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

ФИЗИКА, 2021

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ

И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

в Кировской области
в 2021/2022 учебном году

Киров
2021

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

Задания, решения и методические указания по проверке и оценке решений муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по физике в Кировской области в 2021/2022 учебном году. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2021. – 16 с.

ОРГКОМИТЕТУ И ЖЮРИ

1. На муниципальном этапе установлена следующая продолжительность олимпиады: для учащихся **VII-VIII классов – 2 часа,** для учащихся **IX–XI классов – 3 часа**, не считая времени, потраченного на заполнение титульных листов. Начало олимпиады во всех муниципалитетах – в 10:00.
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 скреплённый с работой.**
3. Если в работе приведено несколько решений, то жюри оценивает *худшее* из них. Проверяющие также не должны учитывать полученные в черновике результаты.
4. Сразу после выполнения заданий проводится разбор решений, о чём следует объявить учащимся заранее, перед началом олимпиады.
5. До проверки члены жюри должны решить все задачи, изучить предлагаемые решения и указания по проверке и оценке решений задач своего класса.
6. Предложенная разбалловка решений задач применяется для решений, приведённых в рекомендациях. При отличных решениях для оценивания работ членами жюри может быть разработана своя разбалловка с аналогичным соотношением баллов за идеи, формулы и численные результаты. При этом следует учитывать, что максимальная оценка за решение каждой задачи не может превышать *10 баллов*: то есть максимальное количество баллов в VII-VIII классах равно 40, в IX-XI – 50.
7. В процессе показа работ учащиеся знакомятся со своими результатами, и, в случае несогласия с оценкой жюри, имеют право подать апелляцию, в ходе которой обосновать своё решение. По результатам апелляции *апелляционная комиссия может изменить оценку или оставить её без изменения*.

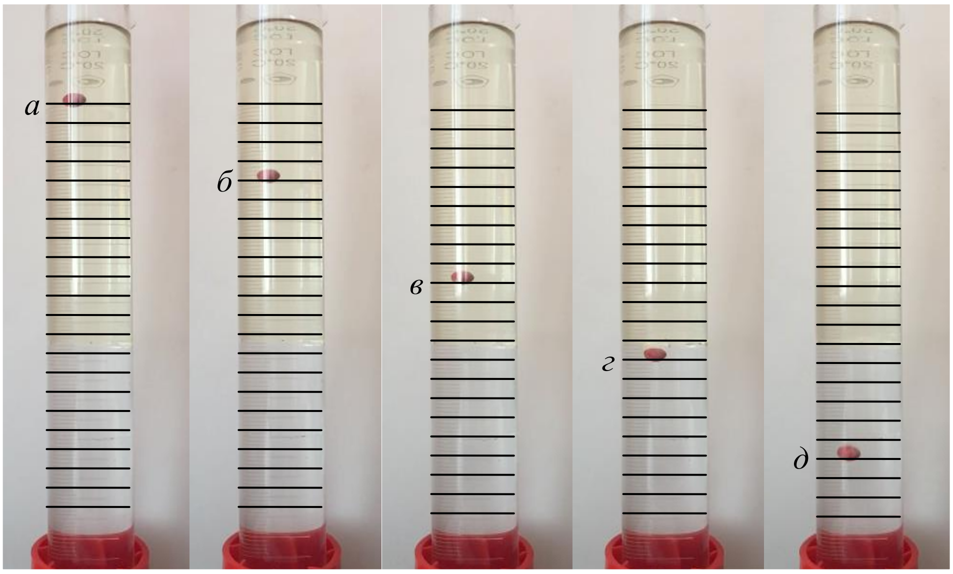
Желаем успеха!

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VII КЛАССА

7.1. «*Случай в озере*». От пристани *А* к пристани *Б* по озеру отплыл теплоход. Из-за небольшой неисправности его скорость оказалась в два раза меньше обычной. Через два часа после отхода первого теплохода из пристани *Б* ему навстречу отчалил такой же теплоход, двигающийся с обычной скоростью. Теплоходы встретились на расстоянии s = 5 км от пристани *Б*. Определите расстояние между пристанями и обычные скорости теплоходов. При движении с обычной скоростью путь из *А* в *Б* и из *Б* в *А* занимает 2 часа. Течения в озере нет.

7.2. «*Компот из ягод*». Для приготовления компотов мама взяла два вида ягод и две банки объёмом V = 3 л каждая. В первую банку она положила ягоды первого вида массой m_1 = 100 г и залила их водой объёмом V_1 = 2,8 л, во вторую - ягоды второго вида массой m_2 = 240 г и залила их водой объёмом V_2 = 2,6 л. Обе банки оказались заполнены содержимым доверху. Определите, во сколько раз различаются плотности ягод во второй и первой банках, а также средние плотности содержимого в банках. Плотность воды равна ρ = 1000 кг/м^3. Впитывание ягодами воды не учитывайте.

7.3. «*Замедленная съёмка*». В цилиндрический сосуд налили два слоя несмешивающихся жидкостей, затем взяли маленький шарик из пластилина и отпустили его в жидкость без начальной скорости из верхнего положения, изображённого на рис. 7.1 а. Определите, на каком участке (а-б, а-в, а-г или а-д) средняя скорость движения шарика была максимальной, если известно, что фотографии сделаны через равные промежутки времени.



