

**Российская олимпиада по физике. Всероссийская.
Экспериментальный тур.**

1. 1992. Определите с максимально возможной точностью сопротивление резистора.

Оборудование: источник тока, резистор с известным сопротивлением, резистор с неизвестным сопротивлением, стаканчик (стеклянный, на 100 мл), термометр, часы (можно использовать свои наручные), миллиметровая бумага, кусок пенопласта.

2. 1993. Определите коэффициент трения бруска о стол.

Оборудование: брусок, линейка, штатив, нитки, гиря известной массы.

3. 1994. Определите вес плоской фигуры.

Оборудование, плоская фигура, линейка, гирька.

4. 1995. Исследуйте зависимость скорости истечения струи, вытекающей из сосуда, от высоты уровня воды в этом сосуде.

Приборы и оборудование: штатив с муфтой и лапкой, стеклянная бюретка со шкалой и резиновой трубкой; пружинный зажим; винтовой зажим; секундомер; воронка; кювета; стакан с водой; лист миллиметровой бумаги.

5. 1995. Определите температуру воды, при которой ее плотность максимальна.

Приборы и оборудование: стакан с водой, при температуре $t = 0^\circ\text{C}$; металлическая подставка; термометр; ложечка; часы; маленький стакан.

6. 1996. Определите силу разрыва T нити. $mg < T$.

Оборудование: планка, длина которой 50 см; нить или тонкая проволока; линейка; груз известной массы; штатив.

7. 1996. Определите коэффициент трения металлического цилиндра, масса которого известна, о поверхность стола.

Оборудование: два металлических цилиндра приблизительно одинаковой массы (масса одного из них известна ($m = 0,4 — 0,6$ кг)); линейка длины 40 — 50 см; динамометр Бакушинского.

8. 1997. Исследуйте содержимое механического «черного ящика». Определите характеристики твердого тела, заключенного в «ящике».

Оборудование: динамометр, линейка, миллиметровая бумага, «черный ящик» — закрытая банка, частично заполненная водой, в которой находятся твердое тело с прикрепленной к нему жесткой проволокой. Проволока выходит из банки сквозь малое отверстие в крышке.

9. 1997. Определите плотность и удельную теплоемкость неизвестного вам металла.

Оборудование: калориметр, пластмассовый стакан, ванночка для проявки фотографий, измерительный цилиндр (мензурка), термометр, нитки, 2 цилиндра из неизвестного металла, сосуд с горячей ($t_{\text{г}} = 60^\circ - 70^\circ$) и холодной ($t_{\text{х}} = 10^\circ - 15^\circ$) водой. Удельная теплоемкость воды $c_{\text{в}} = 4200$ Дж/(кг·К).

10. 1998. Определите модуль Юнга стальной проволоки.

Оборудование: штатив с двумя лапками для крепления оборудования; два стальных стержня; стальная проволока (диаметром 0,26 мм); линейка; динамометр; пластилин; булавка.

Примечание. Коэффициент жесткости проволоки зависит от модуля Юнга и геометрических размеров проволоки следующим образом $k = ES/l$, где l — длина проволоки, а S — площадь ее поперечного сечения.

11. 1998. Определите концентрацию поваренной соли в выданном вам водном растворе.

Оборудование: стеклянная банка объемом 0,5 л; сосуд с водным раствором поваренной соли неизвестной концентрации; источник переменного тока с регулируемым напряжением; амперметр; вольтметр; два электрода; соединительные провода; ключ; набор из 8 навесков поваренной соли; миллиметровая бумага; емкость с пресной водой.

12. 1999. Определите сопротивления милливольтметра и миллиамперметра для двух диапазонов измерений.

Оборудование: милливольтметр (50/250 мВ), миллиамперметр (5/50 мА), два соединительных провода, медная и цинковая пластины, соленый огурец.

13. 1999. Определите плотность тела.

Оборудование: тело неправильной формы, металлический стержень, линейка, штатив, сосуд с водой, нить.

14. 2000. Определите сопротивления резисторов R_1, \dots, R_7 , амперметра и вольтметра.

Оборудование: батарейка, вольтметр, амперметр, соединительные провода, переключатель, резисторы: $R_1 - R_7$.

15. 2000. Определите коэффициент жесткости пружины.

Оборудование: пружина, линейка, лист миллиметровой бумаги, брусок, груз массой 100 г.

Внимание! Не подвешивайте груз на пружине, так как при этом вы превысите предел упругой деформации пружины.

16. 2001. Определите коэффициент трения скольжения спичечной головки о шероховатую поверхность спичечного коробка.

Оборудование: коробка со спичками, динамометр, груз, лист бумаги, линейка, нить.

17. 2001. Деталь волоконно-оптического соединителя представляет собой стеклянный цилиндр (показатель преломления $n = 1,51$), в котором имеется два круглых цилиндрических канала. Торцы детали заклеены. Определите расстояние между каналами.

