

Условие

Задание. Проведите на миллиметровой бумаге оси X и Y вдоль линий сетки. Проведите следующую серию опытов. Бросьте спичку с высоты 15–20 см на лист миллиметровой бумаги, приклеенной скотчем к столу. Следите, чтобы, когда вы отпускаете спичку, она находилась в вертикальном положении, а после отскока падала на поверхность листа. Отметьте координаты x_1 и x_2 концов спички. Запишите в таблицу модуль разницы координат $l = |x_2 - x_1|$. Назовём эту величину модулем проекции спички на заданное направление.

Повторите этот опыт 30 раз. Аналогичным образом измерьте 30 раз модуль проекции на ось Y . Полученные результаты также заносите в таблицу.

Расчитайте среднее арифметическое $\langle l \rangle = (l_1 + l_2 + \dots + l_{60})/60$ всех полученных значений проекции. Измерьте длину спички L и определите отношение $\alpha = L/\langle l \rangle$.

Оборудование. Спичка, лист миллиметровой бумаги.

Рекомендации организаторам

Лист миллиметровой бумаги должен быть формата не меньше А4. Для удобства его следует прикрепить к столу (например, скотчем). Головку спички следует заранее удалить.

Ориентировочная система оценивания

Получение 60 измерений	3
Таблица результатов	2
Измерение длины спички	1
Определение $L/\langle l \rangle$	4

Возможное решение

При достаточно большом количестве проведенных измерений искомое отношение α будет стремиться к $\pi/2 \approx 1,57$. При $N = 60$ ошибка не должна превышать 10%.

Условие

Задание. Определите диаметр D тела неправильной формы и длину L его перетяжки с наибольшей точностью. Опишите методику измерений.

Примечание. Диаметр тела называется наибольшее расстояние между двумя его точками.

Для двух областей плоского тела, выделенных цветом, длиной перетяжки называется минимальное расстояние между точками границы тела, принадлежащими разным областям. Пример приведён на рисунке 1.

Оборудование. Плоское тело неправильной формы, лист миллиметровой бумаги, линейка, нить.

Рекомендации организаторам

Для изготовления тела неправильной формы можно взять плотный картон или разделитель для блочной тетради. Две выемки нужно выделить цветом.

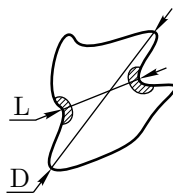


Рис. 1

Пример приведен на рисунке 1.

Ориентировочная система оценивания

Идея получения максимального диаметра	2
Снятие точек	1
Учёт возможных локальных максимумов	1
Ответ для диаметра	2
Идея получения длины перетяжки	2
Снятие точек	1
Ответ для длины перетяжки	1

Возможное решение

Совместим край линейки с одной из линий миллиметровой бумаги и прижмём её к столу. Будем катить тело по линейке, наблюдая за наиболее удалённым от неё краем. В тот момент, когда противоположный край перестанет удаляться от линейки, отметим карандашом на бумаге точку, соответствующую его положению (это достаточно просто подметить, так как противоположный конец тела сначала пересекает линии миллиметровой бумаги, параллельные линейке, а потом перестаёт). Это положение соответствует локальному максимуму. После того, как тело сделает полный оборот, из отмеченных точек выберем ту, расстояние которой до линейки наибольшее.

Для определения длины перетяжки натянем через выделенные цветом области нить. Слегка смещая нить и натягивая её, можно подобрать положение, где длина её будет наименьшей — это и будет длиной перетяжки.

При аккуратном выполнении эксперимента возможно определение искомым величин с точностью 1 мм.

Условие

Задание.

1. Определите объём V_0 одной капли воды из шприца. При капании держите шприц вертикально иглой вниз. Старайтесь, чтобы скорость капания не превышала 1 капли в секунду. Напишите, от чего зависит точность измерений.

2. Повторите опыт с мыльным раствором.

