



Республиканская физическая олимпиада 2022 года (3 этап)

Экспериментальный тур

Решения задач 11 класс (для жюри)

Задания экспериментального тура данной олимпиады предоставляют для участников большие возможности для самостоятельного выбора параметров установок, диапазонов исследования, методов измерений. Иными словами – проявить свои творческие способности. Кроме того, результаты измерений сильно зависят от предоставленного оборудования, которое может различаться в разных областях нашей Республики.

Поэтому, относитесь к приведенным ниже результатам, как к ориентировочным. Желательно (или даже обязательно) провести собственные измерения. Поэтому здесь приводятся только основные теоретические положения и результаты некоторых измерений, полученные авторами данных заданий. Методы обработки результатов измерений являются в большинстве своем, стандартными, поэтому подробно не описываются.



11 класс

Задание 11-1. Подбери зависимость!

1. Результаты измерений зависимостей угла поворота жидкости от времени приведены в таблицах и соответствующих графиках.

Таблица 1. «Быстрое» вращение.

t, с	φ ,	φ/t	ω	$\ln \omega$
0	0			
2,33	1	0,43	0,458	-0,782
4,37	2	0,46	0,481	-0,732
6,49	3	0,46	0,409	-0,894
9,26	4	0,43	0,376	-0,978
11,81	5	0,42	0,326	-1,120
15,39	6	0,39	0,270	-1,308
19,21	7	0,36	0,239	-1,432
23,76	8	0,34	0,202	-1,597
29,09	9	0,31	0,156	-1,856
36,55	10	0,27	0,116	-2,154
46,32	11	0,24	0,274	

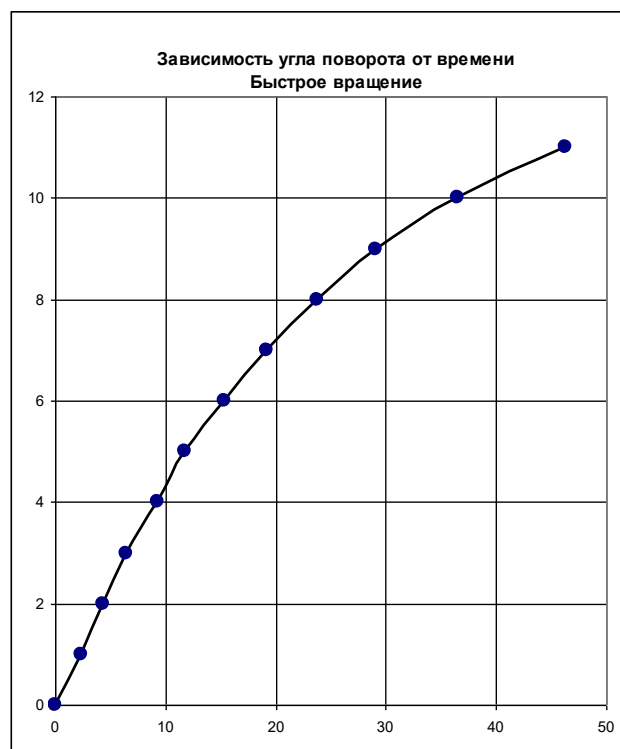


Таблица 2. «Медленное» вращение.

t, с	φ,	φ/t	ω	ln ω
	кол. об.			
0	0			
1,06	0,25	0,24	0,242	-1,421
2,07	0,5	0,24	0,281	-1,270
2,84	0,75	0,26	0,303	-1,194
3,72	1,00	0,27	0,281	-1,270
4,62	1,25	0,27	0,250	-1,386
5,72	1,5	0,26	0,221	-1,509
6,88	1,75	0,25	0,226	-1,486
7,93	2,00	0,25	0,200	-1,609
9,38	2,25	0,24	0,186	-1,683
10,62	2,50	0,24	0,193	-1,645
11,97	2,75	0,23	0,235	