Оборудование: деталь соединителя, миллиметровая бумага, лупа.

18. 2002. «Черный сосуд». В «черный сосуд» с водой на нити опущено тело. Найдите плотность тела ρ_t , его высоту l уровень воды в сосуде с погруженным телом (h) и когда тело находится вне жидкости (h_0).

Оборудование. «Черный сосуд», динамометр, миллиметровая бумага, линейка.

Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$. Глубина сосуда $H = 32 \text{ см}$.

19. 2002. Трение. Определите коэффициенты трения скольжения деревянной и пластмассовой линеек о поверхность стола.

Оборудование. Штатив с лапкой, отвес, деревянная линейка, пластмассовая линейка, стол.

20. 2003. Заводная игрушка. Определите энергию, запасенную пружиной заводной игрушки (машинки), при фиксированном «заводе» (числе поворотов ключа).

Оборудование: заводная игрушка известной массы, линейка, штатив с лапкой и муфтой, наклонная плоскость.

Примечание. Заводите игрушку так, чтобы ее пробег не превышал длину стола.

21. 2003. Определение плотности тел. Определите плотность груза (резиновой пробки) и рычага (деревянной рейки), используя предложенное оборудование.

Оборудование: груз известной массы (пробка маркированная); рычаг (деревянная рейка); цилиндрический стакан (200-250 мл); нить (1 м); деревянная линейка, сосуд с водой.

Решение задач.

Решение 1. Собираем последовательную цепь, подключаем ее к источнику тока (см. рис. 17), погружаем резистор R_1 в воду и контролируем с помощью термометра T изменение температуры Δt_1 воды в течение времени $\Delta \tau_1$. Для достаточно малых промежутков времени $\Delta \tau$ можно пренебречь потерями тепла. Запишем для этого случая уравнение теплового баланса:

$$I_1^2 R_1 \Delta \tau_1 = c_m m \Delta t_1,$$

где c_m – удельная теплоемкость воды, m – ее масса.

Затем, погрузив в воду резистор R_2 , повторяем эксперимент при той же силе тока I_1 . В этом случае уравнение теплового баланса будет иметь вид:

$$I_1^2 R_2 \Delta \tau_2 = c_m m \Delta t_2$$

где Δt_2 – изменение температуры воды за время $\Delta \tau_2$.

Взяв отношение количеств теплоты, получим искомую величину:

$$R_2 = R_1 \frac{\Delta t_2 \Delta \tau_1}{\Delta t_1 \Delta \tau_2}.$$

Примечание. Трудность опыта состоит в том, что пренебречь теплообменом с окружающей средой можно только при малой разности температур. Но измерить эту разность обычным термометром можно лишь с большими погрешностями.

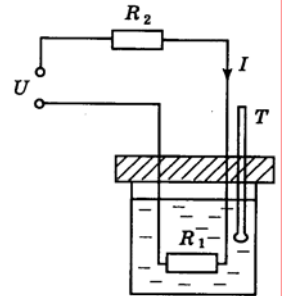


Рис. 17

Решение 2. Предварительно определяем массу бруска. Для этого размещаем брусок и гирю на линейке и с помощью правила рычага находим искомую массу M . Затем, привязав нить к гире и подвесив ее на штативе, отклоняем гирю с помощью бруска на такой угол α (рис. 18), когда сила, с которой гиря действует на брусок, равна силе трения скольжения:

$$F = F_{\text{тр}}$$

или

$$mgtg\alpha = \mu Mg, \Rightarrow \mu = \frac{m}{M} tg\alpha.$$

Необходимые для расчета тангенса угла параметры определяем с помощью линейки.

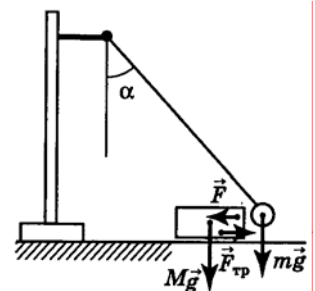


Рис. 18

Решение 3. Чтобы определить вес плоской фигуры, сначала находим положение ее центра масс. С этой целью положим фигуру на стол так, чтобы она опиралась только на край стола, и проведем по фигуре карандашом линию вдоль края стола. Затем эту операцию повторим, изменив положение фигуры на столе. Центр масс фигуры будет находиться в точке пересечения этих двух линий.



Рис. 19

Проведем на фигуре от центра масс линию AC (рис. 19), положим на фигуру гирьку так, чтобы ее центр масс находился на этой линии, а саму фигуру вместе с гирькой положим на стол, край которого должен быть перпендикулярен к линии AC . При этом сама фигура должна опираться только о край стола и находиться в равновесии. В этом случае сумма моментов всех сил, приложенных к фигуре, относительно края стола равна нулю.

