

Всероссийская олимпиада школьников по физике

10 класс, региональный этап, 2020/21 год

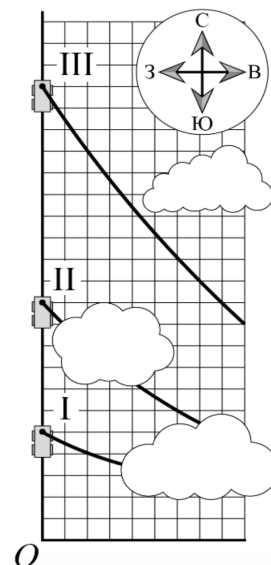
Первый тур

ЗАДАЧА 1. На трёх фотоснимках одного участка местности, сделанных с равными интервалами времени τ , запечатлен игрушечный паровоз и фрагменты шлейфа дыма от него. Наложенные друг на друга фотографии приведены на рисунке.

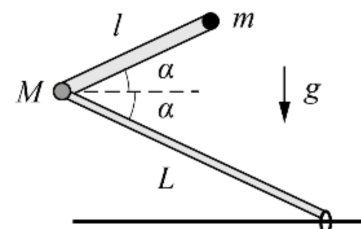
Зная, что, тронувшись с места, паровоз поехал на север с постоянным ускорением $a = 0,4 \text{ м/с}^2$, и что в этот день дул западный ветер со скоростью $u = 4 \text{ м/с}$, найдите интервал времени τ и на каком расстоянии от точки O находилась труба неподвижного паровоза.

Цены делений шкал сетки по вертикали и горизонтали равны.

$$v = at \Rightarrow t = \frac{v}{a} = \frac{4}{0,4} = 10 \text{ с}$$



ЗАДАЧА 2. В вертикальной плоскости находятся два невесомых стержня, соединённых шарниром массы M . На свободном конце верхнего стержня закреплён груз массы m , а на свободном конце нижнего стержня закреплено лёгкое колечко, которое может скользить по гладкой горизонтальной закреплённой спице. Длина верхнего стержня l , длина нижнего стержня $L > l$. Изначально стержни составляют углы α с горизонтом и удерживаются неподвижно. Затем их отпускают. Найдите:



1. Ускорения шарнира $a_{ш0}$ и грузика $a_{г0}$ сразу после начала движения.
2. Ускорение колечка $a_к$ в момент времени, когда шарнир, груз и колечко окажутся на одной прямой.

Считайте, что стержни и спица тонкие и все тела могут пролетать мимо друг друга не соударяясь. Ускорение свободного падения g .

$$a_{ш0} = \frac{g \sin \alpha}{2} \quad a_{г0} = g \sin \alpha \quad a_к = \frac{g \sin \alpha}{2}$$

ЗАДАЧА 3. Оболочка воздушного шара изготовлена из нерастяжимой плотной ткани с массовой поверхностной плотностью σ (масса 1 м^2 поверхности оболочки численно равна σ). Если оболочку полностью заполнить газом, то она приобретает форму сферы радиусом r . В пустую оболочку закачивают некоторое количество гелия.

1. При каких значениях массы m гелия шар будет подниматься?
2. Какому соотношению должны удовлетворять параметры шара, чтобы его подъём был возможен?

Молярная масса гелия μ_{He} , воздуха — μ_{B} , атмосферное давление p_0 , температура — T . Объем шара $V = 4\pi r^3/3$, площадь сферы $S = 4\pi r^2$.