а *б* *в* *г* *д*

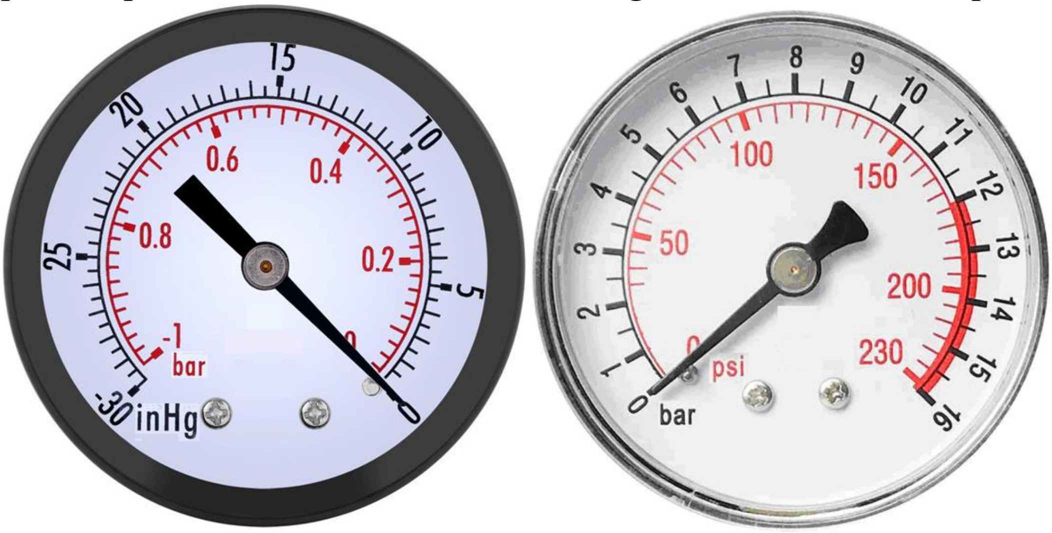
Рис. 7.1

7.4. «*Долгая работа*». Машинное масло объёмом 10 л разливают по стеклянным флаконам. Сколько флаконов с объёмом 7 мл удастся полностью заполнить этим маслом? Какое минимальное время потребуется для этого, если переливание масла выполняется с помощью шприца с объёмом 2 см^3 и на одно наполнение шприца маслом и его освобождение требуется в среднем 6 с? Ответ представьте в секундах, минутах, часах и сутках. Как изменится количество полностью заполненных флаконов в результате нагревания масла от начальной температуры 0°С до 40°С, если плотность масла ρ зависит от температуры t по закону $\rho = \rho_0(1 - 0{,}0006t)$?

Известно, что ρ_0 – начальная плотность масла при температуре 0°С, испарением масла и изменением объёмов флаконов можно пренебречь.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VIII КЛАССА

8.1. «*Разные шкалы*». У мальчика в распоряжении оказалось два барометра (рис. 8.1), у каждого из которых две шкалы: один измеряет давление в единицах bar и inHg, второй – в bar и psi. Определите, какое давление показал бы манометр в psi, если бы при измерении давления в единицах inHg показания были бы равны 21.



а *б*

Рис. 8.1

8.2. «*Осенние заготовки*». Для приготовления компотов мама взяла два вида ягод и три банки объёмом $V = 3$ л каждая. В первую банку она положила ягоды первого вида массой $m_1 = 100$ г и залила их водой объёмом $V_1 = 2{,}8$ л, во вторую - ягоды второго вида массой $m_2 = 240$ г и залила их водой объёмом $V_2 = 2{,}6$ л. Обе банки оказались заполнены содержимым доверху. Каковы плотности ягод каждого вида?

Для приготовления смешанного компота мама положила одинаковые объёмы ягоды обоих видов и также залила их доверху водой объёмом $V_1 = 2{,}8$ л. Какие массы ягод она положила в третью банку?

Плотность воды равна $\rho = 1000$ кг/м^3. Впитывание ягодами воды не учитывайте.

8.3. «*Сложная конструкция*». Конструкция Т-образной формы составлена из двух брусков в форме прямоугольных параллелепипедов с основанием $a \times a$ и высотой b. Она аккуратно опускается в воду так, что некоторое время сохраняет положение равновесия, показное на рис. 8.2. При этом нижний брусок погружается на 2/3 высоты. Определите, на какую глубину будет погружена конструкция, если её перевернуть и поставить в воду так, чтобы нижний брусок занимал горизонтальное положение.

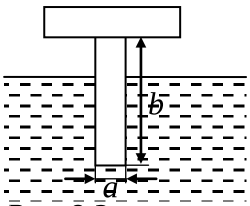
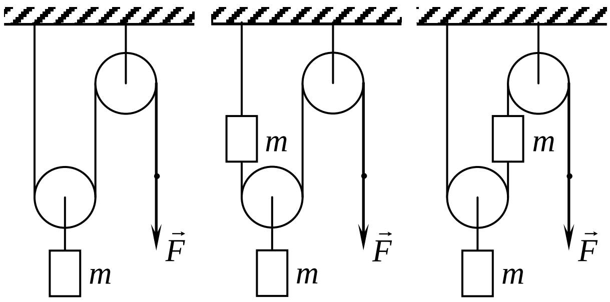


Рис. 8.2



а) *б*) *в*)

Рис. 8.3

8.4. *«Блочная система»*. Груз массой $m = 10$ кг удерживают с помощью системы блоков, прикладывая к свободному концу верёвки силу F (рис. 8. 3 а). Определите величину этой силы. С какой силой нужно будет действовать на верёвку для удерживания системы, если на верёвке закрепить дополнительный груз массы $m = 10$ кг, как показано на рис. 8.3 б) и 8.3 в)?

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ IX КЛАССА

9.1. «*Шприцы с водой*». Мальчик наполнил водой два шприца объёмами $V_1 = 10$ мл и $V_2 = 20$ мл (рис. 9.1). Определите, во сколько раз будут различаться скорости вытекания воды из сопел шприцев, если он будет двигать поршни с одинаковыми скоростями. Считать, что диаметры сопел шприцев одинаковые.

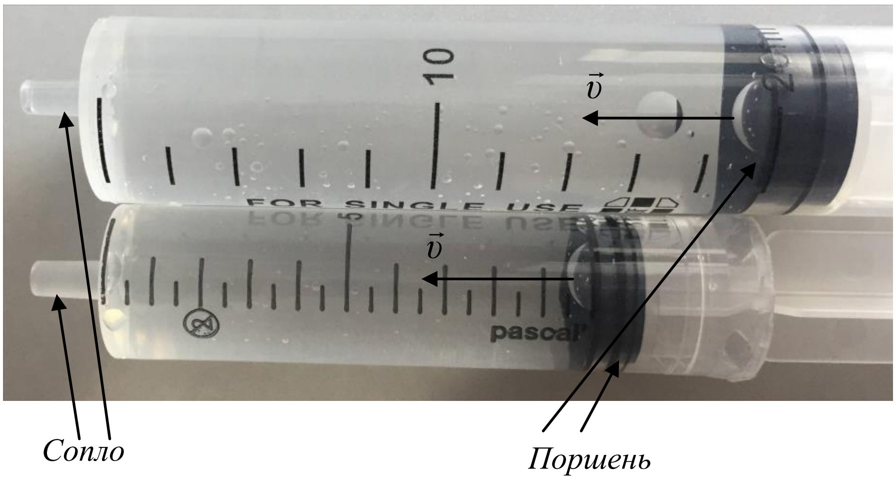


Рис. 9.1

9.2. *«Максимальная вместимость»*. В цилиндрический стакан объёмом $V = 250$ мл налита жидкость массой $m = 250$ г и плотностью $\rho = 1250$ кг/м^3. Тело какой наибольшей массы можно погрузить в такой стакан, чтобы оно плавало, а жидкость из стакана не выливалась? Какой минимальный объём может быть у такого тела с наибольшей массой? Известно, что максимальное расстояние между точками тела меньше внутреннего диаметра стакана.

