



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

ФИЗИКА, 2016

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по проверке и оценке решений
II (муниципального) этапа
всероссийской олимпиады школьников
по физике

в Кировской области
в 2016/2017 учебном году

**Киров
2016**

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

Задания, решения и методические указания по проверке и оценке решений
II (муниципального) этапа всероссийской олимпиады школьников по физике
в Кировской области в 2016/2017 учебном году. – Киров: Изд-во ЦДООШ,
2016. – 16 с.

Адрес для переписки: center@extedu.kirov.ru

Авторы и источники задач

Кантор П. Я.: 11.2, 11.3

Коханов К. А.: 7.5, 8.2, 10.1, 10.4, 10.6, 11.5, 11.6

Минина О. В.: 8.4

Перевощиков Д. В.: 9.1, 9.2, 9.4, 10.2, 10.3, 10.5, 11.1, 11.4

Позолотин А. П.: 11.3

Позолотина М. П.: 7.2, 7.3

Сорокин А. П.: 7.1, 7.4, 8.1, 8.3, 8.5, 9.3, 9.5, 9.6

Научное редактирование

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

Подписано в печать 20.10.2016

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага типографская. Усл. печ. л. 1,0

Тираж 1300 экз.

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение до-
полнительного образования «Центр дополнительного образования одарённых школьни-
ков», Киров, 2016

ОРГКОМИТЕТУ И ЖЮРИ II ЭТАПА ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

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 $\frac{1}{5}$ 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 ОРГКОМИТЕТУ ОЛИМПИАДЫ ПО ПОДГОТОВКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

VII КЛАСС

Объёмы стаканчиков могут быть любыми.

VIII КЛАСС

Диаметр гвоздя должен быть меньше внутреннего диаметра трубочки.

IX КЛАСС

Длины палочек должны быть больше длины шкалы шприца. Объёмы палочек должны быть сравнимы друг с другом. При погружении палочек в шприц с водой уровень воды в шприце должен меняться более, чем на 3-4 деления.

X КЛАСС

Объёмы стаканчиков должны быть не более 100 мл. Суммарный объём воды должен быть больше, либо равен внутреннему объёму внешнего стакана калориметра.

XI КЛАСС

Длина деревянного бруска должна быть меньше длины линейки, ширина – сравнима с шириной линейки. Для эксперимента подойдут наборы лабораторных брусков для опытов с трибометром.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VII КЛАССА

1. «Колонна муравьёв». Колонна муравьёв преодолевает местность с разными участками (рис. 7.1). Определите, какой станет длина колонны после того, как она, выйдя из смешанного леса, полностью перейдёт в проходимое болото.

Известно, что в смешанном лесу длина колонны была равна $L = 50$ см, и по нему муравьи двигаются со скоростью $v_1 = 4$ см/с, в проходимом болоте скорость муравьёв составляет $v_2 = 3$ см/с. Длина каждого участка местности гораздо больше длины колонны.

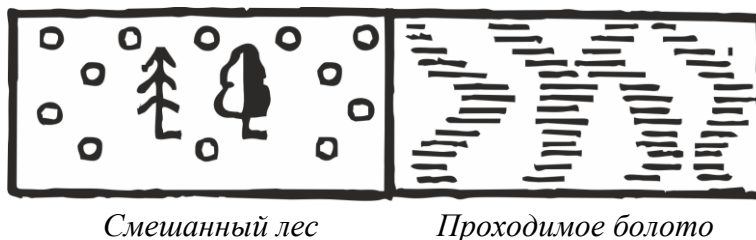


Рис. 7.1

2. «Быстрый счёт». Известно, что для облегчения перелистывания или перебора листов бумаги, находящихся в стопке, рекомендуется увлажнять пальцы. Объясните с использованием молекулярных представлений, почему смачивание пальцев облегчает перелистывание листов.

3. «Капрон». Для обозначения свойств капроновых нитей в текстильной промышленности используются разные характеристики. Среди них:

- 1) значение номера N , показывающее, какую длину в метрах имеет нить массой 1 г;
- 2) плотность нити DEN, показывающая, какую массу в граммах имеет нить длиной 9000 м.

Определите, сколько метров нити с номером $N = 200$ было потрачено на изготовление капроновых чулок массой 0,18 кг, а также плотность нити этих чулок в единицах DEN.

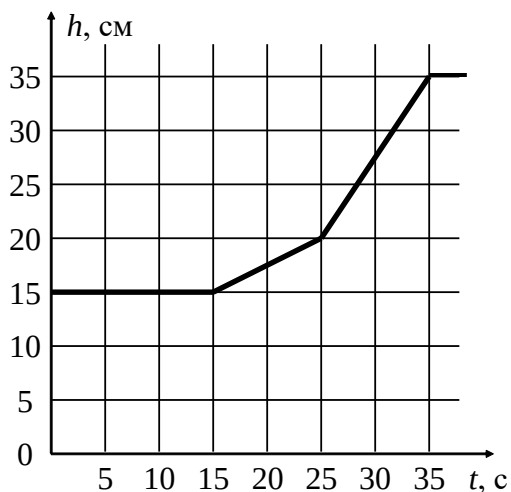


Рис. 7.2

4. «Погружение». В сосуд в форме куба, площадь каждой стороны которого равна S , наливают воду, так что уровень воды устанавливается на высоте $h = 15$ см. После этого в воду друг за другом опускают два металлических кубика разного объёма V_1 и V_2 . На рис. 7.2 представлен график зависимости уровня жидкости в сосуде от времени. Определите отношение объёмов кубиков V_1/V_2 . Известно, что тела погружаются в жидкость полностью.

