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

ФИЗИКА, 2023

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ
И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

в Кировской области
в 2023/2024 учебном году

Киров
2023

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 2023/2024 учебном году. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2023. – 18 с.

Авторы задач

Кантор П. Я.: 9.3, 10.3, 11.4

Коханов К. А. (сост.): 9.2, 9.4, 9.5, 10.1, 10.5, 11.1

Минина О. В.: 7.3, 8.1

Перевощиков Д. В.: 11.2, 11.3, 11.5

Сорокин А. П.: 7.1, 7.2, 7.4, 7.5, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 9.1, 10.2, 10.4

Научное редактирование

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

Перевощиков Д. В., канд. пед. наук

Подписано в печать 27.10.2023

Формат $60 \times 84^1/_{16}$. Усл. печ. л. 1,11

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

5. 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 <u>максимальная оценка за решение каждой задачи не может превышать *10 баллов*:</u> то есть максимальное количество баллов во всех классах равно *50*. *Жюри вправе снизить баллы за решённую задачу при отсутствии в решении пояснений к используемым физическим величинам, а также единиц измерения в конечном результате (но не более 2-х баллов за задачу).*

6. 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!

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одарённых школьников», Киров, 2023

© Коллектив авторов, редакторов, 2023

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VII КЛАССА

7.1. *«Остановка».* Каждый день из г. Слободского в г. Киров ездит автобус. Время движения по расписанию составляет t_0 = 40 мин. Однажды, проехав 2/3 пути, автобус сделал вынужденную остановку из-за небольшой поломки. Чтобы не выбиться из расписания, на оставшемся участке пути водителю автобуса пришлось увеличить скорость на 25%. Вычислите продолжительность остановки.

7.2. *«Улитки».* Антон взял в лаборатории биологии 5 разных улиток и посадил их на левую чашу рычажных весов. Чтобы весы оказались в равновесии, на правую чашу весов он положил несколько грузов и маркер массой $m_м$ = 18 г. Через некоторое время одна из улиток переползла с левой чаши весов на правую. Чтобы весы снова оказались в равновесии, Антон переложил груз массой m_1 = 20 г с правой чаши на левую и дополнительно положил на левую чашу весов карандаш массой $m_к$ = 6 г. Определите массу улитки, которая переползла с левой чаши весов на правую.

7.3. *«Шахтёрский дюйм».* При разработке полезных ископаемых шахтёрам необходима проточная вода. В Новой Зеландии распространено понятие «шахтёрский дюйм». Эта единица меры определяет объём воды, который вытекает из трубы постоянного сечения за одну секунду. На один рабочий день шахтёру необходимо 10 м^3 воды. Определите продолжительность одного рабочего дня шахтёра в часах и площадь поперечного сечения трубы, если известно, что один «шахтёрский дюйм» составляет 472 мл/с, а скорость течения воды по трубе – 56,6 м/мин.

Примечание: объём цилиндра равен $V = S \cdot h$, где S – площадь поперечного сечения цилиндра, h – высота.

7.4. *«Упаковка».* Саша и Маша насыпают одинаковые горошинки в коробки. На графике (рис. 7.1) показано, сколько горошинок в секунду насыпает каждый из детей в зависимости от времени, в течение которого продолжался этот процесс. График для Саши – сплошная линия, для Маши – пунктирная. Определите, через сколько секунд после начала отсчёта количество горошинок в коробках у детей было одинаковым.

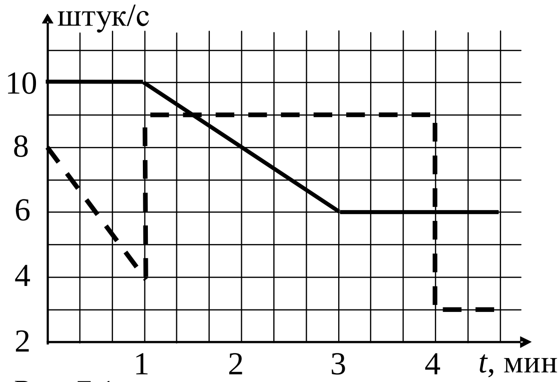

Рис. 7.1

7.5. *«Через край».* На лабораторной работе по физике Игорь поставил на одну чашу весов сосуд, доверху наполненный маслом плотностью 0,8 кг/л, а на другую – сосуд, частично заполненный водой так, что весы оказались в равновесии. Затем он положил в сосуд с маслом ластик, который утонул, а все вылившееся масло аккуратно собрал и вылил в сосуд с водой, находящийся на второй чаше. Весы снова оказались в равновесии. Определите плотность ластика в кг/м^3. Известно, что из сосуда с водой масло не выливается.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VIII КЛАССА

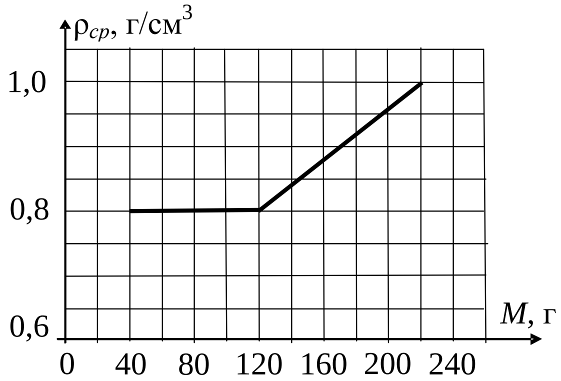

Рис. 8.1

8.1. *«Загадочный раствор».* Экспериментатор в ходе исследования смешивал две жидкости в сосуде (сначала он налил в сосуд первую жидкость, после чего – вторую). На рис. 8.1 приведён график зависимости средней плотности раствора $\rho_{ср}$ от суммарной массы сосуда и его содержимого M. Определите по графику массу сосуда m, а также плотности жидкостей ρ_1 и ρ_2.

