

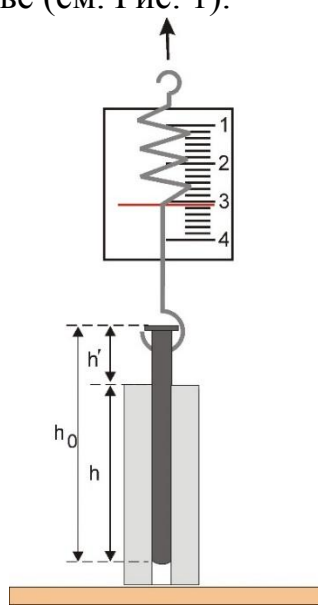
Министерство Образования, Культуры и Исследований Республики Молдова  
 Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию  
**LV РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**

КИШИНЁВ, 22– 25 марта 2019

**Экспериментальный тур РОФ 2019**

**10 класс**

*Лист для ответов*

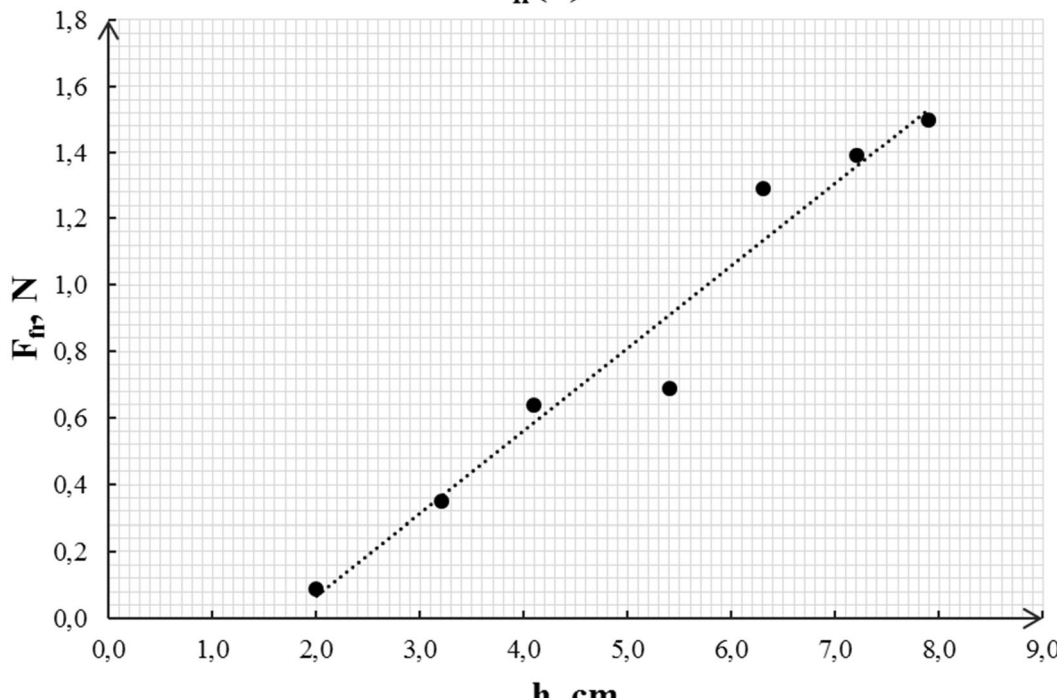
№	Решение		Суммарный балл
<p><b>Тема: Изучение силы трения между двумя концентрическими цилиндрическими поверхностями.</b></p> <p style="text-align: right;"><b>[20 баллов]</b></p>			
<b>1</b>	<b>Определение силы трения между цилиндрическими поверхностями при помощи динамометра</b>		<b>5,0 б.</b>
1.1.	<p>Аккуратно установите тело 1 в вертикальное положение и зафиксируйте на штативе (см. Рис. 1).</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Рисунок 1. Схема установки из П 1.</p>		
1.2.	<p>Измерьте линейкой длину металлического цилиндра, а затем опустите его на определённую глубину в отверстие. Измерьте длину выступающей части цилиндра <math>h'</math>. Определите длину части а находящейся в отверстии <math>h = h_0 - h'</math>:</p> <p><math>h' = 8,8 \text{ см}</math>    <math>h_0 = 11 \text{ см}</math>    <math>h = 2,2 \text{ см}</math></p>	<p><b>0,1 р.</b></p> <p><b>0,1 р.</b></p>	<b>0,2 р.</b>
1.3.	<p>Подвесьте металлический цилиндр к динамометру и потяните его медленно и равномерно вертикально вверх. Зафиксируйте максимальное показание динамометра в момент, когда цилиндр начинает движение.</p>		
1.4.	<p>Выполните измерения из пунктов 1.2 - 1.3 ещё 4 – 6 раз, каждый раз опуская металлический цилиндр в отверстие на различную глубину.</p>		

