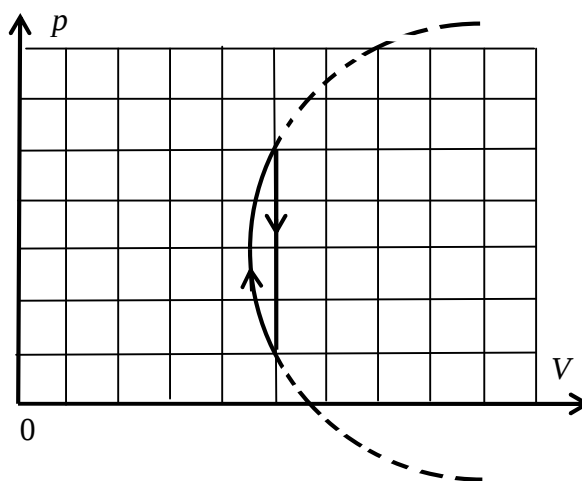
MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN - ILFOV
OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ
Ediția a 48-a; 1 – 6 aprilie 2012
PROBA PRACTICĂ

X
B

Lucrarea B

Problema 1. Transformare ciclică cu „arc de cerc”

Transformarea ciclică, pentru ν moli de gaz perfect monoatomic, reprezentată în diagrama $(p; V)$ din figura alăturată, este formată dintr-o transformare izocoră și o transformare reprezentată printr-un arc de cerc. Pentru valorile maxime (V_0 și p_0) și respectiv minime ($V_{\min}$ și $p_{\min}$) ale volumului și ale presiunii gazului din timpul transformării ciclice se cunosc rapoartele: $\frac{V_{\min}}{V_0} = 0,9$; $\frac{p_0}{p_{\min}} = 5$.



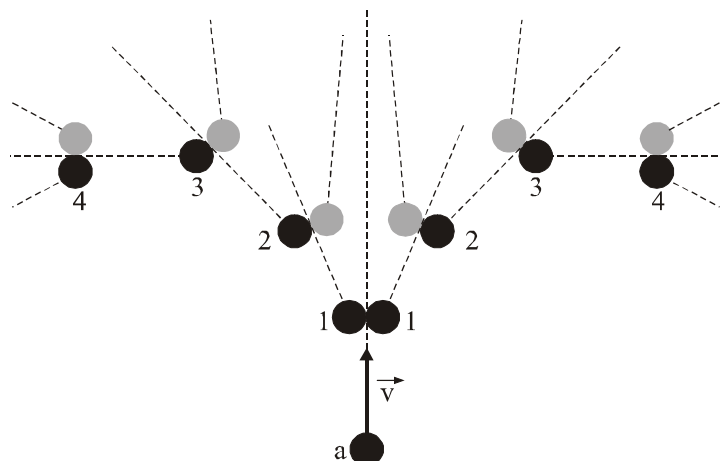
Cerință

Să se determine randamentul unui motor termic care ar funcționa după acest ciclu. Laturile celulelor pătrate din diagramă au semnificații fizice diferite, dar, la scările utilizate, au lungimi egale. Se știe că, dacă $\sin \alpha = 0,47$, atunci $\alpha = 0,49$ radiani.

Lucrarea B

Problema 2. Discuri pe o masă cu pernă de aer

Pe suprafața unei mese cu pernă de aer se află, în repaus, o mulțime de discuri circulare identice, fiecare cu masa m , grupate câte două (un disc negru și un disc gri) și așezate așa cum indică figura alăturată. Discul negru a , deplasându-se cu viteza $\vec{v}$, ciocnește perfect elastic și simetric grupul discurilor negre 1. Fiecare disc negru 1 ciocnește perfect elastic și simetric cele două discuri din fiecare grup 2. Apoi, discul negru din grupul 2 ciocnește perfect elastic grupul discurilor 3 ș.a.m.d.



Cerințe

- Să se determine* modulele și orientările vitezelor discurilor negre a și 1 după ciocnirea perfect elastică a acestora.
- Să se determine* modulele și orientările vitezelor discurilor negre din fiecare grup 2 , 3 și respectiv 4 , după ciocnirea perfect elastică cu discul negru din grupurile 1 , 2 și respectiv 3 .
- Să se identifice* grupurile de discuri ale căror discuri negre se deplasează, după ciocnirea cu discul negru al grupului anterior, pe direcții paralele cu direcția deplasării discului negru a .