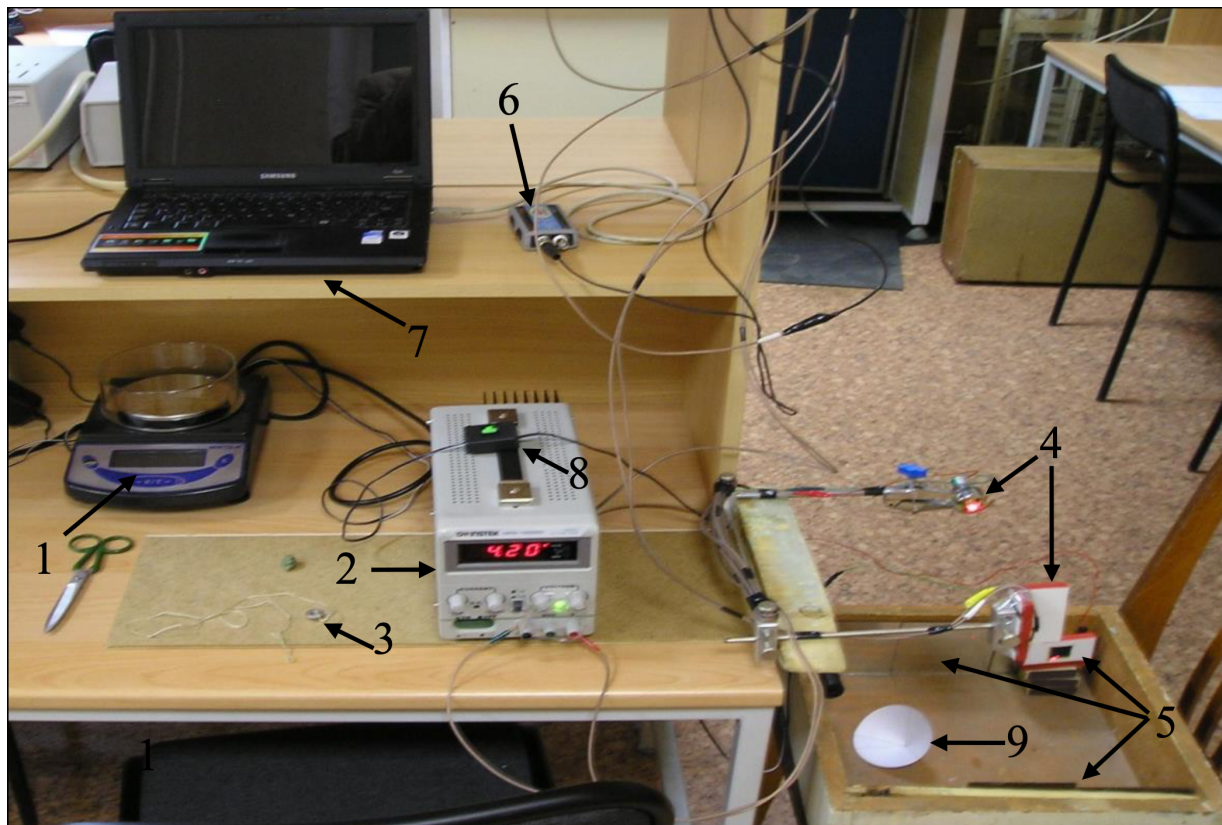
$$\left(\frac{\mu_{\text{He}} - \mu_{\text{B}}}{\sigma} \right) < \rho_0 \left(2 - \frac{3\mu_{\text{B}}}{\mu_{\text{He}}} \right) r > m > \frac{\mu_{\text{He}} - \mu_{\text{B}}}{\sigma} \quad (1)$$

ЗАДАЧА 4. Известно, что при падении бумажного конуса на него действует сила $F_{\text{сопр}}$ вязкого трения о воздух, зависящая от скорости движения конуса: $F_{\text{сопр}} = kv^n$. Изучите падение бумажного конуса при его разных массах и определите значения коэффициента n . Погрешность оценивать не нужно.