5. Экспериментальная задача «Плотная упаковка». Определите высоту упаковки из 20 одинаковых пластиковых стаканчиков. Опишите все свои действия, запишите результаты всех измерений.

Оборудование: два одинаковых пластиковых стаканчика, линейка.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VIII КЛАССА

1. «Путешествие муравьёв». Колонна муравьёв преодолевает местность с разными участками (рис. 8.1). Определите, какой станет длина колонны после того, как она, выйдя из смешанного леса, пройдёт через проходимое болото и полностью перейдёт на луг.

Известно, что в смешанном лесу длина колонны была равна $L = 50$ см. Скорость движения колонны по смешанному лесу составляет $v_1 = 4$ см/с, по проходимому болоту — $v_2 = 3$ см/с, по лугу — $v_3 = 5$ см/с. Длина каждого участка местности гораздо больше длины колонны.



Смешанный лес

Проходимое болото

Луг

Рис. 8.1

2. «Асфальт». Для повышения качества будущего дорожного покрытия в горячий асфальт строители добавили гравий. Определите плотность получившегося дорожного покрытия при плотной закатке, если асфальт без наполнителя имеет плотность $\rho_1 = 1100$ кг/м³, плотность гравийного камня $\rho_2 = 2500$ кг/м³. К объёму $V_1 = 1$ л асфальта рабочие добавляют $m_2 = 0,5$ кг гравия.

3. «Сообщающийся рычаг». На нити AB уравновешена конструкция, состоящая из двух сообщающихся сосудов площадью поперечного сечения S_1 и S_2 , частично заполненных водой. Снизу сосуды соединены тонкой трубкой, а сверху — жёстким стержнем CD (рис. 8.2). В левый сосуд аккуратно доливают воду объёмом V . Определите, в какую сторону необходимо сместить точку крепления нити со стержнем, чтобы после прекращения перетекания воды конструкция вновь пришла в равновесие. Массами сосудов, соединяющей трубки и стержня пренебречь.

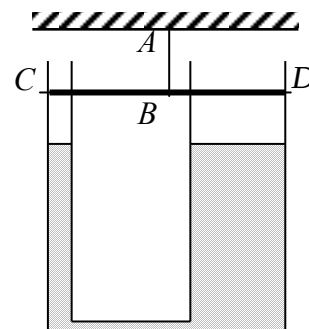


Рис. 8.2

4. «Кухня». В цилиндрической алюминиевой кастрюле нагревается вода. На рис. 8.3 показан график зависимости количества теплоты Q , полученного в процессе нагревания, от времени для двух тел: воды и кастрюли. Масса кастрюли $m_k = 400$ г, диаметр дна кастрюли $D = 20$ см, высота воды в кастрюле равна $h = 15$ см. Начальная температура кастрюли и воды одинакова.

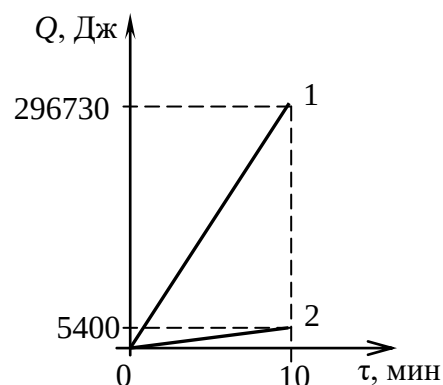


Рис. 8.3

1) Установите, какой из графиков отражает зависимость количества теплоты от времени для воды, а какой — для кастрюли.

2) Определите, на сколько изменилась температура воды за 10 мин нагревания.

Плотность воды равна $\rho_v = 1000$ кг/м³, удельная теплоёмкость воды $c_v = 4200$ Дж/(кг · °С), удельная теплоёмкость алюминия $c_a = 900$ Дж/(кг · °С). Площадь круга равна $S = \pi R^2$, где $\pi = 3,14$, R — радиус окружности.

5. Экспериментальная задача «Масса трубочки». Определите массу однородной пластиковой трубочки.

Оборудование: пластиковая трубочка, гвоздь известной массы, линейка, карандаш.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ IX КЛАССА

1. «Остановка». Автомобиль, двигаясь с некоторой скоростью, начинает тормозить и останавливается через $t = 10$ с, пройдя расстояние $s = 100$ м. Считая ускорение автомобиля постоянным, определите скорость в начале торможения и среднюю скорость автомобиля на первой половине пути.

2. «Взвешивание». Сплошное однородное тело, будучи полностью погружённым в жидкость с плотностью $\rho_1 = 800$ кг/м³, действует на динамометр с силой $F_1 = 4$ Н, а при полном погружении в жидкость с плотностью $\rho_2 = 1200$ кг/м³ – с силой $F_2 = 3$ Н. Определите плотность тела ρ .

3. «Когда силы равны». На двух брёвнах, закреплённых на горизонтальной поверхности, лежит широкая доска длиной $l = 9$ м, массой $m = 40$ кг (рис. 9.1). На концы доски встают два мальчика массами $m_1 = 50$ кг и $m_2 = 80$ кг и начинают одновременно двигаться навстречу друг другу со скоростями $v_1 = 1$ м/с и $v_2 = 3$ м/с соответственно. Определите, через какое время после начала движения силы, действующие на доску со стороны брёвен, окажутся одинаковыми. Деформацией доски пренебречь.

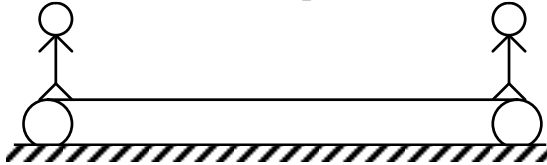


Рис. 9.1

4. «Плавление». Если в калориметр со льдом при температуре $t_l = -20^\circ\text{C}$ опустить металлический брусок с теплоёмкостью ct , нагретый до температуры t , то растает $2/3$ массы льда m_l . Если после этого в калориметр опустить ещё один такой же брусок с той же начальной температурой, то в нём установится температура $t_g = 15^\circ\text{C}$. Определите начальную температуру брусков.