Lucrare propusă de prof. dr. Mihail Sandu
G.Ș.E.A.S. Călimănești



MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN - ILFOV
OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ
Ediția a 48-a; 1 – 6 aprilie 2012
PROBA PRACTICĂ

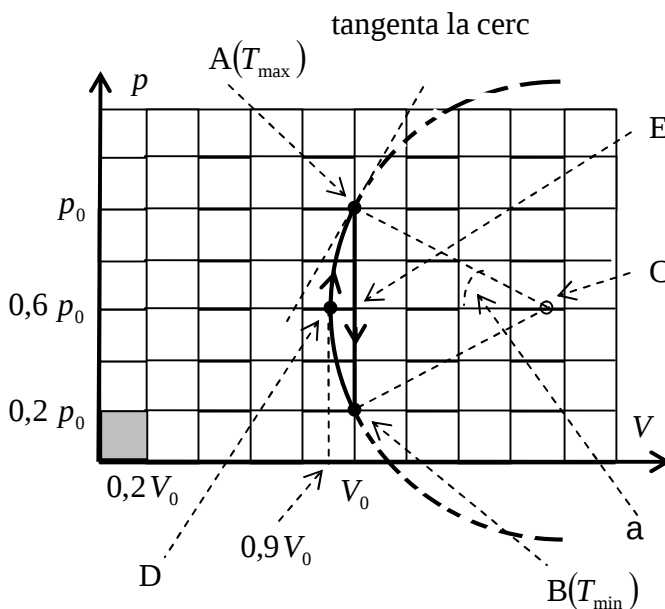
X
B

Lucrarea B

REZOLVARE – Problema 1 – Barem de notare – 5,00 puncte

Dacă parametrii de stare ai stării A sunt $(V_{\max} = V_0; p_{\max} = p_0; T_{\max})$, atunci semnificațiile fizice dimensionale ale laturilor oricărei celule pătrată din diagrama termodinamică dată sunt $\left(\frac{V_0}{5} = 0,2 V_0; \frac{p_0}{5} = 0,2 p_0\right)$. Geometric însă, lungimile laturilor unei celule sunt egale. Utilizând informațiile din enunțul problemei, parametrii stării B sunt: $(V_{\max} = V_0; p_{\min} = 0,2 p_0; T_{\min})$. De asemenea, parametrii stării D sunt: $(V_{\min} = 0,9 V_0; 0,6 p_0)$.

Transformarea ciclică dată fiind cea reprezentată în diagrama din figurile alăturate, se stabilește, pe cale grafică, poziția centrului C al cercului din care face parte arcul BDA al transformării ciclice. Pentru aceasta se construiesc tangentele la arcul de cerc în punctele A, B și D și apoi se construiesc perpendicularele pe acestea în punctele respective. Ele trebuie să se intersecteze într-un același punct, C, care este centrul căutat al cercului din care face parte sectorul BDA al transformării ciclice.



Aria suprafeței segmentului de cerc AEBDA este egală cu aria suprafeței sectorului de cerc ACBDA, din care trebuie scăzută aria suprafeței triunghiului ABC, adică:

$$S_{\text{AEBDA}} = S_{\text{ACBDA}} - S_{\text{ABC}} = \frac{2a}{2p} pr^2 - \frac{1}{2} 4 \text{ uc}(r - 0,5 \text{ uc});$$

$$S_{\text{AEBDA}} = ar^2 - 2 \text{ uc}(r - 0,5 \text{ uc});$$

$$S_{\text{AEBDA}} \approx 1,35 (\text{uc})^2;$$

$$1 (\text{uc})^2 = (0,2 p_0)(0,2 V_0) = 0,04 p_0 V_0;$$

$$S_{\text{AEBDA}} = 1,35 \cdot 0,04 p_0 V_0 = 0,054 p_0 V_0,$$

ceea ce reprezintă aria suprafeței din interiorul ciclului și pe care o identificăm cu bilanțul lucrurilor mecanice pe care sistemul termodinamic le schimbă cu exteriorul în întregul ciclu, adică:

$$L_{\text{util}} = S_{\text{AEBDA}};$$

$$L_{\text{util}} = 0,054 p_0 V_0.$$

Să analizăm acum schimburile de căldură cu exteriorul de pe cele două sectoare ale ciclului propus. Pentru transformarea izocoră, reprezentată în diagramă prin sectorul AEB:

$$Q_{\text{AEB}} = \nu C_v (T_B - T_A) = \nu C_v (T_{\text{min}} - T_{\text{max}}) < 0,$$

ceea ce însemnează căldură cedată de sistemul termodinamic;

$$Q_{\text{AEB}} = Q_{\text{cedat}} < 0.$$

Pentru transformarea reprezentată în diagramă prin arcul de cerc BDA, în acord cu principiul I al termodinamicii, rezultă:

$$\Delta U_{\text{BDA}} = Q_{\text{BDA}} - L_{\text{BDA}} = \Delta U_{\text{BA}},$$

deoarece variația energiei interne a sistemului nu depinde de felul transformării;

$$Q_{\text{BDA}} = L_{\text{BDA}} + \Delta U_{\text{BA}};$$

$$L_{\text{BDA}} = L_{\text{BD}} + L_{\text{DA}},$$

unde evaluările le vom face în acord cu interpretarea fizică dată ariei suprafeței de sub graficul fiecărei transformări, respectând și convențiile algebrice pentru variantele schimbului de lucru mecanic;

$$L_{\text{BD}} < 0; L_{\text{BD}} = -\left(0,6 p_0 \cdot 0,1 V_0 - \frac{L_u}{2}\right);$$

$$L_{\text{DA}} > 0; L_{\text{DA}} = +\left(0,6 p_0 \cdot 0,1 V_0 + \frac{L_u}{2}\right);$$

$$L_{\text{BDA}} = L_u > 0,$$

având semnificația unui lucru mecanic cedat;

$$\Delta U_{\text{BA}} = \nu C_v (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) = \nu \frac{3}{2} R \left(\frac{p_0 V_0}{\nu R} - \frac{0,2 p_0 V_0}{\nu R} \right) = 1,2 p_0 V_0 > 0;$$

$$Q_{\text{BDA}} = L_u + 1,2 p_0 V_0 = 0,054 p_0 V_0 + 1,2 p_0 V_0;$$

$$Q_{\text{BDA}} = 1,254 p_0 V_0 > 0,$$

având semnificația de căldură absorbită (primită) de sistemul termodinamic;

$$Q_{\text{BDA}} = Q_{\text{absorbit}} > 0.$$

În aceste condiții randamentul termic căutat este:

$$h = \frac{L_{\text{util}}}{Q_{\text{absorbit}}} = \frac{0,054 p_0 V_0}{1,254 p_0 V_0} = 0,043;$$

$$h = 4,3 \% \dots \dots \dots 4,50 \text{ puncte}$$

$$\text{Oficiu} \dots \dots \dots 0,50 \text{ puncte}$$

Lucrarea B

Problema 2 – Rezolvare – Barem de notare – 5,00 puncte

a) 1,50 puncte

Având în vedere că, în momentul ciocnirii, centrele celor trei discuri sunt vârfurile unui triunghi echilateral, așa cum indică figura 1, în acord cu legile de conservare a impulsului și a energiei mecanice, rezultă:

$$mv = 2mv_1\cos 30^\circ - mv';$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv'^2}{2} + 2\frac{mv_1^2}{2};$$

$$v + v' = \sqrt{3}v_1;$$

$$v^2 - v'^2 = 2v_1^2;$$

$$v - v' = \frac{2v_1}{\sqrt{3}};$$

$$v + v' = \sqrt{3}v_1;$$

$$v_1 = \frac{2\sqrt{3}}{5}v; \quad v' = \frac{1}{5}v,$$

orientările vectorilor $\vec{v}_1$ și $\vec{v}'$ fiind cele reprezentate în desen.

