



Группа Р3114

К работе допущен 3.12.20 14:02

Студент Нуруллаев Даниил

Работа выполнена 3.12.20

Преподаватель

Отчет принят

Отчет по виртуальной лабораторной работе 1.07V

Маятник Максвелла

Цель работы.

- 1) Изучение динамики плоского движения твердого тела на примере маятника Максвелла
- 2) Проверка выполнения закона сохранения энергии маятника с учетом потерь на отражение и трение
- 3) Определение центрального осевого момента инерции маятника Максвелла

Объект исследования.

Маятник Максвелла

Рабочие формулы и исходные данные.

$$\frac{gt^2}{2} = \left(1 + \frac{I_c}{mr^2}\right) \Delta h,$$

$$\Delta_\alpha = 2\sigma_\alpha, \quad I_c = (\alpha - 1)mr^2$$

$$\begin{cases} \alpha = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i X_i}{\sum_{i=1}^N X_i^2}; \\ \sigma_\alpha = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \alpha X_i)^2}{(N-1) \sum_{i=1}^N X_i^2}}, \end{cases}$$

$$\delta_\alpha = \frac{\Delta_\alpha}{\alpha} \cdot 100\%. \quad I_{\text{теор}} = mR^2$$

$$I_c = (\alpha - 1)mr^2, \quad \Delta_\alpha = 2\sigma_\alpha$$

$$\begin{cases} E_{\text{кин},i} = \frac{1}{2}m \left(\frac{I_c}{mr^2} + 1 \right) \cdot v_i^2, \\ E_{\text{пот}} = mgH, \\ E_{\text{полн},i} = E_{\text{кин},i} + E_{\text{пот}}, \end{cases}$$

$$\frac{gt^2}{2} = \alpha \Delta h$$

$$\delta_\alpha = \frac{\Delta_\alpha}{\alpha} \cdot 100\%$$

Описание виртуальной установки

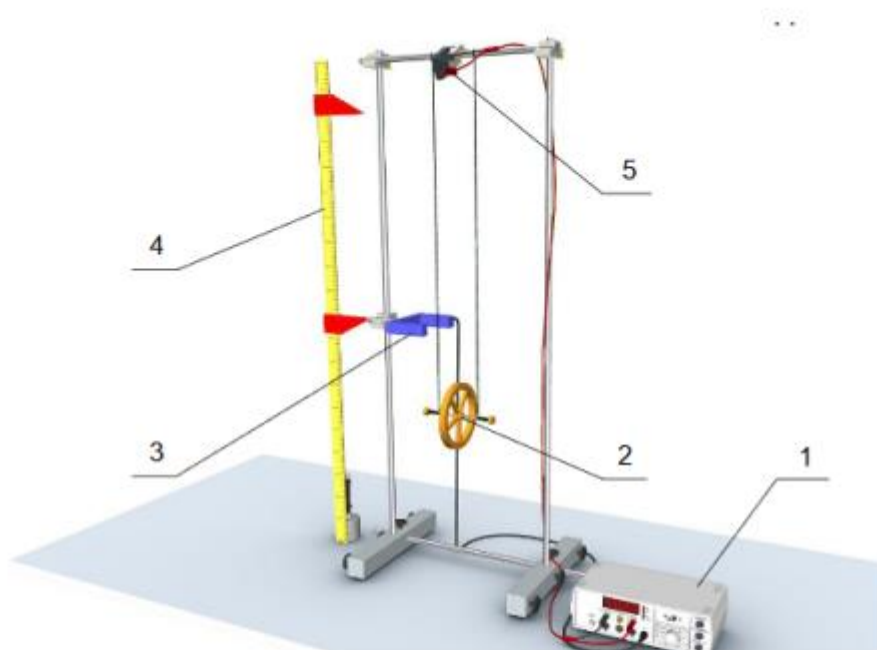


Рис. 2. Схема лабораторного стенда

1. Цифровой счетчик
2. Колесо (масса $m = 470$ г, радиус оси $r = 2,5$ мм, радиус маховика $R = 65$ мм)
3. Рамка с фотоэлементами
4. Вертикальная линейка (длина 100 см)
5. Пусковой механизм

Результаты прямых измерений и их обработки

Таблица 1.