9.3. *«Рычаг»*. С какой силой действует равноплечий рычаг на землю в т. A, если к т. B приложена сила $F = 30$ Н, направленная вверх (рис. 9.2)? С какой силой рычаг действует на опору в т. O, если масса рычага равна 500 г? Известно, что $OB = OA/2$, рычаг прикреплён к опоре в т. O с помощью подвижного шарнира. Трение между землёй и рычагом отсутствует.

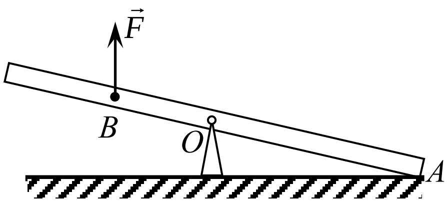


Рис. 9.2

9.4. «*Три шарика*». Юный экспериментатор взял 3 одинаковых шарика, нагретые до температуры $t_0 = 150$°C, и два идентичных сосуда с одинаковыми жидкостями равного объёма и при одинаковой температуре. Один шарик он положил в первый сосуд, а два других – во второй. После установления теплового равновесия температура в первом сосуде оказалось равной $t_1 = 70$°C, во втором – $t_2 = 90$°C. Определите начальную температуру t жидкости в сосудах. В ходе экспериментов жидкость из сосудов не выливается и не кипит. Теплоёмкостью сосуда пренебречь.

9.5. *«Идеальная схема»*. Определите показание амперметра в схеме, указанной на рис. 9.3, если показания вольтметра составляют $U = 18$ В, а сопротивление каждого резистора равно $R = 6$ Ом. В т. C контакта проводов нет, вольтметр идеальный.

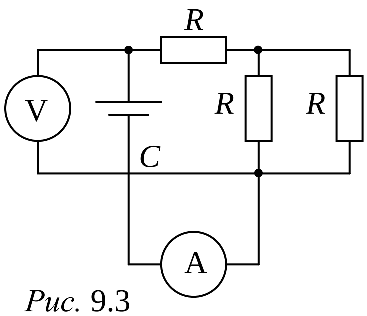


Рис. 9.3

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ X КЛАССА

10.1. *«Обитаемая планета»*. Период обращения вокруг оси обитаемой сферической планеты Physia с радиусом R = 5000 км составляет T = 314 часов. По поверхности планеты движется неизвестное науке животное массой m = 100 кг со скоростью υ = 100 км/ч. Определите:

а) скорость животного относительно наблюдателя на космическом корабле, находящемся рядом с планетой и движущемся с той же скоростью, что и центр планеты, без вращения, если животное перемещается в направлении, перпендикулярном линии экватора, непосредственно в момент прохождения им этой линии;

б) наибольшую скорость животного относительно того же наблюдателя, а также уменьшение его веса в этот момент по сравнению с весом животного стоящего на полюсе.

Указание: все ответы представьте в СИ.

10.2. «*Пустышка*». На рычаг массой m = 2 кг поставили 4 внешне одинаковых коробки (рис. 10.1). Определите, какая из коробок, должна быть пустой (m_0 = 0 кг), чтобы рычаг находился в равновесии. Массы всех коробок, кроме пустой, одинаковы и равны m = 2 кг; центры тяжести коробок и рычага находятся в их геометрическом центре.

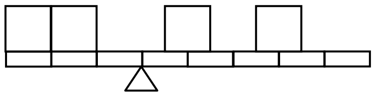


Рис. 10.1

10.3. «*Хомут*». Для закрепления резиновых шлангов на металлических патрубках часто используются пружинные хомуты, подобные показанному на рис. 10.2 а. Для установки хомута его концы сжимаются усилием 300 Н, при этом его внешний диаметр увеличивается с 52,0 мм до 57,4 мм (рис. 10.2 б). Масса хомута равна 30 г. На сколько увеличится температура хомута, если его концы резко отпустить? Удельная теплоемкость стали, из которой изготовлен хомут, 480 Дж/(кг·°С); теплопроводность воздуха незначительна.


а) *б*)
Рис. 10.2

10.4. *«Ступенька»*. Шар известного радиуса R, скользящий без качения по гладкой горизонтальной поверхности, налетает на прямоугольную ступеньку (рис. 10.3). Какой должна быть высота ступеньки, чтобы шар не смог запрыгнуть на неё? Удар шара о ступеньку абсолютно упругий.

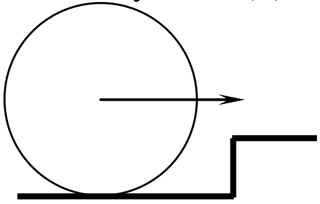


Рис. 10.3

10.5. *«Амперметр не на месте»*. Электрическая цепь, показанная на рис. 10.4, подключена к источнику тока. Определите показания вольтметра, если амперметр показывает силу тока 2 А. Сопротивления всех резисторов равны 1 Ом, все измерительные приборы идеальные. Какими станут показания приборов, если вольтметр убрать с прежнего места включения и подключить последовательно с амперметром?

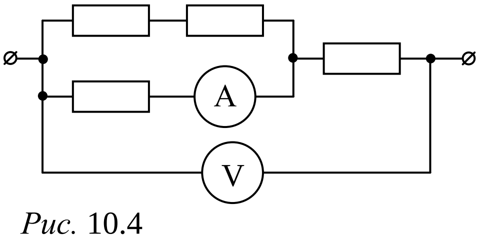


Рис. 10.4

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ XI КЛАССА

11.1. «*Трасса*». На рис. 11.1 приведена упрощенная схема участка гоночной автотрассы Барселона-Каталунья, состоящего из двух параллельных прямых и двух дуг окружностей. Длина прямолинейного участка BC составляет $l = 260$ м; радиусы дуг $R_1 = 75$ м, $R_2 = 150$ м. Определите:

а) максимальные скорости, с которыми автомобиль может двигаться по участкам AB и CD;

б) минимальное время, за которое автомобиль может преодолеть участок $ABCD$.

Автомобиль полноприводной, то есть вращающий момент передаётся от двигателя на все колеса. Коэффициент трения между шинами и дорожным покрытием $\mu = 0{,}85$; $g = 10$ м/с^2.

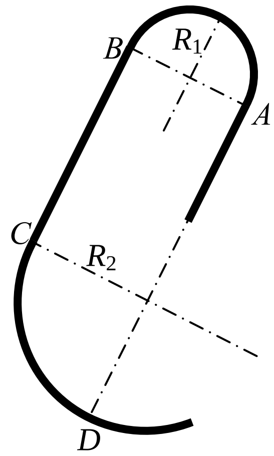


Рис. 11.1

11.2. *«На наклонной плоскости»*. Вверх по гладкой наклонной плоскости тянут с постоянной скоростью груз массой m, прикладывая неизвестную силу F, направленную под углом β к наклонной плоскости (рис. 11.2). Определите силу, с которой груз действует на наклонную плоскость. Углы, показанные на рисунке, считать известными. Ускорение свободного падения равно g.

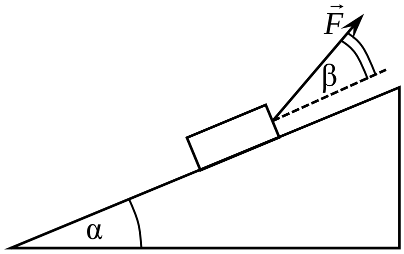
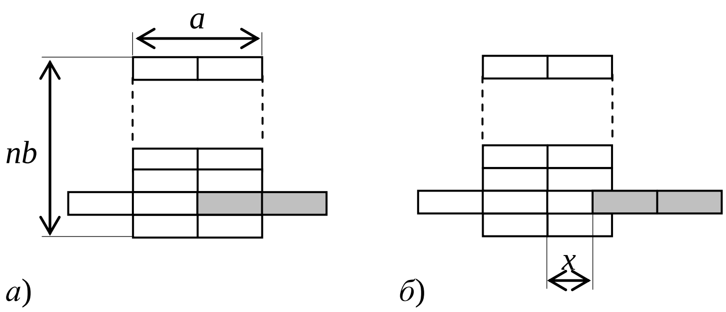


Рис. 11.2

11.3. «*Дежа-вю*». На рис. 11.3 а изображена башенка, построенная из одинаковых брусков длиной a и высотой b, находящаяся в равновесии. Высота башенки равна nb. Определите максимальное расстояние x, на которое можно сдвинуть один из брусков, находящихся во втором снизу ряду (рис. 11.3 б), чтобы равновесие не нарушилось. Трение между брусками отсутствует.



а) *б*)

Рис. 11.3

11.4. *«Замкнутые процессы»*. На рис. 11.4 изображены циклы $ABCA$ и $CBDC$, происходящие с идеальным одноатомным газом. DCA – изотерма. Прямая CB проходит через начало координат и имеет угол наклона 45°. Величины p_0 и V_0 считайте заданными.

а) Определите, подводилась или отводилась теплота в каждом из процессов: AB, CA, CB, BD, DC. Найти количество подведённой или отведённой теплоты на участках AB и BD.

б) Найдите координаты точки C на графике $p(V)$, а также количество подведённой теплоты в остальных процессах, где теплота подводилась.

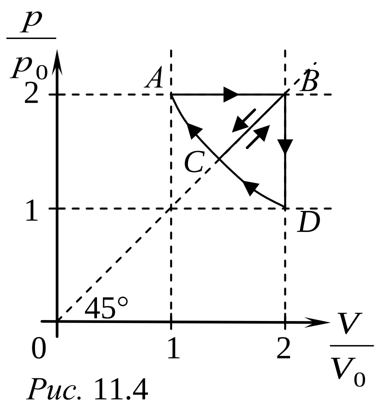


Рис. 11.4

11.5. *«Три заряда»*. Заряженные одинаковым зарядом Q маленькие шарики расположены, как показано на рис. 11.5. Определите напряженность электрического поля, создаваемого шариками в точке A. Шарики и точка A расположены в вершинах ромба с острым углом 60° и стороной L.

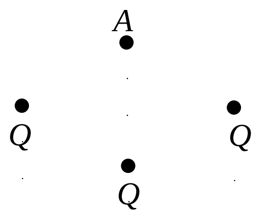


Рис. 11.5

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VII КЛАССА

7.1. «*Случай в озере*». По условию, при движении с обычной скоростью путь из A в $Б$ занимает два часа, следовательно, двигаясь из A в $Б$ с вдвое меньшей скоростью, за два часа теплоход пройдёт половину расстояния между пристанями, то есть $L/2$ (1). Скорости теплоходов отличаются в 2 раза, следовательно, теплоход, двигающийся из $Б$ в A, пройдет 2/3 от оставшейся половины пути, то есть $2L/6 = L/3$, что, по условию, равняется $s = 5$ км (2). Следовательно, расстояние между пристанями $L = 15$ км (3). Тогда обычная скорость теплохода $\upsilon = 15$ км / 2 ч = 7,5 км/ч (4).

Критерии оценивания

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

7.2. *«Компот из ягод»*. По условию, банки заполняются содержимым доверху, следовательно, объём ягод в первой банке равен $V_{01} = V - V_1$ (1), численно $V_{01} = 0{,}2$ л = 200 см^3, во второй – $V_{02} = V - V_2$ (2), численно $V_{22} = 0{,}4$ л = 400 см^3. Тогда плотность ягод в первой банке $\rho_1 = m_1 / V_{01} = 0{,}5$ г/см^3 (3), во второй – $\rho_2 = m_2 / V_{02} = 0{,}6$ г/см^3 (4). Отношение $\rho_2/\rho_1 = 0{,}6/0{,}5 = 1{,}2$ (5).

Средняя плотность содержимого в первой банке равна $\rho_{cp1} = \dfrac{m_1 + V_1\rho}{V} = \dfrac{0{,}1\,\text{кг} + 0{,}0028\,\text{м}^3 \cdot 1000\,\text{кг/м}^3}{0{,}003\,\text{м}^3} = 966{,}7\ \text{кг/м}^3$ (6), во второй –

$$\rho_{cp2} = \frac{m_2 + V_2\rho}{V} = \frac{0{,}24\,\text{кг} + 0{,}0026\,\text{м}^3 \cdot 1000\,\text{кг/м}^3}{0{,}003\,\text{м}^3} = 946{,}7\ \text{кг/м}^3 \quad (7).$$

Критерии оценивания

Формула (1) и/или численный результат 1
Формула (2) и/или численный результат 1
Результат (3) 1
Результат (4) 1
Результат (5) 2
Результат (7) 2
Результат (8) 2

7.3. *«Замедленная съёмка»*. Для нахождения средней скорости необходимо разделить пройденный телом путь S на время движения t, то есть $\upsilon_{cp} = S/t$ (1). Обозначим расстояние между двумя соседними большими делениями на мензурке буквой s, промежутки времени, через которые производилась съёмка, – буквой t. Тогда на участке а-б средняя скорость движения шарика $4s/t$ (2), на участке а-в – $9s/(2t) = 4{,}5s/t$ (3), на участке а-г – $13s/(3t) = 4{,}3s/t$ (4), на участке а-д – $18s/(4t) = 4{,}5s/t$ (5). Получается, что максимальная средняя скорость была на участках а-в и а-д (6).