Считайте, что объём раствора равен сумме объёмов его составляющих; средняя плотность раствора рассчитывается без учёта массы сосуда.

8.2. *«Два пловца».* На тренировочном заплыве два пловца должны были проплыть по течению реки s = 400 м, затем развернуться и вернуться на старт, плывя уже против течения. Первый пловец решил дать фору второму и начал плыть тогда, когда второй начал разворачиваться, чтобы плыть обратно. В результате пловцы встретились на расстоянии l = 100 м от места разворота.

1) Во сколько раз скорость каждого пловца в стоячей воде υ больше скорости течения реки u, если скорость движения пловцов в стоячей воде одинакова?

2) Сколько метров оставалось проплыть первому пловцу с того момента, когда второй спортсмен финишировал?

8.3. *«Взвешивание».* Аня подвесила на крючок весов маленькое ведёрко с водой, в результате они показали массу m_1 = 3,4 кг. Затем она взяла железяку объёмом V_2 = 470 см^3 и массой m_2 = 3,5 кг, подвесила её на прочную верёвку и полностью опустила в ведёрко с водой ($\rho_в$ = 1 г/см^3) так, чтобы железяка не касалась ведра.

1) Какая сила Архимеда действовала на железяку?

2) Определите массу вылившейся воды, если после погружения железяки весы показали массу m_3 = 3,6 кг.

8.4. *«Дела пружинные».* В кабинете физики высотой h = 3 м с потолка свисает пружина длиной l = 1 м. Пока учитель был на совещании, ребята подвесили к свисающему концу пружины гирю массы m_1 = 1 кг, в результате чего пружина стала длиннее в два раза.

1) Пренебрегая массой пружины, определите коэффициент её жёсткости.

2) После этого ребята вместо гири 1 кг очень аккуратно подвесили к пружине гирю массой m_2 = 3 кг. С какой силой пружина стала действовать на гирю после того, как вся система оказалась в равновесии? Размерами гири можно пренебречь.

3) С какой силой на гирю массой m_2 станет действовать пружина, если ребята дополнительно подвесят к середине растянутой пружины гирю массой m_1 = 1 кг? Известно, что жёсткость куска пружины обратно пропорциональна его длине.

8.5. *«Качели».* Вася массой $m_В$ = 50 кг и Коля массой $m_К$ = 30 кг качаются на качелях типа «доска-бревно» (рис. 8.2). При этом очень лёгкая доска длиной l = 2 м располагается на бревне в равновесии, то есть так, что она занимает горизонтальное положение, даже когда мальчики не касаются земли ногами. Определите, на сколько и в какую сторону надо сдвинуть доску, чтобы вместо Коли смог качаться Толя массой $m_Т$ = 40 кг, а качели снова оказались в равновесии. Считать, что мальчики сидят на самых краях доски.

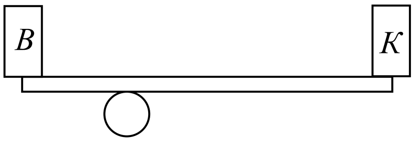

Рис. 8.2

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ IX КЛАССА

9.1. *«В ванной»*. Играя в ванной, Дима собрал плот из одинаковых деталей. После установки плота на воду, он погрузился на 70% своего объёма.

1) Какова плотность деталей плота, если плотность воды равна $\rho_в = 1000$ кг/м^3?

2) Затем Дима поставил на плот грузовую машинку. В результате плот погрузился на 80% своего объёма. После этого мальчик переделал свой плот так, что три детали оказались лишними. Он положил их в кузов машинки и вновь установил плот с машинкой на воду, в результате плот погрузился уже на 92% своего объёма. Сколько деталей использовал Дима для строительства первого плота? Считать, что нижняя и верхняя поверхности плота оставались параллельными друг другу и поверхности воды при плавании.

9.2. «*Равновесие*». Однородная прямоугольная пластина со сторонами $a = 5$ см и $b = 10$ см подвешена на нити за центральную точку, при этом плоскость пластины горизонтальна (рис. 9.1). На расстоянии $OC = 3$ см от центра пластины в т. C прилепили пластилиновый шарик массой $m_1 = 10{,}0$ г, как показано на рис. 9.2. Пластилиновый шарик какой минимальной массы m_2 можно приклеить к пластине так, чтобы она вновь смогла находиться в равновесии в горизонтальном положении? Где должен располагаться этот шарик? На сколько изменилась сила натяжения нити после размещения на пластине двух шариков? Известно, что $\sin 15° = 0{,}259$, $\cos 15° = 0{,}966$.

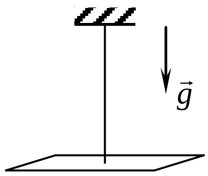

Рис. 9.1

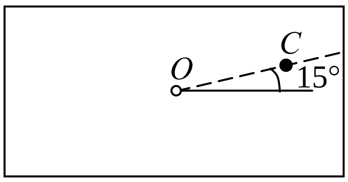

Рис. 9.2

9.3. «*Физическая химия*». При растворении $M = 98$ г (1 моль) серной кислоты (H_2SO_4) в воде выделяется количество теплоты $Q = 76$ кДж. Определите температуру электролита сразу после быстрого растворения $V_к = 0{,}25$ л кислоты, взятой при температуре $t_к = 20$°С, в $V_в = 1$ л воды с начальной температурой $t_в = 5$°С.