		Высота, м						
$h_0 = 0,1$, м		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Время, мс	t_1	2615,6	3716,1	4554,8	5272,4	5898,6	6462,1	6973,7
	t_2	2615,4	3715	4561,9	5267,2	5896,5	6462,9	6980,9
	t_3	2611,9	3715,5	4556,1	5272,4	5898	6459,3	6982,4
	t_4	2612,5	3715,8	4563,4	5265,9	5891,3	6464	6982,4
	t_5	2612,6	3719,7	4562,2	5272,6	5893,1	6453,2	6973,2
Δh , м		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$\langle t \rangle$, с		2,61	3,72	4,56	5,27	5,90	6,46	6,98
$g \cdot \langle t \rangle^2 / 2$, м		33,54	67,82	102,08	136,37	170,66	204,92	239,12

Таблица 2.

		Высота, м						
$h_0 = 0,1$, м		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Время, мс	t_1	53,0	37,1	30,5	26,5	24,9	21,6	19,9
	t_2	81,0	44,2	33,8	28,5	25,1	22,6	20,8
	t_3	81,7	44,4	33,8	28,6	26,7	23,8	20,7
Скорость, м/с	v_1	0,094	0,13	0,16	0,19	0,20	0,23	0,25
	v_2	0,062	0,11	0,15	0,18	0,20	0,22	0,24
	v_3	0,061	0,11	0,15	0,17	0,19	0,21	0,24

Расчет результатов косвенных измерений

X _i * Y _i						
3,35	13,56	30,62	54,55	85,33	122,95	167,38
X _i ²						
0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^7 Y_i X_i}{\sum_{i=1}^7 X_i^2} = 341,25$$

$$\sigma_{\alpha} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 (Y_i - \alpha X_i)^2}{(7-1) \sum_{i=1}^7 X_i^2}} = 0,29$$

Центральный момент инерции маятника Максвелла:

$$I_c = (\alpha - 1) m r^2 = 0,001$$

Теоретический момент инерции маятника:

$$I_{\text{теор}} = m * R^2 = 0,00264$$

		Высота, м						
		0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
E _{кин} , Дж	t ₁	0,71	1,46	2,16	2,85	3,23	4,30	5,06
	t ₂	0,31	1,03	1,75	2,47	3,18	3,93	4,63
	t ₃	0,30	1,02	1,75	2,45	2,81	3,54	4,68
		Высота, м						
		0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
E _{пот} , Дж	t ₁	3,692	3,231	2,769	2,308	1,846	1,385	0,923
	t ₂	3,692	3,231	2,769	2,308	1,846	1,385	0,923
	t ₃	3,692	3,231	2,769	2,308	1,846	1,385	0,923
		Высота, м						
		0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
E _{полн} , Дж	t ₁	4,41	4,69	4,92	5,16	5,08	5,68	5,99
	t ₂	4,00	4,26	4,52	4,78	5,03	5,31	5,56
	t ₃	3,99	4,25	4,52	4,76	4,66	4,92	5,60

Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).

Абсолютная погрешность углового коэффициента:

$$\Delta_{\alpha} = 2\sigma_{\alpha} = 0.58629$$

Относительная погрешность углового коэффициента:

$$\delta_{\alpha} = \frac{\Delta_{\alpha}}{\alpha} \cdot 100\% = 0.172\%$$

Погрешность центрального момента инерции:

$$\Delta_I = \sqrt{\left(\frac{\partial((\alpha - 1)mr^2)}{\partial \alpha} \Delta_{\alpha}\right)^2 + \left(\frac{\partial((\alpha - 1)mr^2)}{\partial m} \Delta_m\right)^2 + \left(\frac{\partial((\alpha - 1)mr^2)}{\partial r} \Delta_r\right)^2}$$

$$\Delta_I = \sqrt{(mr^2 \Delta_{\alpha})^2 + ((\alpha - 1)r^2 \Delta_m)^2 + (2(\alpha - 1)mr \Delta_r)^2} = 8.3 \cdot 10^{-5}$$

