



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА - Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино
Кафедра общенаучных дисциплин

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 8

«Определение ускорения свободного падения с помощью физического маятника»
по дисциплине
«Физика»

Выполнил студент группы Ф???-??-??
(учебная группа)

Аноним А.А.

Принял

Кандидат физико-математических наук

Белихов А.Б.

Лабораторные работы выполнены «??» ?? 20??г.

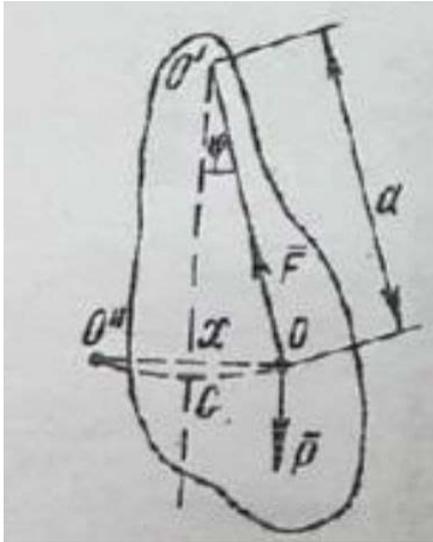
(подпись студента)

«Зачтено»
«??» ?? 20??г.

(подпись руководителя)

I. Теоретическое введение.

Физическим маятником называется тело, могущее совершать колебания около оси, смещенной относительно центра тяжести этого тела.



На рисунке изображён схематический физический маятник, колеблющийся в поле тяжести около горизонтальной оси O' перпендикулярной плоскости чертежа.

Если углы отклонения не превышает $5-6^\circ$, то маятник совершает гармонические колебания. Докажем это. Обратим внимание на то, что центр тяжести O маятника перемещается по дуге $O''CO$ окружности радиуса OO' , другие его точки – по дугам окружностей соответствующих радиусов. Имеет место вращательное движение относительно оси O' .

Внешнее воздействие на маятник определяется моментами сил F и P , причём векторы сил приложены к центру тяжести тела.

Результирующий момент этих сил равен: $M = -Px$. (1)

Плечо для сил F равно нулю, поскольку линия действия силы пересекает ось O' . Плечо для силы P обозначено x . Знак минус поставлен потому, что момент силы действует в направлении уменьшения x .

Вращающий момент M создаёт угловое ускорение ε . Запишем второй закон динамики для вращательного движения

$$M = J\varepsilon \quad (2)$$

Здесь J – момент инерции физического маятника относительно оси вращения O' .

Угловым ускорение определяется:

$$\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad (3)$$

Объединим (3), (2) и (1). Получим:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\frac{P}{I}x \quad (4)$$

При углах отклонения до 6° справедливы соотношения:

$$\sin \varphi \approx \varphi; \varphi \approx \frac{x}{a} \quad (5)$$

где a – расстояние от центра тяжести до оси вращения.

Дифференцируем (5) и подставляем в (4). Имеем:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{Pa}{J}x \quad (6)$$

Решением дифференцированного уравнения (6) является:

$$x = x_0 \sin \sqrt{\frac{Pa}{J}} t$$

в чём можно убедиться, если дифференцировать (7) дважды и поставить в (6).

Следовательно, при малых отклонениях физического маятника он совершает гармоническое (синусоидальное) колебания.

Определим период колебания физического маятника. Для этого напомним формулу смещения для синусоидальных колебаний:

$$x = x_0 \sin \frac{2\pi}{T_\phi} t \quad (8)$$

Сравнивая уравнения (8) с (7) получим:

$$T_\phi = 2\pi \sqrt{\frac{1}{Pa}} \quad (9)$$

Или

$$T_\phi = 2\pi \sqrt{\frac{1}{mga}} \quad (10)$$

Уравнение (10) представляет собой формулу для периода колебания физического маятника. В нём m – масса физического маятника.

Математический маятник является частным случаем физического маятника, который представляет собой материальную точку, укрепленную на невесомой, нерастяжимой нити.

Момент инерции точки массы m относительно оси O' :

$$J = ml^2 \quad (11)$$

Вычислим период колебания математического маятника T_M . Для этого в (10) подставим (11). Имеем

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{ml^2}{mgl}}; T_m = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Сравнивая (12) с (10) даёт, если $T_M = T_\phi$:

$$l_{np} = \frac{J}{mP} \quad (13)$$

Формула (13) определяет так так называемую приведенную длину физического маятника (l_{np}). Приведённой длиной физического маятника называется длина такого математического маятника, который имеет период колебания, равный с физическим.

II. Описание аппаратуры и метода измерений.

Физическим маятником млужит однородный металлический стержень. Он, опираясь с помощью муфты на призмы, может совершать колебания в плоскости, параллельной стене, относительно горизонтальной оси O' . Ось вращения совпадает с ребрами опорных призм.

Момент инерции J стержня (без учета муфты) относительно оси определим, исходя из теоремы Штейна:

$$J = J_0 + ma^2 \quad (14)$$

где J_0 – момент инерции стержня относительно его центра тяжести; a – расстояние между осью вращения и центром тяжести, причем

$$J_0 = \frac{1}{12} mL^2$$

(15) где L – длина стержня.

Подставим (15) в (14), а (14) в (10). Получим, решая (10) относительно g :

$$g = \frac{n^2(L^2 + 12a^2)}{3a^2} \quad (16)$$

Измеряя период колебания физического маятника T_ϕ , длину стержня L и удаление выреза муфты от центра стержня a , можно вычислить по формуле (16) ускорение свободного падения g .