В таблицах также посчитаны угловые скорости вращения воды в сосуде ω . Расчеты этой величины проведены по симметрично схеме:

$$\omega(t_k) = \frac{\varphi_{k+1} - \varphi_{k-1}}{t_{k+1} - t_{k-1}}$$

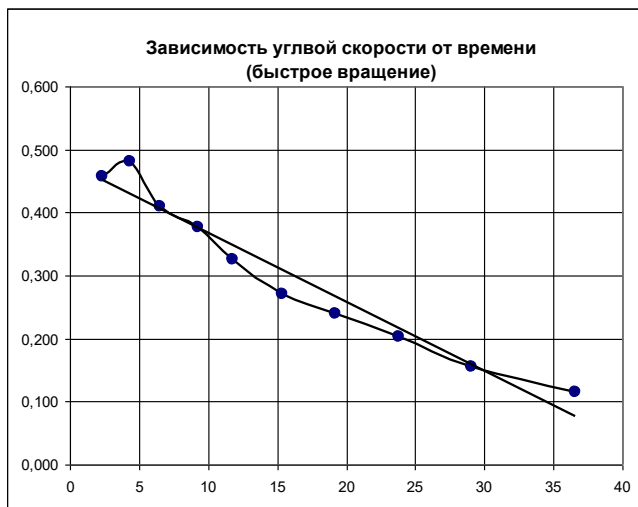
2. Чтобы выделить области применимости модели, полученные зависимости необходимо линеаризовать.

Так область применимости модели равномерного движения определяется видом построенных графиков: им соответствуют диапазоны, где эти зависимости можно считать линейными и проходящими через начало координат. С этой точки зрения для быстрого вращения является область первых 10 с. Для медленного вращения в пределах погрешности измерения такой областью можно считать весь временной диапазон.

Для проверки модели равноускоренного движения можно построить зависимость угловой скорости от времени, которая теоретически описывается линейной функцией

$$\omega = \omega_0 - \beta t.$$

Ниже приведены графики этих зависимостей.



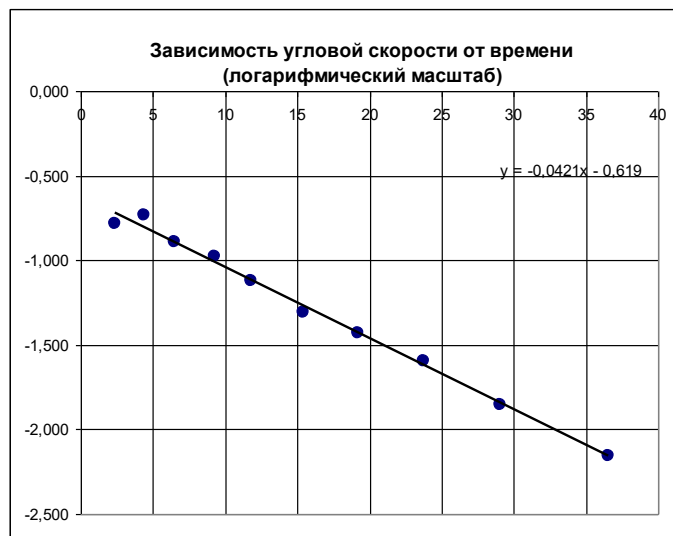
Из этих графиков следует, что:

При быстром вращении модель не применима потому, что четка видна нелинейность зависимости;

При медленном вращении малость изменения угловой скорости (вспомните, движение почти равномерное) не позволяет на фоне неизбежных ошибок измерения выделить линейный участок.

Для проверки модели экспоненциального затухания надо построить полученную зависимость в полупологарифмическом масштабе. Что сделано на следующем рисунке.

Этот график свидетельствует, что эта модель хорошо описывает быстрое движение жидкости практически во всем диапазоне.



3. Таким образом, быстрое вращение лучше всего описывается моделью экспоненциально затухания. Медленное вращение – моделью равномерного движения.

4. Параметр этой модели $\gamma = -0,042c^{-1}$ есть постоянная затухания. Погрешность найденного значения 8%. Наиболее наглядный смысл имеет обратная величина – имеющая смысл характерного времени затухания.

Экспериментальный тур.

11 класс. Решения задач. Бланк для жюри.

Задание 11-2. Знай свои деньги!

Часть 1. Теоретическая.