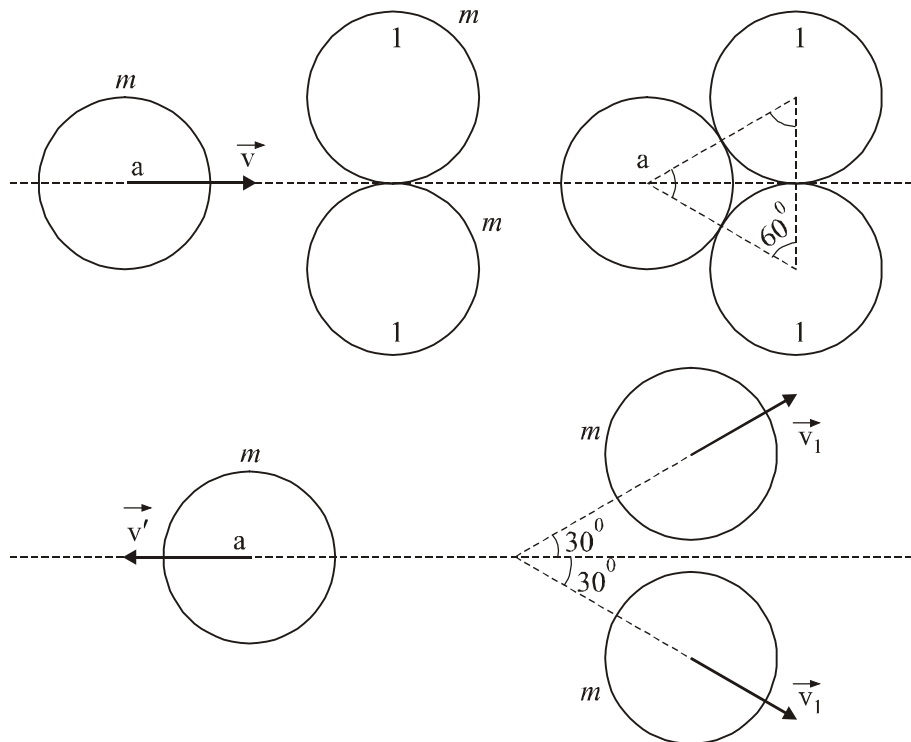


Fig. 1

b) 1,50 puncte

În acord cu figura 2, utilizând rezultatele anterioare, obținem:

$$v_2 = \frac{2\sqrt{3}}{5} v_1 = \frac{2\sqrt{3}}{5} \frac{2\sqrt{3}}{5} v = \frac{12}{25} v; \quad v'_1 = \frac{1}{5} v_1 = \frac{2\sqrt{3}}{25} v;$$

$$v_3 = \frac{2\sqrt{3}}{5} v_2 = \frac{2\sqrt{3}}{5} \frac{12}{25} v = \frac{24\sqrt{3}}{125} v;$$

$$v'_2 = \frac{1}{5} v_2 = \frac{12}{25} v;$$

$$v_4 = \frac{2\sqrt{3}}{5} v_3 = \frac{2\sqrt{3}}{5} \frac{24\sqrt{3}}{125} v = \frac{144}{625} v;$$

$$v'_3 = \frac{1}{5} \sqrt{3} v_3 = \frac{24\sqrt{3}}{625} v,$$

orientările vectorilor $\vec{v}_2$, $\vec{v}_3$ și $\vec{v}_4$ fiind cele reprezentate în desen, iar orientările vectorilor $\vec{v}'_1$, $\vec{v}'_2$ și respectiv $\vec{v}'_3$ fiind opuse orientărilor vectorilor $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$ și respectiv $\vec{v}_3$.