На фигуру будут действовать три силы: сила тяжести \vec{G} , сила реакции опоры \vec{N} со стороны стола и сила \vec{F} со стороны гирьки, равная ее весу \vec{P}_1 (рис. 20). Так как момент силы \vec{N} относительно края стола равен нулю, то по правилу моментов сил будем иметь

$$Gl = P_1 l_1, \quad G = P_1 \frac{l_1}{l}.$$

Вес фигуры равен действующей на нее силе тяжести, т. е. $P = G$. Так как вес гирьки известен, то для определения веса фигуры измерим плечи l и l_1 сил \vec{G} и \vec{F} соответственно.

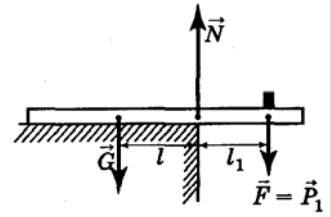


Рис. 20

Решение 4. Используя воронку, наливаем в укрепленную вертикально на штативе бюретку воды и с помощью винтового зажима на резиновой трубке подбираем размер выходного отверстия так, чтобы время вытекания воды из бюретки было не слишком малым и в то же время струя не прерывалась. Затем, фиксируя с помощью пружинного зажима начальную высоту h уровня воды в бюретке, измеряем секундомером время вытекания t . В результате получаем таблицу $t = t(h)$, по которой можно приближенно найти скорость струи $v = \Delta h / \Delta t$ для различных h .

Решение 5. Помешивая ложечкой воду в стакане, добиваемся выравнивания ее температуры по всему объему. Затем ставим стакан на подставку и исследуем зависимость температуры воды вблизи дна стакана от времени. Вначале температура растет, а затем стабилизируется вблизи искомого значения 4°C в течение ≈ 10 минут, после чего опять начинает возрастать.

Решение 6. Соберем установку, изображенную на рис. 21. Медленно уменьшая глубину h провисания нити, добьемся ее разрыва. Условие разрыва нити понятно из рис. 22.

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + m\vec{g} = 0,$$

где $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$.

Окончательно получаем

$$T = \frac{mg}{2 \cos \alpha} = \frac{mg}{2} \frac{\sqrt{h^2 + y^2}}{h}.$$

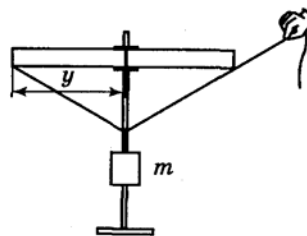


Рис. 21

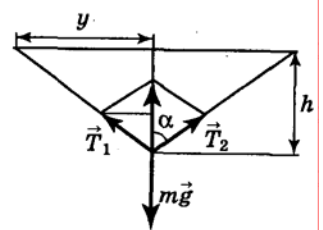


Рис. 22

Решение 7. Рекомендации для организаторов. Вес легкого груза должен быть больше предела измерения динамометра.

На рис. 23 изображен вид сверху экспериментальной уста-

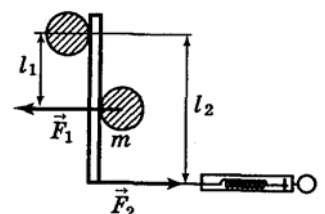


Рис. 23

новки, которую следует собрать. Медленно увеличивая силу, приложенную к линейке со стороны динамометра, добьемся того, чтобы груз известной массы начал равномерное движение. Это будет происходить при условии

$$F_1 l_1 = F_2 l_2. \quad (1)$$

Здесь F_2 – показания динамометра, F_1 – сила, действующая на линейку со стороны груза массы m :

$$F_1 = kmg. \quad (2)$$

Из (1) и (2) следует

$$k = \frac{F_2 l_2}{mg l_1}.$$

Решение 8. Соединим динамометр с крючком на конце проволоки, выходящей из крышки «черного ящика» и начинаем поднимать его вверх. Снимаем зависимость показаний динамометра от высоты h подъема крючка. На миллиметровой бумаге строим график зависимости $F = F(h)$ (рис. 24).

Из вида графика можно предположить, что участок ab соответствует подъему тела от дна до поверхности воды, участок bc – «выходу» из воды, cd – дальнейшему подъему в воздухе. Поскольку на участках ab и cd силы постоянны, делаем заключение, что между грузом и ящиком нет пружин или резинок. Участок bc – прямая линия. Это может быть только в том случае, когда по всей высоте тело имеет постоянное поперечное сечение (например, как у цилиндра или параллелепипеда).

