Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования
«ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ»

ФИЗИКА, 2018

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ
И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по проверке и оценке решений
муниципального этапа
всероссийской олимпиады школьников
по физике

в Кировской области
в 2018/2019 учебном году

Киров
2018

Печатается по решению региональной предметно-методической комиссии всероссийской олимпиады школьников по физике

Задания, решения и методические указания по проверке и оценке решений муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по физике в Кировской области в 2018/2019 учебном году. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2018. – 18 с.

Адрес для переписки: center@extedu.kirov.ru

Авторы и источники задач

Кантор П. Я.:11.3

Коханов К. А.: 8.3, 9.1, 9.4, 9.5, 10.1, 10.2, 10.5, 11.1, 11.2, 11.3, 11.5

Минина О. В.: 7.3, 7.4

Перевощиков Д. В.: 11.4

Сорокин А. П.: 7.1, 7.5, 8.2, 8.4, 8.5, 9.2, 9.3, 9.6, 10.3, 10.4, 10.6, 11.6

Уварова М. П.: 7.2, 8.1

Научное редактирование

Кантор П. Я., канд. физ.-мат. наук, доцент

Подписано в печать 16.10.2018
Формат $60\times84^{1}/_{16}$. Бумага типографская. Усл. печ. л. 1,05
Тираж 1119 экз.

ОРГКОМИТЕТУ И ЖЮРИ

1. Рекомендуемая продолжительность олимпиады для учащихся **VII-VIII классов – 3 часа, для учащихся IX–XI классов – 3 часа 30 минут**, не считая времени, потраченного на заполнение титульных листов и разъяснение условий задач.

2. Работы муниципального этапа *шифруются*. **Поэтому перед началом олимпиады следует предупредить всех участников, что в работе нельзя делать никаких пометок, которые бы указывали на авторство работы. Необходимые персональные сведения участники вносят только на титульный лист, не скрепленный с работой. После сдачи** участником работы представитель оргкомитета на каждом листе работы (включая титульный) пишет номер шифра (например, указывающий № класса и № работы (7–01, 7–02,…, 11–01,11–02,…). Затем шифрованные работы (без титульных листов) передаются для проверки в жюри.

Дешифровка работ осуществляется после окончания проверки.

3. Если в работе приведено несколько решений, то жюри оценивает *худшее* из них. Проверяющие также не должны учитывать полученные в черновике результаты.

4. Членам жюри необходимо *выполнить решения экспериментальных задач заранее*. Экспериментальная задача решается каждым участником олимпиады индивидуально. Каждый участник получает оборудование не более, чем на 1/5 времени, отведенного на выполнение олимпиадной работы (учащиеся VII-VIII классов – на 30 мин, IX-XI классов – на 40 мин.)

5. Сразу после выполнения заданий проводится разбор решений, о чём следует объявить учащимся заранее, перед началом олимпиады.

6. До проверки члены жюри должны решить все задачи, изучить предлагаемые решения и указания по проверке и оценке решений задач своего класса.

7. Предлагается разбалловка решений задач, но она носит *рекомендательный* характер. При выставлении баллов следует учитывать, что максимальная оценка за решение каждой задачи не может превышать *10 баллов*. Поэтому максимальное количество баллов в VII-VIII классах равно 50, в IX-XI – 60.

8. В процессе показа работ учащиеся знакомятся со своими результатами, и, в случае несогласия с оценкой жюри, имеют право подать апелляцию, в ходе которой обосновать свое решение. По результатам апелляции *жюри может оценку изменить или оставить её без изменения*.

Желаем успеха!

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

VII КЛАСС

Для эксперимента рекомендуется выдавать монеты номиналом 10 коп. и 5 руб. Лист белой бумаги должен быть формата А4.

VIII КЛАСС

Длина линейки должна быть не менее 30 см. Масса гайки должна быть сопоставима с массой мячика и выписана на доску.

IX КЛАСС

Исследуемое тело должно быть правильной геометрической формы (например, деревянная доска, металлический стержень от штатива и т.п.), а его вес должен превышать предел измерения динамометра.

X КЛАСС

В задаче необходимо использовать лабораторный динамометр (см. рис.).

XI КЛАСС

В качестве сыпучих веществ рекомендуется выдавать соль и сахар в пластиковых стаканчиках объёмом 0,2 л. Стаканчики должны свободно помещаться в цилиндрический сосуд.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VII КЛАССА

7.1. *«На дистанции».* По свистку тренер включает секундомер, и первый школьник начинает бежать по прямой дорожке от Старта до Финиша с постоянной скоростью 18 км/ч. Как только он добегает до Финиша и начинает бежать обратно, от Старта выбегает второй школьник со скоростью 9 км/ч. Школьники встречаются через время t_1 с момента включения секундомера.

Затем школьники поменялись ролями, первым побежал школьник, который ранее бежал вторым. Время, через которое они встретились, увеличилось на $t = 20$ с. Определите длину дорожки L, если известно, что скорости школьников остаются постоянными.

7.2. *«Кленовый лист».* Семиклассник Вова помогал младшей сестре сделать поделку. Они вырезали из бумаги формата А4 кленовый лист и взвесили его на точных весах. Масса получившегося элемента оказалась равна 2 г. Используя данные, приведённые на этикетке коробки с бумагой (рис. 7.1), определите, чему равна площадь кленового листа.

Рис. 7.1

7.3. *«Историческое наследие».* На Руси издавна использовалось немало мер длины, позволяющих сравнивать размеры объектов. Например, в Государственном музее «Эрмитаж» хранится Тмутараканский камень (рис. 7.2), свидетельствующий о мерах, которыми измеряли расстояния между населёнными пунктами. На камне высечена надпись: «В лето 6576 индикт 6, Глеб, князь, мерил море по леду от Тмутараканя до Корчева 14000 сажен». Другая мера длины – локоть – на Руси употреблялась в качестве торговой меры. Историкам известна официальная новгородская мера – иванский локоть, отмеряемая с помощью стержня длиной 54,7 см. С учётом сказанного выразите расстояние между упомянутыми на камне древнерусскими городами в километрах и в иванских локтях. Количество иванских локтей округлите до целого числа в сторону большего значения. Известно, что одна сажень равна 151,4 см.

Рис. 7.2

7.4. *«Кто быстрее?».* На рисунках приведены показания спидометров мотоцикла (рис. 7.3) и автомобиля (рис. 7.4). Часть шкалы оказалась стёртой. Определите скорости мотоцикла и автомобиля.

