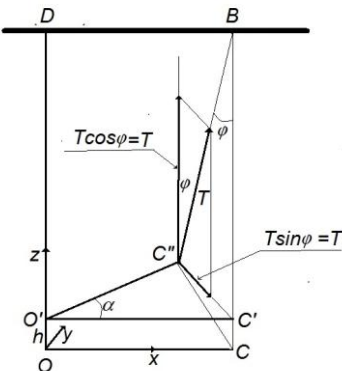


*Barem de evaluare și de notare*  
*Se punctează oricare altă modalitate de rezolvare corectă a problemei*

**Problema experimentală nr. 1 – Determinarea lungimii, a masei și a densității cu ajutorul cronometrului**

Nr. item	Sarcina de lucru nr. 1 – Deducerea expresiilor utile pentru rezolvarea problemei experimentale	Punctaj
1.a.	Pentru: expresia coordonatelor punctului $C''$ al locului în care este prins firul de ■ suspensie $C''(a \cdot \cos \alpha, a \cdot \sin \alpha, h)$	0,20p
1.b..	Pentru: deducerea expresiei unghiului $\varphi$ ■ $\varphi = \arcsin\left(\frac{2a}{L} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}\right)$ <i>Observație: pentru rezolvarea parțială a acestei sarcini de lucru se acordă numai 0,2p</i>	0,60p
1.c.	Pentru: determinarea expresiei unghiului $\varphi$ și pentru înălțimea $h$ , în cazul în care ■ unghiul $\alpha$ este suficient de mic $\varphi \cong r \cdot \alpha$  determinarea expresiei pentru înălțimea $h$ , în cazul în care unghiul $\alpha$ este suficient de mic ■ $\begin{cases} h \cong 2 \cdot L \cdot \left(\frac{\varphi}{2}\right)^2 \\ h \cong \frac{a^2 \cdot \alpha^2}{2 \cdot L} \end{cases}$ $h \cong 0$	0,40p
1.d.	Pentru: ■ deducerea expresiei volumului interior al cutiei goale $V = \pi \cdot L^3 \cdot r^2 \cdot p$  ■ deducerea expresiei masei cutiei goale $m = \pi \cdot L^3 \cdot \rho_0 \cdot r \cdot q \cdot \eta \cdot (r + 2p)$  deducerea expresiei momentului de inerție al cutiei goale ■ $\begin{cases} J = \pi \cdot a^2 \cdot t \cdot \rho \cdot \frac{a^2}{2} + 2\pi \cdot a \cdot b \cdot t \cdot \rho \cdot a^2 \\ J = \pi \cdot L^5 \cdot r^3 \cdot q \cdot \rho_0 \cdot \left(\frac{r}{2} + 2p\right) \cdot \eta \end{cases}$	0,60p

1.e.	<p>Pentru:</p> <p>determinarea expresiei masei cutiei în care s-au turnat <math>k</math> volume elementare de apă</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <math display="block">\begin{cases} m_k = m + \frac{\pi \cdot a^2 \cdot b}{N} \cdot \rho_0 \cdot k \\ m_k = \pi \cdot L^3 \cdot \rho_0 \cdot r \cdot \left[ q \cdot \eta \cdot (r + 2p) + p \cdot r \cdot \frac{k}{N} \right] \end{cases}</math> </li> </ul> <p>determinarea expresiei pentru momentul de inerție <math>J_k</math> al cutiei care conține un număr <math>k</math> întreg de volume elementare de apă</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <math>J_k = J</math> pentru oricare <math>k</math> </li> </ul> <p>Observație: Apa este considerată lichid ideal cu vîscozitate nulă; ea nu se rotește atunci cînd vasul care o conține este în mișcare de rotație. Momentul de inerție al cutiei rămîne <math>J</math>, oricare ar fi cantitatea de apă din interiorul său.</p>	0,40p
1.f.	<p>Pentru:</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">2T \cdot \cos \varphi = m_k \cdot g</math> <math display="block">T \cong \frac{m_k \cdot g}{2}, \text{ în cazul în care } \cos \varphi \cong 1</math> </div> </div> <p>expresia modului componentei din planul orizontal pentru fiecare dintre tensiuni</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <math display="block">\begin{cases} T \cdot \sin \varphi \cong T \cdot \varphi \\ T \cdot \sin \varphi \cong \frac{m_k \cdot g \cdot \varphi}{2} \end{cases}</math> </li> </ul> <p>expresia momentului fiecărei componente a tensiunii din fire conținută în planul orizontal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <math display="block">\begin{cases} M \cong \frac{m_k \cdot g \cdot \varphi}{2} \cdot a \cdot \sin \left( \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2} \right) \\ M \cong \frac{m_k \cdot g \cdot a}{2} \cdot \varphi \end{cases}</math> </li> </ul> <p>expresia momentului total determinat de componentele orizontale ale tensiunilor din fire <math>M_T = 2M</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <math display="block">\begin{cases} M_T \cong m_k \cdot g \cdot a \cdot \varphi \\ M_T \cong m_k \cdot g \cdot \frac{a^2}{L} \cdot \alpha \end{cases}</math> </li> </ul>	0,80p