Министерство Образования, Культуры и Исследований Республики Молдова  
 Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию  
**LV РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**

КИШИНЁВ, 22– 25 марта 2019

**Экспериментальный тур РОФ 2019**

**10 класс**

<b>1.5.</b>	Запишите формулу для силы трения: $\vec{G} = M\vec{g}$ $\vec{F}_{din} + \vec{G} + \vec{F}_{fr} = 0$ $F_{fr} = F_{din} - Mg$ Рассчитайте её значение для каждой глубины.	<b>0,1 р.</b>  <b>0,2 р.</b>  <b>0,1 р.</b>	<b>0,4 р.</b>																												
<b>1.6.</b>	Запишите результаты измерений и вычислений в таблицу. Укажите единицы измерения. <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td><math>h', \text{см}</math></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><math>h, \text{см}</math></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><math>F, \text{Н}</math></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><math>F_{fr}, \text{Н}</math></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> </tbody> </table>	$h', \text{см}$	3,1	3,8	4,7	5,6	6,9	7,8	$h, \text{см}$	7,9	7,2	6,3	5,4	4,1	3,2	$F, \text{Н}$	1,61	1,5	1,40	0,80	0,75	0,50	$F_{fr}, \text{Н}$	1,5	1,39	1,29	0,69	0,64	0,35		<b>2,4 р.</b>
$h', \text{см}$	3,1	3,8	4,7	5,6	6,9	7,8																									
$h, \text{см}$	7,9	7,2	6,3	5,4	4,1	3,2																									
$F, \text{Н}$	1,61	1,5	1,40	0,80	0,75	0,50																									
$F_{fr}, \text{Н}$	1,5	1,39	1,29	0,69	0,64	0,35																									
<b>1.7.</b>	Постройте на миллиметровой бумаге график зависимости силы трения от глубины, на которую опущен металлический цилиндр $F_{fr} = f(h)$ . <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <math>F_{fr}(h)</math>  </div>	<b>1,0 р.</b>	<b>1,0 р.</b>																												
<b>1.8.</b>	Запишите выводы. Сила трения зависит от глубины погружения цилиндра в отверстие. В пределах погрешности измерений зависимость носит линейный	<b>1,0 р.</b>	<b>1,0 р.</b>																												

Министерство Образования, Культуры и Исследований Республики Молдова  
 Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию  
**LV РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**

