



*Республиканская  
физическая  
олимпиада  
2020 год  
(III этап)*

*Экспериментальный тур*

**Задача 9-1. «Струя из бутылки»**

**Оценка погрешностей в данной задаче не требуется!**

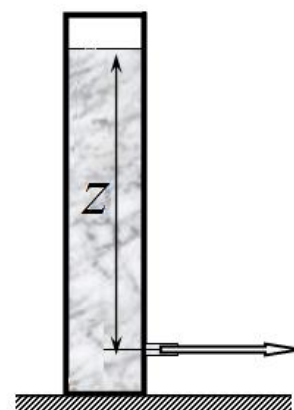
Во время теоретического тура вы рассчитывали параметры струи, вытекающей из маленького отверстия в боковой стенке бутылки. Сегодня вам предстоит проверить, насколько верны результаты теоретического описания.

**Оборудование:** Штатив с лапкой, пластиковая бутылка объемом 1,0 л с отверстием в боковой стенке, банка 1,0 л, линейка, секундомер с памятью этапов.

**Задание 1. Закон движения уровня воды в бутылке.**

Закрепите бутылку за горлышко в лапке штатива. Под отверстием поместите банку для стока воды. Чтобы вода не попадала на стол, на пути струйки в банку вертикально поставьте линейку. Убедитесь, что на стенке бутылки прикреплена полоска миллиметровой бумаги, по которой можно проводить измерения высоты уровня воды.

**Обязательно:** высоту уровня воды  $z$  надо отмерять от отверстия!



**1.1** Измерьте зависимость уровня воды в бутылке от времени  $z(t)$ .

Постройте график полученной зависимости.

Для измерений используйте участок бутылки, на котором стенки гладкие (или слабо гофрированные) – достаточно провести измерения в интервале высот 8-10 см.

Для проведения измерений удобно использовать память этапов секундомера, фиксируя моменты времени, когда уровень воды изменяется на определенную величину (например, на 1 см). Если не умеете пользоваться таким режимом – обратитесь к организаторам за помощью!

**Вспомните теоретическую задачу:**

Если для скорости струи из отверстия справедлива формула Торричелли  $v = \sqrt{2gh}$ ,

То зависимость высоты уровня воды от времени может быть описана функцией:

$$z = \frac{a}{2}(t - \tau)^2 \quad (1)$$

**1.2** Используя полученные экспериментальные данные, покажите, что функция (1) правильно описывает закон изменения уровня воды в бутылке. Для этого построьте график в таких координатах, чтобы получить линейную зависимость. Постройте график этой линеаризованной зависимости, определите численные значения параметров этой зависимости.

**1.3** Укажите физический смысл параметров  $a$  и  $\tau$  в формуле (1). Определите их численные значения для полученной вами зависимости.

## **Задание 2. Измерение длины струи.**

Расположите линейку на банке так, чтобы можно было измерять горизонтальную длину струи. Линейка должна располагаться на 2 - 3 см ниже отверстия. Подберите такой диапазон изменения высоты уровня воды в бутылке, что бы струя попадала в банку.

2.1 Измерьте и укажите, на какой высоте вы измеряли длину струи. Укажите, в каком диапазоне высот уровня воды в бутылке вы проводили измерения.

2.2 Измерьте зависимость длины струи от времени. Постройте график полученной зависимости.

2.3 Предложите функцию, описывающую ваши экспериментальные данные (зависимость длины струи от времени  $l(t)$ ), определите численные значения параметров вашей зависимости.

2.4 Качественно объясните вид зависимости длины струи от времени. (Оценка численных параметров в данном пункте не требуется – вы должны объяснить только вид зависимости).

## Задача 9-2. «Плавление льда»

Оценка погрешностей в данной работе не требуется. Тем не менее, старайтесь проводить измерения тщательно и аккуратно. При ответе на качественные вопросы (3.1 – 3.3, 4.2) будьте предельно краткими – если сказано перечислить, то просто перечислите, без лишних комментариев.