1.g.	<p>Pentru:</p> <p>ecuația mișcării de rotație a cutiei</p> $J_k \cdot \ddot{\alpha} = -M_T$ <p>0,20p</p> $J_k \cdot \ddot{\alpha} + m_k \cdot g \cdot \frac{a^2}{L} \cdot \alpha = 0$ $J_k \cdot \ddot{\alpha} + \Omega^2 \cdot \alpha = 0$ <p>precizarea că ecuația descrie o oscilație armonică a mărimii unghiului <math>\alpha</math>, cu pulsația</p> <p>0,40p</p> $\Omega^2 = \frac{g}{L} \cdot \frac{q \cdot \eta \cdot (r + 2p) + p \cdot r \cdot \frac{k}{N}}{q \cdot \left(\frac{r}{2} + 2p\right) \cdot \eta}$	0,60p
1.h.	<p>Pentru:</p> <p>determinarea puterii la care apare <math>L</math> în expresia perioadei, <math>w = 1</math></p> <p>0,40p</p> $T_{oscil} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L \cdot q \cdot \left(\frac{r}{2} + 2p\right) \cdot \eta}{g \cdot \left[q \cdot \eta \cdot (r + 2p) + p \cdot r \cdot \frac{k}{N}\right]}}$	0,40p
Nr. item	<i>Sarcina de lucru nr. 2 – Măsurări</i>	
2.a.	<p>Pentru:</p> <p><i>Exemplu de răspuns:</i></p> $\bar{a} = 32 \text{ u.a}$ $\bar{b} = 100 \text{ u.a}$ $\bar{t} = 0,3 \text{ u.a.}$ $\bar{L} = 440 \text{ u.a}$ <p>0,30p</p> <p><i>Observație: Dacă rezultatele indicate de concurent nu sunt determinate din cel puțin trei măsurări se acordă doar 0,10p</i></p> $r = \frac{a}{L} \quad r = 7,0 \cdot 10^{-2}$ $p = \frac{b}{L} \quad p = 2,3 \cdot 10^{-1}$ $q = \frac{t}{L} \quad q = 6,8 \cdot 10^{-4}$ <p>0,30p</p> <p>mărima volumului materialului metalic al cutiei în unități arbitrare</p> <p><i>Exemplu de răspuns:</i></p> $V_m = \pi \cdot a \cdot t \cdot (a + 2b)$ $\left\{ \begin{array}{l} V_m = \pi \cdot (32 \text{ u.a.}) \cdot (0,3 \text{ u.a.}) \cdot (32 \text{ u.a.} + 2 \cdot 100 \text{ u.a.}) \\ V_m = 2,3 \cdot 10^4 (\text{u.a.})^3 \end{array} \right.$ <p>0,20p</p> <p><i>Observație: Dacă rezultatul nu se încadrează în intervalul <math>2,1 \cdot 10^4 (\text{u.a.})^3 \leq V_m \leq 2,5 \cdot 10^4 (\text{u.a.})^3</math>, atunci se acordă zero puncte</i></p>	0,80p

