

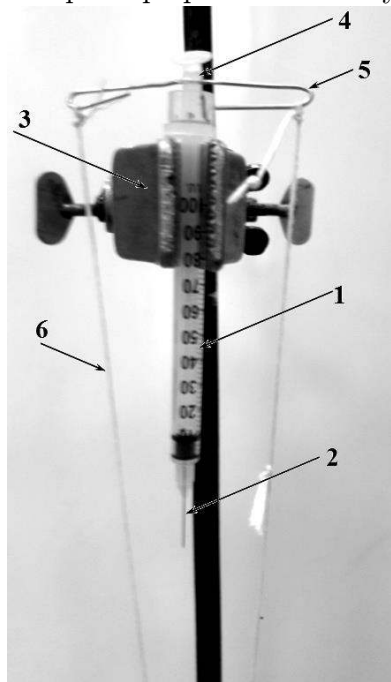
Условие

Задание 10-1. Укол.

В данном задании вам необходимо исследовать движение поршня шприца, заполненного водой.

Приборы и оборудование: шприц одноразовый 1 мл, штатив с лапкой, набор грузов 10х50 г, секундомер с памятью этапов, стакан одноразовый с водой.

На фотографии показана установка, которая используется в данной работе.



Шприц 1 с иглой 2 закреплен вертикально в лапке штатива 3. В стержне поршня проделано малое отверстие, в которое вставлена скрепка 5. К скрепке привязана нить 6, к которой снизу подвешиваются грузы известной массы (на фото не поместились). Снизу под шприцом установите стаканчик для сбора воды, вытекающей из шприца.

Шприц заполняется водой, к нити подвешиваются грузы – поршень начинает медленно опускаться. С помощью секундомера можно зафиксировать времена прохождения поршня через деления шкалы. В качестве координат поршня используйте его шкалу. В этом случае координата поршня x измеряется в некоторых условных единицах (у.е.).

При заполнении шприца следите, чтобы внутрь него не попадали воздушные пузырьки, которые препятствуют движению поршня.

Не зажимайте слишком сильно шприц в лапке штатива, иначе сжатие трубки шприца будет препятствовать движению поршня.

1. Измерьте закон движения поршня – зависимость координаты поршня от времени $x(t)$ при двух значениях масс подвешенных грузов 100 г и 200 г.

2. Постройте графики полученных зависимостей. Укажите, можно ли считать движение поршня равномерным. Рассчитайте с максимальной точностью средние скорости движения поршня. Оцените погрешности найденных значений.

3. Измерьте скорости движения поршня при различных значениях масс подвешенных грузов. В данном пункте достаточно измерить общее время движения поршня от верхнего до нижнего положения. Постройте график зависимости скорости поршня от массы подвешенных грузов $v(m)$.

4. Предложите теоретическую модель, описывающую полученные результаты. В рамках ва-

шей модели получите теоретическую формулу, описывающую зависимость скорости поршня от массы подвешенных грузов.

5. Рассчитайте значение силы трения $F_{\text{тр.}}$, действующей на поршень. Оцените погрешность найденного значения. Считайте, что ускорение свободного падения $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Решение

Задание 10-1. Укол. Решение.