$$\varepsilon_I = \frac{\Delta_I}{I_c} \cdot 100\% = 8.3\%$$

Графики

Екин

При t=1 y=-7.071x+6.36

При t=2 y=-6.957x+5.849

При t=3 y=-6.871x+5.8

Еполн

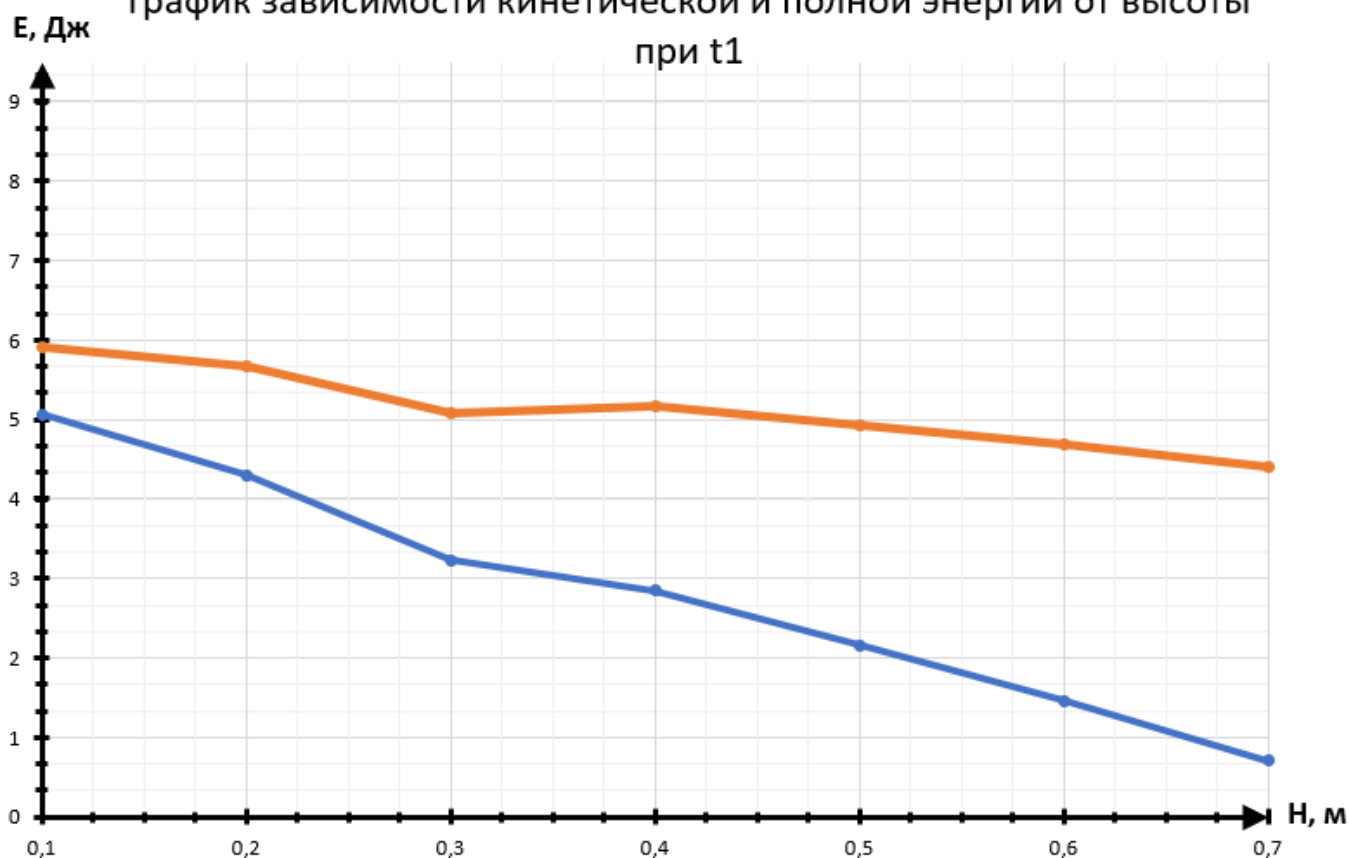
y = -2.457 t + 6.361