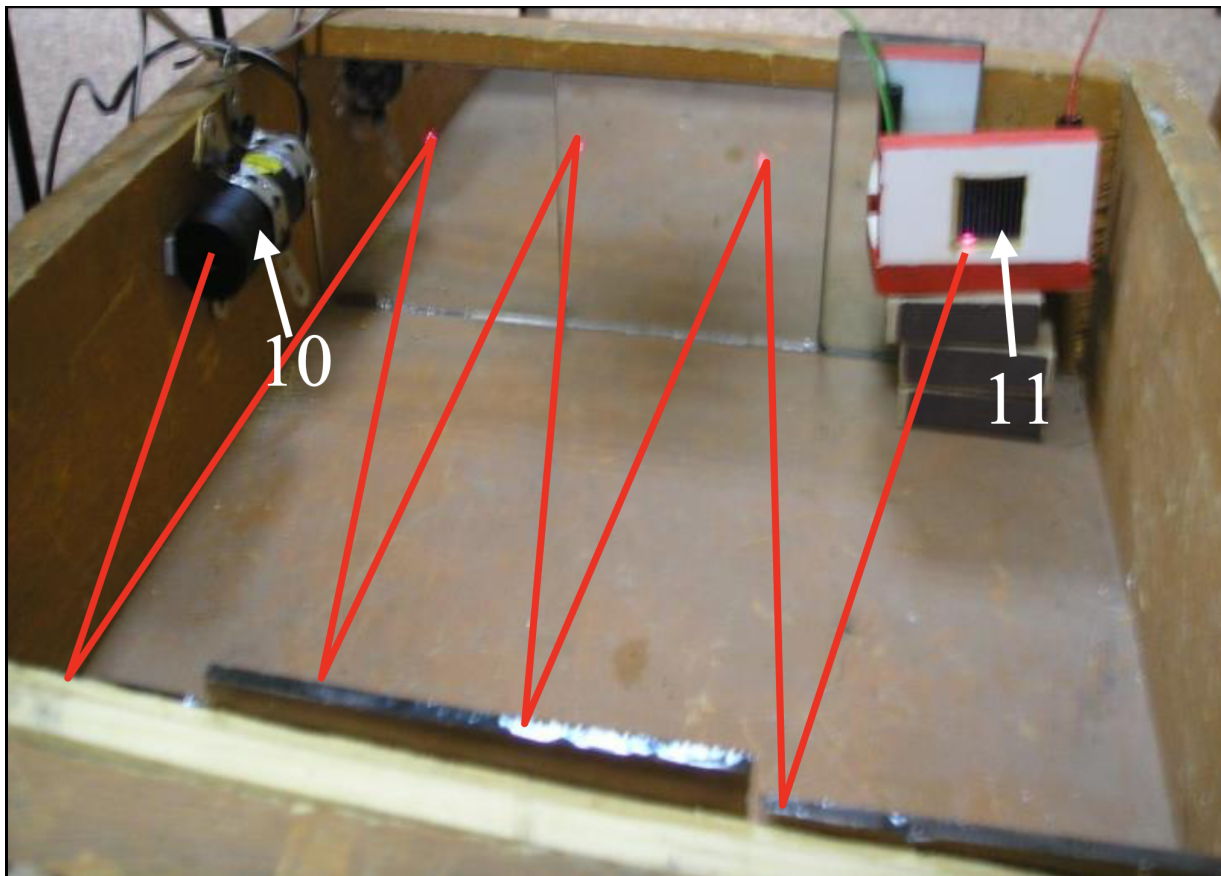
Примечание: в математике часто используется функция логарифма, которая является обратной к функции возведения в степень. По свойствам данной функции если $F_{\text{сопр}} = kv^n$, то $\ln(F_{\text{сопр}}) = \ln(k) + n \ln(v)$. Значение логарифма от некоторого числа можно вычислить на калькуляторе.

Оборудование. Два сборных фотодатчика, блок питания, электронные весы, USB-осциллограф, ноутбук, отвес, линейка, ножницы, клей, выкройка для конуса, пластилин, салфетка, миллиметровка для построения графиков.

Описание установки.



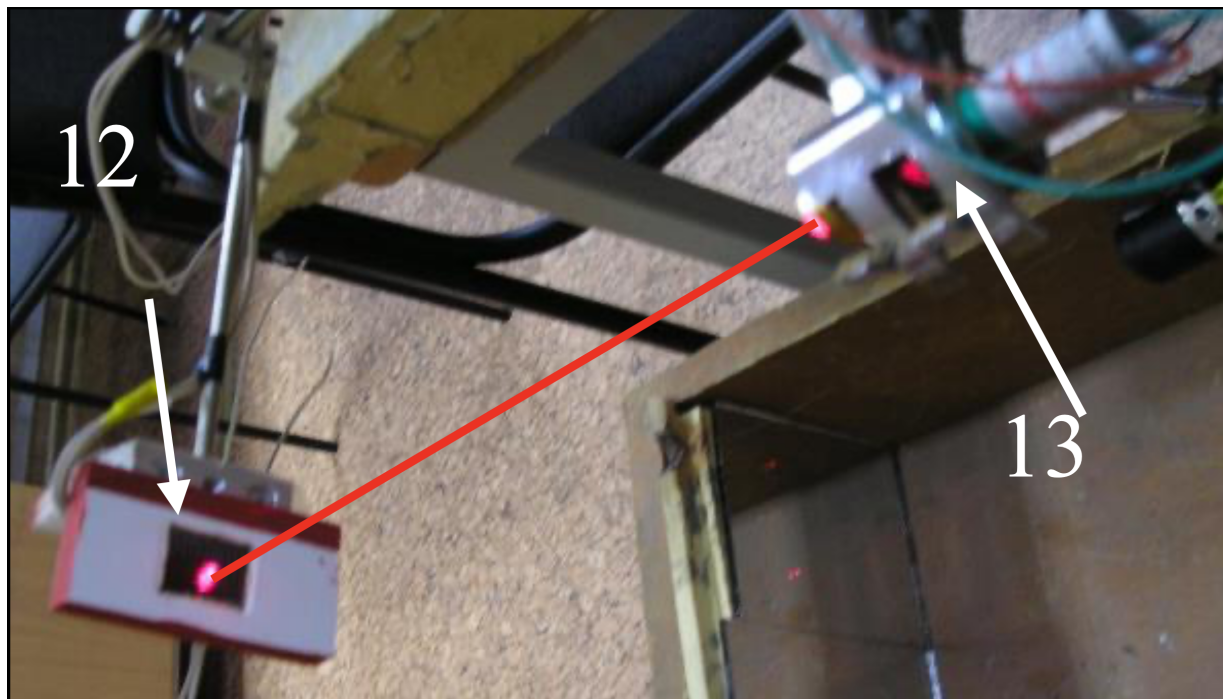
Установка позволяет с большой точностью определять время свободного падения бумажного конуса на участке, где движение конуса является равномерным. Для измерения времени движения конуса используется система из двух сборных фотодатчиков (верхнего 4 и нижнего 5), сигнал с которых через USB-осциллограф 6 поступает в ноутбук 7.



Верхний сборный фотодатчик состоит из лазера 13 и фотоэлемента 12. При пересечении конусом луча лазера напряжение на фотоэлементе изменяется.

Нижний сборный фотодатчик представляет собой квадратный ящик к двум противоположным стенкам которого внутри приклеены плоские зеркала. На боковой стенке ящика закреплен лазер 10, луч которого, многократно отразившись от зеркал, попадает на фотоэлемент 11, двигаясь все время в одной горизонтальной плоскости. При падении конуса внутрь ящика луч лазера гарантированно перекрывается и напряжение на фотоэлементе изменяется.

Расстояние от луча верхнего лазера, до плоскости, образуемой лучами нижнего лазера, равно $(23,0 \pm 0,5)$ см.

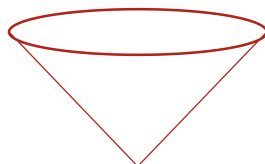


Фотоэлементы 11 и 12 соединены в электрическую цепь последовательно друг с другом и подключены к USB-осциллографу, который преобразует значение суммарного напряжения на фотоэлементах в цифровой вид и передает в ноутбук 7. На ноутбуке установлена программа, отображающая график зависимости напряжения от времени с точностью до 0,5 мс. С помощью полученного графика можно определить время движения конуса между двумя пересечениями лучей лазеров.

Для определения массы конуса 9 используются электронные весы 1. Для изменения массы конуса внутрь него помещают небольшие кусочки пластилина.