Рис. 7.3

Рис. 7.4

7.5. *Экспериментальная задача «Отношение радиусов».* Определите, во сколько раз различаются радиусы двух монет.

Оборудование: две монеты, лист бумаги, булавка.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VIII КЛАССА

8.1. *«Градуировка»*. На летних каникулах Миша отдыхал у бабушки и нашел весы с испорченной шкалой, на которой все цифры кроме нуля стерлись. Миша решил восстановить шкалу прибора, то есть снова проградуировать. Он взвесил мерный стакан с водой (рис. 8.1) на весах и получил отклонение стрелки, показанное на рис. 8.2.

Определите цену деления шкалы весов.

Известно, что пустой стакан имеет массу 55 г, а плотность воды равна 1000 кг/м^3.

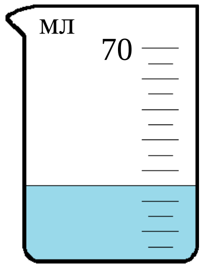

Рис. 8.1

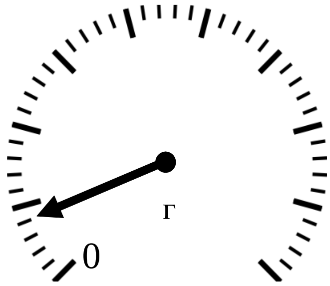

Рис. 8.2

8.2. *«Доставка почты»*. Деревня *А* и село *Б* находятся на вершинах двух холмов (рис. 8.3). Между деревней и селом по маршруту *А-П-Б* и обратно ходит почтальон, который на путь из деревни *А* в село *Б* затрачивает на 40% больше времени, чем на обратную дорогу. Определите, во сколько раз село *Б* находится дальше от почты (точка *П* на рисунке), чем деревня *А*. Известно, что с любого холма почтальон спускается всегда с постоянной скоростью равной v, а поднимается на любой холм с постоянной скоростью равной $v/2$.

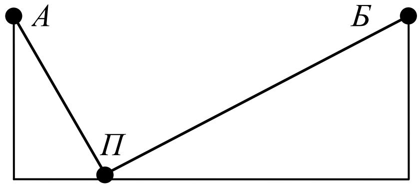

Рис. 8.3

8.3. *«Плавание»*. В ведре с водой ($\rho_в$ = 1000 кг/м^3) плавает деревянный шарик массой m = 500 г, погрузившись в воду на некоторую часть своего объёма. После того, как шарик вынули из ведра, уровень воды понизился. Какую массу керосина ($\rho_к$ = 800 кг/м^3) следует долить в ведро, чтобы уровень жидкости вернулся к прежнему уровню?

8.4. *«Костяшки домино»*. На рис. 8.4 изображена симметричная башенка, составленная из одинаковых костяшек домино (рис. 8.5). В четвёртом снизу ряду расположены две костяшки, во всех остальных – по одной. Какое максимальное количество плотно связанных друг с другом костяшек домино можно поставить на выделенную серым цветом костяшку так, как показано на рис. 8.6, чтобы конструкция не разрушилась? Длина костяшки a = 3,6 см, ширина b = 1,8 см и толщина c = 0,8 см. Считать, что поставленные вертикально костяшки не падают, даже если их общая толщина больше ширины выступающей костяшки.

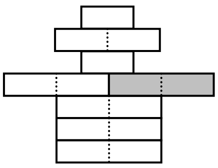
Рис. 8.4

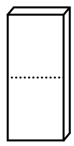
Рис. 8.5

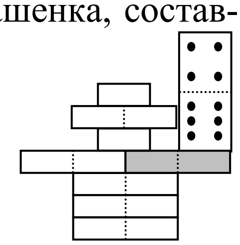
Рис. 8.6

8.5. *«Экспериментальная задача «Плотность мячика»*. Определите среднюю плотность мячика для настольного тенниса.

Оборудование: мячик для настольного тенниса, линейка, подточенный карандаш, гайка известной массы, двухсторонний скотч (по требованию).

Примечание. Длина окружности находится по формуле $L \approx 6{,}28R$, объём шара – $V \approx 4{,}2R^3$.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ IX КЛАССА

9.1. *«Встреча в пути»*. По окружности радиусом $R = 10$ м из одной точки одновременно в противоположные стороны выезжают два небольших тела. Первое движется с постоянной по величине скоростью $\upsilon_1 = 5$ м/с, а второе начинает движение с постоянным по величине ускорением $a_2 = 2$ м/с^2. Определите, время, через которое тела встретятся третий раз после начала движения, а также путь, пройденный каждым телом. Длина окружности равна $S = 2\pi R$, $\pi = 3{,}14$.

9.2. *«Баржа с песком»*. Баржа в форме прямоугольного параллелепипеда плавает на поверхности воды с плотностью $\rho_в$ так, что под водой находится 1/4 её объёма $V_б$. Через какое время в баржу начнёт заливаться вода, если в баржу будут насыпать песок со скоростью m кг за 1 с, который равномерно распределяется по её дну?

9.3. *«Двойная страховка»*. Два резиновых шнура с одинаковыми коэффициентами жёсткости одним концом закреплены на полу, другим – прикреплены к нити, перекинутой через блок (рис. 9.1). Длина левого шнура в нерастянутом состоянии $l_1 = 50$ см, правого – $l_2 = 60$ см. Если к концу нити, перекинутой через блок, подвесить груз массой $m = 100$ г, то левый шнур растянется на $\Delta l_1 = 10$ см. Какой массы M груз надо подвесить, чтобы длина каждого из шнуров в растянутом состоянии стала равной $L = 70$ см? Известно, что коэффициент жёсткости каждого из шнуров не зависит от величины деформации.

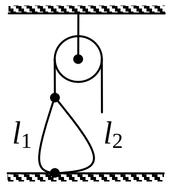

Рис. 9.1

9.4. *«Плавление»*. Когда в калориметр с водой массой $5m$ и температурой менее 100°C положили 4 одинаковых кусочка льда массой m каждый при температуре $t_0 = 0$°C, после установления теплового равновесия масса жидкости возросла на $3m$. Какой была бы температура содержимого калориметра, если бы при тех же начальных условиях в воду поместили только 2 кусочка льда с нулевой температурой?

Теплоёмкостью калориметра и теплообменом его содержимого с окружающей средой пренебречь; удельная теплоёмкость воды равна $c = 4{,}20 \cdot 10^3$ Дж/(кг ·°C), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3{,}35 \cdot 10^5$ Дж/кг.