Удельная теплота плавления льда $\lambda = 340$ кДж/кг, удельная теплоёмкость льда $c_l = 2100$ Дж/(кг $\cdot$ $^\circ\text{C}$), удельная теплоёмкость воды $c_g = 4200$ Дж/(кг $\cdot$ $^\circ\text{C}$). Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

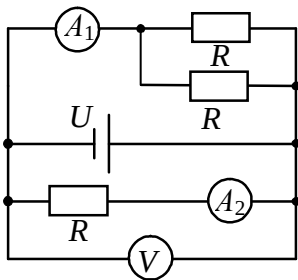


Рис. 9.2

5. «Идеальные приборы». Определите показания приборов в схеме, изображённой на рис. 9.2, если сопротивления всех резисторов одинаковые и равны $R = 9$ Ом. Напряжение $U = 9$ В. Сопротивления амперметров равны нулю, а сопротивление вольтметра очень велико.

6. Экспериментальная задача «Разные объёмы». Определите отношение объёмов палочек.

Оборудование: две палочки, шприц объёмом 20 мл, вода.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ X КЛАССА

1. «Рекорд». Велосипедист может разогнаться с постоянным ускорением a_1 до скорости $v_1 = 20$ м/с за $t_1 = 5$ с. Однако при этом у него по окончании разгона срывается цепь, так что дальше он движется равнозамедленно с ускорением, равным по модулю $a_2 = 1$ м/с². Если же велосипедист разгонится с ускорением a_1 только до скорости $v_2 = 16$ м/с, то цепь в этом случае не сорвётся, и он сможет поддерживать набранную скорость неизменной. Определите, каким из двух способов велосипедисту следует двигаться, чтобы преодолеть путь в $S = 100$ м за минимальное время.

2. «Отрыв». С высшей точки сферического купола вниз скользит без трения небольшое тело. На какой высоте h от основания купола тело оторвётся от его поверхности? Известно, что купол представляет собой полусферу, радиус которой равен $R = 10$ м.

3. «Под маслом». Деревянный цилиндр плавает на поверхности воды так, что под водой находится $9/10$ его высоты. Какая часть цилиндра будет погружена в воду, если на поверхность воды налить масло так, что оно полностью закроет цилиндр? Плотность воды равна $\rho_в = 1000$ кг/м³, плотность масла $\rho_м = 800$ кг/м³.

4. «Схема». Определите силу тока и напряжение на каждом из одинаковых резисторов 1–3, показанных на рис. 10.1, при замкнутом и разомкнутом ключе K . Сопротивление проводов и источника тока считать равным нулю. Значения показанных на схеме физических величин считать известными.

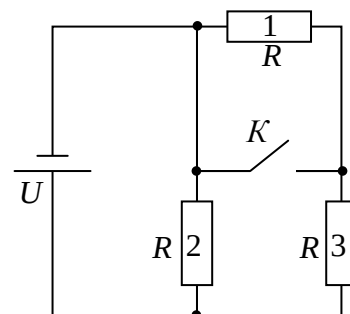


Рис. 10.1

5. «Плавление». Если в калориметр со льдом при температуре $t_л = -20^\circ\text{C}$ опустить металлический брусок с теплоёмкостью $с_м$, нагретый до температуры t , то растает $2/3$ массы льда $m_л$. Если после этого в калориметр опустить ещё один такой же брусок с той же начальной температурой, то в нём установится температура $t_в = 15^\circ\text{C}$. Определите начальную температуру брусков.

Удельная теплота плавления льда $\lambda = 340$ кДж/кг, удельная теплоёмкость льда $c_л = 2100$ Дж/(кг · °C), удельная теплоёмкость воды $c_в = 4200$ Дж/(кг · °C). Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

6. Экспериментальная задача «Масса алюминия». Определите массу алюминиевого стаканчика из калориметра.

Оборудование: лабораторный калориметр, линейка, несколько пластиковых стаканчиков с водой.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ XI КЛАССА

1. «Три броска». Из одной точки бросают три тела с одинаковыми скоростями: первое вертикально вверх, второе вертикально вниз, а третье горизонтально. Определите, через какое время t_3 третье тело упадёт на землю, если первое достигло земли за время t_1 , второе за время t_2 . С какой по величине скоростью были брошены тела?

2. «Пропеллер». На рис. 11.1 представлена фотография самолётного винта, вращающегося против часовой стрелки с частотой 1500 об/мин. Фотография сделана устройством iPhone Apple, снабжённым сенсором на основе так называемой CMOS-матрицы, в которой осуществляется построчное сканирование изображения, то есть практически мгновенно считывается информация об освещённости элементов (пикселей) одной строки, затем следующей и т. д., причём строки в данном случае ориентированы вертикально и построчное сканирование осуществляется в направлении слева направо. Полное число строк 768.

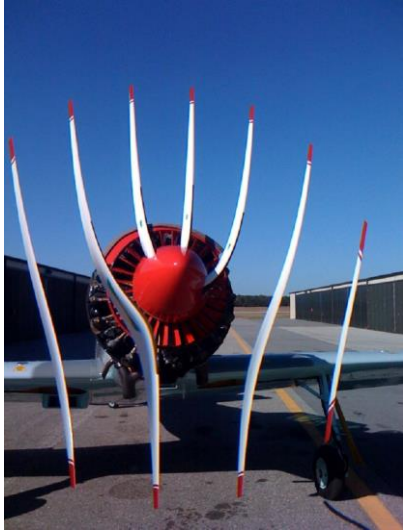


Рис. 11.1

Определите, сколько лопастей имеет винт. Оцените время экспозиции одного кадра.