В данной работе Вам необходимо исследовать процесс плавления льда в чистой воде и насыщенном растворе поваренной соли. Может, вы поймете, зачем зимой дороги посыпают солью!

**Оборудование:** пластиковый стаканчик с отметкой объема 75 мл, электронный термометр, секундомер, линейка, 3 куса льда, пресная вода, раствор поваренной соли, соль поваренная, одноразовая тарелка.

**Для вас приготовлено только 3 куса льда в холодильнике. Каждый кусок льда будет выдаваться по вашему требованию. Прежде чем приступать к измерениям дайте льду нагреться до температуры плавления.**

**Справка:**

Плотность воды (и соляного раствора)  $\rho_0 = 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

Плотность льда  $\rho_1 = 0,90 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

Удельная теплоемкость воды  $c = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ .

Считайте, что мощность теплообмена между водой в стакане и окружающей средой пропорциональна разности их температур.

### Часть 1. Плавление льда в пресной воде.

В данной части вам необходимо измерить зависимость температуры воды в стакане от времени при плавлении льда. Для этого предлагаем вам следующую последовательность работы:

- налейте 75 мл (по отметке на стакане) пресной воды при комнатной температуре;
- попросите, чтобы вам принесли кусок льда;
- т.к. лед находился в морозильнике, его температура меньше температуры плавления ( $0^\circ\text{C}$ ), поэтому необходимо немного подождать, чтобы он нагрелся до температуры плавления; в это время измерьте его геометрические размеры, рассчитайте объем и массу полученного кусочка льда;
- поместите в стакан термометр, опустите в него лед, запустите секундомер;
- проведите измерения зависимости температуры воды в стакане от времени; измерения продолжайте до тех пор, пока весь лед не расплавится, после этого температура воды начнет повышаться, продолжайте измерения до тех пор, пока температура воды не повысится примерно на  $1^\circ\text{C}$

- 1.1 Укажите в своей работе комнатную температуру.
- 1.2 Укажите значение массы кусочка льда.
- 1.3 В таблице приведите результаты измерения зависимости температуры воды в стакане от времени.
- 1.4 Постройте график полученной зависимости.
- 1.5 Укажите, в каком временном диапазоне происходило плавление льда.
- 1.6 Пренебрегая теплообменом стакана с окружающей средой, рассчитайте на основании своих экспериментальных данных удельную теплоту плавления льда. При расчетах можно считать, что масса воды в стакане значительно больше массы кусочка льда.

Теперь вам необходимо уточнить полученное значение удельной теплоты плавления, учитывая теплообмен с окружающей средой (через боковые стенки, дно стакана и свободную поверхность жидкости).

Так как мощность теплообмена пропорциональна разности температур стакана и окружающей среды, то количество переданной теплоты, может быть выражено через определенную площадь на графике зависимости температуры от времени.

- 1.7 Укажите, какая площадь на графике пропорциональна количеству переданной теплоты посредством теплообмена.
- 1.8 Рассчитайте удельную теплоту плавления льда, учитывая теплообмен с окружающей средой.

## **Часть 2. Плавление льда в растворе соли.**

Проведите измерения и расчеты аналогичные Части 1, для плавления льда в растворе соли. Вы должны привести в работе:

- комнатную температуру (она же может измениться);
- значение массы кусочка льда;
- таблицу измерений зависимости температуры содержимого стакана от времени, график полученной зависимости;
- приближенное значение удельной теплоты плавления льда в соленой воде (если пренебречь теплообменом);
- уточненное значение удельной теплоты плавления льда в соляном растворе (с учетом теплообмена);
- уточнять значение удельной теплоты плавления с учетом теплообмена не требуется.