III. Обработка результатов измерения.

		Опыт 1			
		a	n	t	T
№ измерения	1	43,7 см 0,437 м	15	28,68	1,59
	2		15	28,43	1,53
	3		15	28,90	1,60
	4		15	28,73	1,59
	5		15	28,94	1,60
				Опыт 2	
		a	n	t	T
№ измерения	1	32,7 см 0,327 м	15	28,35	1,57
	2		15	28,26	1,57
	3		15	28,27	1,57
	4		15	28,30	1,57
	5		15	28,33	1,57
				Опыт 3	
		a	n	t	T
№ измерения	1	19,6 см 0,196 м	15	27,90	1,95
	2		15	27,85	1,54
	3		15	28,10	1,56
	4		15	28,11	1,56
	5		15	27,99	1,55

Опыт 1

$$g_1 = \pi^2 \frac{(L^2 + 12a^2)}{3T_{cp}^2} \cdot i$$

$$g_1 = \frac{3,14^2 \times (1,07^2 + 12 \times 0,437^2)}{3 \times 0,437 \times 1,622^2} \approx 9,82$$

$$E_1 = \frac{2 \times 0,005}{3,14} + 2 \cdot i$$

$$\frac{+0,0005}{0,437} + \frac{2 \times 0,0074}{1,622} = 0,015$$

$$\Delta g = E \times g = 9,82 \times 0,015 = 0,1473$$

$$g_1 = 9,82 \pm 0,1473$$

Опыт 2

$$g_2 = \frac{3,14^2 \times (1,07^2 + 12 \times 0,327^2)}{3 \times 0,327 \times 1,57^2} \approx 9,9$$

$$E_2 = \frac{2 \times 0,005}{3,14} + 2 \times \text{мм}$$

$$g_2 = 9,9 \pm 0,1287$$

Опыт 3

$$g_3 = 3,14^2 \text{ мм}$$

$$E_3 = \frac{2 \times 0,005}{3,14} + 2 \times \text{мм}$$

$$\Delta g = E_g = 9,94 \times 0,017 = 0,17$$

$$g_3 = 9,94 \pm 0,17$$

Задача из задачника Чертова и Воробьёва
Задача 6.50

Условие:

Физический маятник представляет собой тонкий однородный стержень массой m с укрепленным на нем маленьким шариком массой m . Маятник совершает колебания около горизонтальной оси, проходящей через точку O на стержне. Определить период T гармонических колебаний маятника для случаев а, б, в, г, изображенных на рис. 6.8. Длина l стержня равна 1 м. Шарик рассматривать как материальную точку.

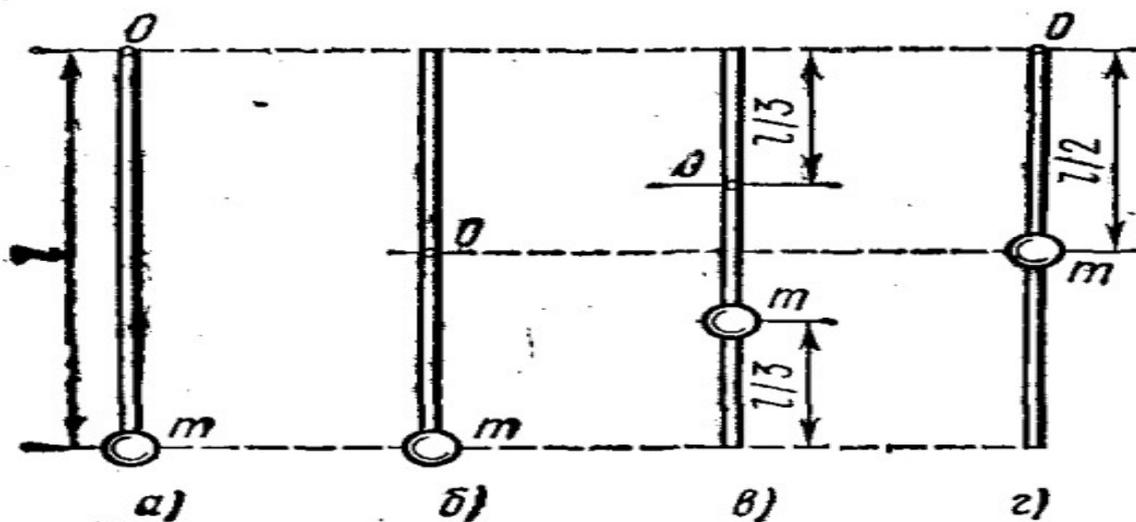


Рис. 6.8

Дано:

$l = 1 \text{ м}$

Решение:

Момент инерции физического маятника

$$J = M \cdot \frac{l^2}{3} + m \cdot \frac{l^2}{4}$$

$$J = l^2 \cdot \frac{(4M + 3m)}{12}$$

Период колебаний

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{J}{(M + m) \cdot g \cdot \frac{1}{2}}}$$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{(4M + 3m)}{(M + m)} \cdot \frac{1}{6g}}$$

$$T = 0.261 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{(4M + 3m)}{(M + m)}} \quad \text{с}$$

$T = ?$

$$T = 0.261 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{(4M + 3m)}{(M + m)}} \quad \text{с}$$

Ответ: