

10 класс

Задача 1. Затухающие колебания

Часть 1.

Время в данной задаче нужно измерять по числу колебаний маятника. Можно заметить, что использование бифилярного подвеса значительно улучшает качество измерений, так как фиксирует плоскость колебаний маятника.

1.1. Добавляя в шарик определенные порции воды с помощью шприца, снимем зависимость $\tau(m)$. Данные приведены в таблице 1 для длины нити $l \approx 67$ см. Погрешность измерения массы определяется ценой деления шприца и накапливается с увеличением массы. Погрешность же измерения времени постоянна и равна половине периода.

Таблица 1.

τ/T	2	6	9	13	16	19	22	25	28	32	35
$m, \text{ г}$	2,4	5,4	8,4	11,4	14,4	17,4	20,4	23,4	26,4	29,4	32,4

1.2. Построив график полученной зависимости (рис. 4), убеждаемся что он линеен, и $\alpha = 1$. Из коэффициента наклона полученной прямой находим, что $k = (1,77 \pm 0,03) \text{ с/г}$.

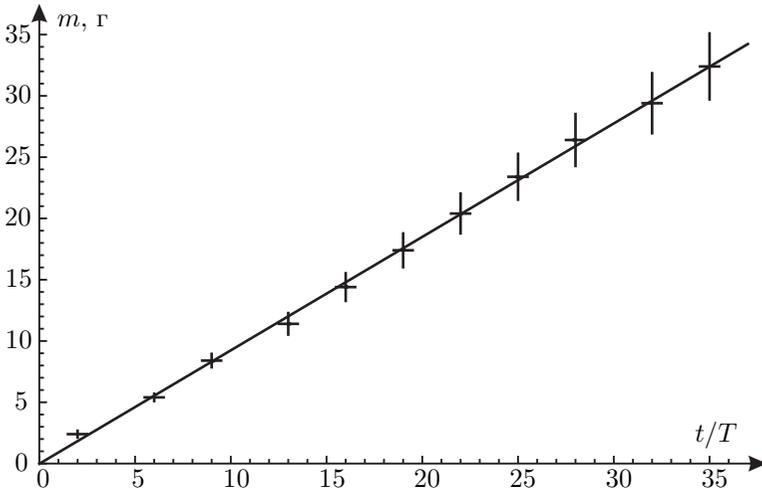


Рис. 4

Часть 2.

2.1. Снимем зависимость угловой амплитуды φ от времени.

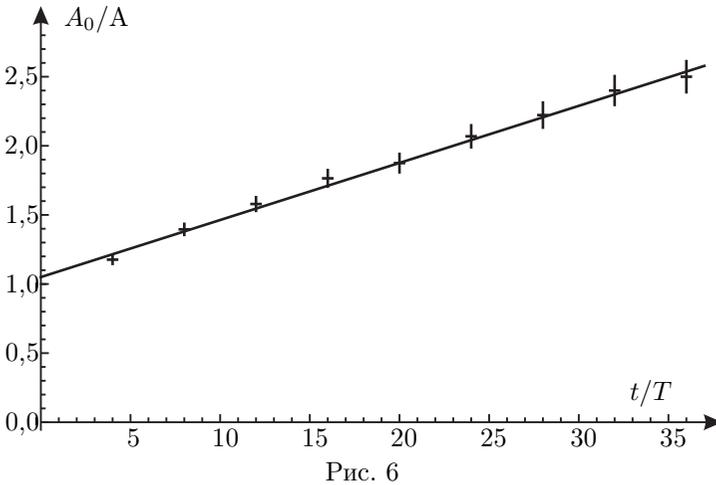
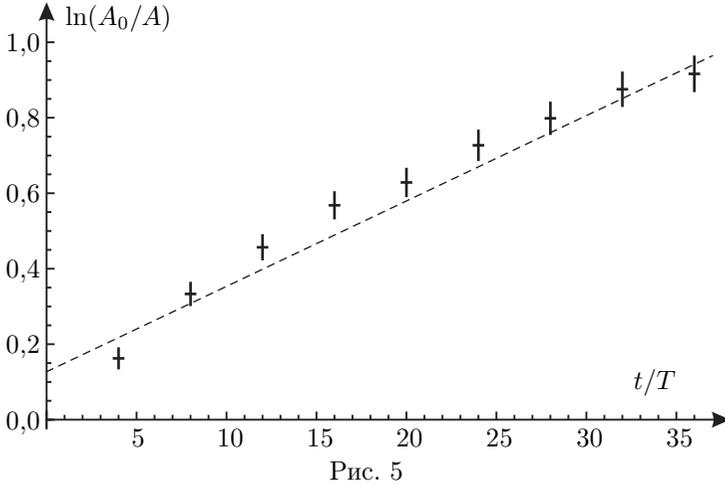
Таблица 2.

t/T	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
$\varphi, ^\circ$	60	51	43	38	34	32	29	27	25	24	22,5	21

2.2.1. Линеаризуем заданную в этом пункте зависимость. $\ln(A_0/A) = \delta t$. Построим график зависимости $\ln(A_0/A)$ от (t/T) (рис. 5).

Таблица 3.

t/T	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
$\ln(A_0/A)$	0,00	0,16	0,33	0,46	0,57	0,63	0,73	0,80	0,88	0,92



Как мы видим, полученная зависимость не является линейной. Но, даже если мы примем ее за линейную, оценив из графика значение $\eta \approx 2 \cdot 10^{-3}$ Па·с, мы обнаружим расхождение на два порядка с величиной, предложенной в условии. Следовательно, данная теория неприменима.