y = -2.604 t + 6.082

y = -2.254 t + 5.798

График зависимости кинетической и полной энергии от высоты при t1

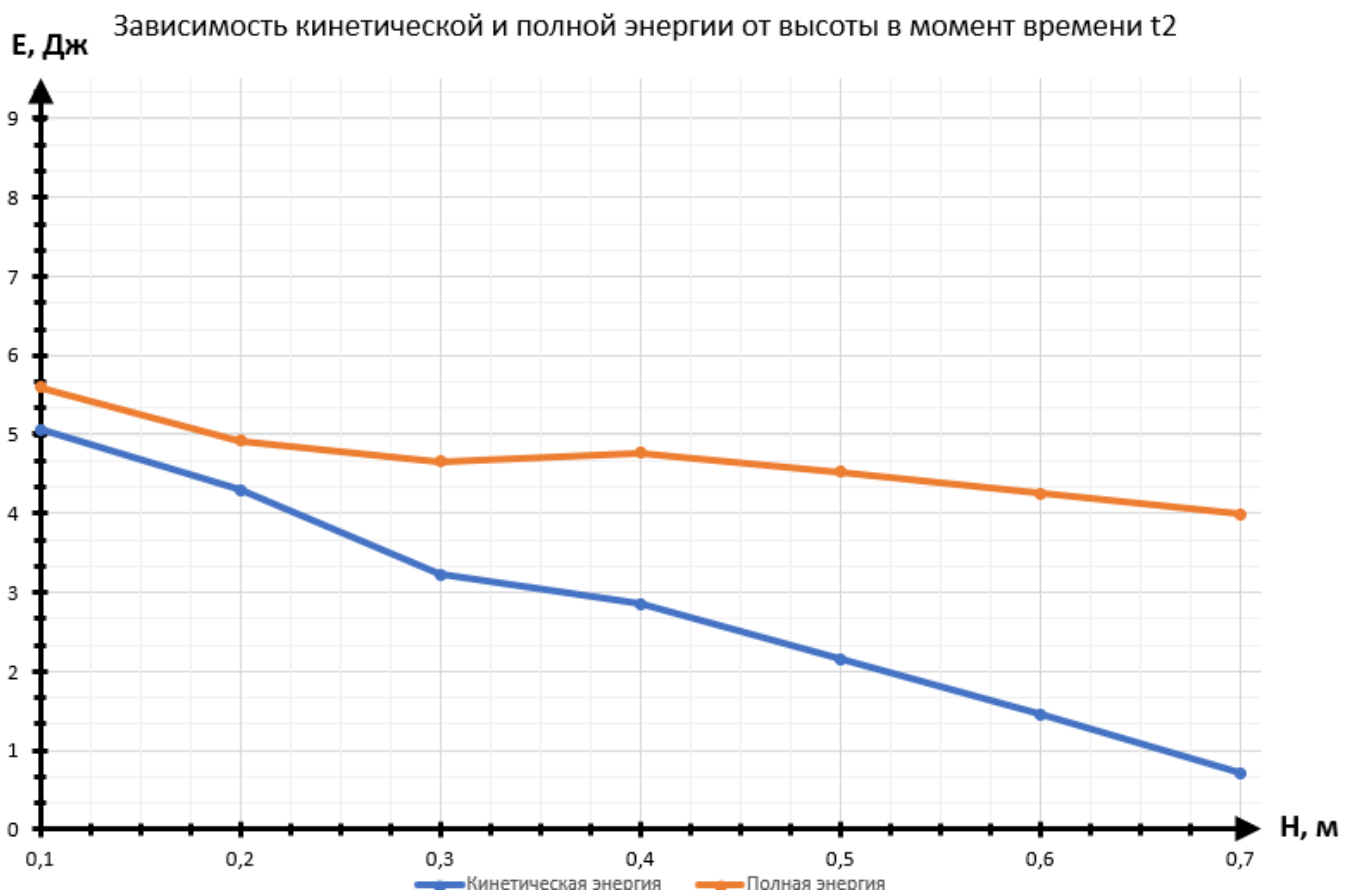
График зависимости кинетической и полной энергии от высоты при t1