1.1 Не сложно показать, что если на груз математического маятника действует помимо силы тяжести еще одна постоянная сила, то период колебаний такого маятника описывается формулой

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{mg + F}} = \frac{T_0}{\sqrt{1 + \frac{F}{mg}}}. \quad (1)$$

Где T_0 - период колебаний того же маятника, но при отсутствии внешней силы.

1.2 Из формулы (1) следует, что отношение дополнительной силы к силе тяжести можно рассчитать по формуле

$$\frac{F}{mg} = \left(\frac{T_0}{T}\right)^2 - 1. \quad (2)$$

Эта формула и положена в основу данной работы.

Часть 2. Пробный эксперимент.

2.1 В работе удобно использовать бифилярный подвес поддона. Кроме того, следует прикрепить дополнительную диагональную нить, чтобы исключить поперечные колебания.

2.2 Для измерения отношения силы магнитного притяжения к силе тяжести следует воспользоваться формулой (2). Для этого надо с большой точностью измерить два периода колебаний – с магнитом и без него. Для повышения точности и правильной оценки погрешностей необходимо провести несколько измерений большого числа колебаний. Мы провели 5 измерений времен 20 колебаний. После стандартной обработки получены следующие значения:

$$T_0 = (0,936 \pm 0,08)c$$

$$T_1 = (0,628 \pm 0,07)c$$

Далее с помощью формулы (2) рассчитано отношение сил:

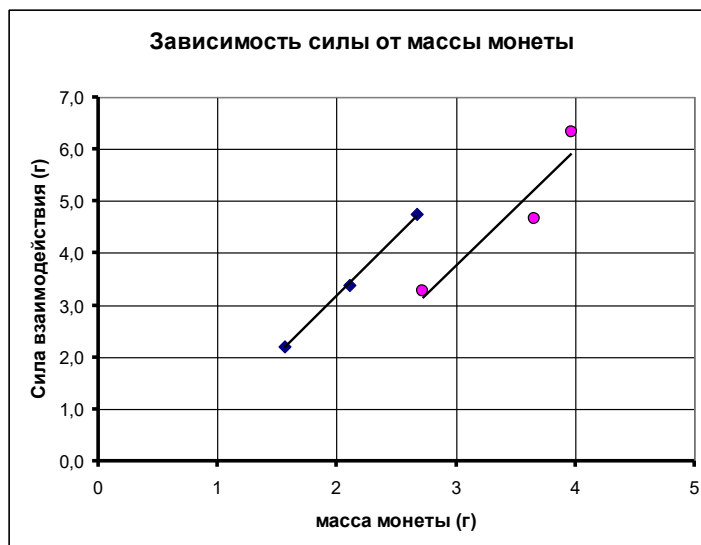
$$\frac{F}{mg} = 1,22 \pm 0,06$$

Часть 3. Взаимодействие монет с кольцевым магнитом.

3.1 Масса картонного поддона измерена с помощью правила рычага, в качестве которого использована линейка. Результат измерения $m_0 = 0,36g$.

3.2 Результаты измерения сил, действующих на различные монеты, приведены в следующей таблице. Рядом приведен график полученной зависимости.

Номинал, коп.	Масса (г)	F (г)
0	0,56	
1	1,56	2,205
2	2,11	3,379
5	2,67	4,744
10	2,72	3,278
20	3,66	4,658
50	3,97	6,319



Из построенного графика можно сделать следующие выводы:

3.3 Предположение о том, что сила притяжения пропорциональна объему (а, следовательно, и массе, не выполняется).

3.4 Так как для монет, изготовленных из разных материалов точки явно ложатся на разные кривые, следует, что различные сплавы, из которых сделаны монеты обладают разными магнитными свойствами.

Часть 4. Монетница.

Притяжение монетницы действует на расстоянии порядка 1 мм.

4.1 Силы, действующие на монеты разного достоинства, приведены в следующей таблице.

Номинал, коп.	масса	F, мН
10	2,72	0,737
20	3,66	1,35
50	3,97	2,11

4.2 И в этом случае нельзя считать, что магнитная сила пропорциональна объему монеты. Слишком маленькие силы не позволяют делать более обоснованные выводы.