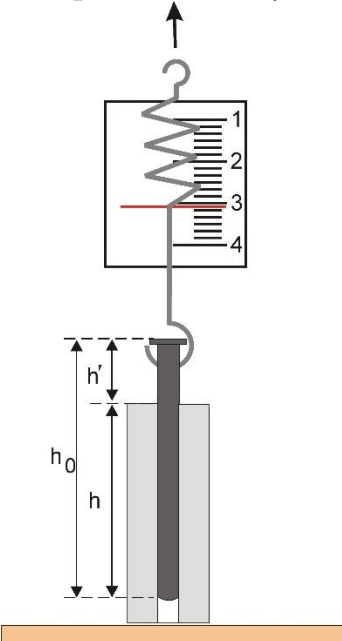


Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV

CHIȘINĂU, 22– 25 martie 2019

Proba experimentală ORF 2019

clasa a 10

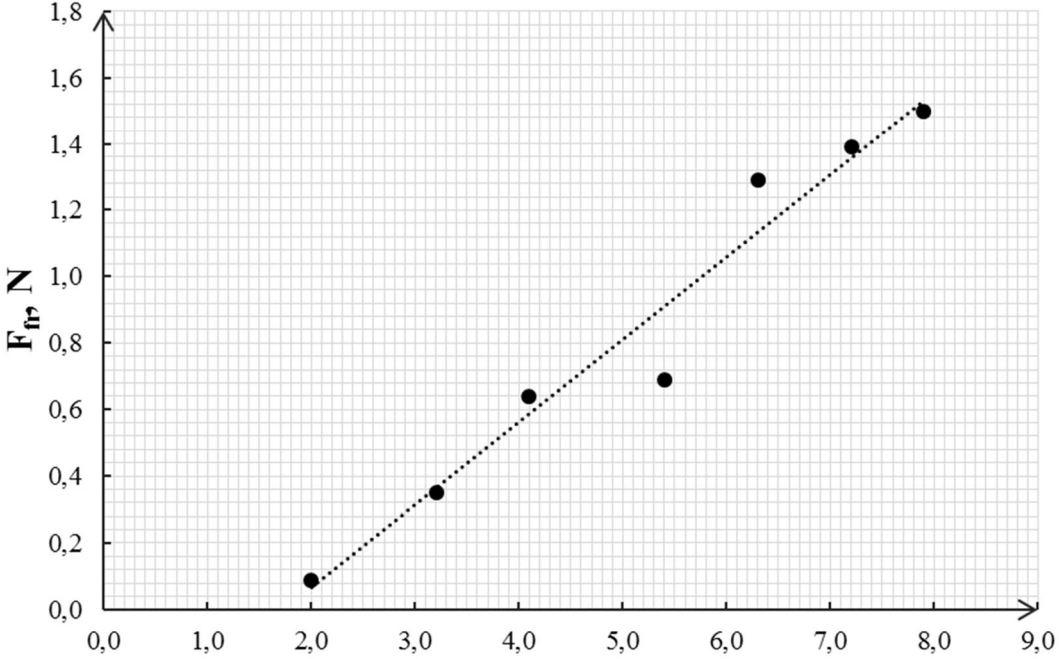
Foaie pentru răspunsuri			
	Soluție		Punctaj Total
Tema: Studiul forței de frecare între două suprafețe cilindrice concentrice.		[20puncte]	
1	Determinarea forței de frecare dintre suprafețele cilindrice cu ajutorul dinamometrului		5,0 p.
1.1.	Aranjați corpul 1 cu gaură în plan vertical și fixați-l în stativ. 		
Figura 1. Schema instalației pentru P. 1			
1.2.	Măsurați cu rigla lungimea părții cilindrice a corpului metalic și apoi introduceți-l la o anumită adâncime în orificiu. Măsurați cu rigla adâncimea găurii h' . Determinați lungimea $h = h_0 - h'$ a părții cilindrului metalic aflată în gaură. $h' = 8,8 \text{ cm}$ $h_0 = 11 \text{ cm}$ $h = 2,2 \text{ cm}$	0,1 p. 0,1 p.	0,2 p.
1.3.	Agățați cu dinamometrul inelul cilindrului metalic și trageți încet și atent vertical în sus. Fixați indicația maximă a dinamometrului în momentul când cilindrul metalic începe mișcarea.		
1.4.	Repetăți punctele 1.2 - 1.3 încă pentru 4 – 6 poziții diferite (adâncimi convenabile) ale cilindrului metalic în orificiu.		
1.5.	Scrieți formula pentru forța de frecare dintre suprafețele cilindrice a corpului metalic și a orificiului. Determinați-o pentru fiecare adâncime a cilindrului metalic: $\vec{G} = M\vec{g}$	0,1 p.	0,4 p.

OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV

CHIȘINĂU, 22– 25 martie 2019

Proba experimentală ORF 2019

clasa a 10

	$\vec{F}_{din} + \vec{G} + \vec{F}_{fr} = 0$ $F_{fr} = F_{din} - Mg$ Determinați-o pentru fiecare adâncime a cilindrului metalic.	0,2 p. 0,1 p.																													
1.6.	Introduceți toate rezultatele obținute într-un tabel. Indicați unitățile de măsură. <table border="1" data-bbox="180 595 1129 880"> <tr> <td>h', cm</td> <td>3,1</td> <td>3,8</td> <td>4,7</td> <td>5,6</td> <td>6,9</td> <td>7,8</td> </tr> <tr> <td>h, cm</td> <td>7,9</td> <td>7,2</td> <td>6,3</td> <td>5,4</td> <td>4,1</td> <td>3,2</td> </tr> <tr> <td>F, N</td> <td>1,61</td> <td>1,5</td> <td>1,40</td> <td>0,80</td> <td>0,75</td> <td>0,50</td> </tr> <tr> <td>F_{fr}, N</td> <td>1,5</td> <td>1,39</td> <td>1,29</td> <td>0,69</td> <td>0,64</td> <td>0,35</td> </tr> </table>	h', cm	3,1	3,8	4,7	5,6	6,9	7,8	h, cm	7,9	7,2	6,3	5,4	4,1	3,2	F, N	1,61	1,5	1,40	0,80	0,75	0,50	F_{fr}, N	1,5	1,39	1,29	0,69	0,64	0,35		2,4 p.
h', cm	3,1	3,8	4,7	5,6	6,9	7,8																									
h, cm	7,9	7,2	6,3	5,4	4,1	3,2																									
F, N	1,61	1,5	1,40	0,80	0,75	0,50																									
F_{fr}, N	1,5	1,39	1,29	0,69	0,64	0,35																									
1.7.	Trasați pe hârtie milimetrică dependența forței de frecare de adâncimea cilindrului metalic în orificiu $F_{fr} = f(h)$. <p style="text-align: center;">$F_{fr}(h)$</p> 	1,0 p.	1,0 p.																												
1.8.	Trageți concluzii respective. Forța de frecare depinde de adâncimea, la care este introdus cilindru metalic în cavitate. În limitele erorii măsurărilor dependența are caracter liniar. Erori de măsurare apar deoarece: suprafețele cilindrului metalic și a cavității nu sunt omogene; indicațiile dinamometrului și stabilirea vizuală a acestuia pot să nu coincidă.	1,0 p.	1,0 p.																												

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 experimentală ORF 2019

clasa a 10

2.	Determinarea forței de frecare dintre suprafețele cilindrice utilizând căderea liberă a unei bile.		15,0 p.
2.1.	<p>Aranjați corpul 2 cu orificiul în plan vertical și fixați-l în stativ ca în p. 1.1. (vezi Fig. 2)</p> <p style="text-align: center;">1 2 • • • n</p> <p style="text-align: center;">Figura 2. Schema de efectuare a măsurătorilor pentru P. 2.</p>		
2.2.	<p>Introduceți cilindrului metalic în gaură la careva adâncime (inițial minim posibilă) și măăsurați cu rigla înălțimea H_1 de la capul cilindrului metalic până la capătului de sus al ulucului. $H_1 = 19,2\text{cm}$</p>	0,1 p.	0,1 p.
2.3.	<p>Dați drumul bilei să cadă liber de la marginea de sus a ulucului și să lovească în capul cilindrului metalic.</p>		
2.4.	<p>Măsurați din nou înălțimea H_2 de la capul cilindrului metalic până la capătul de sus al ulucului</p>	0,1 p.	0,1 p.
2.5.	<p>Determinați lungimea $\Delta h = H_2 - H_1$ la care s-a adâncit cilindrul metalic și lungimea h a cilindrului metalic aflată în orificiu. $H_1 = 19,6\text{cm}$ $H_2 = 20,5\text{cm}$ $\Delta h = 0,5\text{cm}$</p>	0,1 p. 0,1 p. 0,1 p.	0,3 p.
2.6.	<p>Deduceți formula cu ajutorul căreia se poate determina în acest caz forța de frecare dintre suprafețele cilindrice.</p> $mgH_2 = \frac{mv^2}{2} \rightarrow v^2 = 2gH_2 \rightarrow v = \sqrt{2gH_2}$ $m\vec{v} + M\vec{v}' = (m + M)\vec{u}$	1,0 p. 1,0 p.	4,5 p.

OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV

CHIȘINĂU, 22– 25 martie 2019

Proba experimentală ORF 2019

clasa a 10

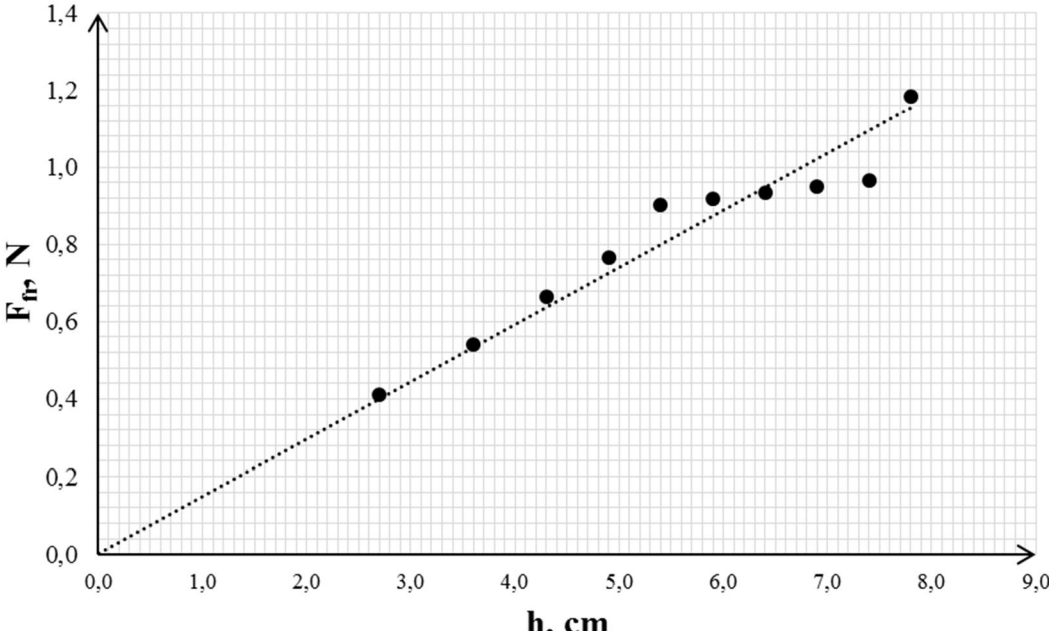
	$OY: mv = (m + M)u$ $u = \frac{m\sqrt{2gH_2}}{m + M}$ $L_{rez} = \frac{(m + M)u^2}{2}, L_{rez} = [F_{fr} - (m + M)g] \Delta h$ $\frac{(m + M)u^2}{2} = [F_{fr} - (m + M)g] \Delta h$ $F_{fr} = \frac{(M + m)u^2}{2\Delta h} + (m + M)g, F_{fr} = \left(\frac{u^2}{2g\Delta h} + 1 \right) (m + M)g$ $F_{fr} = \left(\frac{m^2 2gH_2}{2g\Delta h(m + M)^2} + 1 \right) (m + M)g$ $F_{fr} = \left(\left(\frac{m}{m + M} \right)^2 \frac{H_2}{\Delta h} + 1 \right) (m + M)g$	1,0 p.																																																								
		0,5																																																								
		1,0 p.																																																								
2.7.	Utilizând măsurătorile efectuate în pp. 2.2, 2.4, 2.5 și valorile mărimilor m și M , determinați forța de frecare. $m + M = 18,1g, (m + M)g = 18,1 \cdot 10^{-3} g \cdot 9,81m/s^2$ $\frac{m}{m + M} = \frac{5,1}{16,1} = 0,28, \left(\frac{m}{m + M} \right)^2 = 0,08$ $F_{fr} = \left(0,08 \cdot \frac{H_2}{\Delta h} + 1 \right) \cdot 0,18$	0,5 p.	0,5 p.																																																							
2.8.	Repetăți (fără a scoate cilindrul metalic) pp. 2.3, 2.4, 2.5 și 2.7 încă de 4 – 6 ori.																																																									
2.9	Introduceți toate rezultatele obținute într-un tabel <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td>H_1, cm</td> <td>19,2</td> <td>20,5</td> <td>21,4</td> <td>22,0</td> <td>22,7</td> <td>23,2</td> <td>23,7</td> <td>24,2</td> <td>24,7</td> <td>25,2</td> </tr> <tr> <td>H_2, cm</td> <td>20,5</td> <td>21,4</td> <td>22,0</td> <td>22,7</td> <td>23,2</td> <td>23,7</td> <td>24,2</td> <td>24,7</td> <td>25,2</td> <td>25,6</td> </tr> <tr> <td>$\Delta h, cm$</td> <td>1,0</td> <td>0,9</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>0,5</td> <td>0,5</td> <td>0,4</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>h, cm</td> <td>2,7</td> <td>3,6</td> <td>4,2</td> <td>5,0</td> <td>5,4</td> <td>5,9</td> <td>6,4</td> <td>6,9</td> <td>7,3</td> <td>7,7</td> </tr> <tr> <td>F_{fr}, N</td> <td>0,41</td> <td>0,54</td> <td>0,75</td> <td>0,62</td> <td>1,1</td> <td>0,92</td> <td>0,93</td> <td>0,95</td> <td>1,16</td> <td>1,18</td> </tr> </tbody> </table>	H_1, cm	19,2	20,5	21,4	22,0	22,7	23,2	23,7	24,2	24,7	25,2	H_2, cm	20,5	21,4	22,0	22,7	23,2	23,7	24,2	24,7	25,2	25,6	$\Delta h, cm$	1,0	0,9	0,6	0,8	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	h, cm	2,7	3,6	4,2	5,0	5,4	5,9	6,4	6,9	7,3	7,7	F_{fr}, N	0,41	0,54	0,75	0,62	1,1	0,92	0,93	0,95	1,16	1,18		6,0 p.
H_1, cm	19,2	20,5	21,4	22,0	22,7	23,2	23,7	24,2	24,7	25,2																																																
H_2, cm	20,5	21,4	22,0	22,7	23,2	23,7	24,2	24,7	25,2	25,6																																																
$\Delta h, cm$	1,0	0,9	0,6	0,8	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4																																																
h, cm	2,7	3,6	4,2	5,0	5,4	5,9	6,4	6,9	7,3	7,7																																																
F_{fr}, N	0,41	0,54	0,75	0,62	1,1	0,92	0,93	0,95	1,16	1,18																																																