Оранжевым цветом график Еполн

Синим цветом график Екин

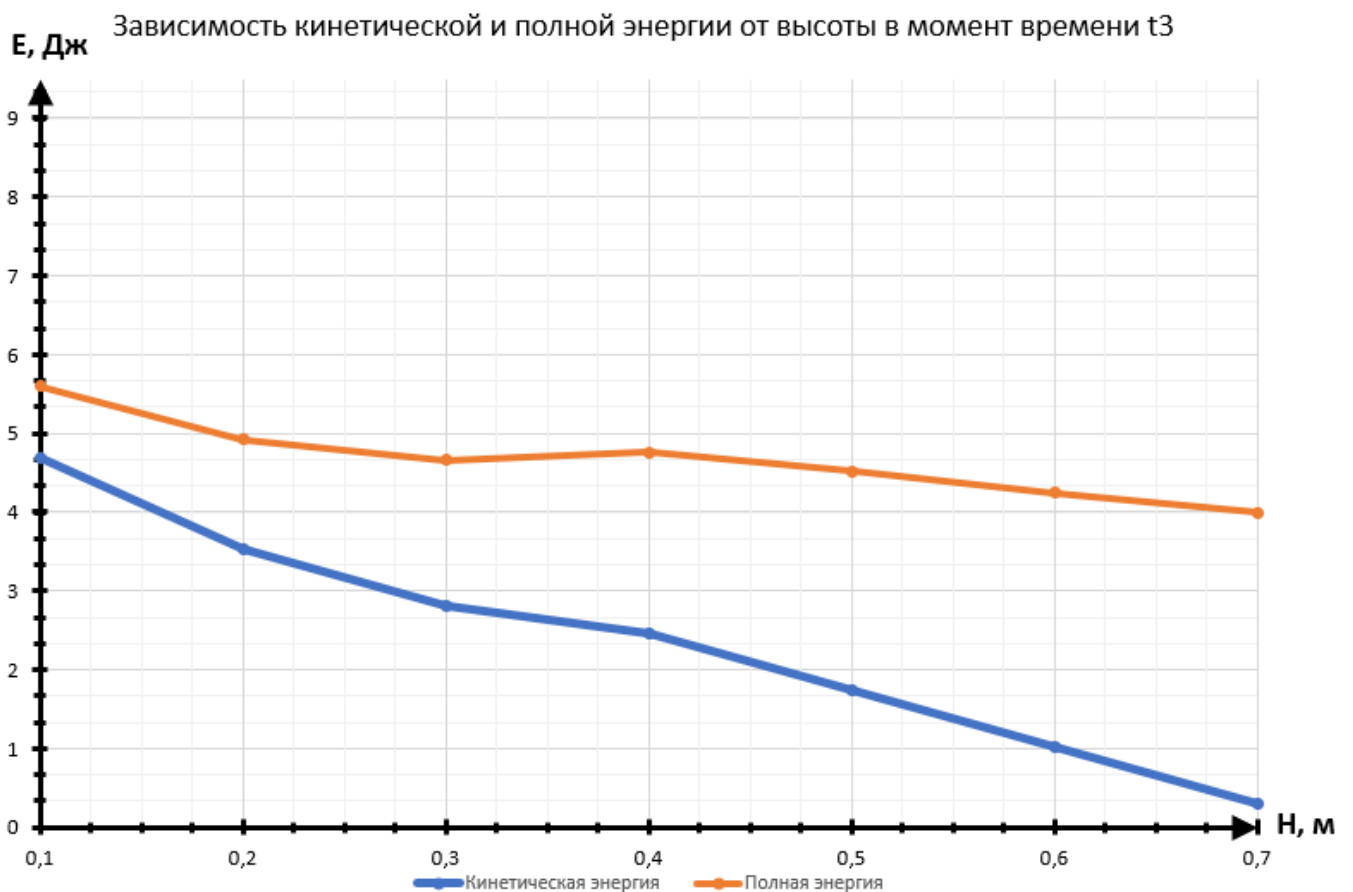
График зависимости кинетической и полной энергии от высоты при t_2