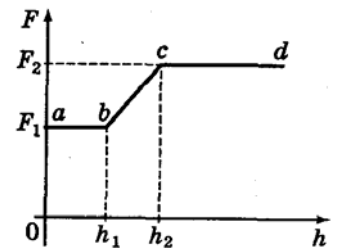


Рис. 24

Масса тела

$$m_T = \frac{F_2}{g}. \quad (1)$$

Воспользуемся законом Архимеда: $F_1 = F_2 - \rho V_T g$, где ρ – плотность воды V_T – объем тела, равный

$$V_T = \frac{F_2 - F_1}{\rho g}. \quad (2)$$

Плотность материала тела

$$\rho_T = \frac{m_T}{V_T} = \rho \left(\frac{F_2}{F_2 - F_1} \right). \quad (3)$$

Измеряем диаметр D дна (крышки) «черного ящика» и находим его площадь:

$$S_{\text{ящ}} = \frac{\pi D^2}{4}.$$

Находим высоту H_T тела в «черном ящике» из уравнения

$$h_1 S_{\text{ящ}} - V_T = (h_2 - H_T) S_{\text{ящ}}, \quad H_T = (h_2 - h_1) + \frac{V_T}{S_{\text{ящ}}}. \quad (4)$$

Площадь тела

$$S_T = \frac{V_T}{H_T}. \quad (5)$$

Решение 9. Поставим стакан в ванночку. Заполним ее до краев водой. Обвяжем цилиндры нитками и опустим их в стакан с водой. Объем вытесненной воды будет равен объему цилиндров. Поместим калориметр в стакан и заполним стакан до краев водой. Опустим в калориметр цилиндры. Масса воды, вытесненной из стакана, будет равна массе цилиндров. Найдем плотность металла, из которого изготовлены цилиндры.

Смешивая горячую и холодную воду, получим такое количество воды комнатной температуры t_o , которого хватит для того, чтобы полностью скрыть под водой цилиндры, лежащие на дне калориметра.

Перенесем цилиндры в горячую воду и подождем пока их температура не сравняется с температурой горячей воды t_x .

Перенесем с помощью ниток цилиндры обратно в калориметр и дольем в него мензуркой столько холодной воды, чтобы в калориметре установилась комнатная температура t_o .

Запишем уравнение теплового баланса

$$m_y c_y t_x + m_x c_x t_o = (m_y c_y + m_x c_x) t_o. \quad (1)$$

Здесь m_y – масса цилиндров, c_y – их удельная теплоемкость, m_x – масса холодной воды, которую долили в калориметр. Из уравнения (1) находим искомую теплоемкость

$$c_y = c_x \left(\frac{m_x}{m_y} \right) \left(\frac{t_o - t_x}{t_x - t_o} \right).$$

Решение 10. Собираем установку, схематически изображенную на рис. 25. К правому концу стержня прикрепляем динамометр, а к торцевой части стержня с помощью пластилина прикрепляем булавку (она будет играть роль стрелки). По вертикально поставленной линейке определяем смещение Δh правого конца стержня при различных значениях приложенной силы F . Удлинение Δl проволоки определяем из пропорции

$$\frac{\Delta l}{l_1} = \frac{\Delta h}{L}. \quad (1)$$

Это удлинение обусловлено увеличением силы натяжения проволоки ΔT . Увеличение силы натяжения найдем из уравнения моментов сил:

$$\Delta T l_1 = \Delta F L. \quad (2)$$

Согласно закону Гука имеем

$$\Delta T = k \Delta l. \quad (3)$$

Воспользуемся выражением для коэффициента жесткости, приведенном в условии задания. Тогда после алгебраических преобразований из (1) – (3) получим

$$E = \frac{l}{S} \left(\frac{L}{l_1} \right)^2 \frac{\Delta F}{\Delta h}.$$

Решение 11. Соберем электрическую цепь (рис. 26) для того, чтобы снять вольт-

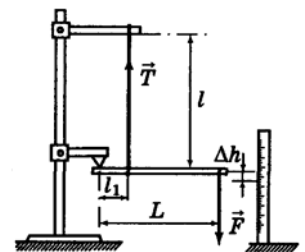


Рис. 25

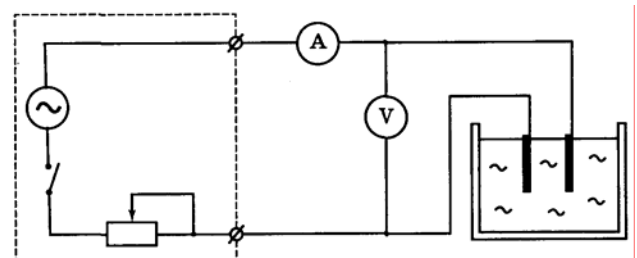


Рис. 26

амперную характеристику раствора поваренной соли. Нальем в банку фиксированное количество пресной воды. Растворим в ней один навесок соли. Снимем вольт-амперную характеристику (далее ВАХ) получившегося раствора.

Добавим в раствор другой навесок и вновь снимем ВАХ. Будем повторять эту процедуру до тех пор, пока не закончатся все навески соли.

На рис. 27 приведено семейство ВАХ для растворов с разными концентрациями C соли.

Снимать все ВАХ следует при одной и той же геометрии контакта электродов и электролита.

Выберем на графике (рис. 27) такое значение силы тока I_0 , при котором линия $I_0 = \text{const}$ пересекала бы все характеристики. В нашем случае в качестве I_0 , удобно взять силу тока в 0,5 А.

Из графиков на рис. 27 определим соответствие напряжения на электродах концентрации раствора (при силе тока I_0). Полученные результаты приведены на рисунке 28.

Теперь нальем в банку такой же объем раствора неизвестной концентрации как в опытах с известными концентрациями.

Измерим напряжение на электродах при силе тока, равной I_0 . По графику зависимости напряжения между электродами от концентрации соли (рис. 28) определим концентрацию неизвестного раствора.

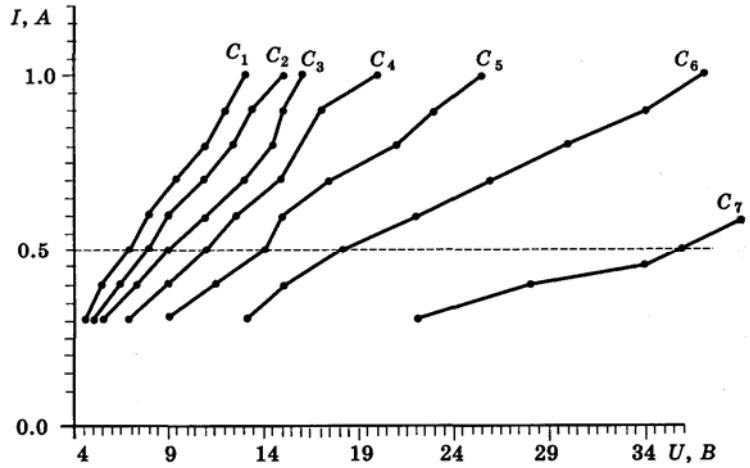


Рис. 27

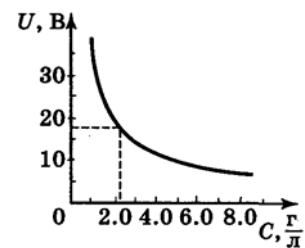


Рис. 28

Решение 12. Изготовим источник тока, воткнув латунную и цинковую пластины в соленый огурец. Подбирая расстояние между пластинами и глубину погружения пластин, добиваемся оптимального значения напряжения на выходе источника. Для определения сопротивления милливольтметра соберем схему, изображенную на рис. 29.

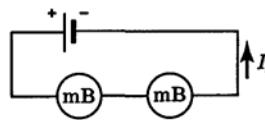


Рис. 29

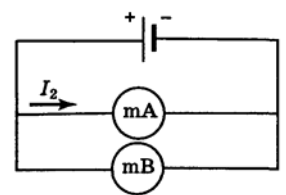


Рис. 30

Поскольку милливольтметр дает показания, равные напряжению на его клеммах, то $R_v = U_1 / I_1$. Для обеспечения большей точности эксперимента напряжение на выходе источника тока подберем так, чтобы показания приборов по возможности приходилось на треть шкалы.

Для определения сопротивления миллиамперметра соберем схему, изображенную на рис. 30. В этом случае милливольтметр покажет напряжение на клеммах миллиамперметра. Сопротивление $R_A = U_2 / I_2$.

Решение 13. Находим центр масс стержня (точка C) при его равновесии на опоре (лапке штатива) и измеряем расстояние l_0 от точки C до одного из концов стержня.

Подвешиваем тело на нити к одному концу стержня и добиваемся равновесия рычага на опоре (рис. 31,а).

Из условия равенства моментов сил относительно полюса O

$$mgd_2 = Mgd_1, \quad (1)$$

где m – масса стержня, M – масса тела, d_1 – расстояние от точки подвеса тела до опоры, d_2 – расстояние от центра масс стержня до опоры, находим массу тела

$$M = \frac{md_2}{d_1}. \quad (2)$$

Погрузим тело в сосуд с водой и вновь уравновесим стержень на опоре (рис. 31,б).

Вновь запишем условие равенства моментов сил относительно полюса O :

$$mgd_4 = (Mg - F_A)d_3 = (\rho_T - \rho_B)Vgd_3, \quad (3)$$

где F_A – выталкивающая сила Архимеда, ρ_B – плотность воды.

Решая совместно (3) и (1) с учетом того, что $\rho_T = \frac{M}{V}$, находим плотность тела:

$$\rho_T = \rho_B \frac{d_2 d_3}{d_2 d_3 - d_1 d_4}. \quad (4)$$

Решение 14. Для определенности пронумеруем резисторы в порядке возрастания их сопротивлений. Измерим напряжение U батарейки. Включая поочередно каждый из резисторов последовательно с вольтметром (рис. 32), определим те, сопротивление которых соизмеримо с сопротивлением вольтметра, т. е. № 5, 6, 7. Найдем, во сколько раз сопротивление каждого из них отличается от сопротивления вольтметра:

$$K = \frac{R}{R_V} = \frac{U - U_V}{U_V}.$$

Соберем цепь, в которой будем каждый из оставшихся резисторов последовательно соединять с батарейкой и амперметром. Определим номера резисторов в порядке возрастания их сопротивлений.