## **Часть 3. Сравнение процесса плавления в пресной и соленой воде.**

- 3.1 Укажите основные физические факторы, влияющие на погрешность определения удельной теплоты плавления льда в данных экспериментах.
- 3.2 От чего зависит скорость плавления льда в жидкости? Можно ли утверждать, что в соленой воде лед плавится быстрее?
- 3.3 Какая физическая характеристика процесса плавления оправдывает использование соли для устранения гололеда на дорогах в зимнее время (или зачем дороги посыпают солью)?

#### **Часть 4. Очень быстрое плавление.**

Раздробите кусок льда и засыпьте его в стакан, добавьте немного соленой воды (так, чтобы она только покрывала лед, щедро посыпьте солью). Быстро и активно (но аккуратно) перемешивайте смесь в стакане.

4.1 Укажите, до какой минимальной температуры вам удалось охладить смесь таким образом?

4.2 Укажите физические причины, по которым смесь так быстро и сильно охлаждается.

**Задача 10-1. «Изучение весов»**

**Погрешность следует рассчитывать только в последнем пункте (3.3) данного задания.**

Рычажные весы - один простейших и древнейших измерительных приборов. Однако теория весов не так проста, как кажется на первый взгляд. Даже в конце XIX века Д.И. Менделеев занимался этой теорией. В данной работе вам предстоит изучить и усовершенствовать обыкновенные школьные весы. Обычно при измерении массы тела добиваются равновесия весов. Для измерения малых масс можно также измерять отклонение стрелки весов.

**При измерениях будьте терпеливы и аккуратны!**

**Перед каждой серией измерений с помощью пластилина тщательно уравновесьте весы (точно, по стрелке), а затем добавляйте грузы известной массы. Дождитесь, пока колебания весов прекратятся.**

**Оборудование:** Весы рычажные школьные, штатив с лапкой, 5 разновесов по 200 мг, пластилин, палочка для шашлыка, линейка.

Закрепите весы за опорный стержень в лапке штатива, так, чтобы стержень располагался вертикально, а нижний конец стрелки мог отклоняться от вертикали при опускании чашек весов не менее, чем на 2 см (рис.1). Во всех частях задачи вам необходимо измерять отклонение стрелки при добавлении грузов на чашки весов. В качестве грузов используйте 5 разновесов по 200 мг. Вам предстоит исследовать зависимости отклонения от разности масс:

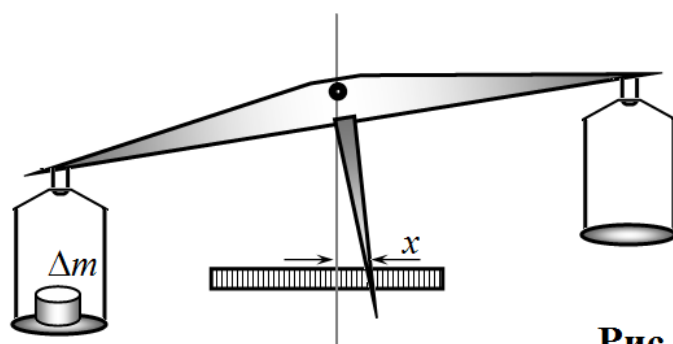


Рис. 1

Считайте, что если дополнительные грузы находятся на левой чашке, то разность масс положительна; если на правой – то отрицательна. Очевидно, что проще строить графики в зависимости от числа дополнительных грузов, а затем, при необходимости, пересчитывать массы этих грузов.

**Часть 1. Характеристики весов.**

К стержню прикрепите небольшую полоску миллиметровой бумаги, чтобы по ней можно было измерять отклонение стрелки  $x$  (см. рис.1). Укажите расстояние от оси подвеса коромысла до шкалы.