Необходимая информация: плотность и удельная теплоёмкость серной кислоты равны $\rho_к = 1836$ кг/м^3 и $c_к = 1340$ Дж/(кг · °С); у воды соответственно $\rho_в = 1000$ кг/м^3 и $c_в = 4200$ Дж/(кг · °С).

9.4. «*Нагреватель*». Если нагретый металлический резистор с массой 10 г положить в воду объёмом 0,1 л, то резистор охладится на 95°С, а вода нагреется на 1°С. Если после этого, не вынимая резистор из воды, подать на него напряжение 12 В, то вода за 2 мин нагреется ещё на 1°С. Каковы сопротивление резистора и удельная теплоёмкость металла, из которого сделан резистор?

Удельная теплоёмкость воды равна 4200 Дж/(кг · °С), её плотность 1000 кг/м^3. Теплопотерями в системе, теплоёмкостью сосуда и электропроводностью воды пренебречь.

9.5. «*Общее сопротивление*». Тонкий провод квадратного сечения плотно смотан в виде круглого диска радиуса $R = 5$ см (рис. 9.3, слева). Провод размотали и сделали из него замкнутый квадрат (рис. 9.3, справа).

1) Каким окажется сопротивление провода, если его измерить между вершинами квадрата A и C, а затем между вершинами A и B?

2) Каким окажется сопротивление провода между точками A и B, если вершину квадрата C перенести в вершину A, а точки A и C соединить между собой?

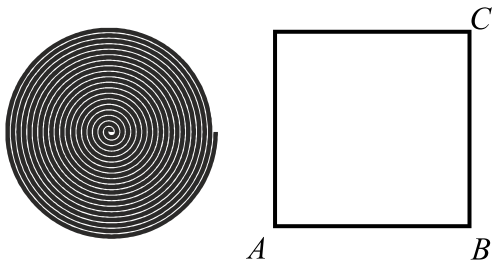

Рис. 9.3

Известно, что площадь поперечного сечения провода $s = 0{,}01$ мм^2, удельное сопротивление материала провода $\rho = 0{,}0175$ Ом · мм^2/м. Деформацией провода пренебречь.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ X КЛАССА

10.1. «*Разные ускорения*». Точки A и B находятся в одной горизонтальной плоскости, расстояние между ними равно $2R$. Из т. A в т. B одновременно стартуют три точечных тела: первое – вдоль отрезка AB, второе – по дуге окружности с радиусом R, а третье – по параболе в результате свободного движения после броска под углом 45° к горизонту (рис.10.1). Известно, что первое тело начинает движение из состояния покоя, а второе и третье – с начальной скоростью v, при этом скорости первого и второго тел изменяются со временем по линейному закону. Определите скорости первого и второго тел в т. B, если все три тела оказались в этой точке одновременно.

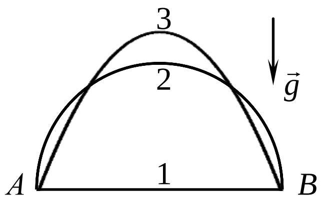

Рис. 10.1

10.2. *«В ванной»*. Играя в ванной, Дима сконструировал плот из одинаковых деталей и поставил на него игрушечную машинку, в результате плот погрузился в воду на 80% своего объёма. Затем он переделал свой плот так, что три детали оказались лишними. Он положил их в кузов машинки и снова поставил её на плот, плавающий в воде, в результате плот погрузился уже на 92% своего объёма. Сколько деталей использовал Дима для строительства первого плота? Считать, что нижняя и верхняя поверхности плота оставались параллельными друг другу и поверхности воды при плавании.

10.3. *«Не совсем пинг-понг»*. Несколько утяжелённый шарик для пинг-понга диаметром d = 40 мм, удерживаемый под водой на некоторой глубине, в момент времени t = 0 освобождается и начинает движение. График зависимости модуля скорости шарика от времени приведён на рис. 10.2.

1) Определите массу шарика.

2) Оцените как можно точнее начальное расстояние между верхней точкой шарика и поверхностью воды.

3) Определите максимальное расстояние между нижней точкой шарика и горизонтальной поверхностью воды после выпрыгивания шарика из воды.

Примечания: плотность воды равна ρ = 1000 кг/м^3; g = 10 м/с^2; объём шара радиуса R равен $4\pi R^3/3$; рекомендуется обратить внимание на изменение характера зависимости скорости от времени в моменты 0,06 с и 0,1 с.