3. Определите коэффициент поверхностного натяжения σ_M мыльного раствора, если известно, что для воды при комнатной температуре он равен $\sigma_0 = 72 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

Примечание. Капля жидкости удерживается на кончике иглы шприца силой поверхностного натяжения $F_{п.н.}$, пропорциональной коэффициенту σ . При увеличении размеров капли наступает момент, когда $F_{п.н.}$ достигает своего максимального значения, и при дальнейшем увеличении массы капли происходит её отрыв. Поэтому масса капли пропорциональна σ .

Оборудование. Инсулиновый шприц, стаканы с водой и мыльным раствором, пустой стакан.

Рекомендации организаторам

Мыльный раствор должен быть достаточно концентрированным, чтобы коэффициенты поверхностного натяжения σ_0 и σ_M отличались более, чем в полтора раза. Для приготовления раствора удобно брать стиральный порошок или моющее средство. Используйте одноразовые стаканчики.

Ориентировочная система оценивания

Определение объёма капли воды	3
Определение объёма капли мыльного раствора	3
Идея получения σ_M	2
Ответ	2

Возможное решение

1. Наберём в шприц объём $V = 1$ мл воды и измерим, сколько капель N вытечет из иглы при полном медленном перемещении поршня. Искомый объём одной капли $V_0 = V/N$.

2. Аналогичным образом найдём объём V_M капли мыльного раствора.

3. Масса капли равна произведению её объёма на плотность жидкости. Плотности мыльного раствора и воды практически одинаковы, поэтому отношение масс капель воды и раствора равно отношению их объёмов. В примечании было показано, что масса капли пропорциональна коэффициенту поверхностного натяжения. Сравнив массы капель воды и мыльного раствора, получим соотношение

$$\frac{\sigma_M}{\sigma_0} = \frac{m_M}{m_0} = \frac{V_M}{V_0}.$$

Из него следует, что искомое значение $\sigma_M = (V_M/V_0)\sigma_0$.

Условие**Задание.**

1. Из листа бумаги и чупа-чупса соберите вертушку, которая бы делала максимальное число оборотов при её падении с фиксированной высоты.

2. Придумайте метод точного измерения числа совершённых вертушкой оборотов и измерьте это число для вашей вертушки при падении с высоты около полутора метров. Результаты предъявите дежурному члену жюри. После этого чупа-чупс может съесть!

Примечание. Крепление бумаги к конфете производится следующим образом: в листе ножницами делаются необходимые отверстия. Лист надевается на пластмассовую ножку конфеты, через отверстие в ножке продевается булавка, которая и удерживает чупа-чупс.

Оборудование. Чупа-чупс, 3 листа бумаги формата А4, ножницы, булавка, нить, скотч.

Рекомендации организаторам

В качестве бумаги рекомендуется выдавать ватман. По просьбе участника можно выдавать дополнительные листы бумаги (чтобы не ограничивать число конструкций). В ножке чупа-чупса можно заранее проделать несколько отверстий на разном уровне, чтобы втыкание булавки не вызывало затруднений. Длина нити не должна быть меньше 3 м.

Ориентировочная система оценивания

Описание изготовления вертушки.....	3
Идея получения числа оборотов.....	2
Максимальное число оборотов.....	5

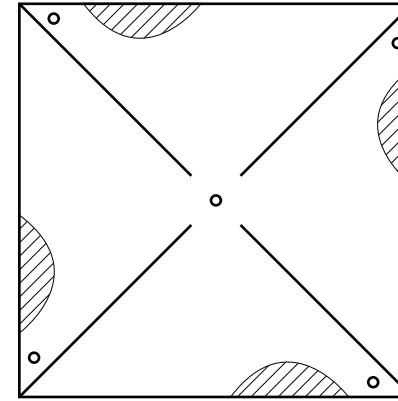
Возможное решение

Рис. 2

Приведём выкройку наиболее удачной по мнению жюри вертушки (рис. 2). Сначала отрезается часть листа, чтобы получить квадрат. Потом производятся разрезы, как показано на рисунке, и прорезаются отверстия для ножки чупа-чупса. Вырезание заштрихованных областей увеличивает эффективность закручивания. Сборка производится следующим образом: сначала на ножку чупа-чупса по очереди надеваются углы вертушки, потом — центр листа. В ножку вставляется булавка, чтобы зафиксировать конструкцию. Закручивание происходит тем эффективнее, чем более «раскрыты» лопасти вертушки, то есть чем больше расстояние от конфеты до булавки.