Подсказка. Для ответа на первый вопрос достаточно заметить, что нижний конец левой светлой полосы и верхний конец второй слева полосы расположены на одной вертикали.

3. «Газы». К резервуару объёмом $V = 1 \text{ м}^3$, содержащему $\nu_1 = 2$ моль аргона при температуре $T_1 = 450 \text{ К}$, с помощью вентиля присоединён толстостенный баллончик, в котором находится гелий в количестве $\nu_2 = 3$ моль при температуре $T_2 = 350 \text{ К}$. Достоверно известно, что давление гелия находится в пределах от 50 до 100 атмосфер. Определите установившееся давление смеси газов в сосуде после открытия вентиля. Вся система теплоизолирована.

4. «В трубках». В U-образную трубку налили кремнийорганическую жидкость с плотностью $\rho_{\text{ж}} = 1,2 \text{ г/см}^3$. Затем в левое колено налили воду с плотностью $\rho_{\text{в}} = 1,0 \text{ г/см}^3$, а в правое колено – масло с $\rho_{\text{м}} = 0,9 \text{ г/см}^3$. Высота столба воды составила $h_{\text{в}} = 24 \text{ см}$, масла – $h_{\text{м}} = 20 \text{ см}$. Найдите разность уровней кремнийорганической жидкости в левом и правом коленах трубки. С маслом и водой кремнийорганическая жидкость не смешивается.

5. «Смешанное соединение». Определите показания вольтметров и амперметров, а также заряды на каждом из одинаковых конденсаторов в схеме, показанной на рис. 11.2. Считать, что $R_1 = R_2 = 4 \text{ Ом}$, $r = 1 \text{ Ом}$, $C_1 = C_2 = 1 \text{ мкФ}$, $\mathcal{E} = 5 \text{ В}$. Рассмотрите случаи, когда

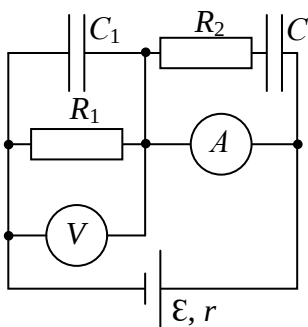


Рис. 11.2

1) измерительные приборы идеальные и когда
2) сопротивление вольтметра равно $R_{\text{в}} = 100 \text{ Ом}$, а амперметра $r_{\text{а}} = 1 \text{ Ом}$.

6. Экспериментальная задача «Бумажное трение». Определите коэффициент трения μ бруска о поверхность бумаги.

Оборудование: деревянный брусок, две деревянные линейки, лист бумаги форматом А4.

Указание: наклонять и двигать парту запрещается.

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VII КЛАССА

1. «Колонна муравьёв». Последний в колонне муравей попадёт в болото спустя время $t = L/v_1 = 12,5$ с (1) после первого. За это время первый муравей пройдёт расстояние $l = v_2 t = 37,5$ см (2), которое и будет равно длине колонны в болоте.

Критерии оценивания

Результат (1)	5
Результат (2)	5

2. «Быстрый счёт». Для сдвига листа необходимо взаимодействие (притяжение) молекул руки и бумаги (1). После смачивания кожи водой, увеличивается число молекул, контактирующих с бумагой (2). Это способствует улучшению сцепления пальцев с бумагой и её перелистыванию (3).

Критерии оценивания

Явление (1).....	4
Явление (2).....	4
Вывод (3).....	2

3. «Капрон». Номер $N = 200$ означает, что массе 1 г нити соответствует длина 200 м. Тогда для изготовления чулок массой 0,18 кг = 180 г потребуется длина $180 \cdot 200 = 36000$ м (1).

Определим плотность нити в единицах DEN. Так как 200 м нити имеют массу 1 г, то 9000 м будут иметь массу $1 \text{ г} \cdot 9000/200 = 45$ г, что соответствует 45 DEN (2).

Критерии оценивания

Рассуждение и верный результат (1)	5
Нахождение плотности нити в единицах DEN (2)	5

4. «Погружение». Отношение объёмов кубиков равно $V_1/V_2 = (Sh_1)/(Sh_2)$ (1), где S – площадь поперечного сосуда, h_1 и h_2 – изменения уровня жидкости в сосуде при погружении кубиков. Численно $V_1/V_2 = 5 \text{ см} / 15 \text{ см} = 1/3$ (2).

Критерии оценивания

Формула (1) или соответствующие рассуждения	4
Результат (2)	6

5. Экспериментальная задача «Плотная упаковка». Вставив стаканчики друг в друга, следует определить расстояние между их верхними кромками h . Тогда полная высота упаковки окажется равной $H + 19h$, где H – высота одного стаканчика.

Критерии оценивания

Описание метода измерения	4
Итоговая формула для расчёта	1
Верный результат (допускается отличие в 2-3 мм)	5
Или разумный результат (при верном методе измерения, отличающийся от истинного до 5 мм)	3

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VIII КЛАССА

1. «Путешествие муравьёв». Последний в колонне муравей попадёт в болото спустя время $t = L/v_1$ (1) после первого. За это время первый муравей пройдёт расстояние $L_1 = v_2 t$ (2), которое будет равно длине колонны в болоте.

Границу между болотом и лугом последний муравей пересечёт спустя время $L_1/v_2 = t$ (3) после первого; стало быть, длина колонны за это время станет равной $L_3 = v_3 t = L v_3/v_1 = 62,5$ см (4).