- 1.1 Измерьте зависимость отклонения стрелки  $x$  от числа дополнительных грузов. Постройте график полученной зависимости.
- 1.2 Кратко объясните, почему весы приходят в равновесие при определенном угле отклонения. Постройте простую теоретическую модель, позволяющую теоретически рассчитать зависимость угла отклонения от массы дополнительных грузов. Укажите, какой единственный параметр весов определяет эту зависимость.
- 1.3 При малых отклонениях величину  $x$  можно считать прямо пропорциональной массе дополнительных грузов. Укажите, при каком числе дополнительных грузов полученная вами экспериментальная зависимость линейна. Рассчитайте чувствительность весов (отношение величины отклонения стрелки к массе дополнительного груза):

$$S = \frac{\Delta x}{\Delta m}, \quad (1)$$

- 1.4 Укажите основную причину того, что полученная зависимость может быть нелинейной и несимметричной, ответ обоснуйте. Строгих математических выкладок и получение строго зависимости не требуется.

### Часть 2. Дополнительная стрелка снизу.

Прикрепите с помощью пары небольших кусочков пластилина к стрелке весов деревянную палочку. Она не должна мешать движению весов. Снизу на столе закрепите линейку так, чтобы было можно измерять горизонтальное отклонение палочки  $x$ ). Укажите расстояние от оси подвеса коромысла до шкалы.

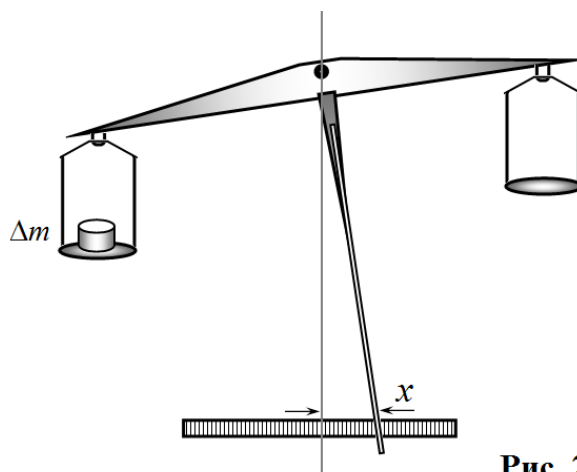


Рис. 2

2.1 Измерьте зависимость величины отклонения  $x$  от числа дополнительных грузов. Постройте график полученной зависимости.

2.2 Рассчитайте чувствительность весов в данном случае.

2.3 Укажите какие характеристики дополнительной стрелки (т.е. палочки) способствуют увеличению чувствительности, а какие ее уменьшению.

### Часть 3. Дополнительная горизонтальная стрелка.

Прикрепите палочку к коромыслу весов, как показано на рис. 3). Укажите расстояние от оси подвеса коромысла до шкалы.

С помощью пластилина закрепите линейку вертикально так, чтобы по ней можно было измерять отклонение конца стрелки  $x$ . Без дополнительных грузов палочка-стрелка должна располагаться горизонтально, для такого уравнивания весов используйте кусочки пластилина.