9.5. *«Показания приборов»*. В схеме, показанной на рис. 9.2, напряжение на источнике тока равно $U = 6$ В, сопротивление каждого резистора $R = 3$ Ом, сопротивление амперметра равно нулю, сопротивление вольтметра бесконечно велико.

1) Определите показания амперметра и вольтметра в этой схеме.
2) Какими станут показания амперметра и вольтметра, если параллельно вольтметру подключить ещё один резистор с сопротивлением $R = 3$ Ом?

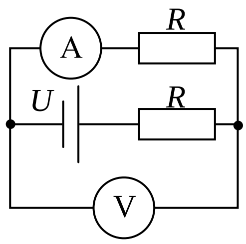

Рис. 9.2

9.6. *Экспериментальная задача «Масса тела».* Определите массу тела.

Оборудование: исследуемое тело, динамометр, карандаш, нить.

Примечание. На любое из тел можно наносить отметки карандашом.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ X КЛАССА

10.1. *«Вторая встреча».* По окружности радиусом $R = 10$ м из одной точки одновременно выезжают два небольших тела. Первое движется с постоянной по величине скоростью $\upsilon_1 = 5$ м/с, а второе начинает движение с постоянным по величине ускорением $a_2 = 2$ м/с^2. Определите, через какое время тела встретятся второй раз после начала движения. Рассмотрите случаи, когда тела стартуют в попутных и противоположных направлениях. Длина окружности равна $S = 2\pi R$, $\pi = 3{,}14$.

10.2. *«На пружине».* Неподвижно висящий на пружине груз удлиняет её на величину $L = 10$ см. Рассчитайте, на какое максимальное расстояние S удлинится пружина, если её вместе с этим же грузом положить на гладкую наклонную плоскость (рис. 10.1) так, чтобы начальное удлинение пружины было равно $L = 10$ см, а затем груз отпустить? Каково начальное ускорение груза $\vec{a}$ по наклонной плоскости? Угол наклона плоскости к горизонту равен $\alpha = 30°$; трения в системе нет.

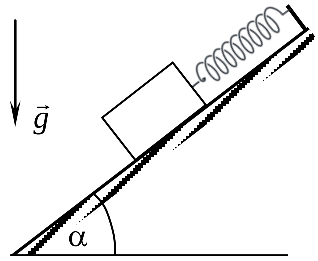

Рис. 10.1

10.3. *«Горячая ложка».* В двух одинаковых кружках находится равное количество воды: в первой при температуре $t_1 = 90°$C, во второй – при $t_2 = 30°$C. В первую кружку опускают ложку с температурой $t_2 = 30°$C, в результате чего температура воды понижается до $t = 80°$C. Какой станет температура во второй кружке, если в неё перенести ложку из первой кружки? Теплообменом с окружающей средой пренебречь; считать, что ложка при переносе из одной кружки в другую не меняет свою температуру.

10.4. *«Электрический треугольник».* Определите, какими будут показания приборов в цепи, изображенной на рис. 10.2, если источник тока подключить к точкам: A и B, A и C. Напряжение источника тока постоянно и равно $U = 6$ В, сопротивление лампочки $R = 2$ Ом. Сопротивления амперметра и источника тока равны нулю, сопротивление вольтметра настолько велико, что ток через него практически не идёт. Объясните, почему не рекомендуется подключать источник тока к точкам B и C.

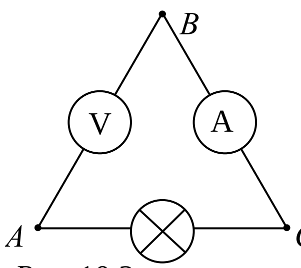

Рис. 10.2

10.5. *«Необходимая сила».* Диск радиусом R и массой M движется среди неподвижно висящих в воздухе капель тумана, имеющих радиус r и массу m каждая. Диск движется с постоянной скоростью υ, направленной перпендикулярно его поверхности (рис. 10.3). Определите:

1) среднюю силу, с которой диск действует на каждую из капель, если удар капель о диск абсолютно неупругий, а время взаимодействия диска с каплей равно времени пролёта диском расстояния, равному диаметру капли.

2) силу, с которой нужно действовать на диск, чтобы поддерживать в тумане, имеющем постоянную концентрацию капель n, указанную скорость движения диска υ, а также мощность, развиваемую этой силой.

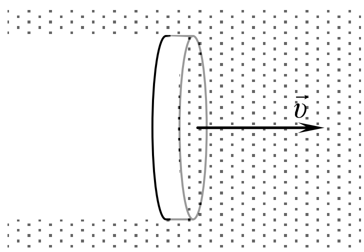

Рис. 10.3

Сопротивление воздуха и силу тяжести в расчётах не учитывайте; считайте $r << R$.

10.6. *Экспериментальная задача «Коэффициент жёсткости».* Определите отношение коэффициентов жёсткости данной пружины и пружины динамометра.

Оборудование: пружина, динамометр, лист бумаги, подточенный карандаш.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ XI КЛАССА

11.1. *«Изменение скорости»*. Определите моменты времени, когда шарик, брошенный с балкона со скоростью $\upsilon_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 60°$ к горизонту, будет двигаться под углом $\beta = 45°$ к горизонту, если $g = 10$ м/с^2.

11.2. *«Два тела»*. Два тела с одинаковой массой m соединены нитью, перекинутой через блок, и удерживаются в положении как показано на рис. 11.1. После того, как тела отпустили, они пришли в ускоренное движение. Покажите на рисунке все силы, действующие на каждое тело, а также определите ускорение тел сразу после их отпускания. Коэффициент трения между телом 1 и горизонтальной поверхностью равен μ; угол α считать известным; массой нити и блока пренебречь.

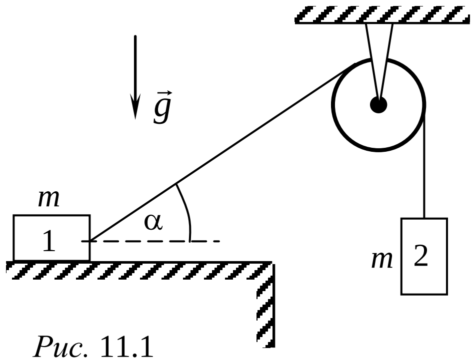

Рис. 11.1

11.3. *«Показания амперметров»*. Определите показания амперметров A_1 и A_2, показанных на рис. 11.2. Какими станут показания амперметров, если соединить проводом точки 1 и 2? Напряжение на источнике тока равно $U = 6$ В, сопротивление каждого резистора $R = 3$ Ом, сопротивления амперметров и источника тока равны нулю.