Для измерения числа оборотов можно скотчем закрепить две нити на диаметрально противоположных точках конфеты, а их нижние концы приклеить к полу. При вращении нити скрутятся, и по числу оборотов нитей можно точно определить число оборотов вертушки.

Условие

Задание. Предположим, что в некоторой комнате стоит животное: либо зебра, либо лошадь. В комнате есть дверь, сделанная из матового стекла, образец которого выдан вам. При помощи имеющегося оборудования оцените, при каком расстоянии от животного до двери, проходящий по коридору человек сможет точно определить, кто именно находится в комнате. Считайте, что ширина чёрных и белых полос зебры $d_0 = 6$ см.

Примечание. Стекло имеет только одну матовую поверхность. Учтите это при выполнении эксперимента.

Чёткость картинка зависит от освещённости объекта, который вы рассматриваете сквозь матовое стекло. Постарайтесь учесть это при выполнении работы, чтобы в одной серии экспериментов не было измерений при разных уровнях освещённости объектов.

Оборудование. Матовое стеклышко (размером 6×4 см), штатив, линейка, лист бумаги с рисунками со штриховкой с известным шагом d от 2 до 7 мм, скотч, ножницы (одни на аудиторию).

Рекомендации организаторам

Файл с рисунками со штриховкой приложен к заданиям экспериментального тура. Ширина полос от рисунка к рисунку меняется в диапазоне от 2 до 7 мм с шагом 0,5 мм. Деления на выдаваемой линейке должны начинаться от края. Аудитория должна быть хорошо и равномерно освещена, и освещение не должно меняться в течение эксперимента.

Ориентировочная система оценивания

Методика	2
Матовая сторона снизу	1
Измерения l для всех d	2
График $l(d)$	2
Идея экстраполяции	1
Ответ для диапазона L	2

Возможное решение

Приклеим скотчем лист со штриховками к столу. Стекло, обращённое матовой поверхностью вниз, закрепим в штативе параллельно плоскости стола. Обозначим через l расстояние от нижней плоскости стеклышка до плоскости стола (измеряем линейкой).

Для каждого рисунка со штриховкой с расстоянием между штрихами d будем находить l_{\min} — минимальную высоту, на которой мы точно не различаем одну полосу от другой, и l_{\max} — максимальную высоту, на которой мы еще можем отличать полосы штриховки. Тогда будем считать, что характерное расстояние, на котором теряется различие штриховки шириной d , это $l = (l_{\max} + l_{\min})/2$.

Таким образом получим «расстояние различимости» l для каждого из шагов штриховки d . Построим график зависимости l от d . Точки лягутся на прямую. Посчитаем угловой коэффициент наклона прямой и аналитически рассчитаем L_0 , соответствующее d_0 . Тогда при $0 < L < L_0$ из коридора можно будет точно определить, кто находится за стеклом, зебра или лошадь.

Условие

Задание. Определите уровень жидкости в коробке, когда шкала вертикальна.

Оборудование. Картонный пакет из под сока, частично наполненный водой, с небольшим отверстием на верхней грани и с приклеенной миллиметровой шкалой сбоку, пластиковая гибкая трубка, салфетка.

Рекомендации организаторам

Удобно брать пакеты из под сока объёмом 0,5 л с отверстием под трубочку. Освободите пакет от сока. Промойте его и приблизительно на две трети заполните кипяченой водой. Если объёмы налитой жидкости в разных пакетах разные, пакеты следует пронумеровать. Гибкие трубки удобно брать от наборов для переливания крови, продающихся в аптеках. Длина выдаваемой трубки должна быть не менее удвоенной высоты коробки. В качестве шкалы рекомендуется наклеить на пакет полоску миллиметровой бумаги шириной 1 см и длиной, равной высоте коробки (отверстие для трубочки должно быть обращено вверх).

