



*Республиканская
физическая
олимпиада
(III этап)
2007 год*

*Экспериментальный тур
Решения задач*

10 класс.

Задание 1. «Лед и воздух»

Желательно при замораживании кубиков льда в каждый из них вложить кусочек нитки, за которую потом очень удобно привязывать образовавшийся кусочек льда. Масса грузика должна быть примерно равна массе кусочка льда – так маленький кусочек льда весит примерно 5-6 грамм. Также хорошо бы заранее просверлить небольшие отверстия в линейках – где и как описано в условии.

Нами использовалась гирька из набора массой 5,0 г.

Определение массы подвешенного груза с помощью уравновешенных весов не представляет труда: отношение масс обратно пропорционально отношению плеч. Измерять массу кусочка льда после падения каждой капли затруднительно, поэтому измерения (то есть уравновешивание линейки посредством перемещения точки подвеса груза) проводилось примерно после падения трех капель.

В таблице приведены результаты измерений и расчетов.

Таблица результатов измерений и расчетов.

Номер капли n	минуты	секунды	Время отрыва капли	Время образования капли t_k	Плечо грузика	Масса кусочка льда после падения капли	Рассчитанная масса m_{n-1}
0			0		367	4,61	
1	1	14	74	74	363	4,50	4,62
2	2	26	146	72	358	4,36	4,525
3	3	41	221	75			4,43
4	4	56	296	75	350	4,14	4,335
5	6	12	372	76			4,24
6	7	33	453	81			4,145
7	8	54	534	81			4,05
8	10	24	624	90	342	3,92	3,955
9	11	53	713	89			3,86
10	13	29	809	96	336	3,75	3,765
11	15	3	903	94			3,67
12	16	45	1005	102	329	3,56	3,575
13	18	28	1108	103			3,48
14	20	18	1218	110	322	3,37	3,385
15	22	7	1327	109			3,29
16	24	0	1440	113	315	3,17	3,195
17	25	57	1557	117			3,1
18	27	55	1675	118	306	2,92	3,005
19	29	52	1792	117			2,91
20	31	55	1915	123	299	2,73	2,815
21	33	46	2026	111			2,72
22	35	48	2148	122	291	2,51	2,625
23	37	53	2273	125			2,53
24	40	0	2400	127	283	2,29	2,435
25	42	11	2531	131			2,34
26	44	31	2671	140	275	2,06	2,245

Используя данные этой таблицы можно выполнить все требуемые задания.

На рис. 1 показана зависимость времен отрыва от номера капли.

Здесь проводить сглаживающую линию не следует – дробного числа капель не бывает!

Полученная зависимость не линейна – время образования капель возрастает, так как уменьшается приток теплоты из воздуха при уменьшении размера кусочка льда.

Зависимость же массы льдинки от числа упавших капель практически линейна Рис.2, что говорит о том, что все капли приблизительно одинаковы. Массу отдельной капли можно определить как коэффициент наклона этого графика. По данным, приведенным в таблице, масса одной капли равна $m_0 \approx 0,10\text{г}$.

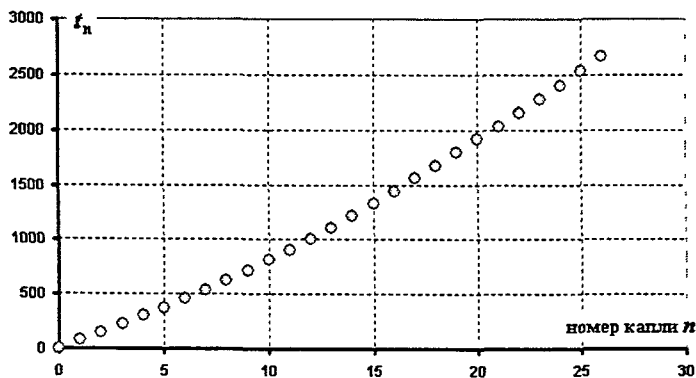


Рис. 1 Времена отрыва капель

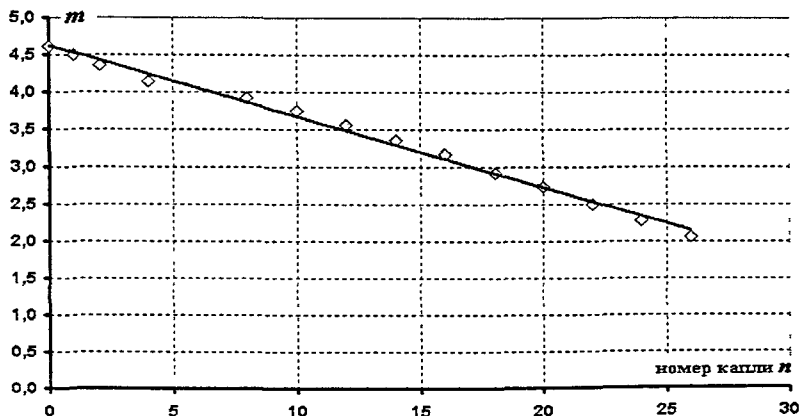


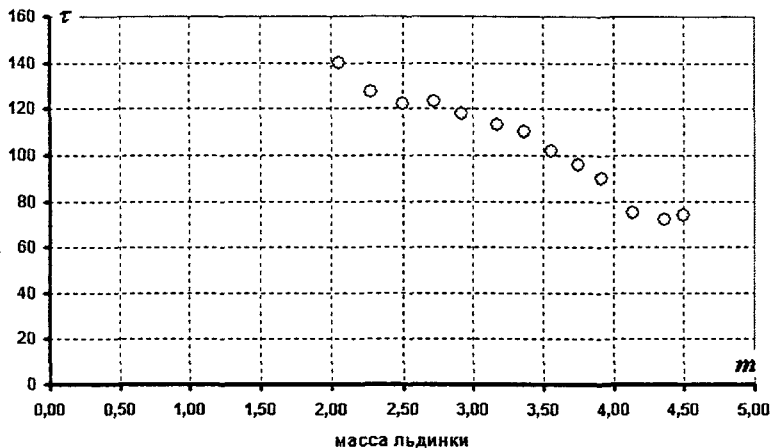
Рис. 2 Зависимость массы льдинки от числа упавших капель

Можно выдвинуть гипотезу, что поток теплоты от воздуха к капле пропорционален площади поверхности капли, которая приблизительно пропорциональна $q \approx Am^{2/3}$. Так на образование одной капли (постоянной массы) требуется одно и то же количество теплоты, то $Am^{2/3}\tau \approx const$, то есть

$$\tau = Cm^{-2/3}. \quad (1)$$

На рис. 4 представлен график зависимости времени образования капли от массы льдинки.

Рис. 4 Время образования капли от массы льдинки



Из-за значительного разброса проанализировать эту зависимость невозможно. Поэтому можно (и нужно) увеличить точность и число точек, если вместо измеренных масс, взять их значения, рассчитанные по полученной зависимости 2. Использование метода наименьших квадратов для этой зависимости приводит к линейной функции зависимости массы льдинки от числа упавших с нее капель

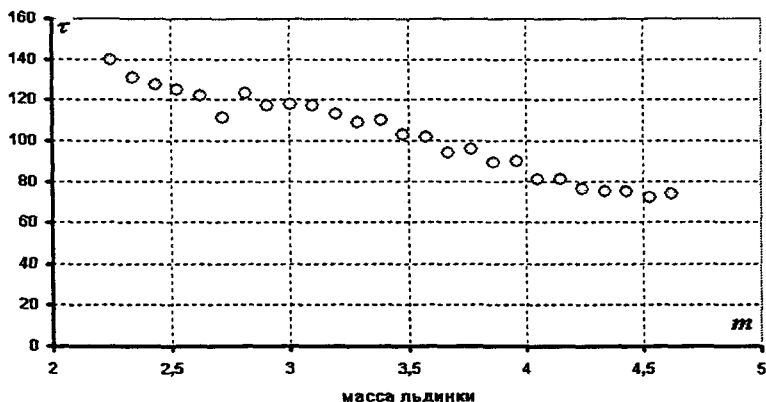
$$m_n = 4,62 - 0,095n \quad (2)$$

Теперь можно построить зависимость времени образования капли номер n от массы капли (рассчитанной) после падения предыдущей капли.

