Саратовский государственный университет
имени Н.Г.Чернышевского

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА XLVIII ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

Саратов
2013 г

Комплект заданий подготовлен методической комиссией по физике

Координаты для связи (Савин Алексей Владимирович):
E-mail: AVSavin@rambler.ru с пометкой «Олимпиада» в теме письма
Адрес: 410012, Саратов, ул. Астраханская, 83, СГУ, ФНП, Савину А.В.

Авторы задач

7 класс	8 класс	9 класс	10 класс	11 класс
1. В.Н. Шевцов 2. В.Н. Шевцов 3. В.Н. Шевцов	1. В.Н. Шевцов 2. М.М. Стольниц 3. В.Н. Шевцов 4. А.А. Князев	1. А.В. Савин 2. В.Н. Шевцов 3. М.М. Стольниц 4. В.П. Вешнев 5. А.В. Савин, Д.В. Савин	1. А.А. Князев 2. В.Н. Шевцов 3. М.Д. Матасов 4. М.М.Стольниц 5. А.В. Савин	1. А.В. Савин 2. В.П. Вешнев А.В. Савин 3. В.Н. Шевцов 4. М.М. Стольниц 5. Д.В. Савин

Председатель методической комиссии: А.В. Савин.

Члены методической комиссии: В.П. Вешнев, А.А. Князев, М.Д. Матасов, М.И. Перченко, Д.В. Савин, М.М. Стольниц, В.Н. Шевцов.

Общая редакция и подготовка оригинал-макета – А.В. Савин

Условия задач

7 класс

1. «Забытый дневник»

Каждый день ученик выходит из дома в 7.50 и приходит в школу точно к началу занятий в 8.00. Однажды, пройдя треть расстояния до школы, он вспомнил, что забыл дома дневник, и решил вернуться за ним. С какой скоростью он должен бежать, чтобы не опоздать в школу, если обычно он ходит со скоростью 7,2 км/ч?

2. «Гонки по кругу»

На соревнованиях по автомобильным гонкам на дистанцию в 50 кругов победитель обогнал второго призера на два круга, показав среднюю скорость 100 км/ч. Определите среднюю скорость второго призера.

3. «Щебень»

Привезенный для ремонта гранитный щебень свалили в кучу объемом 10 м^3. Определите, какой объем занимает собственно гранит, а какой – промежутки между камнями, если плотность гранита 2,6 г/см^3, а масса 1 м^3 щебня составляет 1,95 т.

8 класс

1. «Прогулка по палубе»

Пассажир прошел по палубе плывущего по реке теплохода от кормы к носу и обратно, при этом его скорость относительно берега была равна 11,4 м/с и 8,6 м/с соответственно. Определите, какое расстояние относительно берега прошел за это время теплоход, если длина палубы 70 м, скорости теплохода относительно берега и пассажира относительно палубы постоянны, а теплоход плывет параллельно берегу.

2. «Самый легкий материал»

В 2011 году было получено «самое лёгкое вещество», состоящее из заполненных воздухом переплетающихся тонкостенных трубок, изготовленных из никель-фосфорного сплава (93% никеля и 7% фосфора по массе). В научных сообщениях приводились данные о плотности одного из образцов, равной

0,9 мг/см^3, однако это значение соответствует отсутствию воздуха в трубках. Какова истинная (с учетом воздуха) плотность вещества? Какова массовая доля материала стенок в образце? Плотность воздуха 1,2 мг/см^3, плотность никеля 8,9 г/см^3, фосфора 1,85 г/см^3. Считайте, что объем никель-фосфорного сплава равен сумме объемов входящих в его состав никеля и фосфора.

3. «Давление воды и масла»

В цилиндрический сосуд наливают одинаковые по массе количества воды и масла, которые располагаются слоями, не смешиваясь. Тело объемом V, плотность которого превышает плотности воды и масла, опускают на тонкой нити в сосуд так, что оно а) целиком находится в воде, но не касается дна; б) целиком находится в масле. В каком случае и на сколько больше сила давления на дно сосуда? Плотности воды и масла $\rho_в$ и $\rho_м$ ($\rho_в > \rho_м$).

4. «Теплая штукатурка для умного дома»

При изготовлении «теплой» штукатурки в нее вводятся капсулы с парафиновой смесью, имеющей температуру плавления 24°С. При повышении температуры смесь плавится, поглощая тепло, а при охлаждении – застывает, выделяя его. Оцените, какую долю (по массе) должна составлять смесь в штукатурном растворе для эффективного регулирования температуры в помещении размерами 4×5×3 м^3 в диапазоне (24±2)°С. Считайте, что температура стен изменяется только на толщине слоя штукатурки, равной 2 см, удельная теплота плавления парафиновой смеси $147 \cdot 10^3$ Дж/кг. Табличные данные парафина, штукатурки и воздуха приведены в таблице.

	Парафин	Штукатурка	Воздух
Плотность, г/см^3	0,9	1,8	0,0013
Удельная теплоемкость, кДж/(кг·°С)	3,2	0,8	1,0

9 класс

1. «Вовочка на эскалаторе»

Вовочка спустился по движущемуся вниз эскалатору метро, сделав 120 шагов. Затем он стал подниматься по движущемуся вверх эскалатору, делая при этом два шага вперед и один шаг назад, и насчитал 180 шагов. С погрешностью не более 3% определите, сколько шагов ему пришлось бы сделать, если бы он делал 3 шага вперед и 2 шага назад? За один шаг Вовочка поднимается (или спускается) на одну ступеньку и тратит на это одинаковое время при ходьбе вниз и вверх. Скорости эскалаторов одинаковы и постоянны.

2. «Стометровка»

Пробежав стометровку, спортсмен начал останавливаться в момент пересечения линии финиша, и полностью остановился на расстоянии 5 м от нее. Определите, за какое время он преодолел дистанцию, если его максимальная скорость за все время бега равна 10 м/с. Считайте, что при разгоне и торможении спортсмен движется равноускоренно, а время разгона и торможения одинаково.

3. «Куб в сосуде с желобком»

В дне цилиндрического сосуда симметрично относительно его диаметра прорезан желобок, ширина которого в три раза меньше внутреннего диаметра сосуда, а глубина меньше толщины дна. В каждый из двух таких сосудов установили куб, основание которого является вписанным в основание сосуда квадратом: в первый – так, как показано на рис.1, а во второй – повернув куб на 45° по часовой стрелке. Куб во втором сосуде всплывет, если в него налить воды до уровня 0,9 высоты куба. Определите, всплывет ли, и если да, то при какой высоте воды («в единицах» высоты куба) куб в первом сосуде. Уровень воды отсчитывается от дна сосуда. Во всех точках, кроме желобка, куб плотно прилегает к дну, силами сцепления куба с дном пренебречь, высота сосуда превышает высоту куба, кубы абсолютно одинаковые.

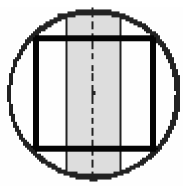

Рис. 1

4. «Расстрел шара»

Из автомата Калашникова начинают расстреливать неподвижно закрепленный килограммовый свинцовый шар, находившийся при температуре 27°С. Пули (сделанные из свинца) застревают в шаре. Сколько пуль должно попасть в шар, чтобы он начал плавиться? Пуля перед ударом имеет температуру 127ºС, её масса 9г, скорость 700 м/с. Температура плавления свинца 327ºС, а его удельная теплоёмкость 130 Дж/(кг ºС).

Указание: любое тело массой m, движущееся со скоростью v, обладает кинетической энергией, равной $mv^2/2$.

5. «Шунтирование»

В школьной лаборатории Вовочка нашел источник постоянного напряжения 12 В, миллиамперметр с пределом шкалы 2 мА и ценой деления 0,1 мА, а также по одному резистору сопротивлением 1 Ом, 10 Ом, 1 кОм и 10 кОм. Желая проверить закон Ома, Вовочка подключил к источнику напряжения последовательно соединенные миллиамперметр и резистор 10 кОм, при этом показания миллиамперметра составили 1,2 мА. Обрадованный столь хорошим соответствием теории и эксперимента, Вовочка тут же заменил резистор 10 кОм на резистор 1 кОм, однако амперметр зашкалило. Проходивший мимо лаборант посоветовал ему внимательней читать описания к приборам и не нарушать техники безопасности. Расстроенный Вовочка пошел домой, но, выйдя из лаборатории, встретил друга Витю, с которым и поделился своей проблемой. «Да нам же на уроке рассказывали, как такие токи измерять, – сказал Витя, – там нужно ещё один резистор в схему добавить, и через какое хочешь сопротивление можно ток измерить. Только я вот забыл, куда и какой, и ещё, кажется, нужно шкалу у амперметра как-то перенормировать». Помогите друзьям с имеющимся оборудованием измерить ток через резистор 1 кОм. Действительно ли у них получится измерить ток через любой резистор? Если да, объясните, как это возможно, если нет – укажите диапазон сопротивлений, ток через которые получится измерить. Внутреннее сопротивление миллиамперметра составляет 10 Ом. Считайте, что источник в школьной лаборатории очень хороший, т.е. напряжение на его зажимах не зависит от подключенной нагрузки.

10 класс

1. «Останавливающийся вентилятор»

Сразу после выключения лопасти вентилятора начинают останавливаться, двигаясь равнозамедленно. Сколько оборотов сделали лопасти за первые 4 с после выключения, если через 2 с после выключения их угловая скорость была равна 157 рад/с?