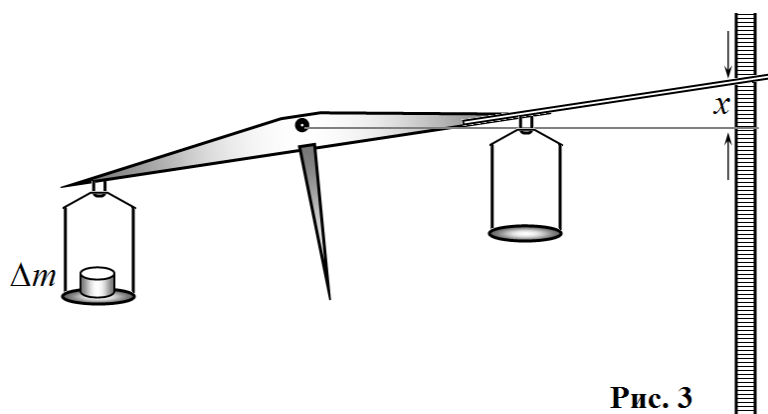


Рис. 3

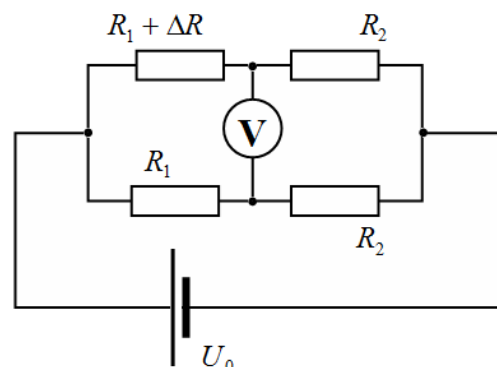


- 3.1 Измерьте зависимость вертикального отклонения палочки  $x$  от числа дополнительных грузов. Постройте график полученной зависимости.
- 3.2 Рассчитайте чувствительность весов (при малых отклонениях) в этом случае.
- 3.3 Вырежьте 5 кусочков миллиметровой бумаги площадью  $4 \text{ см}^2$ . Измерьте зависимость отклонения стрелки (палочки) от числа кусочков бумаги, положенных на левую чашку весов. Рассчитайте поверхностную плотность (массу  $1 \text{ м}^2$  миллиметровой бумаги). Оцените погрешность найденного значения.

## Задача 10-2. «Балансировка электрического моста»

**Оборудование:** мультиметр, два одинаковых постоянных резистора, проволочный резистор, источник постоянного напряжения 4,5 В, соединительные провода, кусочек графитового карандаша.

Различные мостовые схемы широко используются в электротехнических измерениях. В данной работе Вам необходимо исследовать мостовую схему, показанную на рисунке. В качестве резисторов  $R_2$  используйте постоянные резисторы. В качестве резисторов  $R_1$  и  $R_1 + \Delta R$  - проволочный резистор, правильно его подключая.



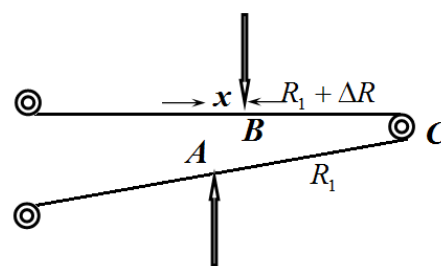
**Подключайте источник напряжения, только на время проведения измерений!**

### Часть 1. Сопротивление проволоки реостата.

- 1.1 Используя мультиметр в режиме омметра, измерьте зависимость сопротивления проволоки от числа подключенных последовательно звеньев. Постройте график полученной зависимости.
- 1.2 Рассчитайте среднее сопротивление одного звена. Оцените погрешность найденного значения. Рассчитайте сопротивление единицы длины проволоки.
- 1.3 Измерьте электрические сопротивления постоянных резисторов.

### Часть 2. Балансировка моста.

Соберите электрическую схему, показанную на рисунке. В качестве резистора  $R_1$  используйте приблизительно половину одного звена (лучше наклонного) проволочного резистора (от средней клеммы  $C$  до точки  $A$ , положение которой не меняйте). В качестве изменяющегося резистора  $R_1 + \Delta R$  используйте соседнее звено (от клеммы  $C$  до точки  $A$ , которую необходимо смещать). Перемещая контакт  $B$ , можно добиться того, что напряжение на вольтметре будет равно нулю (в этом положении мост сбалансирован). Далее смещение  $x$  точки контакта  $B$  измеряйте по миллиметровой бумаге, отсчитывая его от точки, где мост был сбалансирован.



- 2.1 Проведите измерения зависимости показаний вольтметра  $U$  от смещения контакта  $B$   $x$ . Постройте график полученной зависимости.

- 2.2 Проведите аналогичные измерения, используя в качестве резистора  $R_1$  приблизительно полтора звена проволочного резистора. Нарисуйте схему подключения контактов в этом случае. Смещения точки контакта также отсчитывайте от точки баланса моста. Постройте график полученной зависимости на другом бланке.