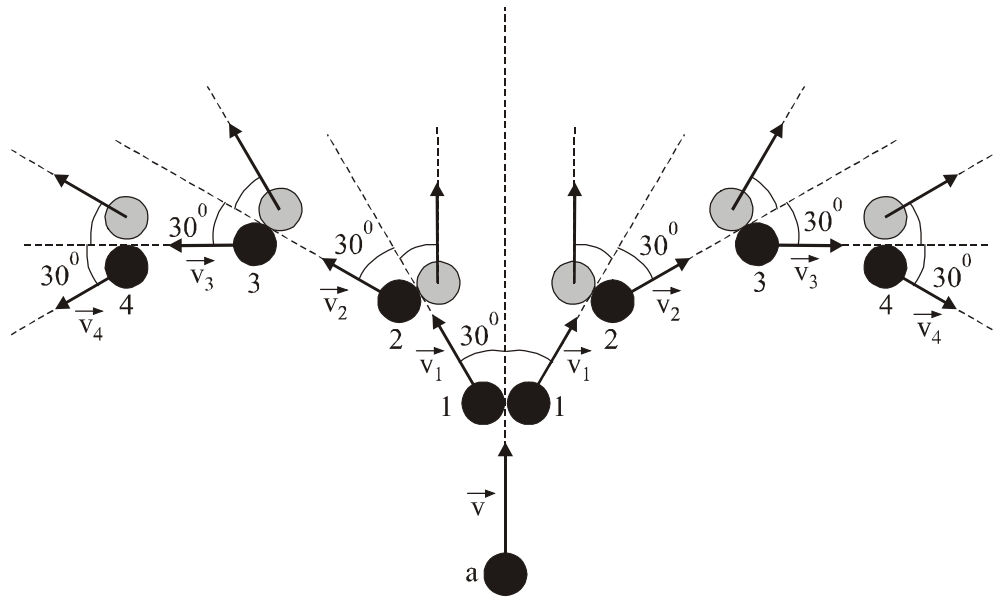


Fig. 2

c) 1,50 puncte

În acord cu rezultatele anterioare, așa cum indică figura 3, discul negru al fiecărui grup 6, după ciocnirea perfect elastică cu discul negru al fiecărui grup 5, se va deplasa pe o direcție paralelă cu direcția deplasării discului negru a .

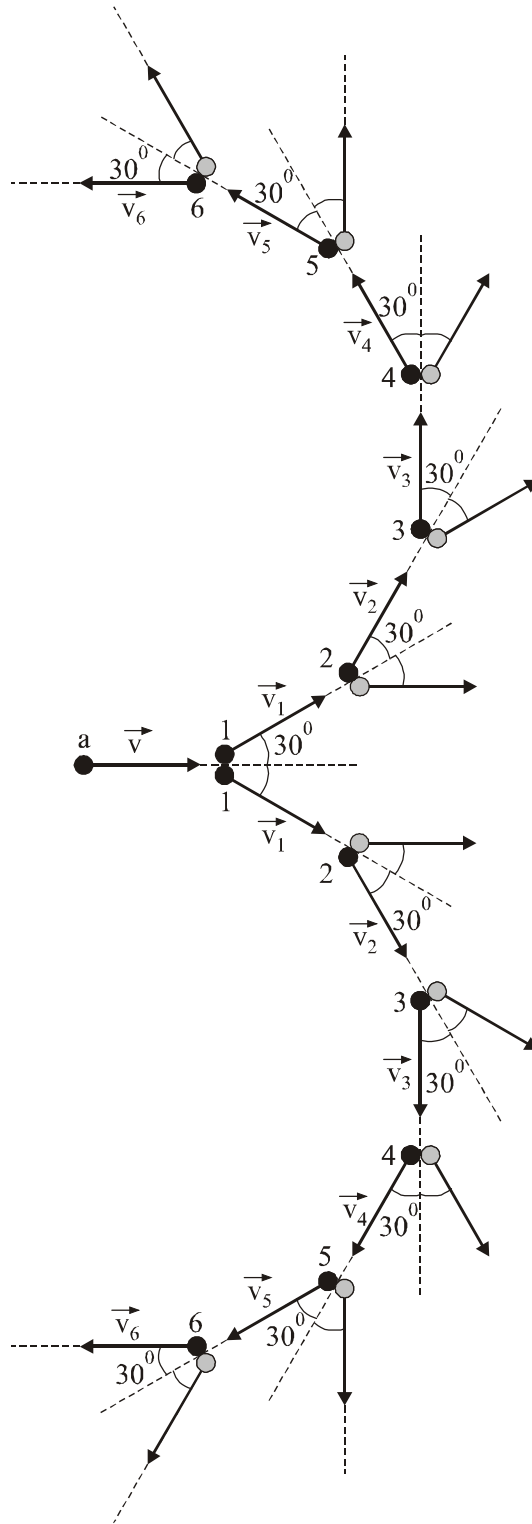


Fig. 3

Oficiu 0,50 puncte