2. «Брусок на клине»

Клин с углом при основании α стоит в углу, образованном гладким полом и гладкой вертикальной стеной (см. рис.2). На клин кладут брусок массой 5 кг, на который сразу начинает действовать сила *F,* направленная параллельно поверхности клина. Найдите силу давления клина на стену, если F = 50 Н, α= 30°, а коэффициент трения между бруском и поверхностью клина 0,3.

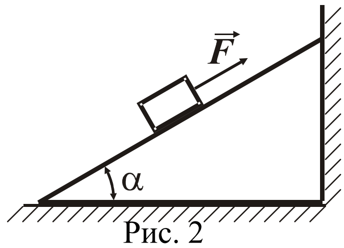

Рис. 2

3. «Процесс, похожий на изобарный»

Горизонтально расположенный цилиндрический теплоизолированный сосуд с идеальным газом разделен движущейся без трения теплоизолирующей перегородкой на две части, причем объем левой части в m раз превышает объем правой. Во сколько раз увеличится объем правой части, если абсолютную температуру газа в ней повысить в n раз? Первоначально температуры газа в левой и правой частях одинаковы.

4. «Электропанно»

К новогодней дискотеке школьники собрали световое панно из лампочек для ёлочной гирлянды (см. рис.3, во всех точках пересечения проводов есть электрический контакт). Каждая лампочка имеет следующие параметры: номинальный ток 0,26 А, максимальный ток – 0,3 А, минимальный ток (при котором лампочка ещё светится) – 0,125 А. Внутренние клеммы подключили к положительному полюсу источника постоянного тока, внешние – к отрицательному. Источник имеет не зависящую от нагрузки ЭДС и внутреннее сопротивление, которое в два раза меньше сопротивления одной лампочки. После замыкания цепи загорелись только 4 лампочки, которые сразу же перегорели (все одновременно), после чего зажглись остальные, причём 4 лампочки работали в нормальном режиме, а остальные светили «вполнакала». Объясните, подтвердив расчётами, последовательность событий, укажите, какие лампочки работали в том или ином режиме, и определите ток короткого за-

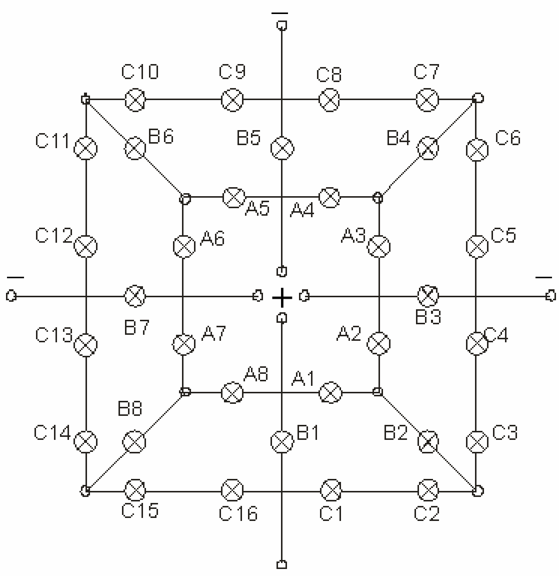

Рис. 3

мыкания источника.

Примечание: внутреннее сопротивление источника тока можно рассматривать как подключенный последовательно к нему резистор. Током короткого замыкания источника называется ток, текущий через него при нулевом сопротивлении нагрузки.

5. «Зеркальный грибок»

Конус высотой $2R$ и радиусом основания R, внешняя поверхность которого является зеркалом, разместили на стойке высотой $2R$ над полом большой комнаты и освещают вертикальным пучком света, диаметр которого совпадает с диаметром основания конуса (см. рис.4). Определите площадь освещенной области на полу комнаты.

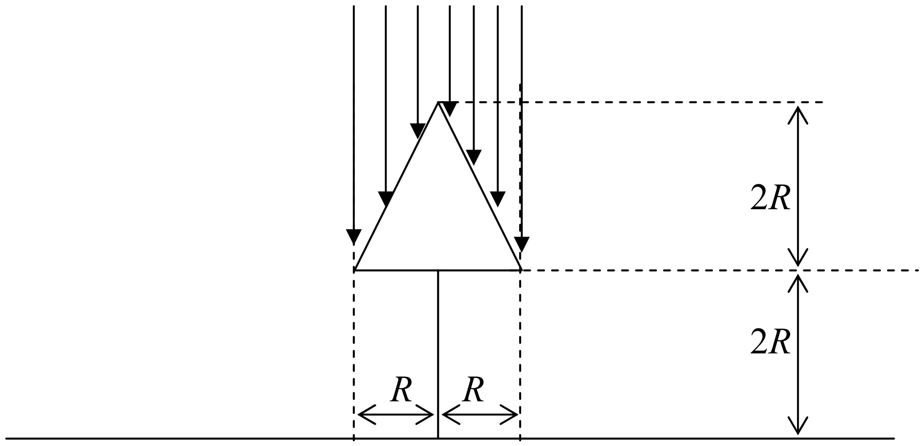

Рис. 4

11 класс

1. «Об устойчивости сковородки»

Сковородка представляет собой изготовленный из однородного материала прямой круговой цилиндр с приделанной узкой однородной ручкой, длина которой равна диаметру цилиндра. Такая сковородка устойчиво стоит на краю стола «ручкой наружу» (см. рис.5), если расстояние от ее центра до края стола составляет не менее половины радиуса. Если же на сковородку надеть однородную круговую крышку, то для устойчивого равновесия это расстояние должно составлять не менее трети радиуса. Определите, во сколько раз отличаются массы сковородки (без ручки) и крышки. Ручка направлена перпендикулярно краю стола.

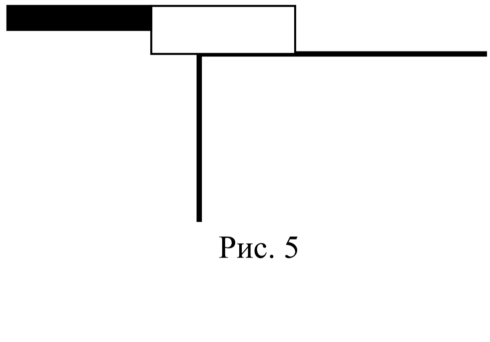

Рис. 5

2. «Стрельба по подвижной мишени»

На абсолютно гладкой горизонтальной поверхности покоится свинцовый кубик массой 81 г. В него начинают стрелять из винтовки, причем пули застревают в кубике. Сколько выстрелов придется сделать, прежде чем кубик начнет плавиться? Пули также сделаны из свинца, масса пули 9 г, скорость пули направлена горизонтально и равна 700 м/с, температура пули перед ударом 127ºC, температура кубика до начала стрельбы 27ºC, удельная теплоемкость свинца 130 Дж/(кг ºC), его температура плавления 327ºC. Потерями тепла на нагрев воздуха и поверхности и на тепловое излучение пренебречь.

3. «Параболический процесс»

Определите молярную теплоемкость идеального одноатомного газа в процессе, при котором его температура пропорциональна квадрату давления.

4. «Электропанно»

К новогодней дискотеке школьники собрали световое панно из лампочек для ёлочной гирлянды (см. рис.6, во всех точках пересечения проводов есть электрический контакт). Каждая лампочка имеет следующие параметры: номинальный ток 0,26 А, максимальный ток – 0,3 А, минимальный ток (при котором лампочка ещё светится) – 0,125 А. Внутренние клеммы подключили к положительному полюсу источника постоянного тока, внешние – к отрицательному. Источник имеет не зависящую от нагрузки ЭДС и внутреннее сопротивление, которое в два раза меньше сопротивления одной лампочки. После замыкания цепи загорелись только 4 лампочки, которые сразу же перегорели (все одновременно), после чего зажглись остальные, причём 4 лампочки работали в нормальном режиме, а остальные светили «вполнакала». Объясните, подтвердив расчётами, последовательность событий, укажите, какие лампочки работали в том или ином режиме, и определите ток короткого замыкания источника.

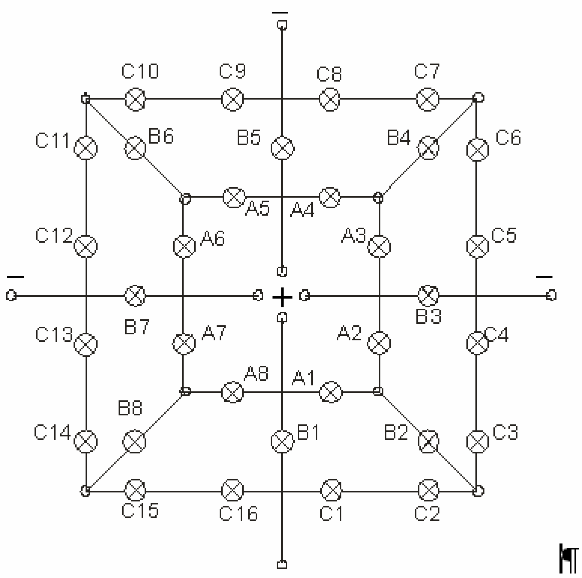

Рис. 6

Примечание: Током короткого замыкания источника называется ток, текущий через него при нулевом сопротивлении нагрузки.

5. «Линза на воде»

Параллельно плоской поверхности жидкости закреплена тонкая линза таким образом, что её края погружены в жидкость, а средняя часть выступает над поверхностью (см. рис. 6а, линия поверхности воды в этом случае обозначена цифрой 1). Если линзу осветить параллельным главной оптической оси пучком света, можно получить два изображения (рис. 6б), причем расстояние между ними равно расстоянию от линзы до ближайшего к ней изображения. В результате испарения уровень жидкости понизился, при этом края линзы оказались в воздухе, а середина осталась погруженной в жидкость (линия 2 на рис. 6а). При помощи циркуля и линейки постройте изображения, которые даст падающий на линзу параллельный пучок в этом случае. Известно, что показатель преломления жидкости меньше показателя преломления материала линзы, но больше показателя преломления воздуха, а диаметр линзы много меньше расстояния от нее до изображений.

Указание: при оформлении решения задачи выполнение стандартных построений (деление отрезка пополам, построение перпендикуляра к прямой и т.п.) можно не описывать.

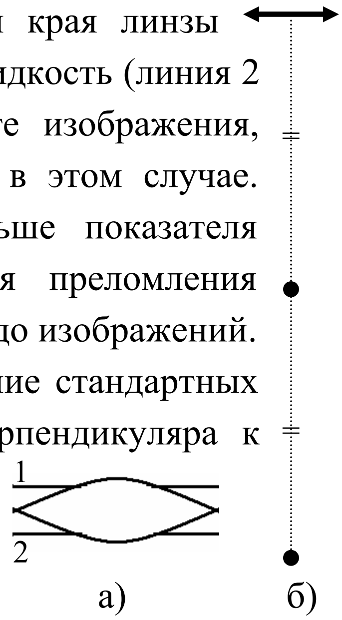

Рис. 6

Решения задач

7 класс

7-1. *1 способ («в числах»).* Обычное время движения мальчика в школу 10 мин, или 600 с, тогда расстояние до школы 2 м/с·600 с=1200 м. До обнаружения пропажи мальчик затратил время, равное $t_1 = \frac{400м}{2м/с} = 200\,с$, поэтому теперь у него осталось только 400 с на путь в 1200 + 400 = 1600 м. Значит, он должен бежать со скоростью $v_1 = \frac{1600}{400} = 4$ м/с=14,4 км/ч.

*2 способ («в общем виде»)***.** Пусть скорость мальчика v_0, расстояние до школы S, «обычное» время в пути t_0. До обнаружения пропажи мальчик затратил время, равное $t_1 = \frac{S}{3 \cdot v_0}$. Поэтому теперь он должен бежать с такой скоростью v_1, чтобы время движения до школы не увеличилось: $t_0 = t_1 + \frac{4S}{3v_1}$. В развернутом виде: $\frac{S}{v_0} = \frac{S}{3v_0} + \frac{4S}{3v_1}$. Отсюда $v_1 = 2v_0 = 4$ м/с.

Ответ: со скоростью 4 м/с

Комментарий: вообще говоря, информация о времени движения для решения не нужна, но ее отсутствие делает невозможным решение задачи «в числах», в то время как не все учащиеся 7 класса могут быть знакомы с правилами преобразования алгебраических выражений.

7-2. Пусть длина одного круга равна S. Тогда время заезда победителя $t = \frac{50S}{v_1}$.

За это же время второй автомобиль прошел только 48 кругов, т.е. $t = \frac{48S}{v_2}$. Поэтому: $\frac{48S}{v_2} = \frac{50S}{v_1}$, откуда $v_2 = v_1 \frac{48}{50} = 96$ км/ч.

Ответ: 96 км/ч.

7-3. Масса щебня объемом V = 10 м^3 равна $m = m_0 \cdot V$, где m_0 – масса 1 м^3. Объем гранита в нем $V_1 = \frac{m}{\rho_1} = \frac{m_0 \cdot V}{\rho_1} = \frac{1950 \cdot 10}{2600} = 7{,}5$ м^3. Объем воздушных промежутков между камнями $V_B = V - V_1 = V - \frac{m_0 \cdot V}{\rho_1} = V\left(1 - \frac{m_0}{\rho_1}\right) = 2{,}5$ м^3.

Ответ: 2,5 м^3.

8 класс

8-1. Из условия задачи ясно, что корабль идет по течению реки с некоторой скоростью v_K относительно берега. Поэтому скорости пассажира относительно берега при ходьбе от кормы к носу $v_1 = v_K + v_n$, а от носа к корме $v_2 = v_K - v_n$. Вычтя второе уравнение из первого, найдем скорость пассажира относительно корабля: $v_n = \dfrac{v_1 - v_2}{2} = 1{,}4$ м/с. Сложив эти же уравнения, находим скорость корабля $v_K = \dfrac{v_1 + v_2}{2} = 10$ м/с. Время движения пассажира по кораблю $t = \dfrac{2L}{v_n}$, (L – длина палубы). За это время корабль пройдет относительно берега путь $S = v_K \cdot t = v_K \cdot \dfrac{2L}{v_n} = 10\dfrac{2 \cdot 70}{1{,}4} = 1000$ м.

Ответ: 1000 м.

8-2. Найдем плотность материала стенок:

$$\rho_{\text{Ni-P}} = \frac{m_{\text{Ni}} + m_{\text{P}}}{V_{\text{Ni}} + V_{\text{P}}} = \frac{m_{\text{Ni}} + m_{\text{P}}}{\dfrac{m_{\text{Ni}}}{\rho_{\text{Ni}}} + \dfrac{m_{\text{P}}}{\rho_{\text{P}}}} = \frac{\rho_{\text{Ni}}}{\alpha_{\text{Ni}} + \alpha_{\text{P}}\dfrac{\rho_{\text{Ni}}}{\rho_{\text{P}}}} \approx 7 \text{ г/см}^3$$

Найдем объёмную долю твёрдого вещества в образце:

$$\beta_{\text{Ni-P}} = \frac{V_{\text{Ni-P}}}{V_{\text{обр}}} = \frac{m_{\text{Ni-P}}/\rho_{\text{Ni-P}}}{m_{\text{обр}}/\rho_{\text{обр}}} = \frac{\rho_{\text{обр}}}{\rho_{\text{Ni-P}}} \approx 1{,}3 \cdot 10^{-4}$$

Здесь $\rho_{\text{обр}}$ – указанная в условии плотность без учета воздуха. Тогда «истинная» (с учетом воздуха») плотность вещества

$$\rho = \frac{m_{\text{Ni-P}} + m_{\text{в}}}{V_{\text{Ni-P}} + V_{\text{в}}} = \rho_{\text{Ni-P}}\frac{V_{\text{Ni-P}}}{V_{\text{Ni-P}} + V_{\text{в}}} + \rho_{\text{в}}\frac{V_{\text{в}}}{V_{\text{Ni-P}} + V_{\text{в}}} =$$

$$= \rho_{\text{Ni-P}}\frac{\rho_{\text{обр}}}{\rho_{\text{Ni-P}}} + \rho_{\text{в}}\left(1 - \frac{\rho_{\text{обр}}}{\rho_{\text{Ni-P}}}\right) = \rho_{\text{обр}} + \rho_{\text{в}} - \rho_{\text{в}}\frac{\rho_{\text{обр}}}{\rho_{\text{Ni-P}}} =$$

$$= \rho_{\text{обр}}\left(1 - \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{Ni-P}}}\right) + \rho_{\text{в}} \approx \rho_{\text{обр}} + \rho_{\text{в}} \approx 2{,}1 \text{ мг/см}^3$$

Ответ: 2,1 мг/см^3.

8-3. Когда в сосуде находятся только жидкости, сила их давления на дно равна суммарному весу жидкостей: $F_0 = 2mg$.

Когда тело целиком погружено в воду, уровень воды повысится на $\Delta h = \dfrac{V}{S}$, где S — площадь дна сосуда. Поэтому гидростатическое давление воды на дно увеличится на $\Delta p_B = \rho_B g \Delta h = \rho_B g \frac{V}{S}$, а сила гидростатического давления на $\Delta F_1 = \Delta p_B S = \rho_B g \frac{V}{S} S = \rho_B g V$.

Когда тело погружено в масло, высота слоя масла повысится на ту же величину: $\Delta h_B = \frac{V}{S}$. Гидростатическое давление масла на дно увеличится на $\Delta p_M = \rho_M g \Delta h = \rho_M g \frac{V}{S}$, а сила гидростатического давления на $\Delta F_2 = \Delta p_M S = \rho_M g \frac{V}{S} S = \rho_M g V$. Поэтому сила давления на дно в первом случае будет больше на $\Delta F = \Delta F_1 - \Delta F_2 = (\rho_B - \rho_M) g V$.

Ответ: в случае а) на $(\rho_B - \rho_M) g V$

8-4. В отсутствие «теплой» штукатурки охлаждение комнаты (воздуха и штукатурки) на ΔT происходит за счет отвода количества теплоты ($c_w M_w + c_a M_a$) ΔT. При наличии «теплой» штукатурки это количество должно быть выделено при ее кристаллизации, таким образом, температура комнаты не изменится. Тогда запишем баланс количества теплоты: $\lambda m = (c_w M_w + c_a M_a)\Delta T$, где m и λ – масса и удельная теплота плавления парафина, индекс w относится к материалу стены, а a – к воздуху. Вводя массовую долю парафина в штукатурке x и выражая массу штукатурки и воздуха через измерения комнаты a,b,h, получаем:

$$\lambda x \rho_{штук.}(2a+2b)hd = (c_w \rho_{штук.}(2a+2b)d + c_a \rho_a ab)h\,\Delta T.$$

(Здесь считаем, что оштукатурены только стены, но не пол и потолок. Впрочем, для оценки это некритично, и решения, в которых пол и потолок тоже покрыты штукатуркой, тоже следует считать правильными.)

Сделав численные оценки, можно убедиться, что второе слагаемое в правой части примерно в 20 раз меньше первого, т.е. энергией, идущей на нагрев воздуха, можно пренебречь. Тогда получаем $x = c_w \Delta T/\lambda \approx 1\%$.

Ответ: примерно 1%.

Комментарий: пренебрежение изменением температуры стен, конечно, не совсем корректно, однако позволяет сделать вычисления менее громоздкими, сохранив суть эффекта.

9 класс

9-1. Пусть τ – время, которое Вовочка тратит на один шаг, а при ходьбе вниз его скорость относительно эскалатора равна u, тогда $120\tau = L/(v+u)$, где L – длина эскалатора, v – его скорость.

При ходьбе вверх на 2 шага вперед и шаг назад эффективно Вовочка будет смещаться на одну ступеньку за время 3τ, т.е. его скорость относительно эскалатора будет $u/3$, и $180\tau = L/(v+u/3)$. А при ходьбе на 3 шага вперед и два шага назад его скорость будет $u/5$ и $N\tau = L/((v+u/5)$. Комбинируя полученные соотношения, находим $u=v$ и $N=200$.

При решении мы пренебрегли «краевыми эффектами», связанными с тем, что Вовочка может сойти с эскалатора, делая один из шагов вперед, и тогда делать шаги назад ему уже не придется. Понятно, что максимально возможная ошибка при этом достигает 4 шагов (если Вовочка сойдет с эскалатора на первом шаге «цикла»), что укладывается в требуемую точность.

Ответ: 200 шагов.

Рекомендация проверяющему: если в результате попыток оценок «краевых» эффектов результат укладывается в требуемую точность, задачу оценивать полным баллом, в противном случае рекомендуется снимать 1 балл.

9-2. График зависимости скорости спортсмена от времени приведен на рис.7. Разгон, как и торможение, занимает 5 метров, поэтому оставшиеся 95 метров спортсмен пробегает со скоростью 10 м/с за 9,5 с. Первые же 5 м дистанции он пробежал со средней скоростью 5 м/с (находим ее как среднее арифметическое минимальной и максимальной, т.к. движение равноускоренное) за 1 с. Таким образом, общее время преодоления дистанции получается 10,5 с.

Ответ: 10,5 с.

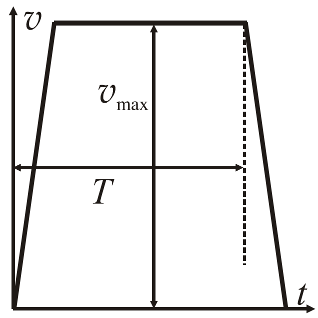

Рис. 7

9-3. Понятно, что сторона квадрата a связана с диаметром основания d соотношением $a=\dfrac{d}{\sqrt{2}}$. Помимо силы тяжести, на куб действует сила гидростатического давления со стороны воды, затекшей в желобок, которая равна $F=g\rho_0 S$, где S – площадь перекрытия основания куба и желобка. Тогда условие всплытия имеет вид $m=\rho_0 Sh$, где h – высота жидкости, отсчитываемая от основания куба.

В первом сосуде $S=(d/3)\cdot a=\dfrac{a^2\sqrt{2}}{3}$, тогда, вводя плотность куба ρ, имеем $\rho a^3=\rho_0 h_1\dfrac{a^2\sqrt{2}}{3}$.

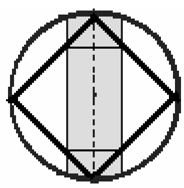
Рис. 8

Для расчета площади перекрытия во втором сосуде разобьем ее на прямоугольник и два прямоугольных треугольника (см. рис.8). Поскольку сторона куба со стороной желобка образует угол 45^o, то стороны прямоугольника равны $(d/3)$ и $(2d/3)$, а высота треугольника равна $d/6$, тогда $S_2=2d^2/9+(d/3)\cdot(d/6)=5d^2/18=5a^2/9$. Из условия всплытия куба получаем $\rho a^3=\rho_0 0{,}9a\dfrac{5a^2}{9}$, откуда $\dfrac{\rho}{\rho_0}=\dfrac{1}{2}$. Тогда $h_1=\dfrac{3}{2\sqrt{2}}a\approx 1{,}06\ a$. Однако при таком значении h_1 полученные формулы уже не корректны, т.к. вода покрывает куб с верхом и оказывает давление на его верхнюю грань. Т.к. площадь верхней грани превышает площадь перекрытия, то увеличение уровня воды выше a приводит лишь к увеличению силы, прижимающей куб ко дну, следовательно, если кубик не всплывает при h=a, то он не всплывет вообще.

Ответ: не всплывет.

9-4. Пусть до начала плавления в шар попало N пуль, тогда, т.к. вся их кинетическая энергия пошла на нагрев шара и пуль, можно записать уравнение теплового баланса в виде: $N\frac{mv^2}{2}=c(M_{шара}\Delta T_{шара}+Nm\Delta T_{пули})$, где $\Delta T_{шара}$=300ºС, а $\Delta T_{пули}$=200ºС. Отсюда находим $N=\frac{cM_{шара}\Delta T_{шара}}{\frac{mv^2}{2}-cm\Delta T_{пули}}$, что после вычислений дает N=19,8≈20 пуль.

Ответ: 20 пуль.

9-5. Т.к. резистор и амперметр подключаются последовательно, то их сопротивления складываются, т.е. в первом эксперименте сопротивление цепи 10010 Ом, и ток в ней 12/10010≈1,1988 мА, т.е. отклонение его от 1,2 мА много меньше цены деления прибора. Во втором эксперименте ток был бы равен 12/1010≈11,9 мА, что почти в 6 раз превышает предел измерений прибора.

Для того, чтобы все-таки провести измерения, необходимо зашунтировать миллиамперметр, подключив параллельно ему резистор, через который шла бы бóльшая часть тока. Поскольку измеряемый ток примерно в 6 раз превышает предел шкалы, то сопротивление этого резистора должно быть не менее, чем в 6 раз меньше внутреннего сопротивления миллиамперметра. Среди имеющихся резисторов есть только один такой (1 Ом).

Проведем расчёты для цепи с шунтированным амперметром. Обозначим внутреннее сопротивление амперметра r, сопротивление шунтирующего резистора R_0, а резистора, через который мы хотим измерить ток – R. Тогда, записывая закон Ома для участка цепи для амперметра и резистора R, получим отношение токов на них: $I_A/I_R=(r+R_0)/R_0$, т.е. значения на шкале амперметра нужно увеличить в 11 раз вне зависимости от значения R. Необходимо, однако, чтобы ток через амперметр был меньше предела измерения $I_{пред}$=2 мА. Рассчитаем, при каких величинах R это условие будет выполняться: $I_A=\frac{UR_0}{(r+R_0)(R+\frac{rR_0}{r+R_0})}\Rightarrow R=\frac{UR_0}{(r+R_0)I_{пред}}-\frac{rR_0}{r+R_0}$. Подставляя данные в условии значения, получаем R=544,5 Ом.

Для цепи, собранной с резистором 1 кОм, ток цепи составит 11,989 мА≈12 мА, при этом миллиамперметр покажет 1,1 мА.

Ответ: необходимо подключить резистор 1 Ом параллельно миллиамперметру. При этом миллиамперметр покажет 1,1 мА, а реальный ток через резистор окажется равным 12 мА, т.е. значения на шкале амперметра нужно увеличить в 11 раз. Схема будет работоспособна при величинах сопротивления резистора более 545 Ом.

Комментарий: возможные более сложные варианты схемы (с подключением параллельно нескольких резисторов) к существенному изменению результата не приведут вследствие большого различия в номиналах.

10 класс

10-1. По известным формулам для равноускоренного движения, примененным к угловым переменным, получим зависимость угла поворота φ и угловой скорости ω от времени: $\varphi = \omega_0 t_1 - \frac{\varepsilon t_1^2}{2}$, $\omega = \omega_0 - \varepsilon t_2$. Вообще говоря, в этих уравнениях три неизвестных (φ, ω_0 и ε), поэтому в случае произвольных данных решить их нельзя. Однако подставив приведенные в условии числовые данные, получим $\varphi=4\omega_0-8\varepsilon$ и $157=\omega_0-2\varepsilon$. Поделив эти уравнения друг на друга, получим $\varphi=628$ рад/с, что соответствует 100 оборотам.

Ответ: 100 оборотов.

10-2. Прежде всего, рассмотрим движение бруска по клину. Предположим, что он движется вверх по наклонной плоскости с некоторым ускорением. На него кроме силы $\vec{F}$ действует сила тяжести $m\vec{g}$, сила нормальной реакции клина $\vec{N}$ и сила трения скольжения $\vec{F}_{\text{ТР}}$ (рис. 9). Согласно второму закону Ньютона:

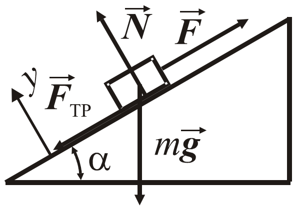

Рис. 9

$$m\vec{a} = \vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{ТР}}.$$

В проекции на ось Ox: $ma = F - mg\cdot\sin\alpha - F_{\text{ТР}}$, а на ось Oy: $0 = N - mg\cdot\cos\alpha$.

Так как $F_{\text{ТР}} = \mu N = \mu mg\cdot\cos\alpha$, то ускорение бруска:

$$a = \frac{F - mg\cdot(\sin\alpha - \mu\cdot\cos\alpha)}{m} = 2{,}4 \text{ м/с}^2.$$

Итак, при данных значениях силы и коэффициента трения брусок движется вверх по клину с ускорением 2,4 м/с^2. Тогда на клин действуют силы, показанные на рис. 10. Это сила его тяжести, $M\vec{g}$ вес бруска $\vec{P}$, сила трения $\vec{F}_{\text{ТР}}$, которая направлена вверх по клину, сила упругой реакции пола $\vec{N}_{\text{пол}}$ и искомая реакция стенки $\vec{N}_{\text{ст}}$. Клин неподвижен, поэтому сумма всех действующих на него сил равна нулю. Проецируя эту сумму на ось Ox_1 :, находим силу реакции стены:

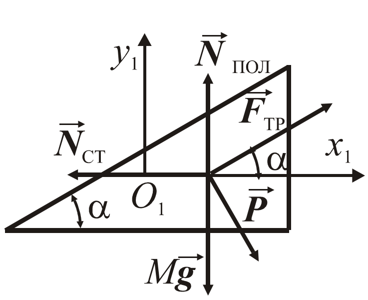

Рис. 10

$N_{\text{ст}} = F_{TP}\cos\alpha + P\sin\alpha = mg\cdot\cos\alpha(\mu\cos\alpha + \sin\alpha) = 32{,}9\,\text{Н}.$

Ответ: 33 Н.

10-3. *Комментарий:* приведенное ниже решение было включено в методическое пособие и озвучено участникам олимпиады во время разбора. В процессе дискуссии участниками было указано, что в условиях теплоизолированного сосуда процесс в левой части следует считать адиабатическим, а не изотермическим, что не изменит идеи решения, но приведет к трансцендентному уравнению относительно k. При проверке было принято решение засчитывать как правильные решения, как решения, в которых процесс предполагается изотермическим, так и решения, в которых процесс считается адиабатическим и записано уравнение Менделеева-Клапейрона для газа в левой и правой частях сосуда.

Пусть V_0 – первоначальный объем правой части, T_0 – первоначальная температура газа, p_0 – первоначальное давление. Тогда суммарный объем левой и правой частей (который, очевидно, постоянен), равен $(m+1)V$. Пусть в результате нагрева объем правой части увеличился в k раз, тогда для левой части, процесс в которой изотермический, можно записать закон Бойля-Мариотта: $mp_0V_0=(m+1-k)V_0p$ (p – давление в сосуде после нагрева).

Для газа в правой части запишем уравнение Клапейрона: $p_0V_0/T_0=pkV_0/nT_0$. Выражая p из первого уравнения и подставляя во второе, имеем $1=mk/n(m+1-k)$, откуда выражаем $k=n(m+1)/(m+n)$.

Полезно проверить предельные случаи: при $n=1$ $k=1$ (если газ не греть, то ничего не изменится), при $n\to\infty$ $k\to m+1$ (если газ из правой части нагреть очень сильно, он займет почти весь сосуд).

Ответ: $n(m+1)/(m+n)$

Рекомендация проверяющему: за отсутствие проверки предельных случаев баллы не снимать.

10-4. Введём обозначения: сопротивление лампочки – R, внутреннее сопротивление источника – r, номинальный ток – $I_{\text{ном}}$, ток короткого замыкания источника – $I_{\text{кз}}$. Конструкция обладает поворотной симметрией, поэтому эквивалентная схема имеет вид, показанный а рис.11 (на самом деле все узлы слева, так же, как и все узлы справа, можно объединить. На рис.11 этого не сделано из соображений наглядности). Видно, что в цепь входят ветви двух типов (по 4 каждого): состоящие из 7 лампочек и из одной лампочки. Сопротивление каждой ветви первого типа $R_{\text{I}}=2{,}5R=\alpha R$, второго – R.

Сопротивление всего панно сразу после включения определится по формуле $\dfrac{1}{R_{\Sigma_1}}=\dfrac{4}{\alpha R}+\dfrac{4}{R} \;\to\; R_{\Sigma_1}=\dfrac{\alpha}{4(\alpha+1)}R\equiv\alpha_1 R$, а полный ток в цепи в этом случае

$I_{01}=\dfrac{E}{R_{\Sigma_1}+r}=\dfrac{I_{\text{кз}}}{R_{\Sigma_1}/r+1}=\dfrac{I_{\text{кз}}}{\alpha_1 R/r+1}=\dfrac{I_{\text{кз}}}{\alpha_1\beta+1}$, где E – ЭДС источника, $I_{\text{кз}}$ – искомый ток короткого замыкания источника, равный отношению ЭДС источника к его внутреннему сопротивлению, а $\beta=2$ есть отношение сопротивления лампочки к внутреннему сопротивлению источника.

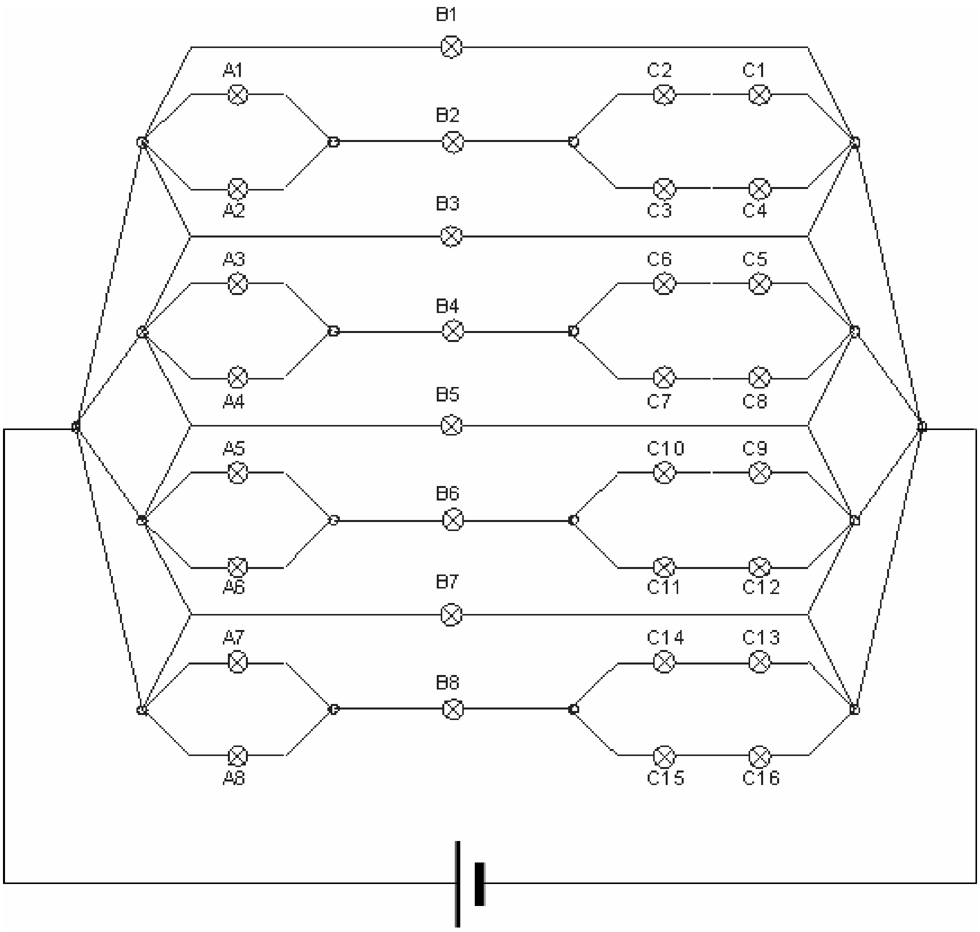

Рис. 11

Тогда для токов в ветвях первого (с 7-ю лампочками) и второго (с одной) типов имеем

$$\begin{cases} 4I_{11} + 4I_{21} = I_{01} \\ I_{21}R = I_{11}\alpha R \end{cases}, \quad \begin{cases} I_{11} = \dfrac{I_{01}}{4(\alpha+1)} \\ I_{21} = \dfrac{\alpha I_{01}}{4(\alpha+1)} \end{cases}, \quad \begin{cases} I_{11} = \dfrac{I_{кз}}{\alpha\beta + 4(\alpha+1)} \\ I_{21} = \dfrac{\alpha I_{кз}}{\alpha\beta + 4(\alpha+1)} \end{cases}$$

Согласно условиям задачи, в ветвях первого типа лампочки не зажглись, то есть ток оказался меньше минимального, а в ветвях второго типа – перегорели, то есть ток был больше максимально допустимого. Следовательно:

$$I_{I1} < I_{\min}, \quad I_{II1} > I_{\max}$$

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{I_{кз}}{\alpha\beta + 4(\alpha+1)} < I_{\min} \\ \dfrac{\alpha I_{кз}}{\alpha\beta + 4(\alpha+1)} > I_{\max} \end{array}\right\}$$

После того, как 4 лампочки перегорели, в цепи остались только 4 ветви первого типа. Для них

$$I_{02}=\frac{E}{\alpha R/4+r}=\frac{I_{кз}}{\alpha\beta/4+1};\quad I_{12}=\frac{I_{02}}{4}=\frac{I_{кз}}{\alpha\beta+4}\rightarrow$$

$$I_{ном}=\frac{I_{кз}}{\alpha\beta+4}$$

Последнее равенство следует из условия, что 4 лампочки работали в нормальном режиме, то есть через них шёл номинальный ток. Проверим выполнение условий

$$I_{I1}<I_{\min},\quad I_{II1}>I_{\max}$$

$$\left.\begin{array}{l}\dfrac{I_{ном}(\alpha\beta+4)}{\alpha\beta+4(\alpha+1)}<I_{\min}\\[2ex] \dfrac{\alpha I_{ном}(\alpha\beta+4)}{\alpha\beta+4(\alpha+1)}>I_{\max}\end{array}\right\}\rightarrow\left.\begin{array}{l}\dfrac{\alpha\beta+4}{\alpha\beta+4(\alpha+1)}<\dfrac{I_{\min}}{I_{ном}}\\[2ex] \dfrac{\alpha(\alpha\beta+4)}{\alpha\beta+4(\alpha+1)}>\dfrac{I_{\max}}{I_{ном}}\end{array}\right\}\rightarrow\ \frac{I_{\max}}{\alpha I_{ном}}<\frac{1}{1+\dfrac{4\alpha}{\alpha\beta+4}}<\frac{I_{\min}}{I_{ном}}$$

Подставляя значения из условия, получаем подтверждение справедливости неравенств. Для максимального тока источника получаем:

$$I_{кз}=I_{ном}(\alpha\beta+4)=9I_{ном}=2{,}34\text{ А.}$$

Возможны и решения, основанные на предварительном преобразовании схемы с учетом присутствующей симметрии.

Ответ: Перегорели лампочки В1, В3, В5, В7, нормально горели лампочки В2, В4, В6, В8, вполнакала – лампочки А1 – А8 и С1 – С16. Ток короткого замыкания источника 2,34 А.

Рекомендации проверяющему: возможно, некоторые участники «интуитивно» смогут правильно указать, какие лампочки как горели, но не смогут провести подтверждающих расчетов. Рекомендуется оценивать такие решения в 3 балла, т.к. при наличии некоторого опыта ответ действительно можно получить из качественных соображений.

10-5. Вследствие наличия поворотной симметрии относительно оси конуса освещенная область будет кольцом, края которого образованы точками падения на пол лучей, отразившихся от вершины и от нижнего края конуса.

Обозначим α половину угла при вершине конуса (из условия следует, что $\operatorname{tg}\alpha=0{,}5$), тогда угол падения лучей составляет $90^\circ-\alpha$, и после отражения лучи будут составлять угол 2α с горизонталью. Соответственно, луч, отразившийся почти у самой вершины конуса, осветит точку на расстоянии $4R\operatorname{tg}2\alpha$ от центра, а отразившийся от нижнего края – на расстоянии $R+2R\operatorname{tg}2\alpha$ (см. рис. 12) Используя известные формулы двойного угла, можно рассчитать $\operatorname{tg}2\alpha=4/3$, тогда площадь освещенной области равна $\pi(256R^2/9-121R^2/9)=135\pi R^2/9$.

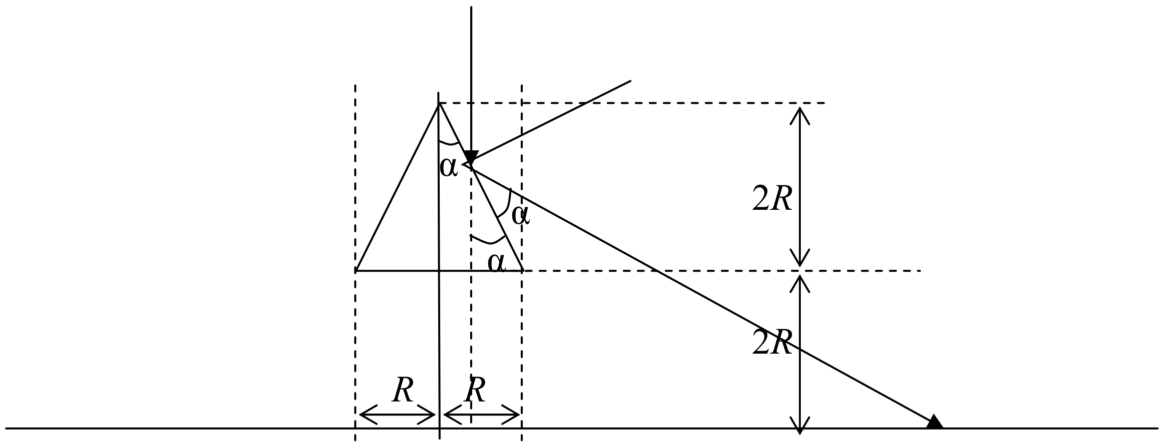

Рис. 12

Ответ: $135\pi R^2/9$.

11 класс

11-1. *1-й способ*. Пусть масса сковородки без ручки M, масса крышки $M_{кр}$, масса ручки m, радиус сковородки R. Помимо сил тяжести, точки приложения которых очевидны, на сковородку действует также сила реакции со стороны стола. В случае произвольного положения сковородки ее точка приложения заранее неизвестна и должна быть определена из условия равновесия. Однако именно в крайнем положении ее точка приложения оказывается точно на краю стола. (Это становится понятно, если рассмотреть бесконечно малое смещение сковородки наружу. Тогда она начнет вращаться вокруг края стола, и здесь точка приложения силы реакции очевидна.)

Тогда для сковородки без крышки условие равновесия (правило моментов относительно края стола) имеет вид $m(R+R/2)=MR/2$. Для сковородки же с крышкой это условие имеет вид $m(R+2R/3)=(M+ M_{кр})R/3$. Поделив эти уравнения друг на друга, находим $M=1,5\ M_{кр}$

2-й способ. Равновесие остается устойчивым до тех пор, пока центр масс системы не выходит за пределы поверхности стола, поэтому в предельном случае он находится на краю стола. По известным формулам для координаты центра масс получаем (отсчитывая ее от центра сковородки): $X_{C_1} = \dfrac{m(R+R)}{M+m} = \dfrac{R}{2}$ и

$X_{C2} = \dfrac{m(R+R)}{M+m+M_{кр}} = \dfrac{R}{3}$. Из первого уравнения находим $3m=M$, тогда из второго получаем $M=1,5\ M_{кр.}$

Ответ: масса сковородки в 1,5 раза больше массы крышки.

Рекомендация проверяющему: при 1-м способе решения рассуждения про точку приложения силы реакции важны для понимания физики процесса, поэтому решение, в котором они отсутствуют, рекомендуется оценивать не выше 7 баллов.

11-2. Очевидно, что удар пуль о мишень неупругий, и «несохраняющаяся» часть механической энергии идет на нагрев мишени и пули. Для корректного расчета необходимо учесть а) увеличение массы мишени за счет застревающих пуль, в т.ч. при расчете необходимой для нагрева энергии и б) наличие скорости у мишени перед ударом второй и последующих пуль. (Числовые данные задачи специально подобраны так, чтобы правильный ответ получался только при учете обоих упомянутых моментов.)

В общем виде выкладки к задаче весьма громоздки, поэтому сразу получим числовые значения некоторых характерных величин

1. Кинетическая энергия одной пули: 2,205 кДж.

2. Энергия, необходимая для нагрева до плавления мишени (без пуль): 3,159 кДж.

3. Энергия, необходимая для нагрева до плавления одной пули: 0,234 кДж.

Поскольку масса мишени в 9 раз больше массы пули, то из закона сохранения импульса следует, что после попадания в мишень первой пули она приобретает скорость $0{,}1v$, тогда в тепло переходит энергия $Q_1=0{,}5\ (mv^2-(M+m)(0{,}1v)^2)=0{,}5\cdot m(1-10\cdot 0{,}01)v^2=0{,}9\cdot 2{,}205$кДж$=1{,}985$ кДж, которой, очевидно, недостаточно для нагрева до нужной температуры.

При ударе второй пули закон сохранения импульса имеет вид

$$mv+0{,}1(M+m)v=(M+2m)v_2,$$

откуда скорость после попадания второй пули $v_2=2/11v$. Тогда переходящая в тепло энергия $Q_2=0{,}5(mv^2+(M+m)(0{,}1v)^2-(M+2m)(2/11v)^2)=(1+10\cdot 0{,}01-4/11)\cdot 2{,}205$ кДж$=1{,}623$ кДж. Таким образом, после попадания двух пуль в тепло переходит 1,985+1,623=3,608 кДж, а для нагрева до плавления мишени и двух пуль необходимо 3,159+0,234+0,234=3,627 кДж, т.е. немного больше. Поэтому двух пуль не хватит, а трех точно хватит, т.к. энергия пули более чем в 10 раз превышает «недостающие» 3,627–3,608+0,234=0,253 кДж энергии.

Ответ: три выстрела.

Рекомендации проверяющему: 1. Снимать баллы за отсутствие аккуратного расчета попадания третьей пули не рекомендуется, т.к. физически ситуация совершенно очевидна.

2. При оценке решения следует обратить особое внимание на то, учтены ли оба ключевых момента решения (а и б из первого абзаца). Рекомендуется решения, в которых не учтен хотя бы один из них, оценивать не выше, чем в 5 баллов, а в которых не учтены оба – не выше, чем в 3 балла.

3. Решения задачи с выкладками «в общем виде» имеют право на существование и должны, в случае корректных выкладок и рассуждений, оцениваться полным баллом.

11-3. Заменим пропорциональность между температурой и давлением равенством: $T \sim p^2 \quad \Rightarrow \quad T = b \cdot p^2$. Подставив его в уравнение Менделеева–Клапейрона, придем к выводу о пропорциональности между давлением и объемом газа в данном процессе: $p \cdot V = \nu \cdot R \cdot b \cdot p^2, \Rightarrow p = a \cdot V$. По определению молярной теплоемкости:

$$C = \frac{\Delta Q}{\nu \cdot \Delta T} = \frac{\Delta U + p \cdot \Delta V}{\nu \cdot \Delta T} = C_V + \frac{p \cdot \Delta V}{\nu \cdot \Delta T}. \tag{1}$$

Чтобы раскрыть второе слагаемое, применим уравнение Менделеева–Клапейрона. В исходном состоянии: $pV = \nu RT$. При небольшом изменении параметров газа: $(p+\Delta p)(V+\Delta V) = \nu R(T+\Delta T)$.

Раскроем скобки:

$pV + V\Delta p + p\Delta V + \Delta p\Delta V = \nu \cdot R \cdot T + \nu \cdot R \cdot \Delta T$. Если привести подобные члены $pV = \nu RT$ и учесть, что $\Delta p\Delta V$ значительно меньше остальных слагаемых получим:

$$V\Delta p + p\Delta V = \nu \cdot R \cdot \Delta T. \qquad (2)$$

Так как $p = a \cdot V$, то $\Delta p = a \cdot \Delta V$. Тогда (2) запишется в виде: $2p\Delta V = \nu \cdot R \cdot \Delta T$. Откуда следует, что:

$$p\Delta V = \frac{1}{2}\nu \cdot R \cdot \Delta T. \qquad (3)$$

Подставив (3) в (1), получаем выражение для искомой теплоемкости газа:

$$C = C_V + \frac{p \cdot \Delta V}{\nu \cdot \Delta T} = C_V + \frac{R}{2} = \frac{3R}{2} + \frac{R}{2} = 2R.$$

Ответ: $2R$.

Рекомендация проверяющему: подстановка численного значения R необязательна, хотя и возможна.

11-4. См. решение задачи 10-4.

11-5. Так как любой фрагмент линзы обладает теми же фокусирующими свойствами, что и всё целое, мы можем разделить рассматриваемую линзу на две.

Одна из них (средняя часть) не меняет своего положения относительно поверхности жидкости, поэтому точка, в которую она фокусирует параллельный пучок, не сместится. Вторую же (крайняя часть) фактически вынимают из-под воды, что приводит к изменению её оптической силы.

Известно, что оптическую силу тонкой линзы можно представить как сумму оптических сил двух её половинок. Обозначим оптическую силу половины линзы, граничащей с воздухом, D_a, а с жидкостью – D_l. Также обозначим за F_c фокусное расстояние «средней» линзы, а за F_1 – «крайней» в первой ситуации.

Из соотношения показателей преломления ясно, что оптическая сила «средней» линзы больше оптической силы «крайней» в первой ситуации. Тогда мы можем записать следующие соотношения: $n/F_c=D_a+D_l$ для «средней» линзы, $n/F_1=2D_l$ для «крайней», а также (из условия) $F_1=2F_c$ (n – показатель преломления жидкости). Тогда для оптических сил можно записать $D_a=3D_l$.

Во второй ситуации пучок, преломленный «крайней» линзой, будет фокусироваться на расстоянии, определяемом соотношением $1/F_2=2D_a=6D_l$, откуда получаем $F_2=2F_c/3n$. Необходимо, однако, учесть преломление на границе жидкости (см. рис.13). По закону Снеллиуса угол схождения исходного пучка $A_1C_1A_2$ в n раз больше угла

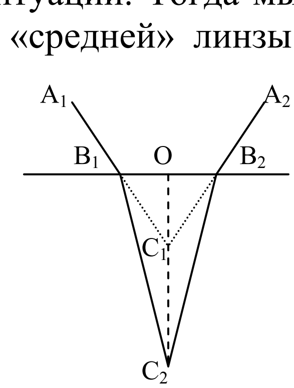

Рис. 13

схождения преломленного пучка $A_1C_2A_2$ и, следовательно, расстояние до реальной точки схождения $OC_2=n\,OC_1$. Тогда точка фокусировки пучка, попавшего на «крайнюю» линзу, окажется от её плоскости на расстоянии $2F_c/3$, а точка фокусировки пучка «средней» линзой не сместится. Построить при помощи циркуля и линейки отрезок длиной две трети данного не составляет труда, используя теорему Фалеса.

Комментарий. Соотношение между оптическими силами линз в воздухе и в воде соответствует показателям преломления жидкости 4/3 (вода) и материала линзы 1,5 (стекло).

Рекомендации проверяющему: поскольку не все участники олимпиады имеют с собой циркуль, не следует требовать от них *выполнения* построений циркулем и линейкой, достаточно *описания* технологии построения и качественного построения в тетради. Не следует, например, снимать баллы, если участник проводит параллельные прямые «на глаз», описывая при этом способ их построения циркулем и линейкой.

Рекомендации по организации и проведению олимпиады

1. Рекомендуемая продолжительность олимпиады: 7 класс – 120 минут, 8 класс – 180 минут, 9–11 класс – 240 минут. Время начала олимпиады – 10^{00} 1 декабря.
2. Условия задач необходимо предварительно размножить в количестве, достаточном для раздачи каждому участнику. По окончании олимпиады участник может забрать свой экземпляр условий с собой.
3. Необходимо, чтобы хотя бы один член жюри каждой параллели заблаговременно ознакомился с решениями задач. Это даст возможность адекватно отвечать на вопросы участников. Если при знакомстве с решениями остаются неясные моменты, необходимо выяснить их у методической комиссии (контакты см. на с.2), желательно до начала олимпиады.
4. Желательно, чтобы участники олимпиады имели при себе непрограммируемый научный калькулятор. Желательно также иметь в аудитории один такой калькулятор «общего пользования», особенно если в задачах данной параллели требуется вычисление тригонометрических функций, корней и т.п. Использование любых средств связи, в т.ч. встроенных в них калькуляторов, компьютеров, а также учебных пособий, таблиц, справочников и т.п. запрещается. **Все необходимые для решения табличные данные приведены в условии задач.** Исключение могут составлять лишь общеизвестные константы (плотность воды, универсальная газовая постоянная, ускорение свободного падения на Земле и т.п.), знание которых, вообще говоря, обязательно для хорошо знающего физику ученика, поэтому просьбы подсказать какие-либо табличные данные следует игнорировать.
5. Во время проведения олимпиады в аудитории должна соблюдаться тишина, при этом желательно, чтобы каждый участник олимпиады сидел за отдельным столом.
6. Необходимо проконтролировать, чтобы участники подписали работы до начала олимпиады. Необходимо предупредить участников, что по истечении времени тура дополнительного времени для подписи работы предоставлено не будет.
7. Участники имеют право задавать вопросы по условиям задач членам жюри. Если участники одного класса располагаются в нескольких аудиториях, то существенные вопросы и ответы на них должны быть озвучены во всех аудиториях данного класса сразу после возникновения.

8. За 1 час, 30 минут и 5 минут до окончания времени олимпиады необходимо объявить об этом всем участникам. По истечении времени олимпиады участники должны сдать работы. Участник, отказывающийся по окончании времени олимпиады сдать работу, дисквалифицируется, его работа не проверяется.
9. Участник имеет право сдать работу ранее окончания полного времени олимпиады, после чего обязан немедленно покинуть аудиторию. **Сразу после окончания олимпиады необходимо провести разбор заданий.** Информацию о времени и месте проведения разбора, а также времени и способе объявления результатов, времени и месте проведения апелляции необходимо довести до сведения участников во время олимпиады.

Рекомендации по проверке работ

1. Рекомендуется организовать проверку так, чтобы одну и ту же задачу во всех работах проверял один и тот же человек, в этом случае уверенность в том, что одинаковые решения будут оценены одинаковым числом баллов (а это основное требование к проверке), существенно выше. Идеальный вариант достигается, если каждый член жюри проверяет только одну задачу. Такая система не исключает, однако, обсуждения отдельных решений (как правило, нестандартных) всеми членами жюри.

2. Максимальное количество баллов за каждую задачу – 10. Рекомендуется придерживаться следующих примерных правил, **если иное не указано в решении конкретной задачи**:

10 – задача решена правильно и все существенные моменты решения корректно объяснены.

8-9 – задача решена правильно, но некоторые существенные моменты решения объяснены недостаточно корректно, *либо* имеется числовая ошибка, не приведшая к очевидно неверному ответу[1].

6-7 – задача в целом решена правильно, но имеется алгебраическая ошибка, не приведшая к очевидно неверному ответу, *либо* явно недостаточны пояснения к решению, *либо* не рассмотрена одна из возможных ситуаций, оказавшаяся несущественной для решения.

4-5 – основная идея решения верна, но имеется ошибка, не позволившая ее развить, *либо* не рассмотрена одна из существенных для решения ситуаций, *либо* введены некорректные предположения, упростившие задачу, *либо* в пра-

[1] То есть к ответу, неправильность которого очевидна без специальной проверки (скорость пули сравнима со скоростью света, или скорость пешехода превышает скорость автобуса, или размер зерна сравним с размером атома и т.п.), а также несовпадающему с искомой величиной по размерности.

вильном решении допущена арифметическая или алгебраическая ошибка, приведшая к очевидно неверному ответу.

2-3 – имеются правильные рассуждения, которые не могут привести к верному решению без использования дополнительных соображений.

1 – участник приступил к решению задачи, но *связанных с ней* здравых идей не предложил. Рекомендуется сюда же относить решения, ограничившиеся сделанным рисунком, а также сколь угодно длинные перечисления формул, не относящихся к данной задаче.

0 – участник не приступал к решению. Сюда же относится указание **только** ответа, пусть даже и правильного.

Категорически запрещается снимать баллы за «плохое» оформление решения (плохой почерк, отсутствие записи краткого условия, рисунка, перевода в систему СИ и т.п.), если эти недостатки не препятствует пониманию сути решения. В то же время не рекомендуется решения, состоящие из сплошных формул без пояснений, оценивать максимальным числом баллов.

Любое полное правильное решение, независимо от способа (возможно, нерационального) должно быть оценено в 10 баллов.

Любые записи, относительно которых ясно, что участник считает их неверными (например, зачеркнутые), не оцениваются, даже если они верны.

3. При десятибалльной системе оценивания различие между 2-3, 6-7, 8-9 баллами может оказаться достаточно субъективным. Поэтому если по результатам проверки оказывается несколько участников с близкими (разница в 3-4 балла) *высокими* баллами, рекомендуется проверить их работы полным составом жюри данного класса с целью исключить влияние случайных погрешностей на определение победителя и призеров.