Ориентировочная система оценивания

Идея определения уровня сравнением с уровнем в трубке	4
Определение уровня	4
Идея с мениском для уменьшения погрешности	2

Возможное решение

Через отверстие в пакете опустим в воду максимально глубоко один конец пластиковой трубки. Заткнём другой конец пальцем и извлечём большую часть трубки из пакета так, чтобы её другой конец остался в воде. Если опустить наружный конец трубки на разные уровни, то жидкость может течь либо вниз, либо вверх. Можно подобрать такой уровень, при котором вода будет неподвижна. При этом уровень воды в трубке совпадёт с уровнем воды в пакете.

Увеличить точность измерений можно, если водой заполнить всю трубку и наблюдать за мениском на её конце. Если мениск выпуклый, то он находится чуть ниже уровня воды в пакете. Если вогнутый — поднят чуть выше. Таким образом можно получить точность до 0,5 мм.

Условие

Задание. Рассмотрите центральный удар пятикопеечной монеты массой $M = 2,56$ г о однокопеечную массой $m = 1,46$ г. Необходимо установить, какая доля γ кинетической энергии E_0 налетающей монеты выделяется в виде теплоты при столкновении.

Оборудование. Две монеты известной массы, лист бумаги, ластик, карандаш, линейка, скотч, ножницы (одни на аудиторию).

Рекомендации организаторам

Лист бумаги следует скотчем закрепить на рабочем столе. Наиболее удобно использовать прозрачную пластиковую линейку.

Ориентировочная система оценивания

Методика решения	3
Запуск монеты линейкой	2
Теоретическое выражение для γ	3
Измерения S_1 и S_2	4
Экспериментальное значение γ	3

Возможное решение

Проведём вдоль листа бумаги линию OO' . Установим большую и маленькую монетки на одной линии OO' (рис. 3). Линейку расположим перпендикулярно плоскости стола и OO' . Отводим её на небольшой угол, отпускаем, и тем самым сообщаем большой монете скорость вдоль OO' , что необходимо для того, чтобы удар был центральным. Заметим, что сделать это руками (без линейки) практически невозможно (сообщить одной монете щелчком скорость, направленную точно в центр другой).

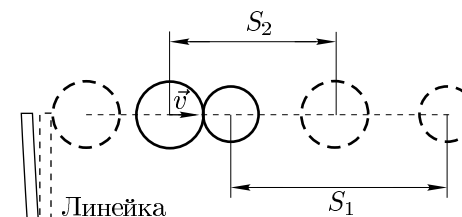


Рис. 3

Получим расчётную формулу для γ . Пусть v_1 и v_2 — скорости большой и маленькой монеток сразу после удара. Тогда имеем:

$$Mv_0 = Mv_2 + mv_1,$$

$$\gamma Mv_0^2 = Mv_2^2 + mv_1^2.$$

Длина пробега монет пропорциональна их кинетической энергии. Учитывая, что $v_1^2 \sim S_1$ и $v_2^2 \sim S_2$, получаем итоговое выражение для γ :

$$\gamma = \frac{1 + \frac{m}{M} \cdot \frac{S_m}{S_M}}{\left(1 + \left(\frac{m}{M}\right)^2 \sqrt{\frac{S_m}{S_M}}\right)^2}.$$

Непосредственно измеряя S_1 и S_2 , можем вычислить γ .

Условие

Задание. Определите вес брусочков.

Оборудование. Три одинаковых брусочка, кнопка неизвестной массы, нитка, набор грузов и бумажная чашечка с известными массами.