2.b.	<p>Pentru:</p> <p>mărima volumului cutiei în unități arbitrare</p> <p>Exemplu de răspuns:</p> $V = \pi \cdot a^2 \cdot b$ <div><div>▪</div><div><math display="block">\begin{cases} V = \pi \cdot 32^2 \cdot 100 (u.a.)^3 \\ V = 3,2 \cdot 10^5 (u.a.)^3 \end{cases}</math></div></div> <p>Observație: Dacă rezultatul nu se încadrează în intervalul <math>2,9 \cdot 10^5 (u.a.)^3 \leq V \leq 3,5 \cdot 10^5 (u.a.)^3</math>, atunci se acordă zero puncte</p>	0,20p																																																																																																																																																																																																																								
2.c.	<p>Pentru:</p> <p>mărima volumului elementar în unități arbitrare</p> <p>Exemplu de răspuns:</p> $v = \frac{\pi \cdot a^2 \cdot b}{N}$ <div><div>▪</div><div><math display="block">N = 30</math><math display="block">v = 1,1 \cdot 10^4 (u.a.)^3</math></div></div> <p>Observație: Dacă rezultatul nu se încadrează în intervalul <math>1,0 \cdot 10^4 (u.a.)^3 \leq v \leq 1,2 \cdot 10^4 (u.a.)^3</math>, atunci se acordă zero puncte</p>	0,20p																																																																																																																																																																																																																								
2.d.	<p>Pentru:</p> <p>perioadele de oscilație de rotație pentru cutia goală și pentru cutia în care s-au adăugat una sau mai multe volume elementare de apă</p> <table><tr><th>Nr. Crt.</th><th>volum apa</th><th>nr oscil</th><th colspan="5">timp măsurătoare</th><th>medie timp măsurat (s)</th><th>perioadă T (s)</th><th>T<sup>2</sup></th><th>4π<sup>2</sup>/T<sup>2</sup></th></tr><tr><th></th><th></th><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th></th><th></th><th></th><th></th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>10</td><td>12.84</td><td>12.75</td><td>12.88</td><td>12.63</td><td>12.72</td><td>12.764</td><td>1.2764</td><td>1.629197</td><td>24</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>10</td><td>11.34</td><td>11.37</td><td>11.44</td><td>11.22</td><td>11.16</td><td>11.306</td><td>1.1306</td><td>1.278256</td><td>30</td></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>10</td><td>10.28</td><td>10.38</td><td>10.29</td><td>10.37</td><td>10.31</td><td>10.326</td><td>1.0326</td><td>1.066263</td><td>37</td></tr><tr><td>3</td><td>3</td><td>10</td><td>9.6</td><td>9.66</td><td>9.65</td><td>9.65</td><td>9.69</td><td>9.65</td><td>0.965</td><td>0.931225</td><td>42</td></tr><tr><td>4</td><td>4</td><td>10</td><td>9.12</td><td>9.12</td><td>9.11</td><td>9.13</td><td>9.1</td><td>9.116</td><td>0.9116</td><td>0.831015</td><td>47</td></tr><tr><td>5</td><td>5</td><td>10</td><td>8.4</td><td>8.25</td><td>8.41</td><td>8.31</td><td>8.25</td><td>8.324</td><td>0.8324</td><td>0.69289</td><td>56</td></tr><tr><td>6</td><td>6</td><td>10</td><td>7.94</td><td>7.94</td><td>7.91</td><td>7.91</td><td>7.93</td><td>7.926</td><td>0.7926</td><td>0.628215</td><td>62</td></tr><tr><td>7</td><td>7</td><td>10</td><td>7.62</td><td>7.66</td><td>7.5</td><td>7.56</td><td>7.6</td><td>7.588</td><td>0.7588</td><td>0.575777</td><td>68</td></tr><tr><td>8</td><td>8</td><td>10</td><td>7.4</td><td>7.28</td><td>7.22</td><td>7.34</td><td>7.29</td><td>7.306</td><td>0.7306</td><td>0.533776</td><td>73</td></tr><tr><td>9</td><td>9</td><td>10</td><td>7</td><td>6.96</td><td>7.06</td><td>7.06</td><td>7.03</td><td>7.022</td><td>0.7022</td><td>0.493085</td><td>80</td></tr><tr><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>6.84</td><td>6.88</td><td>6.84</td><td>6.87</td><td>6.81</td><td>6.848</td><td>0.6848</td><td>0.468951</td><td>84</td></tr><tr><td>11</td><td>11</td><td>10</td><td>6.68</td><td>6.59</td><td>6.63</td><td>6.65</td><td>6.62</td><td>6.634</td><td>0.6634</td><td>0.4401</td><td>89