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 experimentală ORF 2019

clasa a 10

2.10	<p>Trasați pe hârtie milimetrice, și în acest caz, dependența $F_{fr} = f(h)$.</p> <p style="text-align: center;">$F_{fr}(h)$</p> 	1,0 p.	
2.11	<p>Deduceți formulele pentru erorile absolute și relative.</p> $F_{fr} = \left(\left(\frac{m}{m+M} \right)^2 \frac{H_2}{\Delta h} + 1 \right) (m+M)g, \quad \alpha = \left(\left(\frac{m}{m+M} \right)^2 \frac{H_2}{\Delta h} + 1 \right)$ $\varepsilon_{rel} = \frac{\Delta F_{fr}}{F_{fr}} = \frac{\Delta \alpha}{\alpha} + \frac{\Delta(m+M)}{(m+M)} + \frac{\Delta g}{g},$ $\Delta(m+M) = \Delta m + \Delta M$ $\frac{\Delta \alpha}{\alpha} = \frac{\Delta \left(\frac{m}{m+M} \right)^2}{\left(\frac{m}{m+M} \right)^2} + \frac{\Delta H_2}{H_2} + \frac{\Delta(\Delta h)}{\Delta h}$ $\Delta \left(\frac{m}{m+M} \right)^2 = 2 \left(\frac{m}{m+M} \right) \Delta \left(\frac{m}{m+M} \right)$ $\frac{\Delta \left(\frac{m}{m+M} \right)}{\left(\frac{m}{m+M} \right)} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta(m+M)}{m+M} + \frac{\Delta g}{g}$	0,2 p.	1,0 p.
		0,1	
		0,1	
		0,1	
		0,1	
		0,1	

OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV

CHIȘINĂU, 22– 25 martie 2019

Proba experimentală ORF 2019

clasa a 10

	$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = 2\left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta m + \Delta M}{m + M}\right) + \frac{\Delta H_2}{H_2} + \frac{\Delta(\Delta h)}{\Delta h}$ $\varepsilon_{rel} = \frac{\Delta F_{fr}}{F_{fr}} = 2\left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta m + \Delta M}{m + M}\right) + \frac{\Delta H_2}{H_2} + \frac{\Delta(\Delta h)}{\Delta h} + \frac{\Delta(m + M)}{(m + M)} + \frac{\Delta g}{g}$ $\varepsilon_{rel} = \frac{\Delta F_{fr}}{F_{fr}} = 2\frac{\Delta m}{m} + 3\frac{(\Delta m + \Delta M)}{(m + M)} + \frac{\Delta H_2}{H_2} + \frac{\Delta(\Delta h)}{\Delta h} + \frac{\Delta g}{g}$ <p>Eroarea absolută $\Delta F_{fr} = \varepsilon_{rel} \cdot F_{fr}$</p>	0,1	
2.12	<p>Calculați pentru o adâncime a cilindrului metalic erorile relativă ε_{rel} și absolută ΔF_{fr}. Scrieți rezultatul final.</p> <p>Calcule pentru $H_2 = 22,8\text{ cm}$, $\Delta h = 0,8\text{ cm}$, $m = 5,1\text{ g}$, $M = 11,0\text{ g}$, $\Delta(H_2) = 0,05\text{ cm}$, $\Delta(\Delta h) = 0,05\text{ cm}$, $\Delta m = 0,005\text{ g}$, $\Delta M = 0,005\text{ g}$, $\Delta g = 0,005\text{ m/s}^2$.</p> $\varepsilon_{rel} = \frac{\Delta F_{fr}}{F_{fr}} = 2\frac{0,005}{5,1} + 3\frac{0,01}{16,1} + \frac{0,05}{22,8} + \frac{0,05}{0,8} + \frac{0,005}{9,81} = 0,0867 = 8,67\%$ $\varepsilon_{rel} = 8,67\% \approx 8,7\%$ $\Delta F_{fr} = \varepsilon_r F_{fr} = (0,0867 \cdot 0,62)\text{ N} = 0,054\text{ N} \approx 0,06\text{ N}$ $F_{fr} = (0,62 \pm 0,06)\text{ N}$	0,20 p. 0,05 p. 0,05 p. 0,1 p. 0,1 p.	0,5 p.
2.13	<p>Trageți concluzii respective.</p> <p>Dependența forței de frecare de la adâncimea la care este introdus cilindrul de asemenea are caracter liniar, ca în cazul precedent. Această dreaptă confirmă din nou caracterul liniar al dependenței și descrie corect situația experimentală. După cum se vede prelungirea acestei drepte ajunge în originea coordonatelor și arată, că în al doilea caz măsurătorile forței de frecare sunt mai exacte.</p>	1,0 p.	1,0 p.

Orice altă soluție corectă, logică, în deplin acord cu legile fizicii și care permite obținerea unor rezultate asemănătoare va fi apreciată cu punctajul maximal.