Оранжевым цветом график $E_{полн}$

Синим цветом график $E_{кин}$

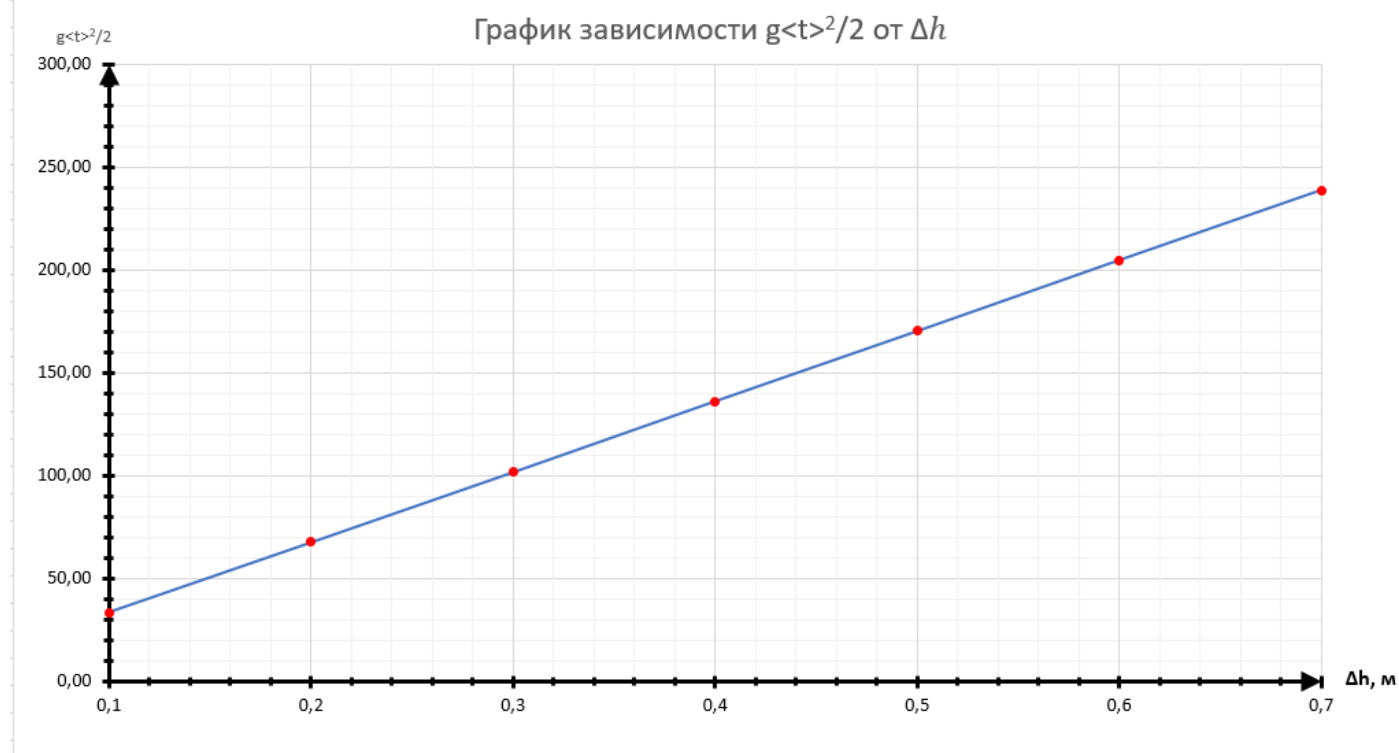
График зависимости кинетической и полной энергии от высоты при t_3



Оранжевым цветом график Еполн
Синим цветом график Екин

График зависимости $g\langle t \rangle^2/2$ от Δh

$$y = 342.686 t - 0.716$$



Окончательные результаты.

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^7 Y_i X_i}{\sum_{i=1}^7 X_i^2} = 341,25$$

$$I_{\text{теор}} = m * R^2 = 0,00264$$

$$I_c = (\alpha - 1)mr^2 = 0,001$$

$$\sigma_\alpha = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 (Y_i - \alpha X_i)^2}{(7-1) \sum_{i=1}^7 X_i^2}} = 0,29$$

$$\varepsilon_I = \frac{\Delta_I}{I_c} \cdot 100\% = 8.3\%$$

Выводы и анализ результатов работы.

В ходе проделанной работы удалось доказать работоспособность законов зависимости кинетической и полной энергии от положения маятника над поверхностью, а также выполнение закона сохранения полной механической энергии.