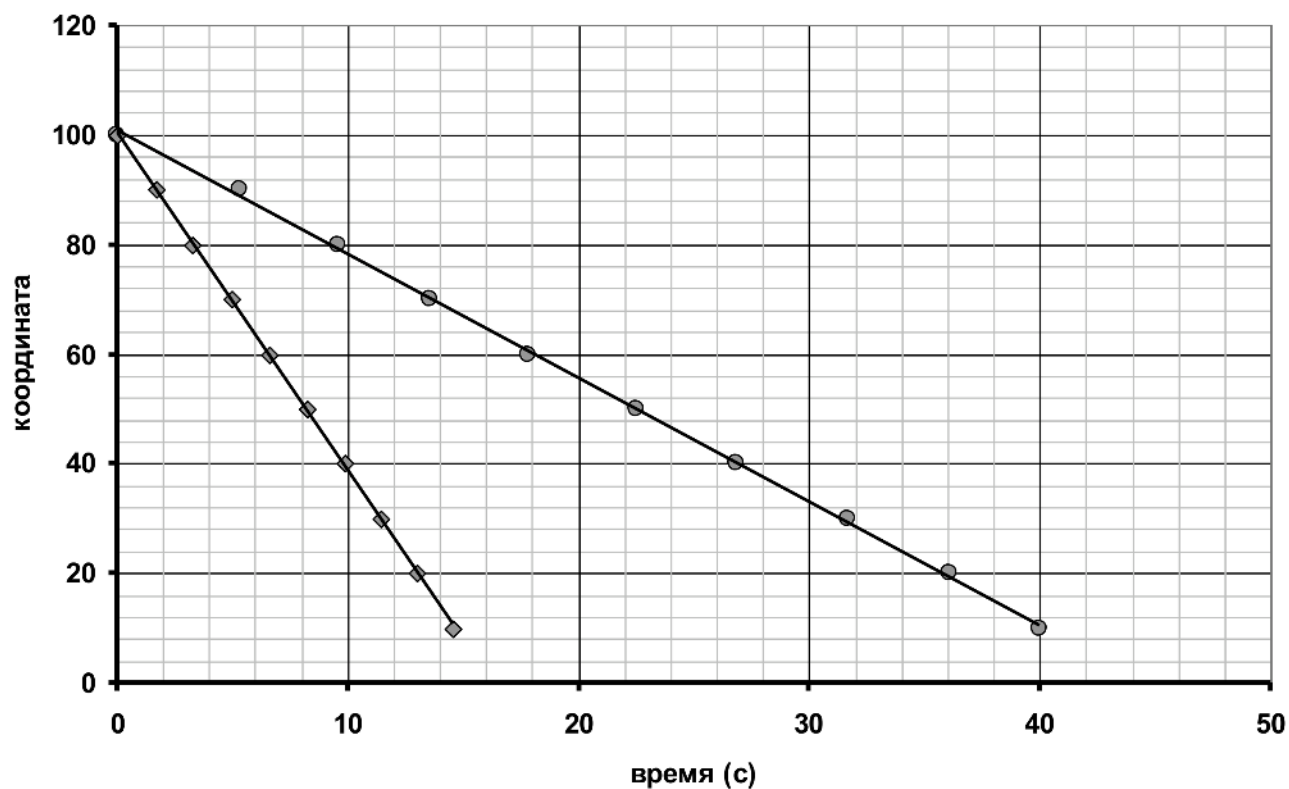
1. Результаты измерений времен прохождения меток шкалы для указанных масс грузов приведены в Таблице 1.

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

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

Законы движения поршня



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:

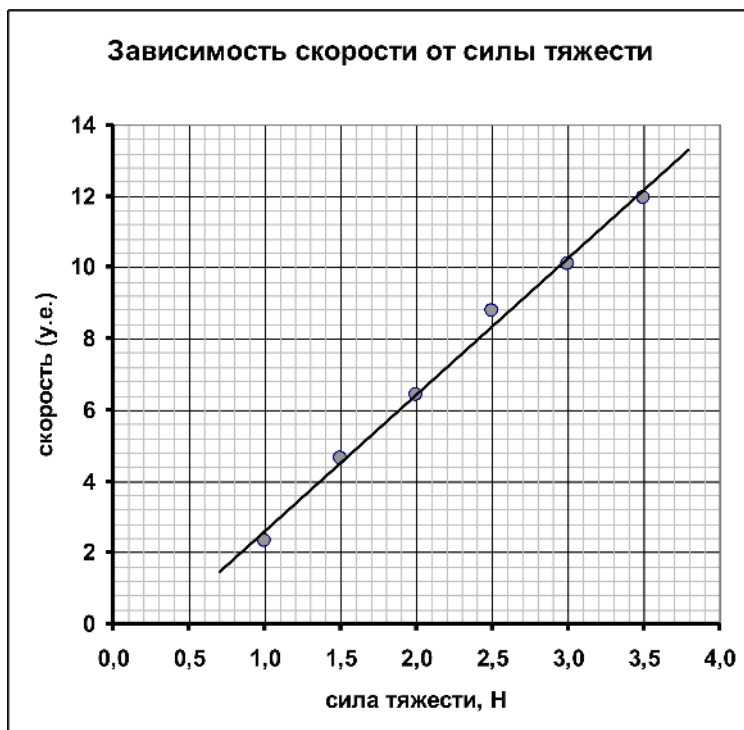
Для $m = 100$ г: $v = (2,30 \pm 0,01) \frac{\text{у.е.}}{\text{с}}$

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

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, у.е./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 пропорциональна.

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, уравнивается силой трения, действующей на поршень, и силой давления жидкости.

Эти рассуждения приводят к следующей зависимости скорости от массы подвешенного груза

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

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

$$a = (3,8 \pm 0,3) \frac{\text{М}}{\text{с} \cdot \text{Н}}$$

$$b = -(1,2 \pm 0,7) \frac{\text{М}}{\text{с}}$$

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

$$F_{\text{тр.}} = \frac{b}{a} = (0,32 \pm 0,17) \text{Н}.$$

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