</td></tr><tr><td>12</td><td>12</td><td>10</td><td>6.4</td><td>6.4</td><td>6.5</td><td>6.28</td><td>6.38</td><td>6.392</td><td>0.6392</td><td>0.408577</td><td>96</td></tr><tr><td>13</td><td>13</td><td>10</td><td>6.25</td><td>6.25</td><td>6.25</td><td>6.22</td><td>6.22</td><td>6.238</td><td>0.6238</td><td>0.389126</td><td>101</td></tr><tr><td>14</td><td>14</td><td>10</td><td>6.12</td><td>6.13</td><td>6.13</td><td>6.15</td><td>6.16</td><td>6.138</td><td>0.6138</td><td>0.37675</td><td>104</td></tr><tr><td>15</td><td>15</td><td>10</td><td>6.97</td><td>5.9</td><td>5.94</td><td>5.93</td><td>5.91</td><td>6.13</td><td>0.613</td><td>0.375769</td><td>105</td></tr></table> <div><div>▪</div><div></div></div> <p>Observații</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- se acordă doar 0,90p dacă sunt mai puțin de 10 seturi de date experimentale;</li><li>- se acordă 0,00p dacă sunt mai puțin de 5 seturi de date experimentale;</li><li>- se acordă tot punctajul pentru un set de date, dacă sunt cel trei măsurări pentru fiecare situație și se acordă doar jumătate din punctaj, dacă sunt mai puțin de trei măsurări pentru fiecare situație.</li></ul>	Nr. Crt.	volum apa	nr oscil	timp măsurătoare					medie timp măsurat (s)	perioadă T (s)	T <sup>2</sup>	4π <sup>2</sup> /T <sup>2</sup>				1	2	3	4	5					0	0	10	12.84	12.75	12.88	12.63	12.72	12.764	1.2764	1.629197	24	1	1	10	11.34	11.37	11.44	11.22	11.16	11.306	1.1306	1.278256	30	2	2	10	10.28	10.38	10.29	10.37	10.31	10.326	1.0326	1.066263	37	3	3	10	9.6	9.66	9.65	9.65	9.69	9.65	0.965	0.931225	42	4	4	10	9.12	9.12	9.11	9.13	9.1	9.116	0.9116	0.831015	47	5	5	10	8.4	8.25	8.41	8.31	8.25	8.324	0.8324	0.69289	56	6	6	10	7.94	7.94	7.91	7.91	7.93	7.926	0.7926	0.628215	62	7	7	10	7.62	7.66	7.5	7.56	7.6	7.588	0.7588	0.575777	68	8	8	10	7.4	7.28	7.22	7.34	7.29	7.306	0.7306	0.533776	73	9	9	10	7	6.96	7.06	7.06	7.03	7.022	0.7022	0.493085	80	10	10	10	6.84	6.88	6.84	6.87	6.81	6.848	0.6848	0.468951	84	11	11	10	6.68	6.59	6.63	6.65	6.62	6.634	0.6634	0.4401	89	12	12	10	6.4	6.4	6.5	6.28	6.38	6.392	0.6392	0.408577	96	13	13	10	6.25	6.25	6.25	6.22	6.22	6.238	0.6238	0.389126	101	14	14	10	6.12	6.13	6.13	6.15	6.16	6.138	0.6138	0.37675	104	15	15	10	6.97	5.9	5.94	5.93	5.91	6.13	0.613	0.375769	105	1,80p
Nr. Crt.	volum apa	nr oscil	timp măsurătoare					medie timp măsurat (s)	perioadă T (s)	T <sup>2</sup>	4π <sup>2</sup> /T <sup>2</sup>																																																																																																																																																																																																															
			1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																			
0	0	10	12.84	12.75	12.88	12.63	12.72	12.764	1.2764	1.629197	24																																																																																																																																																																																																															
1	1	10	11.34	11.37	11.44	11.22	11.16	11.306	1.1306	1.278256	30																																																																																																																																																																																																															
2	2	10	10.28	10.38	10.29	10.37	10.31	10.326	1.0326	1.066263	37																																																																																																																																																																																																															
3	3	10	9.6	9.66	9.65	9.65	9.69	9.65	0.965	0.931225	42																																																																																																																																																																																																															