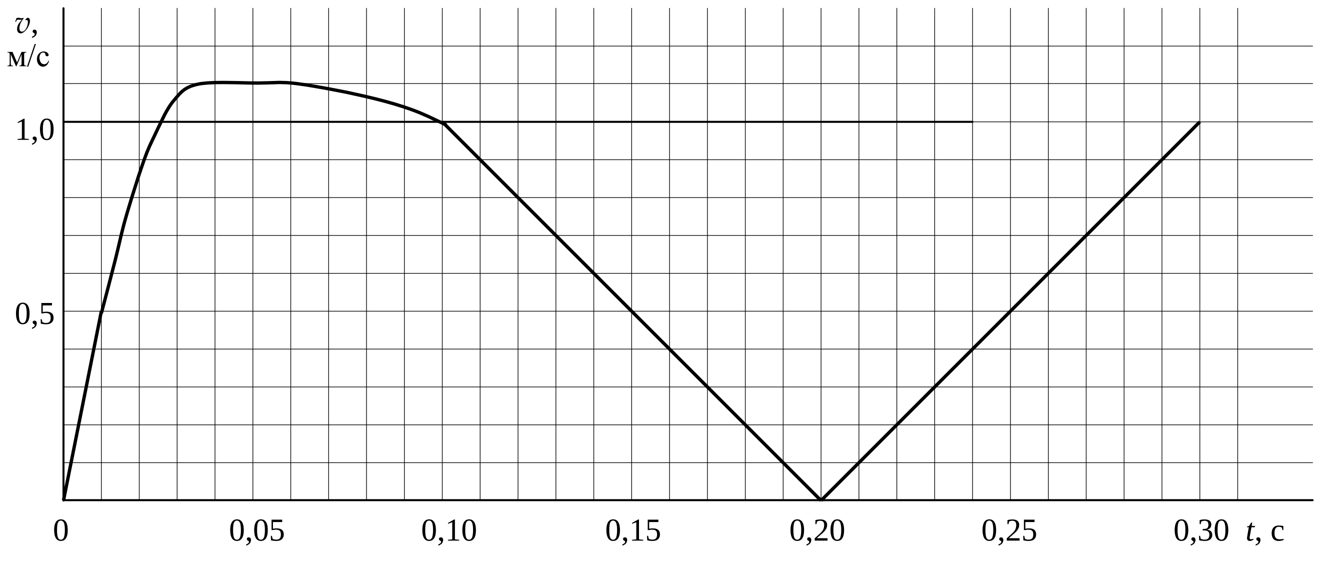

Рис. 10.2

10.4. *«Капель»*. В закрытом вауумированном пространстве в сосуд с водой с высоты h = 2 м падает капелька воды (c = 4200 Дж/(кг · °С)), в результате температура в сосуде повышается на Δt = 0,002°С относительно начальной. На сколько ещё повысится температура воды после падения второй такой же капли с той же высоты? Капельки считать одинаковыми, любыми теплопотерями пренебречь. Начальные температуры воды в сосуде и капелек одинаковые.

10.5. «*Обычная схема*». В схеме, показанной на рис. 10.3, вольтметр с внутренним сопротивлением R_V = 100 Ом показывает напряжение U_V = 20 В, а амперметр с внутренним сопротивлением r = 10 Ом силу тока I_A = 1 А.

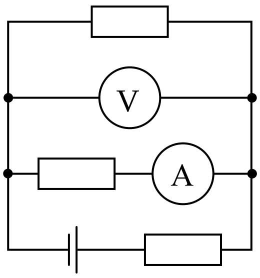

Рис. 10.3

1) Считая все резисторы в схеме одинаковыми, определите их сопротивление R.

2) Определите напряжение U_0 на источнике тока, учитывая, что его внутренним сопротивлением можно пренебречь.

3) Какими окажутся показания второго амперметра с внутренним сопротивлением r = 10 Ом, если его подключить последовательно с источником тока?

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ XI КЛАССА

11.1. «*Разные ускорения*». Точки A и B находятся в одной горизонтальной плоскости, расстояние между ними равно $2R$. Из т. A в т. B одновременно стартуют три точечных тела: первое – вдоль отрезка AB, второе – по дуге окружности с радиусом R, а третье – по параболе в результате свободного движения после броска под углом 45° к горизонту (рис. 11.1). Известно, что первое тело начинает движение из состояния покоя, а второе и третье – с начальной скоростью υ, при этом скорости первого и второго тел изменяются со временем по линейному закону. Определите скорости первого и второго тел в т. B, если все три тела оказались в этой точке одновременно.

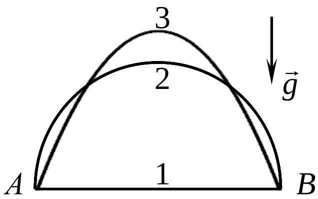

Рис. 11.1

11.2. «*Механика*». Тележку массой m толкнули на гладкую и жёстко закреплённую горку с высотой h. На половине подъёма в неё кинули кусочек пластилина массой $m/2$ так, что скорость пластилина была направлена перпендикулярно скорости тележки, и пластилин сразу прилип к ней. Определите, при какой начальной скорости тележка сможет доехать до вершины горки. Трением в механизме тележки и между тележкой и горкой пренебречь.

11.3. «*Молекулярная физика*». Закон Рауля для растворов смешивающихся жидкостей гласит: «Парциальное давление насыщенного пара одной из жидкостей, входящих в раствор, прямо пропорционально его мольной доле в растворе, причём коэффициент пропорциональности равен давлению насыщенного пара над чистой жидкостью (то есть над жидкостью без примесей)». Мольная доля – это отношение количества одной жидкости раствора к количеству вещества во всем растворе.

Бутылку, находящуюся в воздухе при температуре 0°С и давлении 10^5 Па, заполняют на 80% раствором ацетона в воде и сразу же закрывают. Мольная доля ацетона в растворе составляет 10%. Каким станет давление в бутылке спустя продолжительное время после нагревания до температуры кипения ацетона?

Ацетон кипит при температуре 56,1 °C, давление насыщенных паров воды при этой температуре равно $24{,}4 \cdot 10^3$ Па. Давлением насыщенных паров ацетона и воды при 0 °C, а также наличием растворённого в жидкости воздуха можно пренебречь.

11.4. *«Две модели»*. Согласно одной из моделей, электрон в атоме водорода обращается вокруг неподвижного протона по круговой орбите определённого радиуса с некоторой угловой скоростью ω_0. Согласно более адекватной модели, электрон обращается по окружности того же радиуса вокруг центра масс системы с иной угловой скоростью ω.

1) Определите, какая из угловых скоростей больше.

2) С точностью до 3 значащих цифр вычислите относительную разность угловых скоростей $|\omega - \omega_0|/\omega_0$.

Важная информация: масса протона $m_p = 1836m_e$, где m_e – масса электрона.