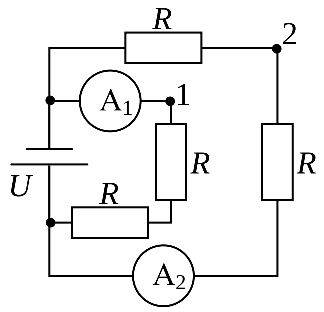

Рис. 11.2

11.4. *«Движение газа».* Длинный цилиндрический сосуд с теплопроводящими стенками, разделённый надвое жёстко закреплённой перегородкой, расположен горизонтально и закрыт с торцов подвижными поршнями с массой m и площадью сечения S (рис. 11.3). В каждой части сосуда находится одинаковое количество одноатомного идеального газа. Удерживая поршни, сосуд медленно поворачивают до вертикального положения, а затем отпускают поршни. Найти отношение объёмов газа в верхней и нижней частях сосуда после установления термодинамического равновесия. Атмосферное давление равно p_0, ускорение свободного падения – g; $mg/S < p_0$; трение между поршнями и цилиндром отсутствует.

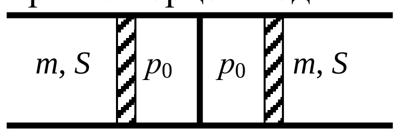

Рис. 11.3

11.5. *«Действие поля»*. Одну из сторон квадратной диэлектрической рамки массой m, лежащей на горизонтальном столе, закрепили так, что рамка может поворачиваться вокруг этой стороны. Когда противоположную к закреплённой сторону зарядили зарядом $+q$, а около рамки создали горизонтальное однородное электрическое поле, рамка приподнялась на известный угол α. Определите величину напряжённости электрического поля E.

11.6. *Экспериментальная задача «Отношение плотностей».* Определите отношение насыпных плотностей двух веществ.

Оборудование: два сыпучих вещества, цилиндрический сосуд, линейка, вода ($\rho = 1000$ кг/м^3), пластиковый стаканчик объёмом 0,2 л.

Внимание! Категорически запрещается пробовать сыпучие вещества на вкус!

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VII КЛАССА

7.1. *«На дистанции».* Время движения в первом случае равно $t_1 = \frac{L}{\upsilon_1} + \frac{L}{\upsilon_1 + \upsilon_2}$ (1), а во втором случае равно $t_1 + t = \frac{L}{\upsilon_2} + \frac{L}{\upsilon_1 + \upsilon_2}$ (2). Вычитая из (1) уравнения (2), получаем: $t = \frac{L}{\upsilon_2} - \frac{L}{\upsilon_1}$ (3), откуда длина дорожки $L = t \Big/ \left(\frac{1}{\upsilon_2} - \frac{1}{\upsilon_1} \right)$ (4), численно $L = 100$ м.

Критерии оценивания

Формула (1) 3
Формула (2) 3
Формула (3) 2
Формула (4) или ответ 2

7.2. *«Кленовый лист».* Как указано на этикетке указана один квадратный метр бумаги S_1 = 1 м^2 имеет массу m_1 = 80 г (1). Тогда площадь кленового листа массой m_2 = 2 г можно найти из пропорции: $\frac{S_2}{S_1} = \frac{m_2}{m_1}$ (2). Получается, что $S_2 = S_1 \frac{m_2}{m_1} = 1 \cdot \frac{2}{80} = 0{,}025\,(\text{м}^2)$ (3).

Критерии оценивания

Рассуждение (1) 3
Рассуждение (2) или подобное, приводящее к решению 6
Численный результат (3) 1

7.3. *«Историческое наследие».* Расстояние между городами составляет $14000\ \text{сажен} = \frac{14000 \cdot 151{,}4}{100} = 21196\ \text{м} = 21{,}196\ \text{км}$ (1), а в иванских локтях $21196\ \text{м} = 21196 / 0{,}547 = 38750$ (2).

Критерии оценивания

Результат (1) 5
Результат (2) 5

7.4. *«Кто быстрее?».* Скорость мотоцикла 70 км/ч (1), скорость автомобиля 85 км/ч (2).

Критерии оценивания

Результат (1) 5
Результат (2) 5

7.5. *Экспериментальная задача «Отношение радиусов».* Совместим монету радиусом R_1 с углом листа бумаги и, перекладывая её вдоль длинной стороны листа, нанесём на последнем булавкой шкалу, ценой деления которой будет диаметр $D_1 = 2R_1$ монеты. Приложим вторую монету радиусом $R_2 = D_2 / 2$ к началу шкалы и будем перекладывать её до тех пор, пока ребро монеты не совпадёт с одним из делений на шкале. Отношение радиусов монет будет равно $\frac{D_1}{D_2} = \frac{2R_1}{2R_2} = \frac{n}{m}$ (1), где m –

количество делений шкалы, n – количество перекладываний второй монеты. Отношение радиусов для монет номиналом 5 руб. и 10 коп. равно $\frac{R_{5\,\text{руб.}}}{R_{10\,\text{коп.}}} = \frac{10}{7}$.

Критерии оценивания

Описание метода измерения 4
Формула (1) или аналогичные рассуждения 2
Численный результат 2
Выполнение опыта не менее трёх раз 2

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VIII КЛАССА

8.1. *«Градуировка».* Сперва определим цену деления мерного стакана: *Ц.д.*$_с$ = (70 – 0)/14 = 5 мл (1), значит объём налитой воды равен V = 25 мл (2). Тогда масса воды в стакане равна $m = \rho V$ = 25 г (3). Общая масса стакана с водой равна M = 80 г (4). Таким образом, на весах взвешивается тело массой 80 г, а стрелка указывает на четвёртое деление, отсюда цена деления шкалы весов *Ц.д.*$_в$ = (80 – 0)/4 = 20 г (5).

Критерии оценивания

Результат (1) 2
Результат (2) 2
Результат (3) 2
Значение (4) 2
Ответ (5) 2

8.2. *«Доставка почты».* Обозначим расстояние от деревни *А* до почты *П* как L_1, а расстояние от почты *П* до села *Б* – L_2. Время движения почтальона из деревни А в село *Б* равно $t_1 = \frac{L_1}{\upsilon} + \frac{L_2}{\upsilon/2}$ (1), а из села *Б* в деревню *А* равно $t_2 = \frac{L_2}{\upsilon} + \frac{L_1}{\upsilon/2}$ (2). По условию $t_1/t_2 = 1{,}4$ (3). Из уравнений (1)–(3) получим: $\frac{L_1 + 2L_2}{L_2 + 2L_1} = 1{,}4$ (4), откуда отношение расстояний $L_2/L_1 = 3$.

Критерии оценивания

Формула (1) 3
Формула (2) 3
Формула (4) или ответ 4

8.3. *«Плавание».* По закону Архимеда при плавании шарика $mg = \rho_в g V_{пчт}$ (1), откуда объём вытесненной воды равен $V_{пчт} = \frac{m}{\rho_в}$ (2). Для восполнения такого объёма необходима масса керосина $m_к = \rho_к \cdot V_{пчт} = \frac{\rho_к m}{\rho_в}$ (3), численно $m_к = \frac{800 \cdot 0{,}5}{1000} = 0{,}4$ (кг).

Критерии оценивания

Формула (1) 3
Результат (2) 2
Результат (1) 1
Численный ответ 4

8.4. *«Костяшки домино»*. Будем рассматривать серую костяшку как рычаг, опирающийся на т. O (рис. 8.7), и запишем условие равновесия: $3mg\cdot\dfrac{a}{2}=Nmg\cdot\dfrac{b}{2}$ (1), где m – масса одной костяшки, $b/2$ – расстояние от т. O до середины вертикально стоящей костяшки. Из формулы (2) количество костяшек $N=\dfrac{3a}{b}$ (2), численно $N=6$ шт.

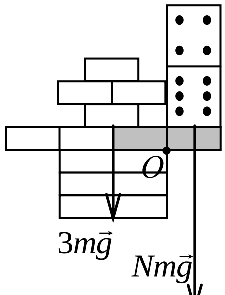

Рис. 8.7

Критерии оценивания

Правило рычага (1) 6
Формула (2) или ответ 4

8.5. *«Экспериментальная задача «Плотность мячика»*. Сделаем отметку на мячике и совместим её с нулевым делением на линейке. Прокатывая мячик вдоль шкалы линейки определим его длину окружности. Зная длину окружности мячика, определим его радиус и объём $V_м$. Уравновесив линейку на краю стола, поместим на её противоположные концы мячик и гайку и, перемещая тела, добьёмся того, чтобы система пришла в равновесие. Запишем правило моментов $m_м g l_м = m_г g l_г$ (1), где $m_м$ и $m_г$ – массы мячика и гайки, $l_м$ и $l_г$ – плечи сил тяжести тел. Из формулы (1) масса мячика $m_м = m_г l_г / l_м$ (2). Среднюю плотность мячика найдём по формуле: $\rho = m_м\ /\ V_м$ (3).

Критерии оценивания

Описание метода измерения объема мячика 2
Описание метода измерения массы мячика 2
Формулы (1), (2), (3) или аналогичные рассуждения 3
Численный результат 2
Выполнение опыта не менее трёх раз 1

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ IX КЛАССА

9.1. *«Встреча в пути»*. До момента встречи тела преодолеют суммарный путь $3S = 3\cdot 2\pi R$ (1), при этом первое тело пройдёт путь $S_1=\upsilon_1 t$ (2), а второе $S_2=\dfrac{a_2t^2}{2}$ (3). Следовательно, $\upsilon_1 t+\dfrac{a_2t^2}{2}=6\pi R$. Решая квадратное уравнение, получим: $t=\dfrac{-\upsilon_1+\sqrt{\upsilon_1^2+12a_2\pi R}}{a_2}$, численно $t=\dfrac{-5+\sqrt{25+12\cdot2\cdot3{,}14\cdot10}}{2}=11{,}45\,(\text{с})$ (4). Тогда из (2) $S_1=5\cdot11{,}45\cong57{,}3$ (м) (5), а из (3) $S_2=\dfrac{2\cdot11{,}45^2}{2}\cong131{,}1$ (м) (6).

Критерии оценивания

Формула (1) 2
Формула (2) 2
Формула (3) 2
Результат (4) 2
Результат (5) 1
Результат (6) 1
Если в сумме численные значения (5) и (6) не равны $2\pi R$ = 188,4 (м), то вычесть 1 балл.

9.2. *«Баржа с песком»*. Условие плавания баржи в начальный момент времени: $\rho_б V_б g = \rho_в g V_б / 4$ (1). Из формулы (1) средняя плотность баржи $\rho_б = \rho_в / 4$ (2). Условие плавания баржи в конечный момент времени: $\rho_б V_б g + m_п g = \rho_в g V_б$ (3). Из формулы (3) максимальная масса песка в барже: $m_п = 3\rho_в V_б / 4$ (4). Вода начнёт заливаться в баржу спустя время $t = 3\rho_в V_б / 4m$ (5).

Критерии оценивания

Формула (1) 1
Результат (2) 2
Формула (3) 4
Формула (4) 1
Ответ (5).. 2

9.3. *«Двойная страховка»*. Когда к нити подвешен груз массой m, растягивается только левый шнур. Условие равновесия груза: $k\Delta l_1 = mg$ (1). Из формулы (1) коэффициент жёсткости шнура $k = mg / \Delta l_1$ (2), численно $k = 10$ Н/м (3). Когда к нити подвешен груз массой M, растягиваются уже оба шнура. Условие равновесия груза: $k(L - l_1) + k(L - l_2) = Mg$ (4), откуда масса груза $M = (k(L - l_1) + k(L - l_2))/ g$ (5), численно $M = 0{,}3$ кг.

Критерии оценивания

Формулы (1), (2) или результат (3) 3
Формула (4) 4
Формула (5) или ответ 3

9.4. *«Плавление»*. Очевидно, что во втором случае весь лёд в калориметре растает. Запишем уравнение теплового баланса для первого и второго случая погружения льда: $c5m(t-0) = 3m\lambda$ (1) и $c5m(t-x) = 2m\lambda + 2mc(x-0)$ (2), где t – начальная температура воды в калориметре, x – конечная температура во втором случае. Из (1) и (2) получаем, что $5mcx = m\lambda - 2mcx$, $x = \dfrac{\lambda}{7c}$ (3), $x = \dfrac{3{,}35 \cdot 10^5}{7 \cdot 4{,}2 \cdot 10^3} = 11{,}4$ °C.