4	4	10	9.12	9.12	9.11	9.13	9.1	9.116	0.9116	0.831015	47																																																																																																																																																																																																															
5	5	10	8.4	8.25	8.41	8.31	8.25	8.324	0.8324	0.69289	56																																																																																																																																																																																																															
6	6	10	7.94	7.94	7.91	7.91	7.93	7.926	0.7926	0.628215	62																																																																																																																																																																																																															
7	7	10	7.62	7.66	7.5	7.56	7.6	7.588	0.7588	0.575777	68																																																																																																																																																																																																															
8	8	10	7.4	7.28	7.22	7.34	7.29	7.306	0.7306	0.533776	73																																																																																																																																																																																																															
9	9	10	7	6.96	7.06	7.06	7.03	7.022	0.7022	0.493085	80																																																																																																																																																																																																															
10	10	10	6.84	6.88	6.84	6.87	6.81	6.848	0.6848	0.468951	84																																																																																																																																																																																																															
11	11	10	6.68	6.59	6.63	6.65	6.62	6.634	0.6634	0.4401	89																																																																																																																																																																																																															
12	12	10	6.4	6.4	6.5	6.28	6.38	6.392	0.6392	0.408577	96																																																																																																																																																																																																															
13	13	10	6.25	6.25	6.25	6.22	6.22	6.238	0.6238	0.389126	101																																																																																																																																																																																																															
14	14	10	6.12	6.13	6.13	6.15	6.16	6.138	0.6138	0.37675	104																																																																																																																																																																																																															
15	15	10	6.97	5.9	5.94	5.93	5.91	6.13	0.613	0.375769	105																																																																																																																																																																																																															
Nr. item	Sarcina de lucru nr. 3 – Prelucrarea datelor experimentale	Punctaj																																																																																																																																																																																																																								
3.a.	<p>Pentru:</p> <div><div>▪</div><div><math display="block">\left(\frac{2\pi}{T_{oscil}}\right)^2 = \frac{g}{L} \cdot \frac{p \cdot r}{q \cdot \left(\frac{r}{2} + 2p\right) \cdot \eta \cdot N} \cdot k + \frac{g}{L} \cdot \frac{(r + 2p)}{\left(\frac{r}{2} + 2p\right)}</math></div></div>	1,80p																																																																																																																																																																																																																								