Критерии оценивания

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

2. «Асфальт». Искомая плотность равна $\rho = m/V$, где $m = m_1 + m_2$ (1) – получившаяся масса смеси, $V = V_1 + V_2$ (2) – объём смеси. С учётом того, что $m_1 = \rho_1 V_1$ (3), $V_2 = m_2/\rho_2$ (4), получим конечную формулу $\rho = \frac{\rho_1 V_1 + m_2}{V_1 + m_2/\rho_2}$. Так как $1 \text{ л} = 0,001 \text{ м}^3$ (5), то

$$\rho = \frac{1100 \cdot 0,001 + 0,5}{0,001 + 0,5/2500} \approx 1333 \text{ (кг/м}^3\text{)} \text{ (6)}.$$

Критерии оценивания

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

3. «Сообщающийся рычаг». В сообщающихся сосудах любого сечения поверхности однородной жидкости устанавливаются на одном уровне (1). Условие равновесия системы в этом случае имеет вид: $\rho_v S_1 H l_1 = \rho_v S_2 H l_2$, где S_1 и S_2 – площади сечения сосудов, H – высота воды в сосудах, l_1 и l_2 – расстояния от точки подвеса нитей до осей сосудов. Отсюда $l_1/l_2 = S_2/S_1$. После доливания в сообщающиеся сосуды ещё некоторого количества воды уровень в них поднимается на одинаковую величину h и условие равновесия будет иметь вид: $\rho_v S_1 (H + h) l_1' = \rho_v S_2 (H + h) l_2'$. Тогда $l_1'/l_2' = S_2/S_1 = l_1/l_2$, то есть положение точки подвеса менять не потребуется (2).

Критерии оценивания

Рассуждение (1)	5
Вывод (2)	5

4. «Кухня». Масса воды в кастрюле равна $m_g = \rho_g V_g$ (1), где объём воды $V_g = h \pi D^2/4$ (2). Тогда численно масса воды равна $m_g = \rho_g h \pi D^2/4 = 1000 \cdot 0,15 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2/4 = 4,71$ (кг) (3).

В процессе нагревания температура кастрюли и температура воды менялись одинаково. Так как масса и теплоёмкость воды больше соответственно массы и теплоёмкости алюминия, то за 10 мин вода получила большее количество теплоты. Значит, график 1 соответствует нагреванию воды, 2 – кастрюли (4).

$$\text{Изменение температуры воды равно } \Delta t = \frac{Q}{c_g m_g} = \frac{296730}{4200 \cdot 4,71} = 15(^{\circ}\text{C}) \text{ (5)}.$$

Критерии оценивания

Формула (1)	1
Формула (2)	1
Результат (3)	1
Вывод (4)	3
Результат (5)	4

5. *Экспериментальная задача «Масса трубочки».* Найдём центры масс трубочки и гвоздя. Уравновесив гвоздь на торце линейки, отмечаем карандашом положение его центра масс. Центр масс пластиковой трубочки находится в её середине. Вставив гвоздь внутрь пластиковой трубочки, вновь уравновешиваем полученную конструкцию на карандаше.

Записываем правило моментов $m_1gl_1 = m_2gl_2$ (1), где m_1 и m_2 – массы пластиковой трубочки и гвоздя, l_1 и l_2 – плечи сил тяжести тел. Из формулы (1) масса пластиковой палочки $m_1 = m_2l_2/l_1$ (2).

Критерии оценивания

Описание метода измерения	4
Формулы (1), (2) или соответствующие рассуждения	2
Численный результат	3
Повторное выполнение эксперимента	1

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ IX КЛАССА

1. *«Остановка».* Определим начальную скорость автомобиля v_0 . Из уравнений движения и скорости для автомобиля: $s = v_0t - at^2/2$ (1), $0 = v_0 - at$ (2). Из (2) и (1) выражаем модуль ускорения $a = 2s/t^2 = 2 \cdot 100/10^2 = 2$ (м/с²) (3). Из уравнения (2) с учётом (3) получаем начальную скорость автомобиля $v_0 = \frac{2s}{t} = \frac{2 \cdot 100}{10} = 20$ (м/с) (4).

Рассчитаем среднюю скорость автомобиля v_1 . Из уравнения движения для первой половины пути $s/2 = v_0t_1 - at_1^2/2$ в результате решения квадратного уравнения получаем $t_1 = \frac{v_0 - \sqrt{v_0^2 - as}}{a} = \frac{20 - \sqrt{200}}{2} \cong 2,93$ (с) (5). Тогда первую половину пути автомобиль преодолевает со средней скоростью $v_1 = \frac{s/2}{t_1} = \frac{50}{2,93} = 17,1$ (м/с) (6).

Критерии оценивания

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

2. *«Взвешивание».* Запишем второй закон Ньютона для сил, действующих на тело объёмом V при погружении в данную жидкости: $0 = F_1 - \rho Vg + \rho_1 Vg$ (1),

$0 = F_2 - \rho Vg + \rho_2 Vg$ (2). Выражая из (1) и (2) объём тела, получим: $\frac{F_1}{\rho - \rho_1} = \frac{F_2}{\rho - \rho_2}$. Отсю-

да искомая плотность $\rho = \frac{F_1\rho_2 - F_2\rho_1}{F_1 - F_2}$, численно $\rho = \frac{4 \cdot 1200 - 3 \cdot 800}{4 - 3} = 2400$ (кг/м³) (3).

Критерии оценивания

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

3. «Когда силы равны». За время t мальчики пройдут по доске расстояния $l_1 = v_1 t$ и $l_2 = v_2 t$ (1). Запишем правило моментов для точек O_1 и O_2 , в которых доска опирается на брёвна: $N_2 l = v_1 t m_1 g + (l - v_2 t) m_2 g + m g l / 2$ (2) и $N_1 l = (l - v_1 t) m_1 g + v_2 t m_2 g + m g l / 2$ (3).

При $N_1 = N_2$ $v_1 t m_1 g + (l - v_2 t) m_2 g = (l - v_1 t) m_1 g + v_2 t m_2 g$, отсюда время $t = \frac{l(m_1 - m_2)}{2(v_1 m_1 - v_2 m_2)}$ (4), численно $t = \frac{9 \cdot (50 - 80)}{2(50 \cdot 1 - 3 \cdot 80)} \cong 0,71$ (с) (5).

Критерии оценивания

Выражения (1)	2
Формула (2)	2
Формула (3)	2
Результат (5)	4
Результат (4) при отсутствии верного (5)	2

4. «Плавление». Запишем уравнения теплового баланса для первого и второго погружения брусков: $cm(t - 0) = c_{\text{л}} m_{\text{л}} (0 - t_{\text{л}}) + \frac{2}{3} m_{\text{л}} \lambda$ (1) и $cm(t - t_{\text{с}}) = \frac{1}{3} m_{\text{л}} \lambda + c_{\text{с}} m_{\text{с}} (t_{\text{с}} - 0)$ (2). Вы-
ражая массу льда из (1) и (2), а затем, приравнявая, получим:

$\frac{cm(t - 0)}{c_{\text{л}}(0 - t_{\text{л}}) + \frac{2}{3} \lambda} = \frac{cm(t - t_{\text{с}})}{\frac{1}{3} \lambda + c_{\text{с}}(t_{\text{с}} - 0)}$. Отсюда находим, что температура брусков равна $t = t_{\text{с}} \frac{c_{\text{л}} t_{\text{л}} - 2\lambda/3}{c_{\text{с}} t_{\text{с}} + c_{\text{л}} t_{\text{л}} - \lambda/3}$ (3), численно $t = 15 \frac{2100(-20) - 2 \cdot 3400003}{420015 + 2100(-20) - 3400003} \cong 436$ (°C) (4).

Критерии оценивания

Формула (1)	3
Формула (2)	3
Результат (4)	4
Только результат (3) при отсутствии результата (4)	2

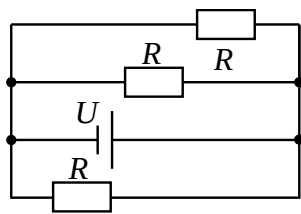


Рис. 9.3

5. «Идеальные приборы». Так как приборы идеальные, эквивалентную схему можно представить так, как показано на рис. 9.3. Общее сопротивление двух параллельно соединённых резисторов равно $R' = R/2 = 4,5$ Ом (1). Показание первого амперметра $I_1 = U/R' = 9/4,5$ А = 2 А (2). Сила тока через второй амперметр $I_2 = U/R = 1$ А (3). Напряжение на вольтметре равно напряжению источника тока, то есть $U_v = 9$ В (4).

Критерии оценивания

Результат (1) или указание на суммирование токов при параллельном соединении	2
Результат (2)	3
Результат (3)	3
Результат (4)	2

6. Экспериментальная задача «Разные объёмы». Достанем шток из шприца и, заткнув сопло пальцем, заполним шприц водой примерно наполовину. Погружая поочерёдно палочки в шприц с водой, определим объёмы V_{1n} и V_{2n} воды, вытесненные погруженными частями палочек.

В единицах делений шприца определим, во сколько раз длина каждой из палочек больше длин их погруженных частей. С учётом этого определим объёмы палочек V_1 и V_2 и их отношение V_1/V_2 .

Критерии оценивания

Описание метода	4
Нахождение отношения объёмов палочек	5
Выполнение эксперимента более двух раз	1

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ X КЛАССА

1. «Рекорд». В первом случае в процессе разгона велосипедист преодолевает путь $S_1 = v_1 t_1 / 2 = 20 \cdot 5 / 2 = 50$ (м) (1). Оставшийся путь $S_2 = 50$ м он преодолеет за время t_2 , причём $S_2 = v_1 t_2 - \frac{a_2 t_2^2}{2}$, откуда $t_2 = \frac{v_1 - \sqrt{v_1^2 - 2a_2 S_2}}{a_2} = \frac{20 - \sqrt{400 - 2 \cdot 1 \cdot 50}}{1} = 2,67$ (с) (2). Таким образом, полное время движения в первом случае составляет $T_1 = t_1 + t_2 = 7,67$ с (3).

Во втором случае велосипедист будет разгоняться с ускорением $a_1 = v_1 / t_1 = 20 / 5 = 4$ (м/с²) (4) до скорости v_2 за время $t_3 = v_2 / a_1 = 16 / 4 = 4$ с (5). При этом пройденный за время разгона путь составит $S_3 = v_2 t_3 / 2 = 16 \cdot 4 / 2 = 32$ (м) (6). Оставшийся путь в $S_4 = 68$ м он преодолеет с постоянной скоростью v_2 за $t_4 = S_4 / v_2 = 68 / 16 = 4,25$ с (7). Тогда полное время движения $T_2 = t_3 + t_4 = 8,25$ с.

Вывод: следует выбрать первый способ движения.

Критерии оценивания

Результат (1)	1
Результат (2)	2
Ответ (3)	1
Результат (4)	1
Результат (5)	1
Результат (6)	1
Результат (7)	1
Ответ (8)	1
Вывод	1

2. «Отрыв». При отрыве тела сила реакции опоры равна нулю: $N = 0$ (1). По второму закону Ньютона в момент отрыва тела $mv^2 / R = mg \cos \alpha$ (2), где α – угол между вертикалью и отрезком, проведённым из центра купола к телу. При этом $\cos \alpha = h / R$ (3), поэтому $mv^2 / R = mgh / R$ (4).