Критерии оценивания

Формула (1) 3
Формула (2) 3
Формульное или численное отношение (3).. 3
Верный численный ответ 1

9.5. *«Показания приборов»*. 1) Резисторы соединены последовательно, поэтому полное сопротивление схемы равно $2R$ (1), из закона Ома сила тока в цепи равна $I = \dfrac{U}{2R} = \dfrac{6}{6} = 1$ (А) (2). Вольтметр покажет напряжение на верхнем резисторе, то есть $U_V = IR = 1 \cdot 3 = 3$ (В) (3).

2) После подключения ещё одного резистора схем будет состоять из трёх резисторов, два из которых будут соединены параллельно, а один – последовательно с ними; общее сопротивление схемы равно $R + \dfrac{R}{2} = \dfrac{3}{2}R$ (4). Общая сила тока в этом случае равна $I' = \dfrac{2U}{3R}$ (5). Вольтметр показывает напряжение на параллельно соединённых резисторах, поэтому $U_V' = I'R/2 = U/3 = 6/3 = 2$ (В) (6). Сила тока на амперметре равна $I' = U_V'/R = 2/3 = 0{,}67$ (А) (7).

Критерии оценивания

Рассуждение (1)	2
Рассуждение (2)	2
Результат (3)	2
Рассуждение (4)	1
Рассуждение (5)	1
Результат (6)	1
Результат (7)	1

9.6. *Экспериментальная задача «Масса тела».* Для начала определим положение центра масс исследуемого тела. Для этого подвесим его на нити, перпендикулярной длинной стороне, и будем смещать влево или вправо до тех пор, пока тело на нити не будет висеть строго горизонтально. Отметим центр масс тела карандашом.

Далее сместим нить к одному из концов тела и слегка приподнимем последнее над поверхностью стола за нить при помощи динамометра. Правило моментов относительно точки соприкосновения с поверхностью стола (оси вращения): $mgl_1 = Fl_2$ (1), где m – масса исследуемого тела, F – показания динамометра, l_1 и l_2 – плечи сил, которые могут быть измерены в единицах шкалы, нанесённой на динамометр. Отсюда $m = Fl_2 / gl_1$.

Если вес тела более чем в два раза превышает предел измерения динамометра, то нитью необходимо удерживать обе стороны тела. При этом нить без динамометра должна находить как можно ближе к центру масс тела, а с динамометром – дальше.

Критерии оценивания

Описание метода определения центра масс исследуемого тела	2
Описание метода определения массы исследуемого тела	2
Формула (1) или аналогичные рассуждения	4
Численный результат	2

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ X КЛАССА

10.1. *«Вторая встреча».* Пусть тела движутся в противоположных направлениях. До момента встречи тела преодолеют суммарный путь $2S = 2 \cdot 2\pi R$ (1), при этом первое тело пройдёт путь $S_1 = \upsilon_1 t_1$ (2), а второе $S_2 = \dfrac{a_2 t_1^2}{2}$ (3). Следовательно, $\upsilon_1 t_1 + \dfrac{a_2 t_1^2}{2} = 4\pi R$. Решая квадратное уравнение, получим: $t_1 = \dfrac{-\upsilon_1 + \sqrt{\upsilon_1^2 + 8a_2\pi R}}{a_2}$, численно $t_1 = \dfrac{-5 + \sqrt{25 + 8 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 10}}{2} = 8{,}98$ (с) (4).

Рассмотрим сонаправленное движение тел. Сравним время, за которое тела пройдут первый полный круг: первое – за время $\dfrac{2\pi R}{\upsilon_1} = \dfrac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 10}{5} = 12{,}56$ (с), второе – за $\sqrt{\dfrac{4\pi R}{a_2}} = \sqrt{\dfrac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 10}{2}} = 7{,}92$ (с). Следовательно, второе тело первый раз обгонит первое при условии $\dfrac{a_2 t_2^2}{2} = \upsilon_1 t_2$, то есть в момент времени $t_2 = \dfrac{2\upsilon_1}{a_2} = \dfrac{2 \cdot 5}{2} = 5{,}00$ (с) (5).

Вторая встреча тел произойдёт в тот момент, когда первое пройдёт дополнительный путь $x = \upsilon_1 t_3$, а второе – $2\pi R + x = \upsilon_2 t_3 + \frac{a_2 t_3^2}{2}$, где $\upsilon_2 = a_2 t_2$. Решая квадратное уравнение $\frac{a_2 t_3^2}{2} + t_3(a_2 t_2 - \upsilon_1) - 2\pi R = 0$, получим: $t_3 = \frac{\upsilon_1 - a_2 t_2 + \sqrt{(a_2 t_2 - \upsilon_1)^2 + 4 a_2 \pi R}}{a_2}$, численно $t_3 = \frac{5 - 2\cdot 5 + \sqrt{(2\cdot 5 - 5)^2 + 4\cdot 2\cdot 3{,}14\cdot 10}}{2} = 5{,}81$ (с) (6). Искомое время движения тел до второй встречи равно $t_2 + t_3 = 5{,}00 + 5{,}81 = 10{,}81$ (с) (7).

Критерии оценивания

Формула (1)	1
Формула (2)	1
Формула (3)	1
Результат (4)	1
Результат (5)	2
Результат (6)	2
Результат (7)	2

10.2. *«На пружине»*. Когда груз массой m неподвижно висит на вертикальной пружине жёсткостью k условие равновесия можно записать так: $mg = kL$ (1).

После расположения тел на наклонной плоскости и их отпускания по второму закону Ньютона $ma_x = mg\sin\alpha - kL$ (2), где a_x – проекция ускорения груза на ось $0x$, направленную вниз по наклонной плоскости. С учётом выражения (1) $a_x = g(\sin\alpha - 1) = -5$ (м/с^2) (2); знак минус означает, что начальное ускорение тела направлено вверх по наклонной плоскости.

Для определения максимального удлинения пружины запишем закон сохранения энергии, взяв за нулевой уровень положение центра масс груза при недеформированной пружине: $-mgL\sin\alpha + \frac{kL^2}{2} = -mgS\sin\alpha + \frac{kS^2}{2}$ (3). С учётом выражения (1) получим из (3) квадратное уравнение: $S^2 - 2LS\sin\alpha - L^2(1 - 2\sin\alpha) = 0$, откуда $S = L\left(\sin\alpha + \sqrt{1 + \sin^2\alpha - 2\sin\alpha}\right)$, численно $S = 0{,}1\cdot\left(\frac{1}{2} + \sqrt{1 + \frac{1}{4} - 2\cdot\frac{1}{2}}\right) = 0{,}1$ (м) (4).

Критерии оценивания

Условие равновесия (1)	2
Величина ускорения (2)	2
Направление ускорения	1
Закон сохранения энергии (3) или иной с учётом выбранной точки отсчёта	3
Результат (4)	2

10.3. *«Горячая ложка»*. Уравнение теплового баланса для случая, когда ложку опускают в первую кружку: $C_в(t_1 - t) = C_л(t - t_2)$ (1), где $C_в$ – теплоёмкость кружки с водой, $C_л$ – теплоёмкость ложки. Уравнение теплового баланса для случая, когда ложку опускают во вторую кружку: $C_в(t_x - t_2) = C_л(t - t_x)$ (2), где t_x – конечная температура во второй кружке. Поделив (1) уравнение на (2), получаем: $\frac{(t_1 - t)}{(t_x - t_2)} = \frac{(t - t_2)}{(t - t_x)}$ (3), откуда температура во второй кружке $t_x = \frac{t_2^2 + t^2 - t_1 t - t_2 t}{t_2 - t_1}$ (4), численно $t_x \cong 38{,}3\,°\text{C}$.

Критерии оценивания

Учтена теплоёмкость кружки 1
Формула (1) 2
Формула (2) 3
Формула (3) 2
Формула (4) или ответ 2

10.4. *«Электрический треугольник»*. При подключении источника тока к точкам A и B вольтметр будет показывать напряжение U_1 = 6 В (1), амперметр силу тока I_1 = 6 В / 2 Ом = 3 А (2). При подключении источника тока к точкам А и С вольтметр будет показывать напряжение U_2 = 6 В (3), амперметр силу тока I_2 = 0 А (4). Подключение источника тока к точкам B и C может привести к короткому замыканию, и, как следствие, выходу из строя элементов электрической цепи (5).

Критерии оценивания

Результат (1) 2
Результат (2) 2
Результат (3) 2
Результат (4) 2
Рассуждение (5) 2

10.5. *«Необходимая сила»*. 1) По второму закону Ньютона изменение импульса капли за единицу времени равно действующей на неё силе: $\frac{m(0-\upsilon)}{\Delta t} = -F_0$ (1), где $\Delta t = \frac{2r}{\upsilon}$ (2), откуда $F_0 = \frac{m\upsilon^2}{2r}$ (3).

2) Искомая сила равна $F = F_0 N$ (4), где N – количество капель в объёме V, с которыми взаимодействует диск в течение времени Δt. Здесь $N = nV = n\left(\pi R^2 \upsilon \Delta t\right)$ (5), а с учётом (2) $N = 2n\pi R^2 r$, $F = \pi m n \upsilon^2 R^2$ (6). Мощность равна $P = F\upsilon = \pi m n \upsilon^3 R^2$ (7).

Критерии оценивания

Закон (1) 1
Выражение (2) 1
Результат (3) 2
Рассуждение (4) 1
Рассуждение (5) 1
Результат (6) 2
Результат (7) 2

10.6. *Экспериментальная задача «Коэффициент жёсткости».* Прикрепив пружину одним концом к крючку динамометра, будем растягивать её за второй конец вдоль листа бумаги, лежащего на горизонтальной поверхности стола. В пружинах возникает одинаковая сила упругости $F_1 = F_2$ (1), следовательно, отношение коэффициентов жёсткости может быть найдено по формуле $\frac{k_1}{k_2} = \frac{\Delta l_2}{\Delta l_1}$ (2), где Δl_1 и Δl_2 – удлинения пружин, которые могут быть найдены в единицах шкалы, нанесённой на динамометр.

Критерии оценивания

Описание метода измерения 4
Формулы (1), (2) или аналогичные рассуждения 4
Численный результат 2

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ XI КЛАССА

11.1. *«Изменение скорости»*. Направление движения определяется направлением вектора скорости (1). Проекции скорости шарика на горизонтальную ось 0x и направленную вертикально вверх ось 0y равны: $\upsilon_x = \upsilon_0 \cos\alpha$ (2), $\upsilon_y = \upsilon_0 \sin\alpha - gt$ (3). В тот момент, когда вектор скорости будет направлен под углом β, получим $\mathrm{tg}\beta = \frac{\upsilon_y}{\upsilon_x}$ (4), откуда с учётом (2) и (3) $t = \frac{\upsilon_0}{g}(\sin\alpha - \cos\alpha \cdot \mathrm{tg}\beta)$ (4); численно $t = \frac{10}{10}\left(0{,}866 - \frac{1}{2}\cdot 1\right) \cong 0{,}366 \cong 0{,}37$ (с) (5). Найденное время соответствует случаю, когда шарик находится на восходящей ветви траектории.

Второй раз шарик будет двигаться под углом β к горизонту на нисходящей ветви; при этом $\frac{\upsilon_y}{\upsilon_x} = -\mathrm{tg}\beta$. Тогда $t_1 = \frac{\upsilon_0}{g}(\sin\alpha + \cos\alpha \cdot \mathrm{tg}\beta)$ (6); численно $t_1 = \frac{10}{10}\left(0{,}866 + \frac{1}{2}\cdot 1\right) \cong 1{,}366 \cong 1{,}37$ (с) (7).

Критерии оценивания

Учёт (1).. 1
Формула (2) 1
Формула (3) 1
Результат (5) 2
Объяснение (6) 2
Результат (7) 3

11.2. *«Два тела»*. По второму закону Ньютона для каждого тела $m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{T}' + \vec{N} + \vec{F}_{тр}$, $m\vec{a}_2 = m\vec{g} + \vec{T}$ (рис. 11.4). После проецирования векторов на горизонтальную и вертикальную оси получим: $ma_1 = T\cos\alpha - \mu N$ (1), $N + T\sin\alpha = mg$ (2), $ma_2 = mg - T$ (3).

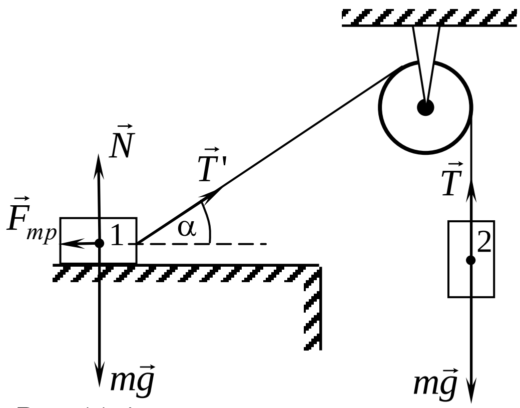

Рис. 11.4

Ввиду того, что нить нерастяжимая, проекция на неё ускорения первого тела равна ускорению второго: $a_1 \cos\alpha = a_2$ (4).

Из (1) и (2) $ma_1 = T\cos\alpha - \mu mg + \mu T \sin\alpha$ (5), из (3) и (4) $T = mg - ma_1 \cos\alpha$ (6). Выражая из (6) силу натяжения нити T и подставляя в (5), получим: $ma_1 = mg\cos\alpha - ma_1\cos^2\alpha - \mu mg + \mu mg \sin\alpha - \mu m a_1 \sin\alpha\cos\alpha$, откуда $a_1 = g\frac{\cos\alpha + \mu(\sin\alpha - 1)}{1 + \cos^2\alpha + \mu\sin\alpha\cos\alpha}$ (7), $a_2 = g\frac{\cos\alpha + \mu(\sin\alpha - 1)}{1/\cos\alpha + \cos\alpha + \mu\sin\alpha}$ (8).

Критерии оценивания

На рисунке верно указаны силы для тела 1.. 2
На рисунке верно указаны силы для тела 2.. 1
Формула (1) 1
Формула (2) 1
Формула (3) 1

Формула (4) 2
Результат (7) 1
Результат (8) 1

11.3. *«Показания амперметров»*. До замыкания точек 1 и 2 каждый из амперметров показывал величину силы тока на участках цепи с двумя последовательно включёнными резисторами. Из закона Ома $I = \dfrac{U}{R_{посл}}$ (1), где $R_{посл} = R + R = 2R$ (2). Тогда сила тока на каждом амперметре равна $I_1 = I_2 = \dfrac{U}{2R} = \dfrac{6}{2 \cdot 3} = 1$ (А) (3).

После замыкания точек 1 и 2 ток через верхний резистор большого контура не пойдёт, так что его можно убрать из схемы, а правый резистор большого контура окажется включенным параллельно двум последовательно соединённым резисторам малого контура (рис. 11.5) (4).

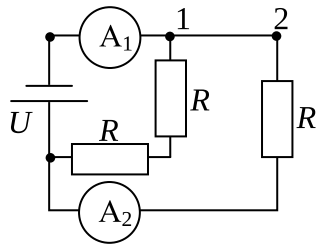

Рис. 11.5

Второй амперметр показывает силу тока, протекающего через правый резистор, $I_2' = \dfrac{U}{R} = \dfrac{6}{3} = 2$ (А) (5), а через первый – общий ток. Так как общее сопротивление резисторов в этом случае можно найти из формулы $\dfrac{1}{R_{общ}} = \dfrac{1}{R} + \dfrac{1}{2R} = \dfrac{3}{2R}$, то есть $R_{общ} = \dfrac{2R}{3}$ (6), то новые показания первого амперметра составляют $I_1' = \dfrac{3U}{2R} = \dfrac{3 \cdot 6}{2 \cdot 3} = 3$ (А) (7).

Критерии оценивания

Закон (1) 1
Формула (2) 1
Численный ответ (3) для I_1 1
Численный ответ (3) для I_2 1
Рассуждение (4) 2
Результат (5) 2
Формула (6) 1
Результат (7) 1

11.4. *«Движение газа»*. Поскольку температура газа остаётся постоянной, то из уравнения Менделеева – Клапейрона $p_0V_0 = p_вV_в = p_нV_н$ (1). Давления газа в верхней и нижней частях таковы: $p_в = p_0 + mg/S$ (2) и $p_н = p_0 - mg/S$ (3). С учётом (1), (2) и (3) $\dfrac{V_в}{V_н} = \dfrac{p_н}{p_в} = \dfrac{p_0 - mg/\mathrm{S}}{p_0 + mg/\mathrm{S}}$ (4).

Критерии оценивания

Формула (1) 3
Формула (2) 2
Формула (3) 2
Результат (4) 3

11.5. *«Действие поля»*. На рис. 11.6 показан вид рамки сбоку, а также силы, действующие на рамку. Запишем уравнение моментов сил относительно т. O, считая, что длина рамки равна L: $mg\frac{L}{2}\cos\alpha = FL\sin\alpha$ (1), где $L/2$ – плечо силы тяжести относительно т. O. Поскольку $F = Eq$ (2), то из (1) и (2) получим: $E = \frac{mg}{2q}\mathrm{ctg}\alpha$ (3).

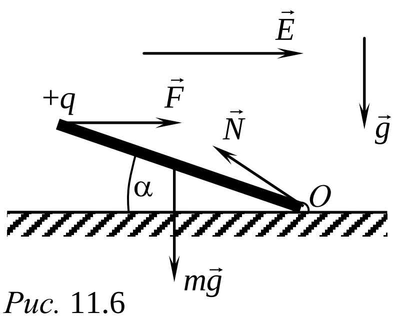

Рис. 11.6

Критерии оценивания

Верное направление электрической силы (на рисунке или в объяснении) 1
Формула (1) 3
Формула (2) 3
Результат (3) 3

11.6. *Экспериментальная задача «Отношение плотностей».* Отношение плотностей сыпучих веществ может быть найдено по формуле $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{m_1 V_1}{m_2 V_2}$ (1). Сравняем объёмы сыпучих веществ, высыпав лишнее во вспомогательный пластиковый стаканчик. Отношение масс сыпучих веществ может быть найдено из условия плавания. Для этого поочередно опустим пластиковые стаканчики с сыпучими веществами в цилиндрический сосуд с водой и измеряем изменение уровня воды в сосуде в каждом случае. Плотность воды и площадь поперечного сечения сосуда остаётся постоянной, поэтому для нахождения отношения плотностей двух сыпучих веществ получаем следующую формулу: $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_1}{h_2}$ (2), где h_1 – изменение уровня жидкости в цилиндрическом сосуде после погружения в него стаканчика с первым сыпучим веществом, h_2 – со вторым сыпучим веществом.

Критерии оценивания

Описание метода измерения 4
Формулы (1), (2) или аналогичные рассуждения 4
Численный результат 2