$$\left(\frac{2\pi}{T_{\text{oscil}}}\right)^2 = A \cdot k + B$$

$$A = \frac{g}{L} \cdot \frac{p \cdot r}{q \cdot \left(\frac{r}{2} + 2p\right) \cdot \eta \cdot N}$$

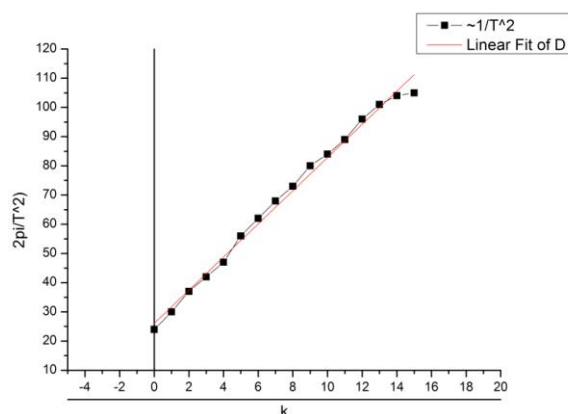
$$B = \frac{g}{L} \cdot \frac{(r + 2p)}{\left(\frac{r}{2} + 2p\right)}$$

0,20p

$k$	$\frac{4\pi^2}{T^2} (\text{s}^{-2})$
0	24
1	30
2	37
3	42
4	47
5	56
6	62
7	68
8	73
9	80
10	84
11	89
12	96
13	101
14	104
15	105

reprezentare grafică  $\left(\frac{2\pi}{T_{\text{oscil}}}\right)^2 = f(k)$

1,10p



$$A = 5,67 \text{ s}^{-2} \quad B = 26 \text{ s}^{-2}$$

Equation	$y = a + b \cdot x$		
Weight	No Weighting		
Residual Sum of Squares	80,16176		
Adj. R-Square	0,99222		
		Value	Standard Error
D	Intercept	26,05147	1,14243
	Slope	5,67647	0,12977

3.b.	<p>Pentru:</p> $L = \frac{g}{B} \cdot \frac{(r + 2p)}{\left(\frac{r}{2} + 2p\right)}$ <p>valoarea în metri a lungimii <math>L</math> a firului de suspensie</p> $\left\{ \begin{array}{l} L = \frac{(9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2})}{(26 \text{ s}^{-2})} \cdot \frac{(0,070 + 0,46) \text{ u.a.}}{(0,035 + 0,46) \text{ u.a.}} \\ L = 0,42 \text{ m} \\ L = 4,2 \cdot 10^{-1} \text{ m} \end{array} \right.$ <p>factorul de scală</p> $\left\{ \begin{array}{l} f = \frac{(0,42 \text{ m}) \cdot (1 \text{ u.a.})}{440 \text{ u.a.}} \\ f = 0,96 \cdot 10^{-3} \text{ m/a.u.} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} a = 0,32 \cdot (0,96 \text{ m}) \\ a = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ m} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} b = 100 \cdot 0,96 \times 10^{-3} \text{ m} \\ b = 96 \text{ mm} \\ b = 9,6 \cdot 10^{-2} \text{ m} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} t = 0,3 \cdot 0,96 \times 10^{-3} \text{ m} \\ t = 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ m} \end{array} \right.$	<p>0,50p</p> <p>0,20p</p> <p>0,30p</p>
3.c.	<p>Pentru:</p> $\eta = \frac{B}{A} \cdot \frac{p \cdot r}{(r + 2p)} \cdot \frac{1}{N \cdot q}$ $\eta = 6,9$ <p>masa materialului cutiei <math>m = \pi \cdot L^3 \cdot \rho_0 \cdot r \cdot q \cdot \eta \cdot (r + 2p)</math></p> $\left\{ \begin{array}{l} m = 48 \text{ g} \\ m = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \end{array} \right.$	<p>0,20p</p> <p>0,10p</p> <p>0,10p</p>
3.d.	<p>Pentru:</p> <p>densitatea materialului cutiei <math>\rho = \eta \cdot \rho_0</math></p> $\rho = 6,9 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ <p>volumul elementar al seringii <math>v = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot p}{N} \cdot L^3</math></p> $v = 11 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$	<p>0,20p</p> <p>0,10p</p> <p>0,10p</p>

3.e.	<p>Pentru:</p> <p>scrierea erorilor pentru măsurarea lungimii în unități arbitrare și a timpului cu cronometrul</p> <p>▪ <i>Observații: În scrierea erorilor pentru măsurarea lungimii în unități arbitrare se acceptă răspunsuri de tipul <math>0,2 \text{ u.a.} \div 0,5 \text{ u.a.}</math>. Eroarea la măsurarea timpului depinde de tipul de cronometru folosit. Se vor admite abateri ale datelor cu 10%.</i> 0,20p</p> <p>Justificarea pe scurt a răspunsului:</p> <p>▪ <i>Exemplu de răspuns:</i> 0,10p  <i>Eroarea crește cu creșterea cantității de apă, mai ales datorită creșterii momentului de inerție, deoarece apa nu este lichid ideal.</i></p>	0,30p
Punctaj total - Problema experimentală nr. 1		10p

© Barem de evaluare și de notare propus de:

Prof. Dr. Delia DAVIDESCU

Conf. Univ. Dr. Adrian DAFINEI