Критерии оценивания

Рассуждение (1) 1
Формула (2) или результат 2
Формула (3) или результат 2
Формула (4) или результат 2
Формула (5) или результат 2
Вывод (6) 1

7.4. *«Долгая работа»*. Разделим данный объём масла на объём одного флакона: 10 л/ 0,007 л = 1428,57, откуда получается, что полностью можно заполнить 1428 флаконов (1). В эти флаконы войдёт 1428 · 0,007 л = 9,996 л масла (2). Переведём объём масла и шприца к одинаковым единицам измерения, например, так: 9,996 л = 9996 см^3. Для переливания этого объема шприц придётся использовать 9,996/0,002 см^3 = 4998 раз и потребуется время t = 4998 · 6 с= 29988 с (3). В минутах t = 29988/60 =499,8 мин (4), в часах t = 499,8/60 = 8,33 час (5), в сутках t = 8,33/24 = 0,347 сут. (6).

При увеличении температуры до 40°C плотность масла уменьшится в $\dfrac{\rho_0}{\rho_0(1-0{,}0006\cdot 40)}=1{,}02459$ раза и, как следует из формулы $V=\dfrac{m}{\rho}$ (7), во столько же раз увеличится объём масла (8). После нагревания объём масла будет равен 10 л · 1,02459 = 10,2459 л (9). Количество полностью заполненных флаконов возрастёт до 10,2459 л/ 0,007 л = 1463 (10).

Критерии оценивания

Точный численный результат (1) без десятых долей 1
Численный результат (2) 1
Численный результат (3) 1
Результат (4) 1
Результат (5) 1
Результат (6) 1
Использование формулы (7) 1
Результат (8) (допустимы значения от 1,02 до 1,025 раза) 1
Результат (9) 1
Результат (10) (допустимы значения от 1457 до 1464 флаконов) 1

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VIII КЛАССА

8.1. *«Разные шкалы»*. Для начала обратимся к рис. 8.1 а. Найдём соотношение между bar и inHg: на рисунке совпадают деления 10 inHg – 0,34 bar и 26 inHg – 0,88 bar (1), откуда 1 bar ≈ 29,5 inHg (2). Далее обратимся к рис. 8.1 б. Найдём соотношение между bar и psi: на рисунке совпадают деления 130 psi – 9 bar и 210 psi – 14,5 bar (3), откуда 1 bar ≈ 14,5 psi (4). Из формул (2) и (4) следует, что 1 inHg ≈ 0,5 psi (5), тогда 21 inHg ≈ 10 psi (6).

Критерии оценивания

Рассуждение (1) (ученик может выбрать другие, но также совпадающие деления шкал) 2
Вывод (2) (результат может несколько отличаться при выборе иных значений) 1
Рассуждение (3) (ученик может выбрать другие, но также совпадающие деления шкал) 2
Вывод (4) (результат может несколько отличаться при выборе иных значений) 1
Рассуждение (5) 2
Ответ (6) (результат может несколько отличаться при выборе иных значений) 2

8.2. *«Осенние заготовки»*. По условию, банки заполняются содержимым доверху, следовательно, объём ягод в первой банке равен $V_{01} = V - V_1$ (1), численно V_{01} = 0,2 л = 200 см^3, во второй – $V_{02} = V - V_2$ (2), V_{02} = 0,4 л = 400 см^3, в третьей – $V_{03} = V - V_1$ (3), V_{03} = 0,2 л = 200 см^3. Плотность ягод в первой банке $\rho_1 = m_1 / V_{01}$ (4), численно ρ_1 = 0,5 г/см^3, во второй – $\rho_2 = m_2 / V_{02}$ (5), ρ_2 = 0,6 г/см^3. По условию, объёмы ягод в третьей банке должны быть одинаковыми, то есть равными

$V_{03} = V_{01} / 2$ (6), $V_{03} = 100$ см^3. Тогда масса одних ягод в третьей банке будет равна $m_{31} = \rho_1 \cdot V_{03}$= 50 г, других – $m_{32} = \rho_2 \cdot V_{03}$ = 60 г.

Критерии оценивания

Формула (1) и/или численный результат 1
Формула (2) и/или численный результат 1
Формула (3) и/или численный результат 1
Формула (4) и/или численный результат 2
Формула (5) и/или численный результат 2
Рассуждение (6) и/или численный результат.. 1
Результат (7) 1
Результат (8) 1

8.3. *«Сложная конструкция»*. На Т-образную конструкцию, плавающую в воде, в обоих случаях действуют только две силы: сила тяжести и сила Архимеда (1). Сила тяжести остаётся постоянной, поэтому можно рассмотреть равенство сил Архимеда в первом и втором случаях (2). В первом случае силу Архимеда можно записать по формуле $F_{арх1} = \rho g a^2 \frac{2}{3} b$ (3), во втором – $F_{арх2} = \rho g a b x$ (4). Приравнивая выражения (3) и (4), получаем, что брусок будет погружен на $x = \frac{2}{3} a$ (5).

Критерии оценивания

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

8.4. *«Блочная система»*. В случае, показанном на рис. 8.3 а, груз удерживается с помощью подвижного и неподвижного блоков. Для удерживания груза к веревке нужно приложить силу $F = mg/2$ = 50 Н (1). В случае, показанном на рис 8.3 б, для удерживания дополнительного груза добавочную силу прикладывать не нужно, так как груз удерживается частью веревки, прикрепленной непосредственно к потолку. В этом случае искомая сила равна $F_1 = mg/2$ = 50 Н (2). В случае, показанном на рис. 8.3 в, добавленный груз удерживается частью верёвки, перекинутой через неподвижный блок, поэтому для его удерживания нужно приложить дополнительную силу, равную весу добавленного груза, то есть mg. В этом случае искомая сила равна $F_1 = 3mg/2$ = 150 Н (3).