КИШИНЁВ, 22– 25 марта 2019

**Экспериментальный тур РОФ 2019**

**10 класс**

	характер. Ошибки измерения связаны: с неоднородностью поверхности цилиндра и отверстия; со сложностью установления момента взятия показания с динамометра.		
2.	<b>Определение силы трения между цилиндрическими поверхностями с помощью свободно падающего шарика</b>		<b>15,0 б.</b>
2.1.	<p>Установите тело 2 с отверстием вертикально и закрепите его на штативе аналогично пункту 1.1. (см. Рис. 2)</p> <p style="text-align: center;">Рисунок 2. Схема выполнения измерений в П. 2.</p>		
2.2.	Погрузите металлический цилиндр в отверстие на небольшую глубину. Измерьте линейкой высоту $H_1$ от верхнего края цилиндра до верхнего края желоба. $H_1 = 19,2\text{ см}$	<b>0,1 б.</b>	<b>0,1 б.</b>
2.3.	Плавно отпустите с верхнего края желоба металлический шарик так, чтобы он ударил по металлическому цилиндру.		
2.4.	Измерьте высоту $H_2$ от верхнего края цилиндра до верхнего края желоба	<b>0,1 б.</b>	<b>0,1 б.</b>
2.5.	Определите длину $\Delta h = H_2 - H_1$ на которую погрузился металлический цилиндр и длину цилиндра $h$ находящуюся в отверстии. $H_1 = 19,6\text{ см}$ $H_2 = 20,5\text{ см}$ $\Delta h = 0,5\text{ см}$	<b>0,1 б.</b> <b>0,1 б.</b> <b>0,1 б.</b>	<b>0,3 б.</b>
2.6.	<p>Выведите формулу для расчёта силы трения <math>F_{fr}</math> между цилиндрическими поверхностями для данного случая.</p> $mgH = \frac{mv^2}{2} \rightarrow v^2 = 2gH \rightarrow v = \sqrt{2gH}$	<b>1,0 б.</b>	<b>4,5 б.</b>

**Министерство Образования, Культуры и Исследований Республики Молдова**  
**Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию**  
**LV РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**