Результаты расчета такой зависимости приведены в последней колонке таблицы.

Построенный по этим данным график зависимости $\tau_n(m_{n-1})$ показан на рис. 5.

Рис. 5 Время образования капли от рассчитанной массы льдинки



Этот график более информативен, и его можно использовать для анализа применимости формулы (1). Для этого зависимость следует привести к линейному виду. Оптимальной, конечно является использование логарифмического масштаба, но можно использовать и другие методы линеаризации. После логарифмирования формулы (1) получим

$$\ln \tau = \ln C - \frac{3}{2} \ln m$$

На рис. 6 построена зависимость $\ln \tau$ от $\ln m$. Хорошо заметно, что на начальном этапе экспериментальные точки достаточно близки к прямой, коэффициент наклона которой приблизительно равен -1,5, что говорит о том, что предложенная модель достаточно корректно описывает экспериментальные данные на начальных этапах плавления. Возможно, что отклонение от нее на больших временах связаны с существенным изменением формы капли.

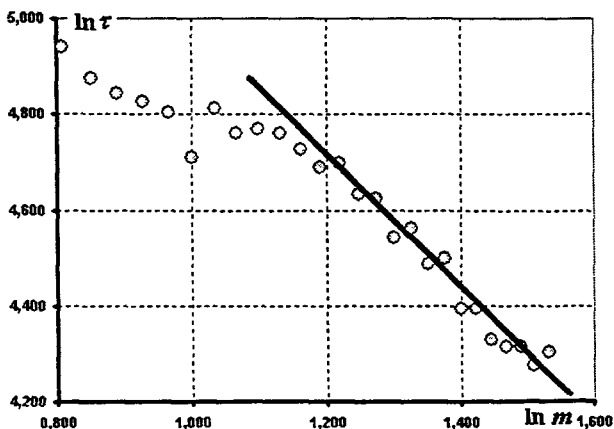


Рис. 6 Время образования капли, логарифмический масштаб

Задание 2. «Колебания стержня»

Задача не блещет оригинальностью поэтому ограничимся приведением результатов измерений построением требуемых графиков и небольшим комментарием. Тем более что формулы хорошо выполняются

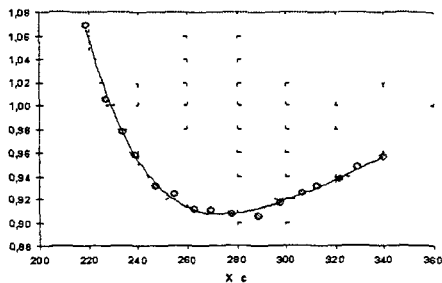
Дурацкий совет организаторам взвесьте половинку ластика на весах запомните результат и никому не говорите как вы его получили!

Колебания без груза вниз.

Таблица 1

X, с	Время 20 колебаний, с	Период, T, с	
10	19,15	19,09	0,96
21	19,01	18,89	0,95
28	18,71	18,78	0,94
37	18,7	18,56	0,93
43	18,53	18,48	0,93
52	18,3	18,38	0,92
61	18,14	18,1	0,91
72	18,19	18,11	0,91
80	18,22	18,2	0,91
87	18,2	18,26	0,91
95	18,59	18,39	0,92
103	18,59	18,65	0,93
111	19,23	19,07	0,96
116	19,62	19,47	0,98
123	20,09	20,11	1,01
131	21,37	21,37	1,07

Период колебаний маятника без груза



Колебания с грузом вниз

Таблица 2

X, с	Время 20 колебаний, с	Период, T, с	
15	21,61	21,7	1,083
27	21,3	21,16	1,062
38	21,03	20,93	1,049
47	20,82	20,75	1,039
54	20,62	20,66	1,032
61	20,49	20,39	1,022
72	20,35	20,25	1,015
82	20,13	20,11	1,006
91	19,84	19,82	0,992
100	19,81	19,81	0,991
108	19,59	19,62	0,980
117	19,53	19,57	0,978
129	19,72	19,78	0,988
140	19,93	19,95	0,997
147	20,1	20,03	1,003
153	20,38	20,32	1,018

Период колебаний маятника с грузом