Критерии оценивания

Любые верные рассуждения, приводящие к ответу (1) 1
Ответ (1).. 2
Любые верные рассуждения, приводящие к ответу (2) 1
Ответ (2).. 2
Любые верные рассуждения, приводящие к ответу (3) 1
Ответ (3).. 3

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ IX КЛАССА

9.1. *«Шприцы с водой»*. По рис. 9.1 можно заметить, что нулевые деления у шприцев совмещены. Кроме того, практически совпадают деления 12 мл и 8 мл на шприцах объёмами 20 мл и 10 мл соответственно (1). Объём жидкости в шприце можно выразить по формуле $V = Sh$ (2), тогда с учётом рассуждения (1) можно сделать вывод, что площади поперечного сечения шприцев различаются в $S_{20} / S_{10} = 12 / 8 = 1,5$ раза (3).

За одно и то же время t через сечение шприца и его сопло проходит один и тот же объём воды (4). Тогда для шприца объёмом 10 мл справедливо равенство $S_{10}\upsilon t = S_c \upsilon_1 t$ (5), для шприца объёмом 20 мл – $S_{20}\upsilon t = S_c \upsilon_2 t$ (6). Разделив (6) на (5), найдём отношение скоростей вытекания воды из сопел шприцев $\dfrac{\upsilon_2}{\upsilon_1} = \dfrac{S_{20}}{S_{10}} =1,5$ (7).

Критерии оценивания

Рассуждение (1) 2
Формула (2) или вывод (3) 2
Рассуждение (4) 2
Формулы или рассуждения (5) и/или (6) 2
Результат (7) с точностью ±5% 2

9.2. *«Максимальная вместимость»*. Жидкость занимает объём $V_{ж} = \dfrac{m}{\rho} = \dfrac{250\ \text{г}}{1,250\ \text{г/см}^3} = 200\ \text{см}^3$ (1), тогда объём свободного от жидкости пространства равен $V_0 = V - V_{ж}$ (2). Значит, объём погружённой части плавающего тела $V_{пчт}$ не может быть больше этого объёма (3). Из условия плавания тела $mg = \rho g V_{пчт}$ (4) масса тела равна $m = \rho V_0 = \rho\left(V - \dfrac{m}{\rho}\right) = \rho V - m$ (5). Численно $m_{\max} = 1,25\dfrac{\text{г}}{\text{см}^3}\cdot 250\ \text{см}^3 - 250\ \text{г} = 62,5\ \text{г}$ (6).

Для нахождения минимального объёма тела, плавающего на поверхности, нужно учесть, что плотность тела не должна быть больше плотности жидкости ρ, а в пределе равна этой плотности (7). Тогда минимальный объём тела равен $V_{\min} = \dfrac{m}{\rho} = \dfrac{62,5\ \text{г}}{1,25\ \text{г/см}^3} = 50\ \text{см}^3$ (8).

Критерии оценивания

Формула (1) 1
Формула (2) 1
Утверждение (3) 1
Условие (4) 1
Формула или описание (5) 2
Результат (6) 1
Рассуждение (7) 1
Результат (8) 2

Указание по оцениванию: результаты 6 и 8 могут быть представлены как в СИ, так и несистемных единицах.

9.3. *«Рычаг»*. Из правила рычага следует, что сила F_A, действующая на рычаг со стороны земли в т. A, и данная сила F связаны соотношением: $F_A \cdot OA = F \cdot OB$ (1), откуда с учётом связи длин плеч $F_A = F/2$ = 15 Н (2).·Сила, с которой рычаг действует на опору в т. O, равна: $F + F_A - mg$ = 30 Н + 15 Н – 0,5 кг · 10 м/с^2 = 40 Н (3).

Критерии оценивания

Формула (1) или использование правила 4
Результат (2) 4
Результат (3) 2

9.4. *«Три шарика»*. Уравнение теплового баланса для первого сосуда (с одним шариком) $c_ш m(t_0 - t_1) = c_c M(t_1 - t)$ (1), где $c_ш$ – удельная теплоёмкость шарика, m – его масса, c_c – удельная теплоёмкость сосуда с жидкостью, M – масса сосуда с жидкостью. Уравнение теплового баланса для второго сосуда (с двумя шариками) $c_ш 2m(t_0 - t_2) = c_c M(t_2 - t)$ (2). Поделив уравнение (2) на (1), получим $\dfrac{2(t_0 - t_2)}{(t_0 - t_1)} = \dfrac{(t_2 - t)}{(t_1 - t)}$ (3), откуда начальная температура жидкости равна t = 30°C.

Критерии оценивания

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

9.5. *«Идеальная схема»*. Эквивалентная схема предложенной цепи показана на рис. 9.4 (1). Здесь два резистора соединены параллельно, а вместе последовательно к третьему резистору (2), вольтметр измеряет напряжение на всех резисторах (3), а амперметр – общую силу тока, протекающую через них (4). Сопротивление параллельно соединённых резисторов равно $\dfrac{R \cdot R}{R + R} = \dfrac{R}{2} = 3$ Ом (5), а общее сопротивление резисторов $R_{общ} = R + R/2$ = 6 + 3 = 9 (Ом) (6). Из закона Ома сила тока через амперметр равна $I = U / R_{общ}$ (7), численно $I = 18/9 = 2$ (А) (8).

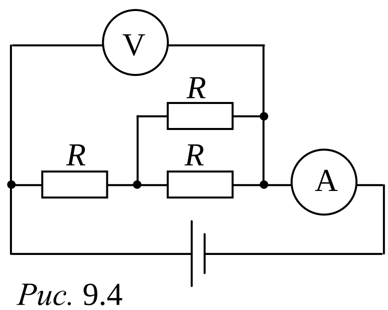


Рис. 9.4

Критерии оценивания

Утверждения (2), (3), (4) или/и схема (1) .... 1 + 1 + 1 = 3
Формула (5) 2
Формула (6) 2
Закон (7) 1
Результат (8) 2

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ X КЛАССА

10.1. *«Обитаемая планета»*. Скорость движения точек планеты, находящихся на линии экватора, равна $u = \dfrac{S}{T}$ (1), где $S = 2\pi R$ (2) – длина линии экватора.

а) Скорость животного, движущегося в направлении перпендикулярном линии экватора, можно найти по теореме Пифагора (3): $\upsilon_1 = \sqrt{\upsilon^2 + u^2} = \sqrt{\upsilon^2 + (2\pi R/T)^2}$ (4). Тогда $\upsilon_1 = \sqrt{100^2 + (2 \cdot 3{,}14 \cdot 5 \cdot 10^3 / 314)^2} = 100\sqrt{2}$ (км/ч) ≈ 141 (км/ч), в метрах в секунду υ_1 = 141 · 1000/3600 ≈ 39 (м/с) (5).