11.5. «*Результаты измерений*». К источнику тока с ЭДС $E_0 = 10$ В подключили лампочку. Зависимость силы тока через лампочку от напряжения на ней представлена на рис. 11.2. Определите, какая сила тока установится в цепи, если внутреннее сопротивление источника тока составляет $r = 25$ Ом.

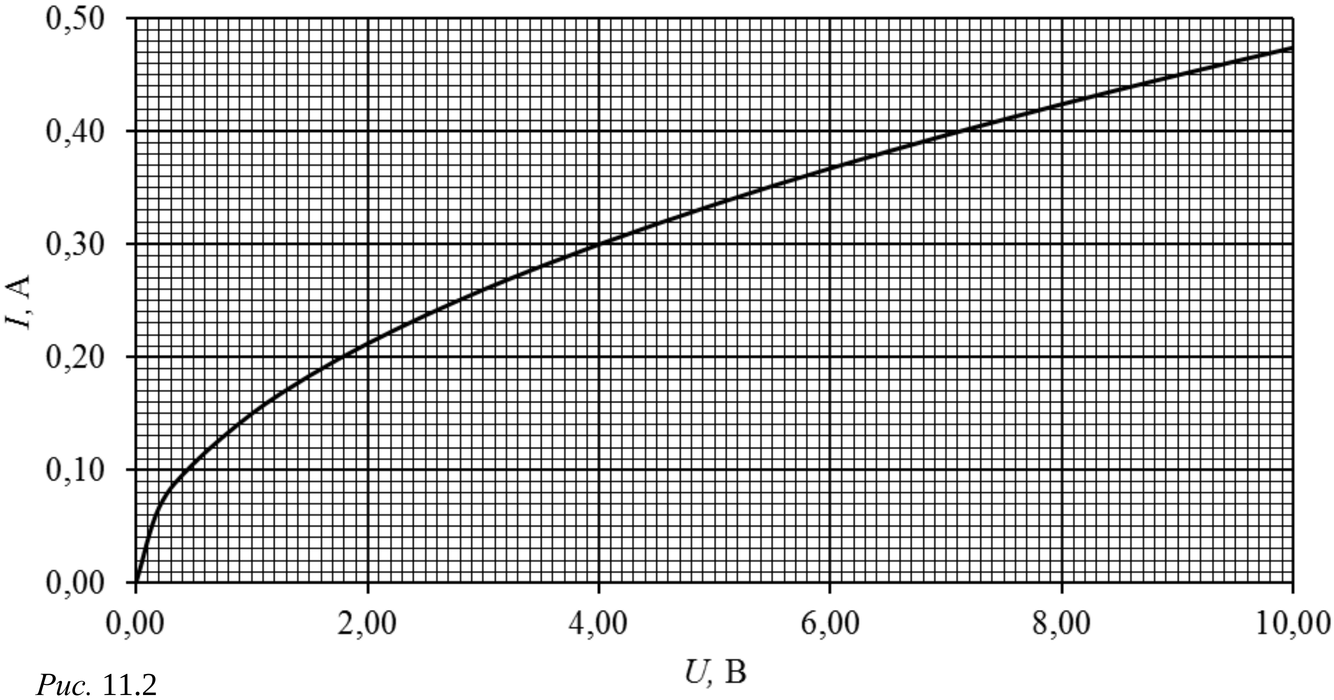

Рис. 11.2

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VII КЛАССА

7.1. *«Остановка».* Время движения автобуса может быть найдено по формуле $t_0 = s/\upsilon$ (1). В ситуации, когда автобус сделал вынужденную остановку из-за поломки, время движения автобуса может быть найдено по формуле $t_0 = \frac{2s/3}{\upsilon} + t + \frac{s/3}{1{,}25\upsilon}$ (2). Решая совместно уравнения (1) и (2), получаем $t = \frac{t_0}{15}$, численно $t = 160\text{ с} \approx 2{,}7\text{ мин}$ (3).

Критерии оценивания

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

7.2. *«Улитки».* Условие равновесия весов в первом случае $m_у = m_{гр} + 18$ г (1), где $m_у$ – масса всех улиток, $m_{гр}$ – масса всех грузов. Во втором случае $m_у - m_{1у} + 6$ г + 20 г = $m_{гр} - 20$ г + $m_{1у} + 18$ г (2), где $m_{1у}$ – масса переползающей улитки. Из формул (1) и (2) масса улитки $m_{1у} = 23$ г (3).

Критерии оценивания

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

7.3. *«Шахтёрский дюйм».* Выполним переводы единиц измерения: 10 м^3 = 10000000 см^3 (1), 1 мл = 1 см^3 (2), $t = \frac{10000000\text{ см}^3}{472\text{ см}^3/\text{с}} \approx 21186\text{ с}$ (3), $t \approx 5{,}9\text{ ч}$ (4),

$S = \frac{V}{l}$ (5), $S = \frac{472\text{ см}^3/\text{с}\cdot 60\text{ с}}{5660\text{ см}} \approx 5\text{ см}^2$ (6).

Критерии оценивания

Результаты (1) +(2) или перевод к иным общим единицам измерений .... 1 +1
Результат (2) 1
Результат (3) (при правильном значении (4) запись значения (3) не обязательна) 2
Результат (4) 2
Записана (использована) формула (5) 1
Результат (6) 3

7.4. *«Упаковка».* Через площадь под линией графика (1) посчитаем, сколько горошинок насыпает Саша на каждом из линейных участков: за время от 0 до 60 с – 600 штук (2), от 60 до 180 с – 960 штук (3), от 180 до 280 с – 600 штук (4). Маша: от 0 до 60 с – 360 штук (5), от 60 до 240 с – 1620 штук (6), от 240 до 280 с – 120 штук (7).