4. Если в работе содержится несколько решений одной и той же задачи, то следует придерживаться следующих правил:

А. Если все решения верны (например, приведено несколько верных способов решения), то оценивается наилучшее из них.

Б. Если есть как верные, так и неверные решения, и при этом комментарии участника позволяют определить, какое из них он считает верным (например, все другие зачеркнуты), то оценивается именно оно, даже если оно неверно.

В. Если есть как верные, так и неверные решения, и при этом комментарии участника не позволяют определить, какое из них он считает верным, то оценивается наихудшее решение.

5. По решению жюри черновики работ могут проверяться либо не проверяться, при этом принятое решение должно быть объявлено участникам до начала

олимпиады. Если принято решение проверять черновики, то рекомендуется придерживаться следующих правил:

А. Если в чистовике имеется завершенное (неважно, верное или нет) решение задачи, то черновик этой задачи не оценивается, даже если бы в нем содержалось верное решение

Б. Если решение в чистовике не завершено, а в черновике содержится его продолжение, то оно оценивается как если бы оно было изложено в чистовике. При этом другие версии решения, содержащиеся в черновике, не оцениваются.

В. Если в чистовике решение задачи отсутствует, то проверяется черновик. Если при этом в чистовике содержится несколько принципиально различных решений, то следует придерживаться приведенных выше для чистовика правил.

Программа II (муниципального) этапа
Всероссийской олимпиады школьников по физике (Саратовская область)

Составлена методической комиссией муниципального этапа олимпиады на основании рекомендаций методической комиссии по физике Всероссийской олимпиады школьников

Вводные замечания

1. Поскольку без привлечения соответствующего математического аппарата невозможно не только решение задач, но часто и понимание сути происходящих явлений, то для каждого класса указан, помимо «физических» сведений, необходимый уровень математической подготовки и культуры, которым должен обладать участник олимпиады.

2. Программа каждого класса, помимо перечисленных тем, полностью включает программы младших классов

7 класс

Общие представления

1. Измерение физических величин. Единицы физических величин. Цена деления. Погрешность измерения – общие представления. Абсолютная и относительная погрешность.

Механика

2. Механическое движение. Путь. Перемещение. Равномерное движение. Скорость. Средняя скорость. Построение графиков движения и работа с ними. Сложение скоростей для тел, движущихся вдоль одной прямой.

3. Инерция. Взаимодействие тел – на качественном уровне. Масса. Плотность.

Математические умения: проведение арифметических вычислений, в том числе с числами в стандартной форме.

8 класс

Механика

1. Силы в природе (упругости, трения – на качественном уровне, тяжести). Сложение сил, направленных вдоль одной прямой. Равнодействующая.

2. Механическая работа, мощность, энергия. Давление.

3. Простые механизмы: блок, рычаг. Момент силы. Правило моментов для сил, направленных вдоль параллельных прямых. Золотое правило механики. КПД простых механизмов.

4. Основы гидростатики. Закон Паскаля. Атмосферное давление. Гидравлический пресс. Сообщающиеся сосуды. Закон Архимеда. Плавание тел. Воздухоплавание.

Тепловые явления

6. Тепловое движение. Температура, внутренняя энергия, теплопроводность, конвекция, излучение (все – на качественном уровне). Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества. Удельная теплота сгорания.

7. Агрегатные состояния вещества. Плавление и отвердевание кристаллических тел. Удельная теплота плавления. Испарение. Кипение. Удельная теплота парообразования. Составление теплового баланса.

Математические умения: проведение простейших преобразований алгебраических выражений, проведение операций с квадратным корнем, построение графиков линейных функций. Решение линейных и квадратных уравнений.

9 класс

Механика

1.**Кинематика.** Материальная точка. Системы отсчёта. Равномерное прямолинейное движение. Мгновенная скорость. Средняя скорость. Ускорение. Равнопеременное движение. Свободное падение. Графики движения (пути, перемещения, координаты от времени; скорости, ускорения и их проекций от времени и координат). Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Движение по окружности. Угловое перемещение и угловая скорость. Центростремительное (нормальное) и тангенциальное (касательное) ускорение. Относительность движения. Закон сложения скоростей.

Тепловые явления

2. Общее уравнение теплового баланса. КПД нагревателей.

Электрические явления

3. Электрический ток. Источники электрического тока. Электрическая цепь и ее составные части. Действие электрического тока. Сила тока. Электрическое напряжение. Электрическое сопротивление проводников. Закон Ома для участка цепи. Удельное сопротивление. Последовательное и параллельное соединение проводников. Расчет простых цепей постоянного тока. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля – Ленца. Амперметр и вольтметр, их сопротивление. Шунтирование электроизмерительных приборов.

Математические умения: проведение тождественных преобразований алгебраических выражений, работа с целыми и дробными степенями, представление об основных тригонометрических функциях, работа с графиками функций: построение графиков квадратичных функций, построение графиков более сложных функций «по точкам», расчет площади под графиком функции «по клеточкам» и ее физический смысл, графическое решение уравнений.

10 класс

Механика

1. **Динамика**. Силы. Векторное сложение сил. Масса. Центр масс. Законы Ньютона. Динамика систем с кинематическими связями. Блоки, скольжение по наклонной плоскости. Закон всемирного тяготения. Гравитация. Искусственные спутники. Движение по круговой орбите. Первая космическая скорость. Перегрузки и невесомость. Силы трения. Силы сопротивления при движении в жидкости и газе. Силы упругости. Закон Гука.

2. **Импульс, энергия и законы сохранения.** Импульс. Закон сохранения импульса. Движение центра масс. Реактивное движение. Работа. Мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия в однородном поле силы тяжести Земли, потенциальная энергия деформированной пружины. Закон сохранения энергии. Упругие и неупругие взаимодействия. Диссипация энергии. Определение выделившегося количества теплоты.

3.**Статика.** Момент силы относительно неподвижной оси. Условия равновесия твердого тела. Устойчивое и неустойчивое равновесие.

Термодинамика и молекулярная физика

4. Газовые законы. Изопроцессы. Законы Дальтона и Авогадро. Молекулярно-кинетическая теория. Основное уравнение МКТ. Температура.

Электрические явления

5. Нелинейные элементы в цепях постоянного тока. Расчет сопротивления сложных цепей с использованием соображений симметрии.

Геометрическая оптика

6. Источники света. Распространение света. Тень и полутень. Камера-обскура. Отражение света. Законы отражения света. Плоское зеркало. Преломление света. Законы преломления света. Линзы. Построение изображений в тонких линзах. Оптическая сила линзы. Фотоаппарат. Глаз и зрение. Близорукость и дальнозоркость. Очки.

Математические умения: решение треугольников, преобразование тригонометрических выражений, работа с экспонентой и логарифмами, основные операции с векторами: сложение, вычитание, скалярное произведение, проекция вектора на ось; понятие о производной как о скорости изменения величины, геометрический смысл производной как тангенса угла наклона графика функции, правила вычисления производных простейших функций (x^α, $\sin x$, $\cos x$).

11 класс

Механика

1. **Механические колебания**. Маятник. Гармонические колебания. Период колебаний математического и пружинного маятника. Расчет частоты малых колебаний механических систем. Волны: основные понятия, связь между длиной волны, скоростью и периодом.

Термодинамика и молекулярная физика

2. Термодинамика. Внутренняя энергия газов. Количество теплоты. 1-е начало термодинамики. Теплоемкость. Адиабатические процессы. Цикл Карно. Вычисление КПД циклов.
3. Насыщенные пары, влажность. Абсолютная и относительная влажность. Качественное представление о зависимости давления насыщенного пара от температуры.
4. Поверхностное натяжение. Смачивание и несмачивание. Капилляры. Формула для высоты подъема жидкости в капилляре. Формула Лапласа.

Электрические явления

5. **Электростатика**. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность. Потенциал. Напряженность и потенциал точечного заряда, равномерно заряженной сферы, равномерно заряженной плоскости. Проводники и диэлектрики в электростатических полях – на качественном уровне. Конденсаторы. Емкость конденсатора. Емкость плоского конденсатора.
6. **Постоянный ток**. ЭДС. Цепи постоянного тока. Закон Ома для полной цепи. Законы Кирхгофа. Работа и мощность электрического тока. Электрический ток в средах – на качественном уровне. Магнитное поле постоянного тока. Силы

Лоренца и Ампера.

7. Электромагнитное поле. Закон индукции Фарадея. Вихревое поле. Индуктивность, катушки, RLC-цепи.

Математические умения: приближенные вычисления с малыми величинами ($(1+x)^{\alpha} \approx 1+\alpha x$, $\sin x \approx x$, $\cos x \approx 1 - x^2/2$); вычисление производных от элементарных функций произвольного вида, в том числе сложных функций; нахождение экстремумов, асимптот и точек перегиба функций и построение графиков произвольных элементарных функций с использованием этих понятий; вычисление простейших неопределенных и определенных интегралов (вида $\int x^{\alpha} dx$, $\int \sin x dx$ и т.п.), представление о геометрическом смысле определенного интеграла.

Программа и задания муниципального этапа олимпиад прошлых лет доступны на сайте sarphys.narod.ru

Составители настоящего пособия надеются, что им удалось избежать опечаток в *условиях* задач. В то же время они уверены, что в *решениях* задач опечатки, к сожалению, остались, и будут благодарны за указание на них. Эти сведения, а также любые вопросы по условиям и решениям задач авторы просят присылать Савину Алексею Владимировичу (см. контакты на с. 2).