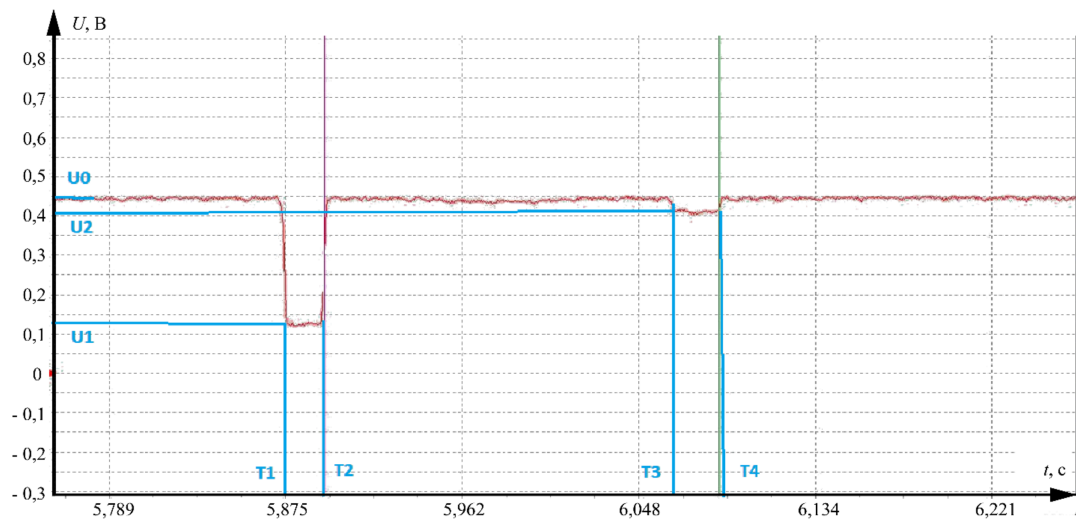
Порядок проведения измерений.

1. Внутри конуса помещается некоторое количество пластилина и на электронных весах определяется общая масса конуса с пластилином.
2. Конус размещают острием вниз на расстоянии примерно 60 – 70 см над верхним лазером и отпускают. Расстояние в 60 – 70 см гарантирует, что при полете конуса к верхнему лазеру его движение будет практически равномерным.



3. В окне программы по зависимости суммарного напряжения от времени определяются и заносятся в таблицу 7 параметров:

- T_1, T_2 — времена начала и окончания первого провала;
- T_3, T_4 — времена начала и окончания второго провала;
- U_0 — постоянный уровень напряжения;
- U_1, U_2 — уровни напряжений, соответствующие первому и второму провалам.



4. Опыты повторяются с другой массой пластилина внутри конуса.

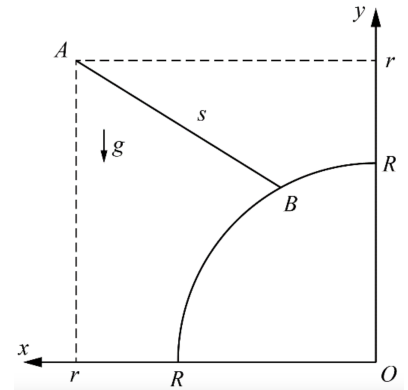
Полученные данные

масса конуса с пластином, мг	T_1 , мс	T_2 , мс	T_3 , мс	T_4 , мс	U_0 , В	U_1 , В	U_2 , В
533	161	181	372	386	0,450	0,123	0,406
600	128	143	331	341	0,450	0,136	0,407
700	192	198	372	381	0,450	0,127	0,402
790	546	552	715	723	0,450	0,123	0,410
894	133	149	289	301	0,450	0,126	0,402
990	120	131	257	277	0,450	0,122	0,392
1125	570	576	694	709	0,450	0,122	0,403