Сравнивая площади фигур под линиями графиков и анализируя полученные результаты, получаем, что количество горошинок в коробках у ребят было одинаковым через t = 220 с после начала отсчета (8).

Критерии оценивания

Рассуждение (1) 1
Результаты (2)-(4) 3
Результаты (5)-(7) 3
Ответ (8) 3

7.5. *«Через край».* Когда Игорь положил в сосуд с маслом ластик, вылился объём масла, равный объёму ластика, то есть $V_м = V_л = m_м/\rho_м$ (1). После того, как он собрал всё масло и перелил в сосуд с водой, весы оказались в равновесии, следовательно, масса ластика равна удвоенной массе вылившегося масла, то есть $m_л = 2m_м$ (2). Из формул (1) и (2) плотность ластика $\rho_л = m_л/V_л = 2m_м/(m_м/\rho_м) = 2\rho_м$, численно $\rho_л = 1600$ кг/м^3 (3).

Критерии оценивания

Формула (1) 2
Вывод (2).................... 4
Результат (3) в кг/м^3.................... 4
Результат (3), представленный в иных единицах измерения, ... 1

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VIII КЛАССА

8.1. *«Загадочный раствор».* Масса сосуда равна $m_1 = 40$ г (1). На первом участке графика средняя плотность раствора не изменяется, значит, в сосуде находится только первая жидкость (2). Следовательно, плотность первой жидкости $\rho_1 = 0{,}8$ г/см^3 (3), масса первой жидкости $m_1 = 120$ г – 40 г = 80 г (4). Объём первой жидкости $V_1 = m_1 / \rho_1 = 100$ см^3 (5). Общий объём раствора равен отношению всей массы раствора к его средней плотности $V_p = (220 - 40)$ г / (1 г/см^3) = 180 см^3 (6). Следовательно, объём второй жидкости равен $V_2 = V_p - V_1 = 80$ см^3 (7). Масса второй жидкости $m_2 = 220$ г – 120 г = 100 г (8). Плотность второй жидкости $\rho_2 = m_2 / V_2 = 1{,}25$ г/см^3 (9).

Критерии оценивания

Утверждение (1) 1
Утверждение (2) 1
Результат (3) 1
Результат (4) 1
Результат (5) 1
Результат (6) 1
Результат (7) 1
Результат (8) 1
Результат (9) 2

8.2. *«Два пловца».* 1) Время движения пловцов от момента разворота второго пловца до их встречи $\frac{s-l}{\upsilon+u} = \frac{l}{\upsilon-u}$ (1), откуда $\upsilon = 2u$ (2).

2) Чтобы доплыть до финиша, второй пловец затратит время $t_2 = \frac{s-l}{\upsilon-u}$ (3), за это время первый пловец проплывёт расстояние l по течению реки и l_0 против течения: $t_1 = \frac{l}{\upsilon+u} + \frac{l_0}{\upsilon-u}$ (4). Приравнивая (3) и (4), получаем $l_0 \approx 266{,}7$ м (5). Следовательно, первому пловцу до финиша останется проплыть примерно 133,3 м (6).

Критерии оценивания

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

8.3. *«Взвешивание»*. 1) На железяку действовала сила Архимеда $F = \rho_в g V_2 = 1000 \cdot 10 \cdot 0{,}00047 = 4{,}7$ (Н) (1).

2) Сила, с которой железяка действует на воду, равна силе Архимеда $\Delta m_2 g = F_A$ (2). Поэтому без вылившейся воды добавка к показаниям весов была бы равна $\Delta m_2 = 0{,}47$ кг (3), но она оказалась равной $\Delta m_3 = m_3 - m_1 = 0{,}2$ кг (4). Следовательно, вылилась вода массой $\Delta m_2 - \Delta m_3 = 0{,}27$ кг (5).

Критерии оценивания

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

8.4. *«Дела пружинные»*. 1) В первом случае при равновесии гири $m_1 g = kl$ (1), откуда жёсткость пружины равна $k = m_1 g / l = 10$ (Н/м) (2).

2) Если бы пружина могла удлиняться неограниченно, то после подвешивания гири массой m_2 длина пружины оказалась бы равной $4l$. В условиях кабинета максимальное удлинение пружины составит $2l$, при этом гиря окажется на полу, со стороны пружины на гирю будет действовать сила $k2l = 10 \cdot 2 \cdot 1 = 20$ Н (3).

3) Жёсткость каждой из половинок пружины будет равна $2k$ (4). Запишем условие равновесия гири массой m_1: $2k(l + x) = m_1 g + 2k(l - x)$ (5), откуда изменение длин половинок пружины равно $x = m_1 g/4k = 0{,}25$ м (6). Значит, деформация нижней половинки пружины составит $l - x = 0{,}75$ м, сила, действующая со стороны пружины на гирю массой m_2, равна $2k(l - x) = 15$ Н (7).

Критерии оценивания

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

8.5. *«Качели»*. Из правила рычага для первого случая $m_В g l_1 = m_К g(l - l_1)$ (1) расстояние от Васи до опоры (бревна) равно $l_1 = 0{,}75$ м (2). Из правила рычага для второго случая $m_В g l_2 = m_Т g(l - l_2)$ (3) расстояние от Васи до опоры (бревна) станет равным $l_2 = 0{,}89$ м (4). Значит, доску нужно сдвинуть в сторону Васи на расстояние $l_2 - l_1 = 0{,}14$ м (5).