Из закона сохранения механической энергии $mgR = mv^2 / 2 + mgh$ (5) выразим квадрат скорости и подставим в уравнение (4): $2mg \frac{R-h}{R} = mg \frac{h}{R}$, откуда $h = 2R / 3 = 2 \cdot 10 / 3 = 6,67$ м (6).

Критерии оценивания

Условие (1)	1
Формула (2)	2
Связь (3)	1
Результат (4)	1
Закон (5)	2
Результат (6)	3

3. «Под маслом». Запишем условия плавания цилиндра в обоих случаях: $mg = \rho_e 0,9Vg$ (1) и $mg = \rho_e V_1 g + \rho_m (V - V_1)g$ (2), где V_1 – объём цилиндра, оказавшийся под водой во втором случае. Тогда $\rho_e 0,9Vg = \rho_e V_1 g + \rho_m (V - V_1)g$, а искомое отношение $\frac{V_1}{V} = \frac{0,9\rho_e - \rho_m}{\rho_e - \rho_m}$, $\frac{V_1}{V} = \frac{0,9 \cdot 1000 - 800}{1000 - 800} = 0,5$ (3).

Критерии оценивания

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

4. «Схема». При замкнутом ключе резистор 1 подключён параллельно проводнику с нулевым сопротивлением, поэтому ток через резистор 1 и напряжение на нём равны нулю (1). Резисторы 2 и 3 подключены параллельно источнику тока, поэтому сила тока через каждый из них равна $I_2 = I_3 = U/R$ (2), напряжения $U_2 = U_3 = U$ (3).

При разомкнутом ключе резисторы 1 и 3 подключены последовательно друг с другом и параллельно резистору 2, а также источнику тока. Поэтому $I_2' = U/R$ (4), $I_1' = I_3' = U/(2R)$ (5). Напряжения на резисторах таковы: $U_2' = U$ (6), $U_1' = U_3' = U/2$ (6).

Критерии оценивания

Результат (1).....	2
Обоснование равенства токов на 2 и 3 резисторах и результат (2)	2
Результат (3)	1
Обоснование равенства токов на 1 и 3 резисторах и результат (5)	2
Результат (4)	1
Результат (6)	2

5. См. решение и разбалловку задачи № 4 для 9 класса.

6. Экспериментальная задача «Масса алюминия». В пространство между стенками внешнего и внутреннего стаканчика аккуратно заливаем столько воды, чтобы её поверхность оказалась на уровне кромки внешнего стаканчика. Убрав алюминиевый стаканчик, с помощью линейки определяем изменение уровня воды Δh , а также диаметр D внешнего стаканчика, рассчитываем объём воды, вытесненный металлическим стаканчиком: $V = \Delta h \pi D^2 / 4$. Из второго закона Ньютона и с учётом того, что $F_A = \rho_v g V$, при плавании стаканчика $m = \rho_v V = \rho_v \Delta h \pi D^2 / 4$.

Критерии оценивания

Выбор метода гидростатического взвешивания	2
Метод нахождения объёма V	2
Формула для нахождения искомой величины	2
Запись промежуточных результатов измерений.....	1
Нахождение искомого значения	2
Проведение двух и более опытов и нахождение среднего значения искомой величины	1

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ XI КЛАССА

1. «Три броска». Запишем уравнения движения на вертикальную ось для каждого из тел:

$$0 = h + vt_1 - \frac{gt_1^2}{2} \quad (1), \quad 0 = h - vt_2 - \frac{gt_2^2}{2} \quad (2), \quad 0 = h - \frac{gt_3^2}{2} \quad (3). \quad \text{Из (1) и (2)} \quad \frac{t_1}{t_2} = \frac{gt_1^2 - 2h}{2h - gt_2^2} \quad (4), \quad \text{а из}$$

$$(3) \quad \frac{2h}{g} = t_3^2 \quad (5). \quad \text{Подставляя (5) в (4), получаем} \quad \frac{t_1}{t_2} = \frac{t_1^2 - t_3^2}{t_3^2 - t_2^2}, \quad \text{откуда} \quad t_3 = \sqrt{t_1 t_2} \quad (6).$$

$$\text{Также из (4)} \quad h = gt_1 t_2 / 2, \quad \text{а с учётом формулы (1)} \quad v = g(t_1 - t_2) / 2 \quad (7).$$

Критерии оценивания

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

2. «Пропеллер». Нижний конец левой светлой полосы и верхний конец второй слева полосы представляют собой изображения концов двух соседних лопастей, зафиксированные практически одновременно. Угол между лучами, проведёнными из центра винта к концам лопастей, составляет 120° , следовательно, число лопастей равно $360^\circ / 120^\circ = 3$ (1).

За некоторое время лопасть, изображение которой представляется второй справа полосой, повернулась против часовой стрелки на угол, равный приблизительно 120° или на $1/3$ оборота; при этом изображение её конца сместилось вправо примерно на $1/6$ ширины кадра, значит, за время экспозиции винт совершает $\frac{1}{3} \cdot 6 = 2$ оборота. Поскольку один оборот

совершается за $60/1500$ с, время экспозиции составляет $\tau = \frac{60}{1500} \cdot 2 = 0,08$ (с). (2)

Критерии оценивания

Обоснованный результат (1)	5
Обоснованный результат (2) в пределах от 0,07 с до 0,09 с.....	5

3. «Газы». Объём баллончика с гелием пренебрежимо мал по сравнению с объёмом резервуара. Так как система теплоизолирована и $V = \text{const}$, то внутренняя энергия газов не меняется: $\frac{3}{2}v_1RT_1 + \frac{3}{2}v_2RT_2 = \frac{3}{2}(v_1 + v_2)RT$ (1), отсюда установившаяся температура смеси

$T = \frac{v_1T_1 + v_2T_2}{v_1 + v_2} = \frac{2 \cdot 450 + 3 \cdot 350}{2 + 3} = 390$ (К) (2). Согласно закону Дальтона суммарное давление

смеси $p = p_1 + p_2 = \frac{RT(v_1 + v_2)}{V} = \frac{R(v_1T_1 + v_2T_2)}{V}$ (3), численно

$p = \frac{8,31 \cdot (2 \cdot 450 + 3 \cdot 350)}{1} = 16205$ (Па) (4).