КИШИНЁВ, 22– 25 марта 2019

**Экспериментальный тур РОФ 2019**

**10 класс**

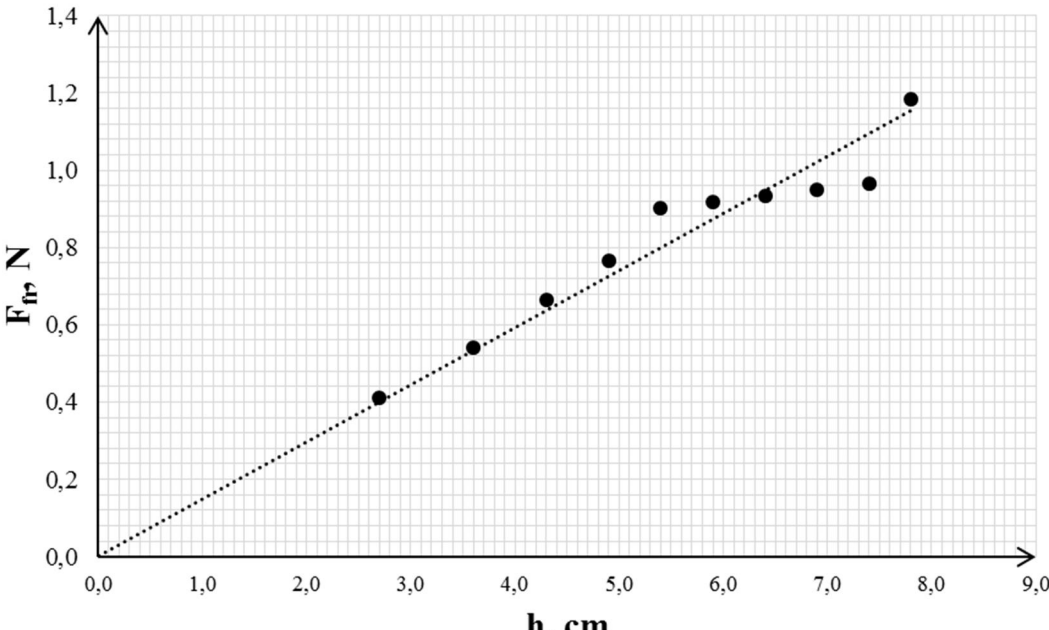
	$m\vec{v} + M\vec{v}' = (m + M)\vec{u}$ $OY: mv = (m + M)u$ $u = \frac{m\sqrt{2gH_2}}{m + M}$ $L_{rez} = \frac{(m + M)u^2}{2}, L_{rez} = [F_{fr} - (m + M)g]h$ $\frac{(m + M)u^2}{2} = [F_{fr} - (m + M)g]h$ $F_{fr} = \frac{(M + m)u^2}{2\Delta h} + (m + M)g, F_{fr} = \left(\frac{u^2}{2g\Delta h} + 1\right)(m + M)g$ $F_{fr} = \left(\frac{m^2 2gH}{2g\Delta h(m + M)^2} + 1\right)(m + M)g$ $F_{fr} = \left(\left(\frac{m}{m + M}\right)^2 \frac{H}{\Delta h} + 1\right)(m + M)g$	1,0 б.																																																								
		1,0 б.																																																								
		0,5																																																								
		1,0 б.																																																								
2.7.	Используя измерения, выполненные в пунктах. 2.2, 2.4, 2.5 и $m$ и $M$ , определите силу трения. $m + M = 16,1\text{г}, (m + M)g = 16,1 \cdot 10^{-3}\text{г} \cdot 9,81\text{м/с}^2$ $\frac{m}{m + M} = \frac{5,1}{16,1} = 0,32, \left(\frac{m}{m + M}\right)^2 = 0,10 F_{fr} = \left(0,10 \cdot \frac{H}{\Delta h} + 1\right) \cdot 0,16$	0,5 б.	0,5 б.																																																							
2.8.	<b>Не вытаскивая металлический цилиндр из отверстия</b> повторите пункты 2.3, 2.4, 2.5 и 2.7 ещё 4 – 6 раза.																																																									
2.9	Запишите результаты измерений и вычислений в таблицу. Укажите единицы измерения.																																																									
	<table border="1"> <tr> <td><math>H_1, \text{см}</math></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><math>H_2, \text{см}</math></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><math>\Delta h, \text{см}</math></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><math>h, \text{см}</math></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><math>F_{fr}, \text{Н}</math></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> </table>	$H_1, \text{см}$	19,2	20,5	21,4	22,0	22,7	23,2	23,7	24,2	24,7	25,2	$H_2, \text{см}$	20,5	21,4	22,0	22,7	23,2	23,7	24,2	24,7	25,2	25,6	$\Delta h, \text{см}$	1,0	0,9	0,6	0,8	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	$h, \text{см}$	2,7	3,6	4,2	5,0	5,4	5,9	6,4	6,9	7,3	7,7	$F_{fr}, \text{Н}$	0,41	0,54	0,75	0,62	1,1	0,92	0,93	0,95	1,16	1,18		6,0 р.
$H_1, \text{см}$	19,2	20,5	21,4	22,0	22,7	23,2	23,7	24,2	24,7	25,2																																																
$H_2, \text{см}$	20,5	21,4	22,0	22,7	23,2	23,7	24,2	24,7	25,2	25,6																																																
$\Delta h, \text{см}$	1,0	0,9	0,6	0,8	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4																																																
$h, \text{см}$	2,7	3,6	4,2	5,0	5,4	5,9	6,4	6,9	7,3	7,7																																																
$F_{fr}, \text{Н}$	0,41	0,54	0,75	0,62	1,1	0,92	0,93	0,95	1,16	1,18																																																

Министерство Образования, Культуры и Исследований Республики Молдова  
 Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию  
**LV РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**

КИШИНЁВ, 22– 25 марта 2019

**Экспериментальный тур РОФ 2019**

**10 класс**

<b>2.10</b>	<p>Постройте на миллиметровой бумаге график зависимости силы трения от глубины, на которую опущен металлический цилиндр <math>F_{fr} = f(h)</math>.</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <p><b><math>F_{fr}(h)</math></b></p>  </div>	<b>1,0 б.</b>	
<b>2.11</b>	<p>Выведите формулы для относительной <math>\varepsilon_{rel}</math> и абсолютной погрешностей <math>\Delta F_{fr}</math>.</p> $F_{fr} = \left( \left( \frac{m}{m+M} \right)^2 \frac{H}{\Delta h} + 1 \right) (m+M)g, \quad \alpha = \left( \left( \frac{m}{m+M} \right)^2 \frac{H}{\Delta h} + 1 \right)$ $\varepsilon_{rel} = \frac{\Delta F_{fr}}{F_{fr}} = \frac{\Delta \alpha}{\alpha} + \frac{\Delta(m+M)}{(m+M)} + \frac{\Delta g}{g},$ $\Delta(m+M) = \Delta m + \Delta M$ $\frac{\Delta \alpha}{\alpha} = \frac{\Delta \left( \frac{m}{m+M} \right)^2}{\left( \frac{m}{m+M} \right)^2} + \frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta(\Delta h)}{\Delta h}$ $\Delta \left( \frac{m}{m+M} \right)^2 = 2 \left( \frac{m}{m+M} \right) \Delta \left( \frac{m}{m+M} \right)$	<b>0,2 р.</b>	<b>1,0 б.</b>
		<b>0,1</b>	
		<b>0,1</b>	
		<b>0,1</b>	