Критерии оценивания

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

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ IX КЛАССА

9.1. *«В ванной»*. 1) Условие плавания плота в первом случае $Nmg = 0{,}7\rho_в gNV$ или $N\rho g = 0{,}7\rho_в gN$ (1), где m – масса одной детали, N – общее количество деталей. Из (1) плотность деталей равна $\rho = 0{,}7\rho_в = 700$ (кг/м^3) (2).

2) Условие плавания плота с машинкой массой M таково: $Mg + Nmg = 0{,}8\rho_в gNV$ (3), а после перестройки плота – $Mg + Nmg = 0{,}92\rho_в g(N-3)V$ (4). Приравнивая правые части формул (3) и (4), находим количество деталей $N = 23$ (5).

Критерии оценивания

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

9.2. «*Равновесие*». Второй пластилиновый шарик должен располагаться на продолжении отрезка CO, в т. D (1). При равновесии должно выполняться правило рычага: $m_1 g \cdot OC = m_2 g \cdot OD$ (2). При этом $OD = \dfrac{b/2}{\cos 15°}$ (3).

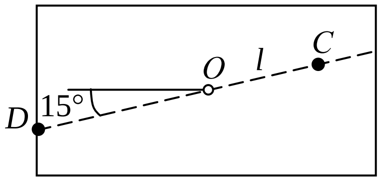

Рис. 9.3

В итоге получаем: $m_2 = m_1 \cdot \dfrac{OC \cdot 2 \cdot \cos 15°}{b}$ (4), численно $m_2 = 0{,}01 \cdot \dfrac{0{,}03 \cdot 2 \cdot 0{,}966}{0{,}1} = 0{,}0058$ (кг) = 5,8 (г) (5). Сила натяжения нити увеличилась на $(m_1 + m_2)g = 0{,}0158 \cdot 10 = 0{,}158$ (Н) (6).

Критерии оценивания

Утверждение (1) 2
Правило (2) 2
Соотношение (3) 2
Преобразования, приводящие к формуле (4) 1
Результат (5) 2
Результат (6) 1

9.3. «*Физическая химия*». Один литр серной кислоты имеет массу $\rho_к V_к$ (1) и при растворении в воде выделяет количество теплоты $\rho_к V_к Q/M$ (2). Составляем уравнение теплового баланса: $c_к\rho_к V_к(t - t_к) + c_в\rho_в V_в(t - t_в) = \rho_к V_к Q/M$ (3). Отсюда искомая температура электролита $t = \dfrac{\rho_к V_к Q/M + c_к\rho_к V_к t_к + c_в\rho_в V_в t_в}{c_к\rho_к V_к + c_в\rho_в V_в}$ (4). Численный результат: $t = 81°C$ (5).

Критерии оценивания

Формула (1) 1
Формула (2) 1
Уравнение (3) 4
Результат (4) в виде формулы или в виде значений 2
Результат (5) 2

9.4. «*Нагреватель*». Запишем уравнение теплового баланса для резистора и воды: $c_p m_p \Delta t_p = c_в m_в \Delta t_в$ (1), где c, m, Δt – теплоёмкости, массы и изменения температур резистора и воды соответственно. Учитывая, что масса воды равна $m_в = \rho_в V_в$ (2), получаем, что удельная теплоёмкость материала резистора равна $c_p = \frac{c_в \rho_в V_в \Delta t_в}{m_p \Delta t_p} = \frac{4200 \cdot 1000 \cdot 0{,}0001 \cdot 1}{0{,}01 \cdot 95} = 442 \left(\frac{Дж}{кг \cdot °C} \right)$ (3).

При пропускании по резистору тока количество выделившейся за $\tau = 2$ мин теплоты можно рассчитать по формуле $Q = \frac{U^2}{R}\tau$ (4). Баланс энергий во втором случае запишется так: $\frac{U^2}{R}\tau = (c_p m_p + c_в m_в)\Delta t_в$ (5), откуда $R = \frac{U^2 \tau}{(c_p m_p + c_в m_в)\Delta t_в} = \frac{144 \cdot 120}{442 \cdot 0{,}01 + 4200 \cdot 0{,}1} \cong 41$ (Ом) (6).

Критерии оценивания

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

Примечание: если в формуле (5) не учтено нагревание самого резистора, то за эту формулу и расчёт сопротивления резистора (6) баллы не ставятся.

9.5. «*Общее сопротивление*». Площадь диска равна $S = \pi R^2$ (1), тогда $L = \frac{S}{a}$ – длина провода (2), $a = \sqrt{s}$ – его толщина (3). Таким образом, $L = \frac{\pi R^2}{\sqrt{s}}$.

Длина стороны получившегося квадрата $l = L/4$ (4), её сопротивление $R_0 = \rho \frac{l}{s} = \rho \frac{L}{4s}$ (5).

1) Сопротивление квадрата между точками A и C равно $R_{AC} = \frac{2R_0 \cdot 2R_0}{2R_0 + 2R_0} = R_0$ (6), сопротивление между точками A и B равно $R_{AB} = \frac{R_0 \cdot 3R_0}{R_0 + 3R_0} = \frac{3}{4}R_0$ (7). В итоге $R_{AC} = \rho \frac{L}{4s} = \rho \frac{\pi R^2}{4\sqrt{s^3}}$, $R_{AB} = \frac{3}{4}\rho \frac{L}{4s} = \rho \frac{3\pi R^2}{16\sqrt{s^3}}$. С учётом того, что $\rho = 0{,}0175$ Ом · мм^2/м $= 1{,}75 \cdot 10^{-8}$ Ом ·м, $s = 0{,}01$ мм^2 $= 10^{-8}$ м^2, численно получим $R_{AC} = 1{,}75 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{3{,}14 \cdot 0{,}0025}{4\sqrt{10^{-24}}} = 34{,}3$ (Ом) (8), $R_{AB} = \frac{3}{4} \cdot 34{,}3 = 25{,}7$ (Ом) (9).