$$0,1 \cdot 0,7 \cdot 99 \cdot 1 = u$$

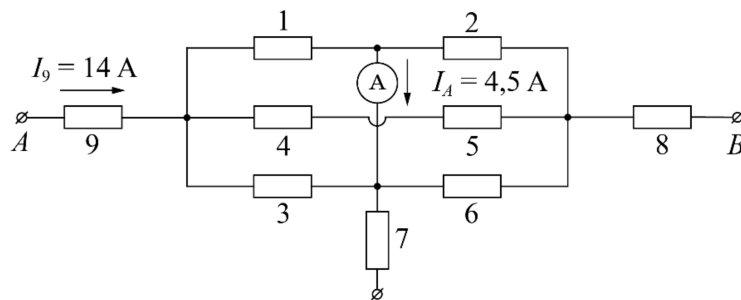
Второй тур

ЗАДАЧА 5. Шарик движется по гладкому жёлобу, расположенному в вертикальной плоскости, из точки A без начальной скорости. Жёлоб соединяет фиксированную точку A , имеющую координаты $(r; r)$, с некоторой точкой B , лежащей на дуге окружности радиуса R с центром в точке $O(0; 0)$. При некотором положении точки B время движения шарика на участке AB оказывается минимально возможным (в процессе движения шарика точка B не перемещается). Определите, чему равно это минимальное время t . Ускорение свободного падения g .



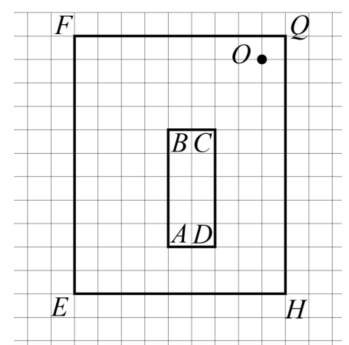
$$\frac{(y+t) \frac{g}{2} \sqrt{2}}{(2y-z^2) \frac{g}{2} \sqrt{2}} \sqrt{2} = t$$

ЗАДАЧА 6. На рисунке представлена часть разветвлённой электрической цепи, включающей девять резисторов и идеальный амперметр. Сопротивления резисторов равны: $R_1 = 1,0$ Ом, $R_2 = 2,0$ Ом, ..., $R_9 = 9,0$ Ом, (на рисунке приведены номера резисторов). Сила токов, протекающих через R_9 направления указаны на рисунке. Определите силы токов, протекающих через резисторы R_7 и R_8 , а также напряжение между точками A и B .



$$I_7 = 6 \text{ A}, I_8 = 8 \text{ A}, I_9 = 14 \text{ A}, U_{AB} = 208 \text{ В}$$

ЗАДАЧА 7. На территории промышленного объекта, обнесённой забором $FGHE$, расположен пост охраны (точка O) и склад $ABCD$. Охранники жаловались, что с поста им не видно стороны склада AB и AD . Для решения проблемы было решено установить плоские зеркала. Так как по территории объекта постоянно передвигается тяжёлая техника, то зеркала можно вешать только на забор или на стены склада. При этом плоскость зеркала должна совпадать с плоскостью стены/склада. Схема территории приведена на рисунке. Размер одной клеточки равен 10 м.



1. Укажите, где нужно разместить плоское зеркало, чтобы с поста охраны была видна вся стена AB склада. Построениями докажите, что в зеркале будет видна вся стена AB .
2. Укажите минимально возможную ширину зеркала для пункта 1 и где оно должно располагаться. Свои выводы подкрепите построениями и рассуждениями.
3. Возможно ли расположить на стене EH одно зеркало так, чтобы с поста охраны в него была видна вся стена AD ? Свой ответ подкрепите построениями и рассуждениями.

4. Нарисуйте схему расположения зеркал, с помощью которой охрана будет видеть всю стену склада AD . Вам необходимо использовать минимальное количество зеркал. Построениями докажите, что в зеркалах будет видна вся стена AD .

(2) 33,3 м; (3) одно зеркало; (4) два зеркала

ЗАДАЧА 8. Внутри «серого ящика», имеющего форму прямоугольного параллелепипеда, находятся тонкие перегородки, которые могут быть расположены только вдоль пунктирных линий (см. рисунки) перпендикулярно боковым стенкам ящика (боковыми называются стенки, на которых нарисована стрелка). Перегородки могут начинаться и заканчиваться либо на стенках «серого ящика», либо в точках пересечения пунктирных линий. Перегородки полностью перекрывают расстояние между боковыми стенками и непроницаемы как для воды, так и для воздуха. С помощью имеющегося оборудования определите расположение перегородок и их размеры. Толщиной перегородок и стенок «серого ящика» можно пренебречь. Оценивать погрешность не нужно.