б) Животное достигает максимальной скорости, когда движется в направлении вращения планеты вдоль экватора (6). В этом случае скорость достигает величины $\upsilon_2 = \upsilon + u = \upsilon + 2\pi R/T$ (7). Численно $\upsilon_2 = 100 + 2 \cdot 3{,}14 \cdot 5000/314 = 200$ км/ч, искомое значение $\upsilon_2 = 200 \cdot 1000/3600 = 55{,}6$ (м/с) (8). Уменьшение веса составляет $\Delta P = m\upsilon_2^2 / R = 100 \cdot 55{,}6^2 / 5000000 = 0{,}006$ (Н) (9).

Критерии оценивания

Формула (1) 1
Формула (2) 1
Утверждение (3) 1
Формула (4) или использование т. Пифагора 1
Результат (5) 2
Утверждение (6) или его использование 1
Формула (7) или описание метода 1
Результат (8) 1
Результат (9) 1

10.2. *«Пустышка»*. Запишем условие равновесия рычага: $2{,}5lm_1g + 1{,}5lm_2g = lmg + lm_3g + 3lm_4g$ (1), где lmg – момент силы тяжести рычага относительно точки опоры (2). Из уравнения (1) можно заметить, что рычаг будет находиться в равновесии только при равенстве нулю массы третьей слева коробки $m_3 = 0$ (3).

Критерии оценивания

Формула (1) или необходимые рассуждения (при не более одной ошибки в записи уравнения, не влияющей на верность последующих рассуждений, оценка за этот пункт уменьшается в 2 раза) 6
Использование факта (2) 1
Вывод (3) 3

10.3. «*Хомут»*. Деформированный хомут обладает потенциальной энергией $E = 300 \cdot (57{,}4 - 52{,}0) \cdot 10^{-3}/2 = 0{,}81$ (Дж) (1). После отпускания концов эта энергия превращается в тепловую: $E = mc\Delta t$ (2), где m – масса хомута, c – удельная теплоемкость. Отсюда изменение температуры $\Delta t = E/(mc) = 0{,}81/(0{,}03 \cdot 480) = 0{,}056$ (°С) (3).

Критерии оценивания

Результат (1) 3
Формула (2) или эквивалент по 1 закону термодинамики 3
Формула (3) 2
Численный результат 2

10.4. *«Ступенька»*. В результате абсолютно упругого удара скорость не меняется по величине (1) и в предельном случае должна быть направлена вертикально вверх (2); тогда векторы начального импульса $\vec{p}_0$, конечного импульса $\vec{p}$ и импульса силы $\Delta\vec{p}$ образуют равнобедренный прямоугольный треугольник (3) (рис. 10.5). Следовательно, вектор силы реакции $\vec{N}$, параллельный $\Delta\vec{p}$ (4) и проходящий через центр шара (5), направлен под углом 45° к горизонту (6). Тогда $(R - h)/R = 1/\sqrt{2}$ (7), откуда $h = R(1 - 1/\sqrt{2}) \approx 0{,}293R$ (8).

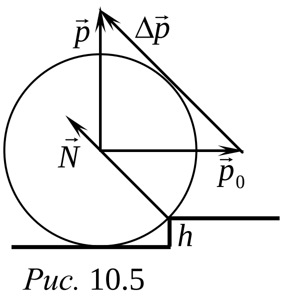


Рис. 10.5

Критерии оценивания

Утверждение (1) 1
Утверждение (2) 1
Утверждение (3) 1
Замечание (4) 1
Утверждение (5) 1
Утверждение (6) или эквивалентное 1
Формула (7) 2
Результат (8) 2

10.5. *«Амперметр не на месте»*. Обозначим резисторы на схеме, как показано на рис. 10.6. Напряжение на резисторе 3 равно $U_3 = R \cdot I_A = 1 \cdot 2 = 2$ В. Такое же напряжение в сумме должно быть на резисторах 1 и 2, значит сила тока на этих резисторах равна $I_{12} = U_3/(2R) = 2$ В/2 Ом = 1 А. Тогда через резистор 4 протекает ток величиной $I_4 = I_A + I_{12} = 2$ А + 1 А = 3 А, напряжение на этом резисторе равно $U_4 = I_4R = 3$ А · 1 Ом = 3 В. Общее напряжение в цепи и показания вольтметра равны $U = U_3 + U_4 = 2$ В + 3 В = 5 В (1).

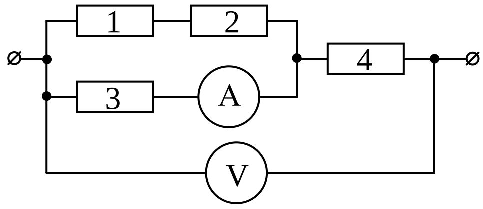


Рис. 10.6

Когда вольтметр будет подключён последовательно с резистором и амперметром, ток через эти приборы не пойдет (2), то есть показания амперметра станут равными нулю (3). Вольтметр же будет показывать суммарное напряжение на первом и втором резисторах (4). Сила тока, протекающая по цепи, равна $I_{124} = U/(3R) = 5/3$ А, тогда показания вольтметра равны $U_{12} = I_{124} \cdot 2R = 5/3 \cdot 2 = 10/3$ В = 3,3 В (5).

Критерии оценивания

Использование закона Ома для участка цепи 1
Использование необходимых для решения свойств последовательного соединения резисторов ... 1
Использование необходимых для решения свойств параллельного соединения резисторов 1
Результат (1) 3
Вывод (2) 1
Результат (3) 1
Вывод (4) 1
Ответ (5) 1

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ XI КЛАССА

11.1. «*Трасса*». Ускорение автомобиля обеспечивается силой трения; его максимально возможное значение $a = \mu g$ (1).

а) Максимальная скорость при движении по дугам *AB* и *CD* $\upsilon_1 = \sqrt{\mu g R_1}$ = 25,2 м/с и $\upsilon_2 = \sqrt{\mu g R_2}$ = 35,7 м/с (2) соответственно.