2.2.2. Линеаризуем заданную в данном пункте зависимость. $A_0/A = 1 + \beta A_0 t$. Построим график зависимости A_0/A от t/T (рис. 6).

Таблица 4.

t/T	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
A_0/A	1,00	1,18	1,40	1,58	1,76	1,88	2,07	2,22	2,40	2,50

Как мы видим, полученная зависимость линейна в пределах погрешности. Однако, для подтверждения теории необходимо проверить, что значение C_d лежит в заданном промежутке. Это значение мы можем вычислить из коэффициента наклона полученной прямой. $C_d = (0,88 \pm 0,02)$, что окончательно подтверждает применимость второй теории.

Задача 2. Диод Зенера

1. Для определения неизвестной ёмкости соединим последовательно конденсаторы неизвестной и известной ёмкостей и зарядим их от батарейки (рис. 7). После этого измерим напряжения на конденсаторах U_1 и U_2 . Через конденсаторы протёк заряд $q = C_1 U_1 = C_2 U_2$, откуда получаем ответ:

$$C_2 = C_1 \frac{U_1}{U_2} = 100 \text{ мкФ.}$$

2. Подключим мультиметр в режиме омметра к вольтметру постоянного тока и получим, что сопротивление вольтметра равно $R_V = 1 \text{ МОм}$ на всех пределах измерения.

3. Значение меньшего из сопротивлений измерим непосредственно мультиметром в режиме омметра, получим $R_1 = 10 \text{ кОм}$. Для измерения сопротивления другого резистора соединим вольтметр и этот резистор параллельно и подключим к омметру. Обозначим общее сопротивление $R_{\text{общ}}$. Получим, что сопротивление неизвестного резистора:

$$R_2 = \frac{R_V R_{\text{общ}}}{R_V - R_{\text{общ}}} = 10 \text{ МОм.}$$

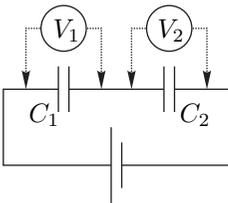


Рис. 7

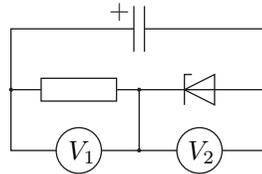


Рис. 8

4. Для того, чтобы снять вольтамперную характеристику диода Зенера (разг. стабилитрон), в качестве источника переменного напряжения используем предварительно заряженный конденсатор $C_1 = 1000 \text{ мкФ}$. Напряжение на

стабилитроне U_2 определяем с помощью параллельно подключенного вольтметра (рис. 8). Для определения тока используем балластный резистор $R_1 = 10$ кОм, на котором измеряем напряжение U_1 . Тогда ток, текущий через стабилитрон, равен:

$$I = \frac{U_1}{R_1} - \frac{U_2}{R_V}.$$

Эта формула учитывает то, что при некоторых напряжениях U_2 ток, текущий через стабилитрон, сравним с током, текущим через вольтметр U_2 .

Для увеличения диапазона можно в качестве источника использовать заряженный конденсатор с последовательно включенной батарейкой. Данные приведены в таблице, ВАХ — на рис. 9.

U_s , В	I_s , мкА						
-3,80	-188,9	-2,80	-9,6	0,00	0,0	0,59	21,3
-3,60	-107,4	-2,70	-6,8	0,46	0,6	0,60	29,6
-3,40	-62,0	-2,60	-4,7	0,47	0,8	0,63	71,7
-3,30	-46,4	-2,50	-3,2	0,48	1,1	0,64	97,9
-3,20	-34,9	-2,40	-2,1	0,50	1,8	0,65	133,9
-3,10	-25,3	-2,30	-1,4	0,52	3,2	0,66	182,9
-3,00	-18,6	-2,20	-0,9	0,54	5,5	0,67	254,9
-2,99	-17,9	-2,10	-0,5	0,55	7,2	0,68	344,7
-2,90	-13,3	-2,00	-0,4	0,57	12,8	0,69	474,0

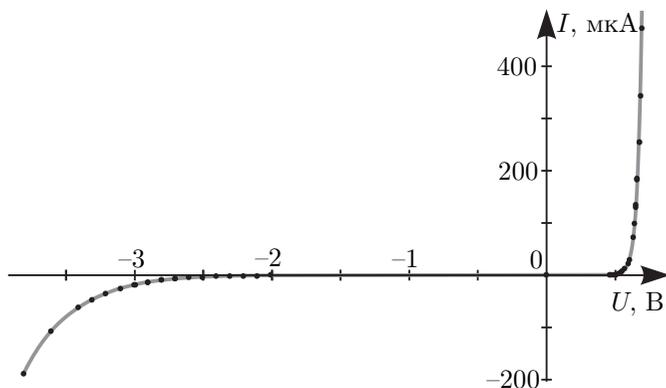


Рис. 9

Будем считать, что тока через стабилитрон больше нуля тогда, когда вывод с черной меткой подключен к «+» источника. В этом случае стабилитрон ведет себя как обыкновенный диод. В обратном направлении стабилитрон находится при напряжениях меньших напряжения стабилизации (для данного стабилитрона $U_S = 5,1$ В), поэтому, ВАХ имеет не характерный для стабилитрона вид.