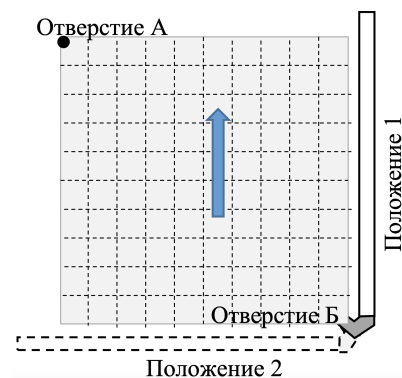
Оборудование

«Серый ящик», шприц с иглой, полоска миллиметровой бумаги, стакан с жидкостью, пустой стакан, ножницы, скотч.

P.S. От вас требуется обработать приведенные ниже измерения и сделать выводы. В качестве ответа необходимо привести схему расположения перегородок в «сером ящике». Ответ должен быть обоснован и не противоречить имеющимся данным, которые получены экспериментальным путем и поэтому содержат погрешности.

Описание оборудования

«Серый ящик» — квадратная коробочка небольшой толщины с жесткими непрозрачными стенками серого цвета. На рисунке показана боковая стенка коробочки. В одном из углов коробочки есть отверстие (A). В противоположном углу сделано отверстие (B), в которое помещен вращающийся штуцер с закрепленной на нем прозрачной трубкой. Штуцер и трубка не съемные, но трубку можно поворачивать в положение 1, или в положение 2. Шприц медицинский объемом 100 мл с ценой деления 1 мл. Игла для шприца. Полоска миллиметровой бумаги шириной 1 см и длиной 15 см. Пластиковый стакан (объемом 200 мл) с подкрашенной жидкостью, которая плохо смачивает трубку и стенки коробочки. Пустой пластиковый стакан (объемом 200 мл). Ножницы канцелярские. Небольшая бобина узкого скотча.



Проделанные эксперименты и результаты измерений

Опыт №1. Измерение размеров коробочки.

С помощью полоски миллиметровой бумаги измерим размеры коробочки. Они равны $100\text{ мм} \times 100\text{ мм}$. Измерим расстояние между пунктирными линиями, а также от пунктирных линий до стенок коробочки. Все эти расстояния равны 10 мм.

Опыт №2. Измерение внешнего диаметра трубки.

Для измерения внешнего диаметра трубки измерим длину ее окружности. Для этого намотаем на трубку полоску миллиметровой бумаги. Сделаем 2 оборота. Длина намотанной части бумаги равна 8,9 см.

Опыт №3. Измерение внутреннего диаметра трубки.

Наберем в шприц жидкость, затем присоединим шприц (без иглы) к трубке и выдавим часть жидкости в трубку так, чтобы жидкость образовывала сплошной цилиндр без пузырьков воздуха. Объем выдавленной жидкости равен 8 мл. С помощью полоски миллиметровой бумаги измерим длину части трубки, заполненной жидкостью. Она равна 8,0 см.

Опыт №4. Установим коробочку на горизонтальный стол так, чтобы нарисованная на ней стрелка указывала вверх. Наберем в шприц 100 мл жидкости и будем заливать её в коробочку порциями через отверстие A так, чтобы за каждую порцию уровень воды в трубочке поднимался на 5 мм. Уровень h жидкости в трубочке будем измерять от нижней стенки коробочки с помощью полоски миллиметровой бумаги, приклеенной к коробочке.