Критерии оценивания

Формула (1)	3
Формула или результат (2).....	3
Результат (4)	4
Формула (3) при отсутствии результата (4)	2

4. «В трубках». Вначале уровни жидкости в обоих коленях совпадали. После доливания воды и масла перетекание жидкостей будет происходить до тех пор, пока давления в коленях не выровняются: $\rho_в gh_в + \rho_жс gh_{жс1} = \rho_м gh_м + \rho_жс gh_{жс2}$ (1), где $h_{жс1}$ и $h_{жс2}$ – новые уровни жидкости в коленях. Выразим разность высот кремнийорганической жидкости в левом и

правом колене $\Delta h_{жс} = h_{жс2} - h_{жс1} = \frac{\rho_в h_в - \rho_м h_м}{\rho_{жс}}$ (2), численно

$\Delta h_{жс} = \frac{1000 \cdot 0,24 - 900 \cdot 0,2}{1200} = 0,05$ (м).

Критерии оценивания

Формула (1)	4
Результат (2)	4
Численный результат.....	2

5. «Смешанное соединение». 1) У идеального амперметра сопротивление равно нулю, а у идеального вольтметра – бесконечно велико. Поэтому в первом случае эквивалентная схема будет выглядеть как показано на рис. 11.3. В установившемся режиме ток протекает через источник тока, амперметр и резистор R_1 . Тогда по закону Ома сила тока через амперметр равна $I_{a1} = \mathcal{E}/(R_1 + r) = 5 \text{ В}/(4 \text{ Ом} + 1 \text{ Ом}) = 1 \text{ А}$ (1). Напряжение на вольтметре равно напряжению на резисторе R_1 : $U_{в1} = I_{a1}R_1 = 1 \text{ А} \cdot 4 \text{ Ом} = 4 \text{ В}$ (2). Заряд на втором конденсаторе равен нулю (он шунтирован идеальным амперметром) (3), на первом конденсаторе $q_1 = C_1 \cdot U_{в1} = 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 4 \text{ В} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ (4).

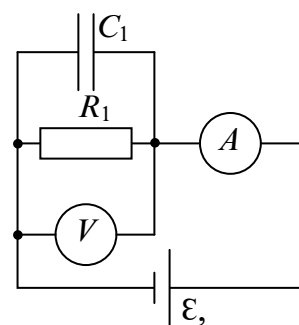


Рис. 11.3

2) При неидеальных измерительных приборах ток протекает через источник тока, амперметр и параллельно соединённые первый резистор и вольтметр, то есть через сопротивление $r + r_a + R_1 R_6 / (R_1 + R_6) = (1 + 1 + 4 \cdot 100 / 104) = 5,85$ (Ом). В этом случае сила тока через амперметр равна $I_{a2} = \mathcal{E} / (r + r_a + R_1 R_6 / (R_1 + R_6)) = 5 \text{ В} / (5,85 \text{ Ом}) = 0,86 \text{ А}$ (5). Напряжение на вольтметре $U_{62} = I_{a2} \cdot R_1 R_6 / (R_1 + R_6) = 0,86 \text{ А} \cdot 3,85 \text{ Ом} = 3,29 \text{ В}$ (6). Заряд на первом конденсаторе $q_1' = C_1 \cdot U_{62} = 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 3,29 \text{ В} = 3,29 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ (7), на втором: $q_2' = C_2 \cdot I_{a2} \cdot r_a = 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 0,86 \text{ А} \cdot 1 \text{ Ом} = 0,86 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ (8).

Критерии оценивания

Результат (1)	1
Результат (2)	1
Результат (3)	1
Результат (4)	1
Результат (5)	1
Результат (6)	1
Результат (7)	2
Результат (8)	2

6. Экспериментальная задача «Бумажное трение». Определим коэффициент трения,

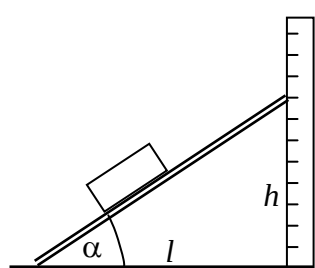


Рис. 11.4

исследуя соскальзывание бруска с наклонной плоскости. Положим брусок на лист бумаги и на одну из линеек. Наклоняя линейку и удерживая при этом лист бумаги, найдём положение, при котором брусок едва-едва начнёт скользить. В этом случае из второго закона Ньютона следует, что $mg \sin \alpha = \mu N$, $N = mg \cos \alpha$ (1), где α – угол наклона линейки к поверхности стола. Из (1) $\mu = \tan \alpha$. Для фиксации угла наклона край линейки с бруском следует поднимать вдоль второй линейки, установленной вертикально (рис. 11.4). В этом случае величину $\tan \alpha$ можно найти как отношение длин катетов треугольни-

ка, образованного линейками: $\mu = \tan \alpha = \frac{h}{l}$ (2).

Критерии оценивания

Описание метода	2
Запись необходимых физических законов (1)	2
Формула для нахождения искомой величины (2)	2
Запись промежуточных результатов измерений	1
Нахождение искомого значения	2
Проведение двух и более опытов и нахождение среднего значения искомой величины	1