2.3 Получите теоретическую зависимость показаний вольтметра от дополнительного сопротивления  $\Delta R$ .

2.4 Сравните экспериментальную зависимость, полученную в п.2.1 с теоретической. Покажите, что экспериментальные данные описываются полученной теоретической зависимостью. Не стремитесь точно рассчитать численно – большинство параметров вашей цепи известны приближенно. Покажите, что вид зависимости получен правильный (**подсказка: постройте линеаризованные график экспериментальной зависимости**)

2.5 Объясните, почему экспериментальная зависимость, полученная в пункте 2.2, является практически линейной. Рассчитайте коэффициент наклона экспериментальной зависимости

$k = \frac{\Delta U}{\Delta x}$ . Рассчитайте погрешность найденного значения.

### **Часть 3. Измерение малых сопротивлений.**

3.1 Используя схему, использованную в п. 2.2 измерьте сопротивление соединительного провода. Грубо оцените относительную погрешность измерения сопротивления. Кратко опишите методику измерений, приведите результаты измерений и расчетов.

3.2 Используя ту же схему измерьте электрическое сопротивление кусочка графитового карандаша. Кратко опишите методику измерений, приведите результаты измерений и расчетов. Оценка погрешности не требуется.

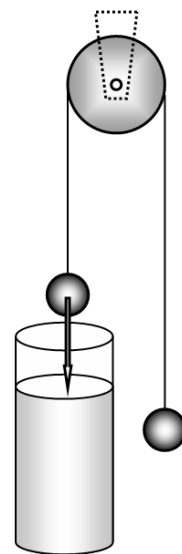
**Задача 11-1. Неньютоновская жидкость.**

Жидкое мыло является неньютоновской жидкостью, для которого закон Ньютона вязкости не применим. В данной задаче вам необходимо исследовать движение пластилиновых шариков в такой жидкости. Не удивляйтесь полученным результатам, они могут быть неожиданными для вас.

**Оборудование:** мензурка 250 мл с жидким мылом, кусок пластилина, секундомер с памятью этапов, штатив с блоком, леска рыболовная, линейка. 7 канцелярских скрепок.

Закрепите блок в лапке штатива, через блок протяните леску, к концам которой прикрепите два одинаковых пластилиновых шарика (диаметром примерно 15 мм). Один из шариков должен входить в мензурку с налитым жидким мылом. Вам необходимо исследовать движение этого шарика, как при подъеме, так и при опускании. Второго шарика, движущийся в воздухе, будет называть шарик – противовес.

Для измерения расстояний пользуйтесь шкалой мензурки. Цель данной задачи – исследовать характер зависимостей, поэтому единица измерения длины роли не играет – пусть такой единицей будет «единица шкалы, соответствующая изменению объема на 1 мл (обозначайте эту единицу – «дел»).



**Внимательно продумывайте последовательность экспериментов, они требуют терпения и достаточного времени. Для измерения закона движения удобно пользоваться секундомером с памятью этапов. Если вы не умеете пользоваться таким режимом – обратитесь за консультацией к организаторам.**

**Ни в коем случае не выливайте мыло из мензурки (даже если затем вы зальете обратно) – мыло должно после переливания отстаиваться сутки, а столько времени у вас нет!**

**При проведении измерений используйте шарик на леске, чтобы его можно было поднять со дна мензурки.**

**Часть 1. Закон движения при погружении.**

В данном задании вам необходимо исследовать движение шарика при погружении (второй шарик на свободном конце нити можете закрепить на штативе). Следите, чтобы леска не касалась стенок мензурки. Измерения проводите только тогда, когда шарик полностью погружен в мыло.

Используйте секундомер с памятью этапов – засекайте времена прохождения определенных отметок глубины.