Рекомендации организаторам

Грузы должны иметь массы от одного грамма до 20, а их суммарная масса должна быть не меньше утроенной массы бруска. Например, можно взять набор монет разного достоинства и несколько крупных гаек. Следует указать массы грузов и чашечки для них. Для изготовления брусков рекомендуется взять рейку из мягких пород дерева (например, сосна), чтобы в них хорошо втыкалась кнопка. Размеры бруска должны быть примерно $6 \times 3 \times 2$ см, а все их углы — прямые, чтобы брусок стоял на столе строго вертикально на любой грани. Лучше взять обычные канцелярские кнопки с треугольными острями. Бумажную чашечку следует изготовить из плотной бумаги или картона в форме небольшой коробочки. Она должна вмещать все монеты и выдерживать их вес. Стоит предусмотреть отверстия для крепления нити.

Ориентировочная система оценивания

Метод определения m	5
Избавление от массы кнопки	1
Проведение измерений	5
Оценка погрешности	1
Получение ответа	3

Возможное решение

Задача предполагает множество решений. Приведём одно из них. Соберём конструкцию как показано на рисунке 4а. Нить крепится к кнопке, которая втыкается в верхнюю грань бруска. Будем нагружать чашечку до тех пор, пока она не начнёт перевешивать. В этом случае мы получим эффективный рычаг с точкой опоры на краю бруска:

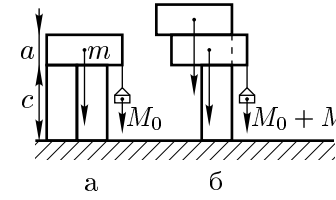


Рис. 4

$$mg(2a - c/2) = M_0g(c - 2a), \quad (1)$$

где M_0 — масса чашечки с грузами.

Переложим брусочек так, как показано на рисунке 4б. Будем добавлять в чашечку грузы до тех пор, пока не нарушится равновесие верхних брусков. Пусть добавленная масса равна M . Запишем правило моментов для добавленных грузов и переставленного бруска:

$$mgc/2 = Mg(c - 2a). \quad (2)$$

Вычитая из уравнения (2) уравнение (1), получим:

$$mg(c - 2a) = (M - M_0)g(c - 2a), \quad m = M - M_0.$$

Следовательно, вес брусочка составляет $P = (M - M_0)g$.

Примечание. Чтобы не учитывать неизвестную массу кнопки, её следует втыкать строго над положением центра рычага.

Условие

Задание. «Чёрный ящик» представляет собой несколько листов бумаги, скреплённых друг с другом, лежащих на стеклянной подложке. Определите количество листов бумаги в «чёрном ящике». Подумайте, как можно увеличить точность вашего эксперимента.

Примечание. Запрещается вскрывать «чёрный ящик», откреплять листы «чёрного ящика» друг от друга, рвать или мять их.

Оборудование. Штатив с двумя лапками, две линейки, шарик от настольного тенниса, 15 листов бумаги формата А5, «чёрный ящик», стеклянная пластинка.

Рекомендации организаторам

Линейки должны быть длиной 50 см. Бумага офисная 80 г/см³. Чтобы получить листы А5, можно резать А4 пополам. «Чёрный ящик» можно изготовить из фоторамки 15 см × 20 см и 8 листов бумаги (конструкция собирается таким образом, чтобы листы располагались поверх стекла фоторамки). Стеклянная пластинка должна быть аналогична той, что в «чёрном ящике». Листы должны прилегать друг к другу плотно, но не быть деформированными.

Ориентировочная система оценивания

Идея о получении результата.....	2
Снятие зависимости $h(n)$	3
Построение графика.....	3
Увеличение точности определения высоты подскока (например, экран).....	2
Экстраполяция зависимости.....	2
Получение ответа и погрешности.....	3

Возможное решение

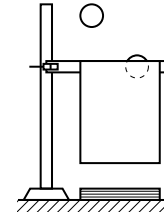


Рис. 5 Положим на стол стеклянную пластинку, а на неё — несколько листов выданной бумаги. Отпуская теннисный шарик с одинаковой высоты без начальной скорости (разумно выбрать высоту 0,5 м), снимем зависимость высоты подскока h от количества листов n , положенных на стол в месте удара шарика. Для более точного измерения высоты подскока закрепим одну линейку в штативе и повесим на неё вертикально лист бумаги — экран (рис. 5). Будем отпускать шарик и наблюдать его подскок из-за экрана. Подберём такую высоту верхнего края экрана, при которой шарик начинает появляться из-за него. Это и будет искомая высота подскока шарика.