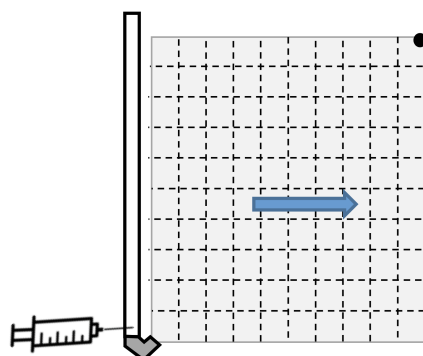
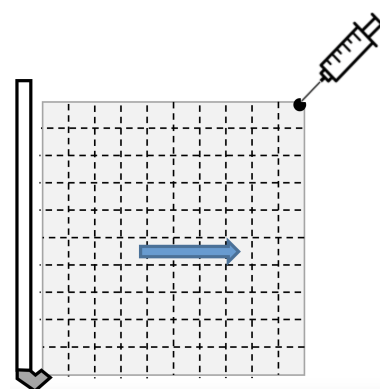
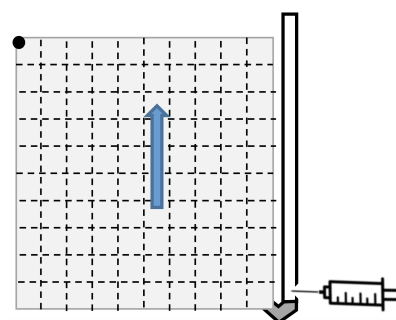
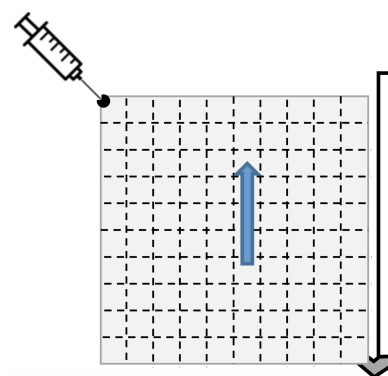
Полученные измерения $h(V_4)$ занесем в таблицу. Если при достаточно большом увеличении объема жидкости в коробочке уровень в трубочке не изменяется, то запишем в таблицу два крайних значения объемов, соответствующих этому уровню.

Опыт №5. Выльем всю жидкость из коробочки. При этом заметим, что после простого переворота коробочки из нее вытекает не вся жидкость. Чтобы извлечь из коробочки всю жидкость ее нужно наклонять под разными углами и трясти. По звуку определим, что нам удалось вылить всю жидкость из коробочки. Установим коробочку также, как в опыте №4.

Теперь будем заливать жидкость через отверстие B , в которое вставлена трубочка. Для этого наберем в шприц 100 мл жидкости, наденем на него иглу и аккуратно проткнем иглой трубочку в самом низу. Таким образом мы сможем подавать жидкость в самое основание трубочки. Снимем аналогичную зависимость $h(V_5)$ — уровня жидкости в трубочке от объема налитой жидкости. Полученные данные занесем в таблицу.

Опыт №6. Вновь удалим всю жидкость из коробочки. Заклеим дырочку в трубочке с помощью скотча. Поставим коробочку так, чтобы стрелка смотрела вправо, а трубочка располагалась в положении 2. Повторим те же действия, что в опыте №4, заливая жидкость через открытое отверстие A . Полученные данные $h(V_6)$ занесем в таблицу.

Опыт №7. Опять удалим всю жидкость из коробочки и повторим опыт №5, но расположив коробочку как в опыте №6. Полученные данные $h(V_7)$ занесем в таблицу.



<i>h</i>, MM	<i>V</i>₄, MJ	<i>V</i>₅, MJ	<i>V</i>₆, MJ	<i>V</i>₇, MJ
0	0 - 9	0	0 - 10	0
5	11	2	15	6
10	13	4	21	11
15	15	6	26	17
20	17	8	32	22
25	19	10	38	28
30	21	12 - 21	43	33
35	25	25	46	36
40	28	28	49	39
45	31	31	52	42
50	35	35	55	45 - 55
55	37	37	56	56
60	38	39	58	58
65	40	41	59	60
70	44 - 71	43 - 71	61	61
75	75	75	62	62
80	79	79	64	63
85	83	83	66	65
90	87	87	67	67
95	91	91	68	68
100	95	95	70	70