- 1.1 Измерьте времена погружения шарика от глубины погружения  $t(h)$ . Измерения проведите несколько раз.
- 1.2 Постройте график усредненного закона движения шарика  $h(t)$ . Сглаживающую линию не проводите. Проведите прямую, рассчитанную в п.1.4.
- 1.3 Рассчитайте среднюю скорость движения шарика на всем пройденном пути. Оцените погрешность найденного значения.

- 1.4 Предположим, что движения шарика является равномерным. Определите параметры закона равномерного движения, которые точнее всего описывают экспериментальные данные. Постройте график найденного приближенного закона движения (на том же бланке, что в п.1.2). Укажите значения координат точек, по которым вы построили эту прямую. Считая экспериментальные отклонения случайными, рассчитайте погрешность найденного значения скорости в равномерном приближении.
- 1.5 По экспериментальным данным рассчитайте зависимость скорости шарика от времени. Постройте график полученной зависимости. Параметры графика и оценку погрешностей находить не требуется.
- 1.6 Используя полученный график зависимости скорости от времени. укажите, можно ли считать отклонения экспериментальных точек от графика равномерного приближения случайными.
- 1.7 Укажите основные причины, которые могут привести к появлению систематических отклонений закона движения шарика от равномерного приближения.

## **Часть 2. Подъем шарика.**

### **Оценка погрешностей в данном задании не требуется.**

В этой части вам необходимо исследовать подъем шарика под действием второго шарика-противовеса. Считайте, что подъем шарика происходит с постоянной скоростью. Исследовать закон движения не нужно – достаточно измерить среднюю скорость подъема. Массу противовеса можно увеличивать, прикрепляя к нему канцелярские скрепки. Укажите, на каком интервале высот вы проводили измерения.

- 2.1 Измерьте зависимость скорости подъема шарика от числа скрепок  $V(n)$ , прикрепленных к шарiku противовесу. Постройте график полученной зависимости.
- 2.2 Выясните. могут ли отклонения экспериментальных данных от приближенной зависимости считаться систематическими (а не обусловленными погрешностями измерений).
- 2.3 Укажите возможные причины систематических отклонений экспериментальных данных от линейной зависимости скорости шарика от массы шарика противовеса. Ответ обоснуйте на основании ваших экспериментальных данных.

## Задача 11-2. «Измерения без приборов»

Многие важные и интересные результаты можно получать, проводя физические эксперименты практически без измерительных приборов, что вам и предстоит сделать в данной работе!

Несмотря на простоту предлагаемых экспериментов. будьте точны, аккуратны и терпеливы.

**Оборудование:** штатив с лапкой, гвоздь 100 мм, 1 м нитки, линейка, кусок пластилина.

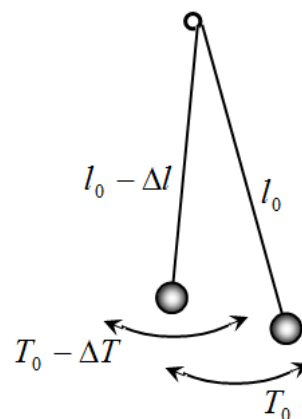
Из двух одинаковых кусочков пластилина скатайте шарики и прикрепите их к нитке, тем самым вы получите два маятника, которые можно считать математическими.

### Часть 1. Зависимость периода колебаний от длины маятника (метод совпадений).

Подвесьте два маятника на горизонтальном гвозде, так, чтобы они могла колебаться в параллельных плоскостях, не касаясь друг друга. Длина каждого маятника должна равняться 32 оборотам нитки вокруг гвоздя. Постарайтесь сделать длины маятников как можно точнее.

Длину одного маятника оставляйте неизменной  $l_0 = 32s$  (где  $s$  длина одного оборота вокруг гвоздя). Неизменный период колебаний этого маятника обозначим  $T_0$ . Длину второго маятника постепенно уменьшайте, наматывая нить на гвоздь:  $l = l_0 - ns$  ( $n$  - число оборотов, которые вы сделали, укорачивая маятник. При этом период колебания маятника будет уменьшаться  $T = T_0 - \Delta T$ .