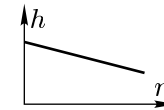


Рис. 6 Построим график измеренной зависимости (примерный вид зависимости высоты подскока h от количества листов n показан на рисунке 6). После чего проведём аналогичный эксперимент, подложив вместо бумаги «чёрный ящик». По графику найдём искомое количество листов.

Примечание. Если использовать экран, то определить количество листов можно с точностью ± 1 лист.

Условие

Задание. Из предоставленного вам оборудования изготовьте маятник, период колебания которого будет равен $T = 5$ с, и предъявите его жюри.

Примечание. Возможны различные виды маятников, в частности, можно изготовить физические или крутильные маятники. Пользоваться какими-либо часами или секундомерами запрещается.

Оборудование. Штатив с лапкой, катушка ниток, три линейки.

Рекомендации организаторам

Нити должны легко рваться руками, в противном случае нужно выдать ножницы.

Ориентировочная система оценивания

Идея использования математического маятника, как часов.....	5
Подбор удачной длины маятника	2
Описание способа создания пятисекундного маятника	5
Подбор верного периода T	3

Возможное решение

Для начала соберём математический маятник. Закрепим одну линейку в лапке, а вторую подвесим снизу на двух нитях одной длины l . При качании линейка ведёт себя как математический маятник. Следовательно, её период $T_1 = 2\pi\sqrt{l/g}$. При длине $l = 24,9$ см период маятника равен $T = 1$ с. Этот маятник мы будем использовать как часы.

Для маятников с большими периодами колебаний были предложены две конструкции. На рисунке 7 (положения а и б) показаны способы сборки физического и крутильного маятника (возможны и другие конструкции).

В случае физического маятника линейка обматывается ниткой в области центра масс и подвешивается на растянутых подвесах. При достаточно близком расположении точки подвеса к центру масс линейки период колебаний может быть весьма большим. Для регулирования периода можно заранее расположить на конце линейки небольшой моток ниток и, передвигая его, добиваться нужного периода.

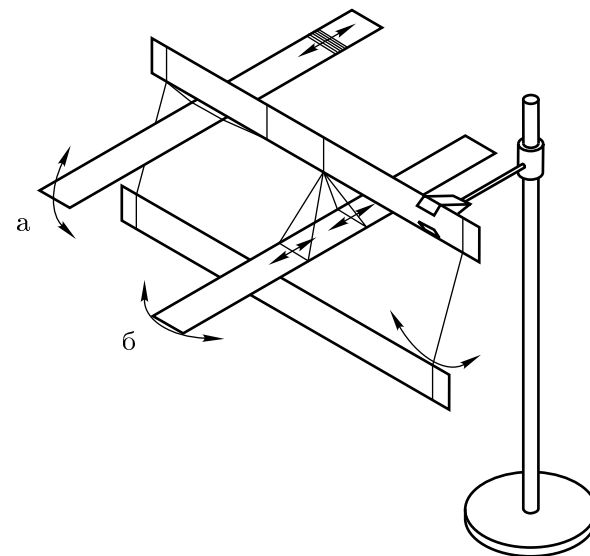


Рис. 7

В случае крутильного маятника можно регулировать период, меняя базу крепления ниток к линейке. Нити можно сделать двойными, тройными и так далее.

При одновременном запуске математического и «длиннопериодного» маятников добъёмся того, что в один период последнего укладывалось 5 периодов математического. В этом случае $T = 5T_1 = 5$ с.