



## Республиканская физическая олимпиада 2023 года (3 этап)

### Экспериментальный тур

## *Решения задач 10 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 основные теоретические положения и результаты измерений, полученные авторами данных заданий. Методы обработки результатов измерений являются в большинстве своем, стандартными, поэтому подробно не описываются.



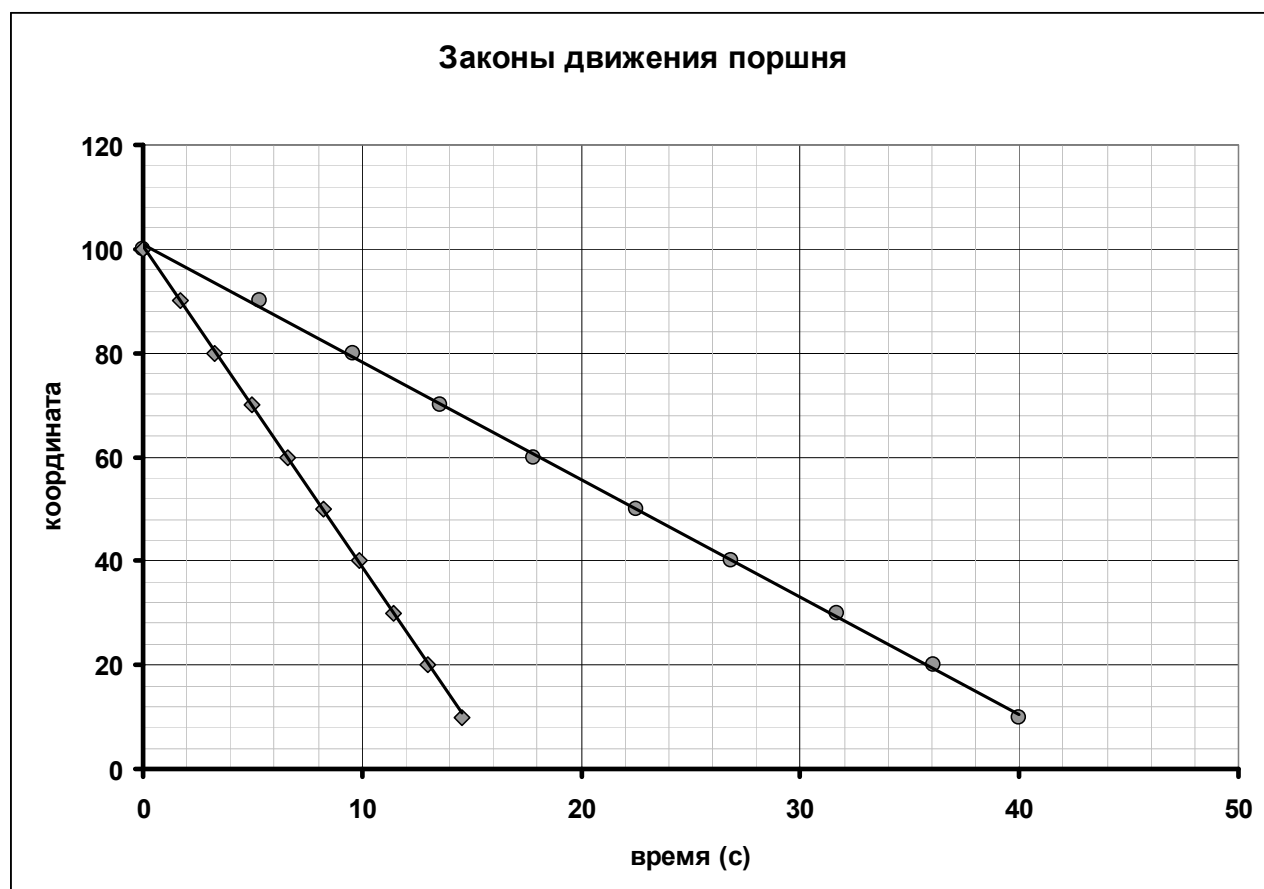
### Задание 10-1. Укол. Решение.

1. Результаты измерений времен прохождения меток шкалы для указанных масс грузов приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

m=	100 г				200 г			
X (y.e.)	t1	t2	t3	tcp	t1	t2	t3	tcp
100,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,000</b>	0,00	0,00	0,00	<b>0,000</b>
90,00	5,63	4,86	5,45	<b>5,313</b>	1,66	1,74	1,77	<b>1,723</b>
80,00	10,30	8,33	10,05	<b>9,560</b>	3,25	3,27	3,34	<b>3,287</b>
70,00	14,50	12,27	13,85	<b>13,540</b>	5,00	5,02	5,00	<b>5,007</b>
60,00	18,95	16,20	18,31	<b>17,820</b>	6,63	6,64	6,63	<b>6,633</b>
50,00	23,33	21,13	22,99	<b>22,483</b>	8,24	8,27	8,24	<b>8,250</b>
40,00	27,67	25,43	27,37	<b>26,823</b>	9,86	9,85	9,87	<b>9,860</b>
30,00	32,23	30,27	32,55	<b>31,683</b>	11,54	11,40	11,44	<b>11,460</b>
20,00	36,75	34,84	36,70	<b>36,097</b>	13,08	12,92	13,01	<b>13,003</b>
10,00	40,58	38,87	40,54	<b>39,997</b>	14,95	14,31	14,36	<b>14,540</b>
0,00	43,55	42,15	43,49	<b>43,063</b>	15,68	15,41	15,68	<b>15,590</b>

2. Графики зависимостей координаты от времени показаны на рисунке. Графики построены по средним значениям времен.



Так как графики являются прямыми линиями, то движение поршня с достаточной точностью можно считать равномерным.

Скорости движения численно равны коэффициентам наклона. Значения этих скоростей, рассчитанные по методу наименьших квадратов, и их погрешности оказались следующими:

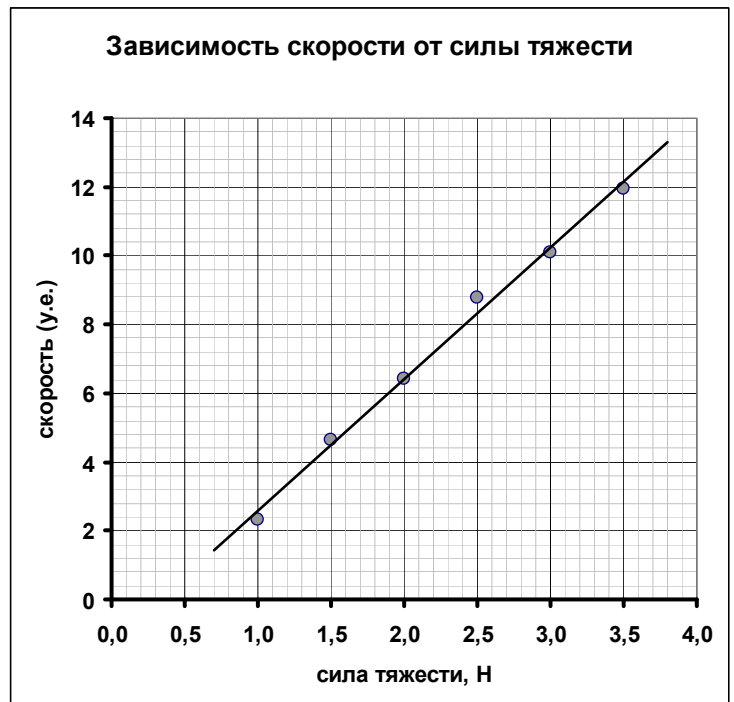
$$\text{Для } m = 100\text{г: } v = (2,30 \pm 0,01) \frac{\text{y.e.}}{\text{с}}$$

$$\text{Для } m = 200\text{г: } v = (6,18 \pm 0,06) \frac{\text{y.e.}}{\text{с}}$$

Таким образом, в обоих случаях относительная погрешность измерения скорости меньше 1%.

3. Результаты измерения средних (по 5 измерениям) времен движения поршня  $t$  при различных значениях масс грузов приведены в таблице 2. В последнем столбце таблицы приведены значения скоростей движения поршня, рассчитанные по формуле  $v = \frac{100}{t}$ .

m, г	t, с	V, y.e./с	mg, Н
100	43,063	2,322	1,00
150	21,567	4,637	1,50
200	15,590	6,414	2,00
250	11,410	8,764	2,50
300	9,903	10,098	3,00
350	8,360	11,962	3,50



Полученная зависимость линейна, но не прямо пропорциональная.

4. Теоретическая модель может быть построена на следующих положениях:

- Скорость протекания воды через иглку пропорциональна разности давлений на концах канала иглы, поэтому давление жидкости в шприце пропорционально скорости вытекания жидкости;
- Давление воды полностью определяется силой тяжести подвешенных грузов, т.к. гидростатическим давлением воды в шприце можно пренебречь;
- Поршень движется равномерно, поэтому сила тяжести, действующая на поршень, уравновешивается силой трения, действующей на поршень, и силой давления жидкости. Эти рассуждения приводят к следующей зависимости скорости от массы подвешенного груза

Экспериментальный тур.

10 класс. Решения задач. Бланк для жюри.

$$v = C(mg - F_{mp.}) \quad (1)$$

5. По экспериментальной зависимости  $v(mg) = amg + b$  с помощью метода наименьших квадратов определяем параметры этой зависимости:

$$a = (3,8 \pm 0,3) \frac{M}{c \cdot H}$$

$$b = -(1,2 \pm 0,7) \frac{M}{c}$$

Сравнивая с формулой, получим, что значение силы трения, лежит в интервале

$$F_{mp.} = \frac{b}{a} = (0,32 \pm 0,17)H .$$

Не смотря на кажущуюся высокую точность измерений, погрешность последнего результата превышает 50%!

## Задание 10-2. Как измерить сопротивление раствора? Решение.

*Результаты измерений в данном задании могут заметно отличаться от приведенных ниже авторских значений: они зависят от типа мультиметра, концентрации раствора, используемых цилиндров. Поэтому перед проверкой работ настоятельно рекомендует провести эти измерения самостоятельно.*

### Часть 1. Измерения в тарелке.

1.1 Измерения напряжения можно провести в диапазонах 2V и 20V. В этих диапазонах и при обеих полярностях подключения показания одинаковы и равны  $U = 0,47 В$ .

1.2 Показания мультиметра в различных диапазонах приведены в Таблице 1. Измерения оказалось возможным провести только при одной полярности подключения.

Таблица 1.

Диапазон измерения	2К	20К	200К	2М	20М
Показания кОм	-0,37	-4,0	-33	-320	-3180

Можно заметить, что показания возрастают примерно пропорционально верхней границе диапазона измерения.

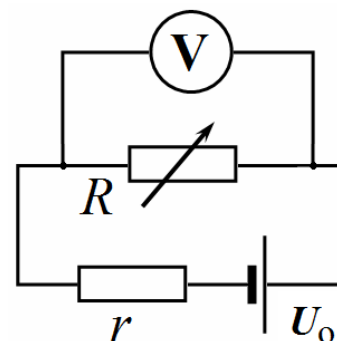
1.3 Показания мультиметра в режиме омметра практически не зависят от расстояния между цилиндрами.

1.4 Возможная схема измерения сопротивления приведена на рисунке. Значение измеряемого напряжения рассчитывается по формуле

$$U = \frac{U_0}{R + r} R. \quad (1)$$

Обычно используется большое внутренне сопротивление  $r \gg R$ , поэтому

$$R = \frac{U}{U_0} r \quad (2)$$



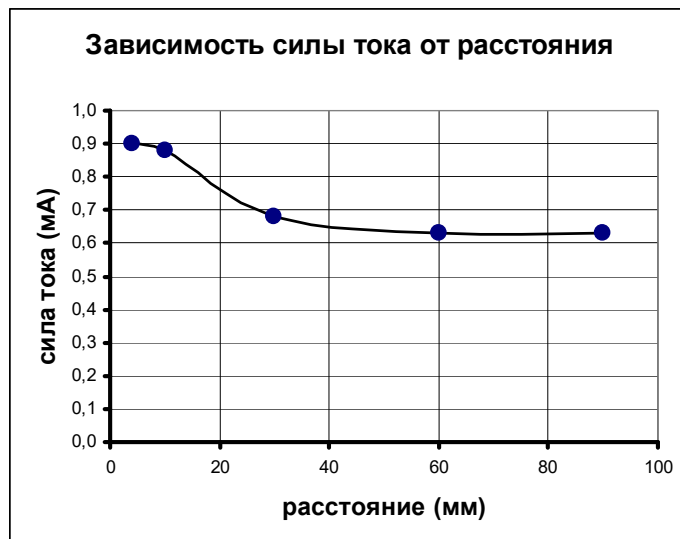
Следовательно, измеряемое сопротивление пропорционально напряжению на нем.

При переключении диапазонов изменяется ток источника  $I_0 = \frac{U_0}{r}$ , скорее всего посредством изменения внутреннего сопротивления.

1.5 Как следует из результатов измерения напряжения, исследуемое устройство является гальваническим элементом, обладающим собственным напряжением. Поэтому результаты измерений никакого отношения к истинному сопротивлению не имеют: напряжение на клеммах омметра остается постоянным, а внутренне сопротивление изменяется.

1.6 – 1.8 Значение силы тока изменяется от 0,9 мА (при расстоянии в 3 мм) до 0,6 мА при расстоянии 10 мм), при дальнейшем увеличении расстояния сила тока не изменяется. График этой зависимости показан на рисунке.

Ток «растекается» по тарелке поэтому основной вклад в сопротивление вносит область, непосредственно примыкающая к цилиндрам. Если расстояние превышает размер этой области, то сопротивление (следовательно, и сила тока) практически не зависит от расстояния между цилиндрами.



## Часть 2. Измерения в стакане.

2.1 В данной системе удастся снять показания при двух полярностях подключения мультиметра.

Результаты этих измерений приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Диапазон измерения	2К	20К	200К	2М	20М
Показания кОм	-0,9	-2,0	-10,2	-75	-650
Показания кОм	0,9	1,3	6,2	59	620

2.2 Как и в тарелке, показания омметра практически не зависят от взаимного расположения пластин.

2.3 Измерения напряжения показывают, что напряжение мало (близко к нулю), при одинаковых пластинах, гальванического эффекта не возникает. Однако, при протекании электрического тока происходит неравноценная поляризация пластин, благодаря чему также появляется напряжение между клеммами. Причем это напряжение сложно зависит от силы протекающего тока.