Определим (согласно схеме на рис. 33) сопротивления резисторов R_3 и R_4 :

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3}, \quad R_4 = \frac{U_4}{I_4}.$$

Соберем цепь (рис. 34) и определим сопротивление резистора R_2 :

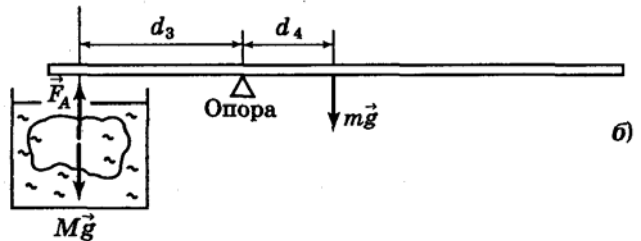
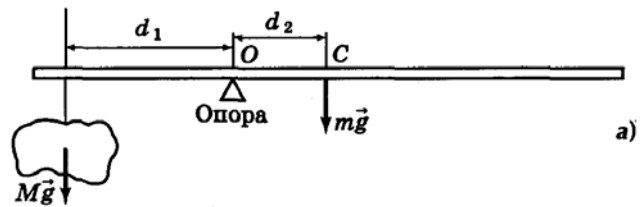


Рис. 31

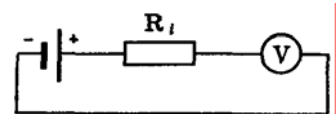


Рис. 32

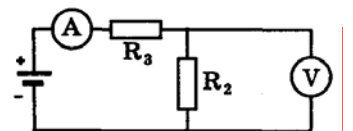


Рис. 34

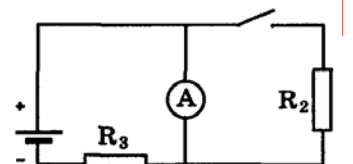


Рис. 35

сторы № 2:

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2}.$$

Используя R_2 как шунт, найдем сопротивление амперметра R_A (рис. 35). Для этого измеряем I_1 при разомкнутом ключе и I_4 – при замкнутом.

$$\text{Вычислим } R_A = R_2 \frac{I_1 - I_4}{I_4}.$$

Повторяем предыдущий опыт, заменив резистор R_2 на R_1 , и измеряем силу тока I_5 . Находим

$$R_1 = R_A \frac{I_5}{I_1 - I_5}$$

Соединяя последовательно с источником тока резисторы R_4 и R_5 и измеряя вольтметром напряжение U_4 на резисторе R_4 и U на источнике, находим

$$R_5 = R_4 \frac{U - U_4}{U_4}.$$

Соединяя последовательно с источником резисторы R_5 и R_6 , определим напряжение U_V и найдем сопротивление вольтметра:

$$R_V = R_5 \frac{U_V}{U - U_V(K_6 + 1)}.$$

Вычисляем сопротивление резисторов:

$$R_6 = K_6 R_V, R_7 = K_7 R_V.$$

Решение 15. Определить коэффициент жесткости k пружины «прямым путем» (подвесив груз на пружине и измерив ее удлинение) нельзя. Поэтому пойдем «обходным путем». Проведем эксперимент на наклонной плоскости. Ее можно изготовить, положив один конец линейки на брусок, а другой, оставив на столе.

Изменяя угол α наклона линейки относительно плоскости стола, найдем коэффициент трения μ груза о линейку:

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha_0, \quad (1)$$

где α_0 – угол, при котором груз начал скользить.

Прикрепим один конец пружины к грузу, а другой к верхнему краю линейки (рис. 36). Будем постепенно увеличивать угол α и измерять удлинение пружины. По результатам измерений построим график (рис. 37).

В статическом состоянии сумма сил, действующих на груз, равна нулю, т. е.

$$mg \sin \alpha - k \Delta l - \mu mg \cos \alpha = 0, \quad (2)$$

где Δl – удлинение пружины, m – масса груза.

Из (1) и (2) получим

$$k = \frac{mg \cos \alpha (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha_0)}{\Delta l}.$$

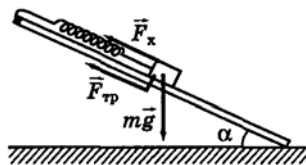


Рис. 36

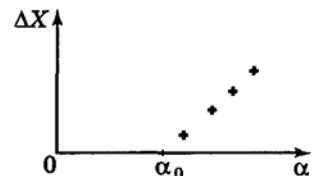


Рис. 37

Решение 16. Задача допускает нескольких вариантов решения.

1-й вариант. Вынем спички из коробки и вложим в коробку предложенные грузы. С помощью динамометра определим вес коробки с грузом. Далее уложим спички так, чтобы их головки составляли дорожку (можно, например, втыкать их в бумагу), а затем положите на эту дорожку коробку с грузом. С помощью динамометра определяем силу, при которой коробка начинает скользить по спичечной дорожке. Из отношения измеренных сил определяем коэффициент трения μ .