Если маятники отклонить в одну сторону на один и тот же угол и отпустить, то они будут колебаться так что углы отклонения будут постоянно изменяться. Через  $N$  периодов колебаний неизменного маятника  $T_0$  углы отклонения снова станут одинаковыми, маятники отклонятся на максимальную величину одновременно, в одну сторону, нити станут параллельными. Это число периодов до очередного совпадения отклонений легко и точно измеряется.



- 1.1 Получите формулу, позволяющую выразить относительную разность периодов  $\frac{\Delta T}{T_0}$  через число колебаний до совпадения отклонений  $N$ .
- 1.2 Измерьте зависимость величины  $N$  от числа оборотов  $n$ . Укорачивающих длину маятника. Постройте график полученной зависимости.
- 1.3 Получите теоретическую зависимость величины  $\frac{\Delta T}{T_0}$  от числа оборотов  $n$  и длины неизменного маятника (измеренной в единицах  $s$ )  $n_0$ . Постройте на том же бланке теоретическую зависимость. Сравните их. Укажите возможные причины их расхождений.
- 1.4 Упростите полученную формулу полагая, что  $\Delta l \ll l_0$ . Укажите возможный диапазон использования такого приближения.
- 1.5 Оцените погрешность, с которой можно измерить относительное изменение периода  $\frac{\Delta T}{T_0}$ .

## Часть 2 Биения.

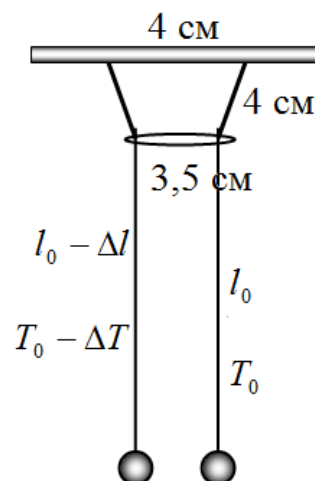
Соберите систему из двух связанных маятников. На гвоздь прикрепите нити маятников на расстоянии примерно 4 см, на высоте примерно равной 4-5 см свяжите нити маятников ниткой, так, чтобы расстояние между нитями составляло примерно 3- 3,5 см. Маятники должны совершать колебания в плоскости перпендикулярной плоскости рисунка. Длину одного маятника оставляйте (и равной 32 см), длину второго маятника изменяйте с шагом 1 см. В данном эксперименте для измерения длин можете использовать линейку. Длину маятника можно изменять, передвигая пластилин по нитке.

Если сначала отклонить только один маятник (длина которого неизменна), то второй маятник начнет медленно раскачиваться, увеличивая амплитуду, а затем эта амплитуда снова уменьшится до нуля. Такое движение называется **биениями**. Периодом биений  $T_B$

называется время между двумя последовательными остановками. В данном эксперименте вам необходимо исследовать зависимость периода биений от разности длин маятников  $\Delta l$ .

Период биений следует измерять в периодах колебаний маятника постоянной длины  $\frac{T_B}{T_0}$ .

Удобно исследовать эту величину в зависимости от относительной разности длин  $\frac{\Delta l}{l_0}$ .



- 2.1 Получите теоретическую формулу, описывающую зависимость  $\frac{T_B}{T_0}$  от  $\frac{\Delta l}{l_0}$ .
- 2.2 Проведите соответствующие измерения, сравните полученные результаты с теоретическими, сделайте вывод о применимости построенной вами модели.

**Подсказка:** колебания каждого маятника можно рассматривать как сумму колебаний с двумя периодами  $T_0$  и  $T_0 - \Delta T$  (собственными периодами каждого маятника)