Министерство Образования, Культуры и Исследований Республики Молдова  
 Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию  
**LV РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**

КИШИНЁВ, 22– 25 марта 2019

**Экспериментальный тур РОФ 2019**

**10 класс**

	$\frac{\Delta\left(\frac{m}{m+M}\right)}{\left(\frac{m}{m+M}\right)} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta(m+M)}{m+M} + \frac{\Delta g}{g}$ $\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = 2\left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta m + \Delta M}{m+M}\right) + \frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta(\Delta h)}{\Delta h}$ $\varepsilon_{rel} = \frac{\Delta F_{fr}}{F_{fr}} = 2\left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta m + \Delta M}{m+M}\right) + \frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta(\Delta h)}{\Delta h} + \frac{\Delta(m+M)}{(m+M)} + \frac{\Delta g}{g}$ $\varepsilon_{rel} = \frac{\Delta F_{fr}}{F_{fr}} = 2\frac{\Delta m}{m} + 3\frac{(\Delta m + \Delta M)}{(m+M)} + \frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta(\Delta h)}{\Delta h} + \frac{\Delta g}{g}$ <p>Абсолютная погрешность  <math>\Delta F_{fr} = \varepsilon_{rel} \cdot F_{fr}</math></p>	0,1	
		0,1	
		0,1	
		0,2	
2.12	<p>Вычислите значения относительной <math>\varepsilon_{rel}</math> и абсолютной <math>\Delta F_{fr}</math> погрешностей для одного измерения. Запишите конечный результат.</p> <p>Расчёты выполнены для <math>H_2 = 22,8\text{ см}</math>, <math>\Delta h = 0,8\text{ см}</math>, <math>m = 5,1\text{ г}</math>, <math>M = 11,0\text{ г}</math>,</p> <p><math>\Delta(H_2) = 0,05\text{ см}</math>, <math>\Delta(\Delta h) = 0,05\text{ см}</math>, <math>\Delta m = 0,005\text{ г}</math>, <math>\Delta M = 0,005\text{ г}</math>, <math>\Delta g = 0,005\text{ м/с}^2</math>.</p> $\varepsilon_{rel} = \frac{\Delta F_{fr}}{F_{fr}} = 2\frac{0,005}{5,1} + 3\frac{0,01}{16,1} + \frac{0,05}{22,8} + \frac{0,05}{0,8} + \frac{0,005}{9,81} = 0,0867 = 8,67\%$ $\varepsilon_{rel} = 8,67\% \approx 8,7\%$ $\Delta F_{fr} = \varepsilon_r F_{fr} = (0,0867 \cdot 0,62)\text{ Н} = 0,054\text{ Н} \approx 0,06\text{ Н}$ $F_{fr} = (0,62 \pm 0,06)\text{ Н}$	0,20 б.	0,5 б.
		0,05 б.	
		0,05 б.	
		0,1 б.	
		0,1 б.	
2.13	<p>Запишите выводы.</p> <p>Зависимость силы трения от глубины опускания металлического цилиндра носит линейный характер. Это прямая подтверждает линейный характер зависимости. Прямая может быть экстраполирована до начала координат, что говорит что во втором случае измерения выполнены с большей точностью.</p>	1,0 б.	1,0 б.