2-й вариант. Положим на выложенную из спичек дорожку коробок и попытаемся его опрокинуть, толкая острием ручки или линейкой в широкую вертикальную стенку. Найдем расстояние a от нижней грани коробка до точки, при нажатии на которую коробок от скольжения переходит к опрокидыванию, и определим коэффициент трения из соотношения $\mu = b/2a$, где b – ширина спичечного коробка.

3-й вариант. Свяжем аккуратно две спички так, чтобы их головки были на противоположных концах. Положим их на шероховатую поверхность спичечного коробка и, наклоняя коробку, определим угол α , при котором спички начинают скольжение. В этом случае $\mu = \operatorname{tg} \alpha$.

Решение 17. Убедимся, что изображение каналов находится практически в центре детали в тот момент, когда луч зрения перпендикулярен плоскости, проходящей через оси каналов. Видимый размер изображения $\approx 2,5$ мм. При наблюдении каналов в перпендикулярном направлении видимый размер диаметра ближнего к наблюдателю канала равен 1 мм.

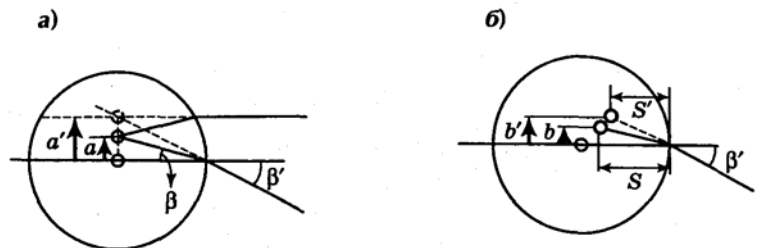


Рис. 38

Рассмотрим ход лучей, показанных на рис. 38, а. Очевидно, что

$$\frac{\alpha'}{\alpha} \cong \frac{\operatorname{tg} \beta'}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\sin \beta'}{\sin \beta} = n.$$

Следовательно,

$$a = \frac{\alpha'}{n} = \frac{2,5}{1,51} \approx 1,66 \text{ мм.}$$

В схеме, изображенной на рисунке 38,б расстояние b равно

$$b = \frac{b'S}{nS'},$$

при этом $S' \cong 4$ мм, $S = R - a$. Тогда $b \approx 0,74$ мм и расстояние между каналами равно:

$$1,66 - 2 \cdot 0,74 \approx 0,2 \text{ мм.}$$

Решение 18. Прикрепим верхний конец нити к динамометру и будем медленно поднимать тело из воды. Построим график зависимости силы (рис. 1), измеренной

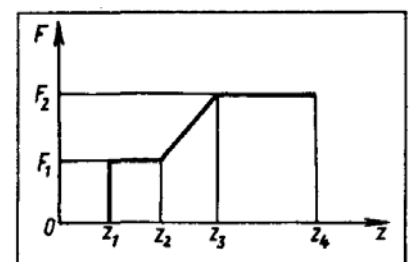


Рис. 1

динамометром, от координаты z верхнего конца нити, которую отсчитываем от крышки «черного сосуда».

Из графика видно, что тело имеет цилиндрическую форму, причем в положении z_2 оно полностью погружено, а в положении z_3 тело находится в воздухе. Отсюда можно определить искомые величины:

$$h_o = z_3 - z_1, l = H - (z_4 - z_1), h = l + (z_2 - z_1).$$

Поскольку

$$F_1 = \rho_T g V - \rho g V, F_2 = \rho_T g V, \text{ то } \rho_T = \frac{F_2}{F_2 - F_1} \rho.$$

Решение 19. Закрепив в лапке штатива деревянную линейку, кладем на нее пластмассовую линейку. Изменяя угол наклона, добиваемся скольжения пластмассовой линейки по деревянной, тогда $\mu = \operatorname{tg} \alpha$, где α – угол линейки с горизонтом.

Закрепим деревянную линейку вертикально с помощью отвеса. Приставим к ней пластмассовую линейку и, изменяя ее угол β с горизонтом, добьемся ее скольжения по столу. В этом случае

$$N_2 = F_1 = \mu_1 N_1, F_2 = \mu N_2 \text{ (рис. 2)}$$

Моменты сил относительно точек O_1 и O_2 должны быть равны нулю:

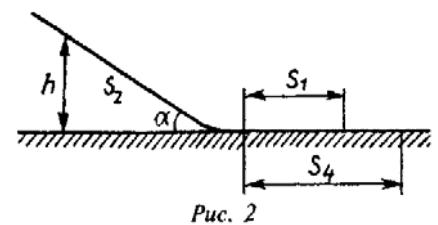
$$-mg \frac{l}{2} + \mu N_2 l + N_2 h = 0, mg \frac{l}{2} + \mu_1 N_1 h - N_1 l = 0,$$

откуда
$$\mu_1 = \frac{l}{2h + \mu l}.$$

Аналогично определяется μ_2 .

Решение 20. Установим наклонную плоскость под углом $\alpha \approx 20^\circ$ относительно горизонта. Для создания плавного перехода между поверхностями пластины и стола можно использовать лист бумаги. При движении по столу на машинку действует сила сопротивления F_1 , а при движении по наклонной плоскости F_2 (приблизительно эти силы можно считать постоянными).

Проведем следующие опыты: 1) Заведем машинку (число поворотов ключа во всех опытах должно быть одинаково), поставим ее на некотором расстоянии S_1 от наклонной плоскости и отпустим. Проехав расстояния S_1 по столу и S_2 по наклонной плоскости, машинка остановится на высоте h (рис. 2).



2) При остановке она еще обладает некоторым остаточным заводом, который нужно учесть. Для этого нужно, придерживая ведущие колеса, поставить машинку на стол и отпустить. Она проедет некоторое расстояние S_3 . Тогда, воспользовавшись законом сохранения энергии, получаем:

$$E = F_1 S_1 + F_2 S_2 + mgh + E', E' = F_1 S_3,$$

где E – энергия, запасенная в пружине первоначально; E' – «остаточная» энергия

пружины. Следовательно,

$$E = mgh + F_1(S_1 + S_2) + F_2S_2. \quad (1)$$

3) Пустим машинку без «завода» вниз по наклонной плоскости с той же высоты h . Она проедет путь S_4 по столу, при этом:

$$mgh = F_2S_2 + F_1S_4. \quad (2)$$

4) Заведем машинку и пустим ее только по столу. Она проезжает расстояние S_o . Энергия, запасенная в пружине:

$$E = F_1S_o. \quad (3)$$

Из (1), (2) и (3) получим:

$$E = 2mgh \frac{S_o}{S_o + S_4 - S_1 - S_3}.$$

Решение 21. На одной нити к концу рейки подвешивается груз, на другой крепится сама рейка (рис. 3). В качестве опоры рычага можно использовать край стола.

Применяя правило равновесия рычага, имеем (рис. 4):

$$F_1l_1 = F_2l_2, \quad F_2 = \frac{l_1}{l_2} F_1,$$

где F_2 – сила тяжести рычага, F_1 – сила тяжести груза. Повторим опыт, опустив груз в воду (рис. 5)

$$F_1l'_1 - F_A l'_1 = F_2l'_2.$$

Так как

$$F_1 = \rho_1 V_1 g, \quad F_A = \rho_6 V_1 g, \quad F_2 = F_1 \frac{l_1}{l_2}, \quad \text{то} \quad \rho_1 = \frac{l'_1 l_2}{l'_1 l_2 - l_1 l'_2} \rho_6,$$

где ρ_1 – искомая плотность груза. Плотность рычага

$$\rho_2 = \frac{m_2}{V_2} = \frac{F_2}{V_2 g}.$$

Так как $F_2 = \frac{l_1}{l_2} F_1$, объем рычага $V_2 = abl$, где a и b – соответственно ширина и толщина рейки, l – ее длина (a , b и l можно измерить непосредственно линейкой), то

$$\rho_2 = \frac{l_1 F_1}{g l_2 a b l}.$$

Толщину b более точно можно измерить следующим образом: слегка натягивая нить, намотать ее на рычаг (n витков, виток к витку). Общая длина намотанной нити $L = 2n(a + b)$. Отсюда

$$b = \frac{L - 2na}{2n}, \quad V_2 = \frac{al(L - 2na)}{2n}, \quad \rho_2 = \frac{2nl_1 F_1}{al(L - 2na)l_2 g}.$$

Так как $F_1 = m_1 g = \rho_1 V_1 g$,

$$\text{то} \quad \rho_2 = \frac{2nl_1 \rho_1 V_1}{al(L - 2na)l_2}.$$

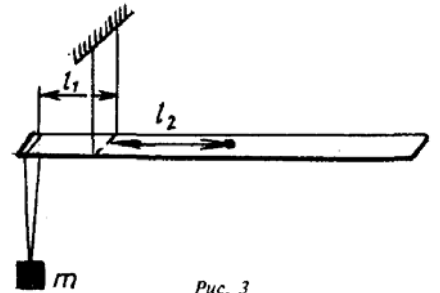


Рис. 3

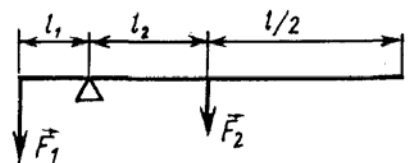


Рис. 4

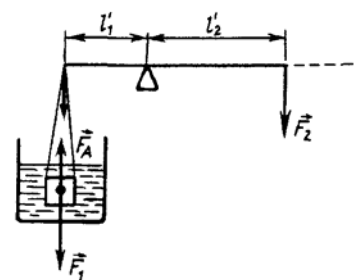


Рис. 5