б) Для проезда участка *BC* за наименьшее время необходимо, двигаясь с максимальным по модулю ускорением, сначала увеличить скорость от υ_1 до υ_{m}, а потом уменьшить её до υ_2 (3). Тогда $l = \dfrac{\upsilon_m^2 - \upsilon_1^2}{2a} + \dfrac{\upsilon_m^2 - \upsilon_2^2}{2a} = \dfrac{2\upsilon_m^2 - \upsilon_1^2 - \upsilon_2^2}{2\mu g}$ (4), откуда с учётом (2) $\upsilon_m = \sqrt{\mu g(l + (R_1 + R_2)/2)}$ (5). Полное время движения по участку *ABCD* $t = \dfrac{\pi R_1}{\upsilon_1} + \dfrac{\pi R_2}{2\upsilon_2} + \dfrac{\upsilon_m - \upsilon_1}{a} + \dfrac{\upsilon_m - \upsilon_2}{a} = \dfrac{\pi\left(\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2}/2\right) + 2\sqrt{l + (R_1 + R_2)/2} - \sqrt{R_1} - \sqrt{R_2}}{\sqrt{\mu g}}$.Численно t = 22,2 с (6). КА: у меня другой ответ(((

Критерии оценивания

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

11.2. *«На наклонной плоскости»*. По второму закону Ньютона в проекции на оси, направленные вдоль наклонной плоскости и перпендикулярно ей: $ma = F\cos\beta - mg\sin\alpha$ (1) и $0 = N + F\sin\beta - mg\cos\alpha$ (2). Так как скорость движения вдоль наклонной плоскости постоянна, то ускорение равно нулю (3). Отсюда $F = mg\sin\alpha/\cos\beta$ (4) и, следовательно, $N = mg\cos\alpha - F\sin\beta$, $N = mg(\cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta)/\cos\beta$ (5) или $N = mg\cos(\alpha + \beta)/\cos\beta$ (5).

Критерии оценивания

Формула (1) 2
Формула (2) 2
Утверждение/использование факта (3) 2
Выражение (4) 2
Результат (5) 2

11.3. «*Дежа-вю*». В предельном случае сила F, действующая на сдвинутый брусок со стороны вышележащей части башенки, приложена к его верхнему левому углу (1). Условия равновесия сдвинутого бруска и вышележащей части башенки имеют вид: $mgx = F(a/2 - x)$ (2), $(n - 2)mga/2 = F(a/2 + x)$ (3), где m – масса одного бруска.

Решая систему уравнений относительно x, получаем: $x = \dfrac{a}{4}\left(\sqrt{n^2 + 2n - 7} - n + 1\right)$ (4).

Критерии оценивания

Замечание (1) 2
Формула (2) 2
Формула (3) 2
Формула (4) 4

11.4. *«Замкнутые процессы»*. а) Для анализа процессов используем формулу первого начала термодинамики $Q = A + \Delta U$ (1), где Q – количество подведённой теплоты, A – работа газа, ΔU – изменение внутренней энергии. Работа газа положительна, если его объём возрастает (2), в свою очередь изменение внутренней энергии больше нуля, если растёт температура (3) или, как следует из уравнения Менделеева-Клапейрона, увеличивается значение произведения pV.

Анализ участков графика показывает, что работа газа положительная только на участках AB и CB; произведение pV растёт также только на участках AB и CB. Вывод, теплота подводилась на участках AB (4) и CB (5).

Работа в процессе AB численно равна площади фигуры под графиком: $A_{AB} = 2p_0V_0$ (6). Изменение внутренней энергии газа в этом процессе $\Delta U_{AB} = \dfrac{3}{2}(4p_0V_0 - 2p_0V_0) = 3p_0V_0$ (7). Тогда $Q_{AB} = A_{AB} + \Delta U_{AB} = 5p_0V_0$ (8). В процессе BD $A_{BD} = 0$ (9), $\Delta U_{BD} = \dfrac{3}{2}(2p_0V_0 - 4p_0V_0) = -3p_0V_0$ (10), $Q_{BD} = -3p_0V_0$ (11).

б) Искомая т. C находится на BC, поэтому $\dfrac{p_C}{p_0} = \dfrac{V_C}{V_0}$ (12). Из уравнения Менделеева-Клапейрона для точек A и C $2p_0V_0 = \nu RT_A = p_CV_C$ (13), тогда с учётом (12) $p_C = \sqrt{2}p_0$, $V_C = \sqrt{2}V_0$ (14).

Для процесса CB $\Delta U_{CB}=\frac{3}{2}(4p_0V_0-2p_0V_0)=3p_0V_0$ (15), $A_{CB}=\frac{(2+\sqrt{2})p_0}{2}(2-\sqrt{2})V_0=p_0V_0$ (16) – площадь трапеции, $Q_{CB}=A_{CB}+\Delta U_{CB}=4p_0V_0$ (17).

Критерии оценивания

Использование закона (1)..0,5
Утверждение (2)..0,5
Утверждение (3)..0,5
Вывод (4)..0,5
Вывод (5)..0,5
Результат (6)..0,5
Результат (7)..0,5
Результат (8)..0,5
Результат (9)..0,5
Результат (10)..0,5
Результат (11)..0,5
Вывод (12)..1
Вывод (13)..0,5
Результат (14)..1
Результат (15)..0,5
Результат (16)..0,5
Результат (17)..1

11.5. *«Три заряда»*. По закону Кулона каждый шарик создает в т. A напряженность электрического поля равную $E_0 = kQ/L^2$ (1). Вектор напряженности, создаваемый каждым шариком, направлен по отрезку, соединяющему каждый заряженный шарик с т. A (2). Следовательно, результирующая напряженность в т. A будет равна $E_{\mathrm{A}} = E_0 + 2E_0\cos 60^\circ = 2E_0 = 2kQ/L^2$ (3) и направлена вдоль прямой, соединяющей нижний шарик с т. A (4).

Критерии оценивания

Выражение (1)..2
Утверждение (2)..2
Формула (3)..4
Утверждение (4)..2

Адрес для переписки: center@extedu.kirov.ru
Авторы и источники задач
Коханов К. А. (сост.): 7.4, 8.4, 9.2, 9.3, 9.5, 10.1, 10.5
Кантор П. Я.: 10.3, 10.4, 11.1, 11.3
Перевощиков Д. В.: 11.2, 11.5
Сорокин А. П.: 7.1, 7.2, 7.3, 8.1, 8.2, 8.3, 9.1, 9.4, 10.2
Коханов В. К.: 11.4
Научное редактирование
Кантор П. Я., канд. физ.-мат. наук, доцент
Подписано в печать 27.10.2021
Формат 60×84 1/16. Бумага типографская. Усл. печ. л. 0,5
Тираж 300 экз.