2) После соединения вершин A и C между точками A и B окажутся параллельно соединёнными две стороны, а общее сопротивление между точками будет равно $\frac{R_0}{2} = \frac{R_{AC}}{2} = 17{,}2$ (Ом) (10).

Критерии оценивания

Формула (1) 0,5
Формула (2) 2
Формула (3) 1
Формула (4) 0,5
Формула (5) 1
Результат (6) 1
Результат (7) 1
Значение (8) 1
Значение (9) 1
Значение (10) 1

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ X КЛАССА

10.1. «*Разные ускорения*». Время, через которое тела окажутся в конечной точке, определим, учитывая, что третье тело двигалось вдоль горизонта с постоянной скоростью (1): $t = \frac{2R}{\upsilon \cdot \cos 45°} = \frac{2\sqrt{2}R}{\upsilon}$ (2).

Тогда из формулы $S = \upsilon t + \frac{at^2}{2}$ (3) ускорение, с которым изменялась величина скорости первого тела, равно $a_1 = \frac{2S_1}{t^2} = \frac{2 \cdot 2R}{8R^2}\upsilon^2 = \frac{\upsilon^2}{2R}$ (4), второго – $a_2 = \frac{2(S_2 - \upsilon t)}{t^2} = \frac{2\left(\pi R - \upsilon \cdot \frac{2\sqrt{2}R}{\upsilon}\right)}{8R^2}\upsilon^2 = \frac{\upsilon^2(\pi - 2\sqrt{2})}{4R}$ (5). Конечные скорости тел равны $\upsilon_1 = a_1 t = \frac{\upsilon^2}{2R} \cdot \frac{2\sqrt{2}R}{\upsilon} = \sqrt{2}\upsilon$ (6), $\upsilon_2 = \upsilon + a_2 t = \upsilon + \frac{\upsilon^2(\pi - 2\sqrt{2})}{4R} \cdot \frac{2\sqrt{2}R}{\upsilon} = \upsilon\left(\frac{\pi}{\sqrt{2}} - 1\right)$ (7).

Критерии оценивания:

Учёт (1).......... 1
Результат (2) 2
Формула (3) 1
Результат (4) 1
Результат (5) 1
Ответ (6).......... 2
Ответ (7).......... 2

10.2. *«В ванной»*. Условие плавания в первом случае $Mg + Nmg = 0{,}8\rho gNV$ (1), где m – масса одной детали, N – общее количество деталей, ρ – плотность воды, M – масса машинки. Во втором случае – $Mg + Nmg = 0{,}92\rho g(N-3)V$ (2). Приравнивая формулы (1) и (2), находим количество деталей $N = 23$.

Критерии оценивания

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

10.3. *«Не совсем пинг-понг»*. Решение. 1) На начальном участке скорость шарика невелика, следовательно, силой сопротивления воды можно пренебречь (1). Ускорение a определяется равнодействующей выталкивающей силы и силы тяжести: $ma = \rho g\pi d^3/6 - mg$ (2). Отсюда $m = \frac{\rho g\pi d^3}{6(a+g)}$ (3).

Из графика $a = 0{,}5/0{,}01 = 50$ м/с^2 (4). Таким образом, масса равна $m = 1000 \cdot 10 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}04^3/(6 \cdot (50 + 10)) = 0{,}0056$ кг = 5,6 г (5).

2) На протяжении некоторого промежутка времени шарик двигался равномерно, поскольку две вышеуказанные силы уравновешивались силой сопротивления. В момент времени 0,06 с верхняя часть шарика начала выступать из воды. Искомое расстояние может быть найдено как площадь под графиком при $t \in [0; 0{,}06\text{ с}]$ (6). Результат: 0,052 м = 5,2 см (7).

3) Начиная с момента 0,1 с шарик движется под действием только силы тяжести равнозамедленно в течение 0,1 с с начальной скоростью 1,0 м/с (8). Высота подъёма $h = 1{,}0 \cdot 0{,}1 - 10 \cdot 0{,}1^2/2 = 0{,}05$ (м) = 5 (см) (9).

Критерии оценивания

Указание на факт (1) 1
Формула (2) 2
Выражение (3) 1
Значение (4) 1
Значение (5) 1
Вывод (6) 1
Результат (7) 1
Указание на факт (8) 1
Результат (9) 1

10.4. *«Капель»*. Обозначим теплоёмкость сосуда с водой C, удельную теплоёмкость капельки – c, изменение температуры во втором случае Δt_1. Запишем уравнение баланса энергии для двух случаев:
$(C + mc)\Delta t = mgh$ (1), $(C + 2mc)(\Delta t + \Delta t_1) = mgh + mgh = 2mgh$ (2).

Из формул (1)-(2) получаем, что $\Delta t_1 = \Delta t \frac{gh - c\Delta t}{gh + c\Delta t} = 0{,}0008$ °C(3).

Критерии оценивания

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

10.5. «*Обычная схема*». 1) Так как напряжение на вольтметре равно напряжению на соединённых последовательно резисторе и амперметре (1), то $U_V = I(r + R)$, откуда $R = \frac{U_V}{I} - r = \frac{20}{1} - 10 = 10$ (Ом) (2).

2) Сила тока, проходящего через источник тока, равна сумме сил токов, проходящих через три параллельных участка схемы: $I_0 = I_1 + I_V + I_A$ (3). Тогда $I_0 = \frac{U_V}{R} + \frac{U_V}{R_V} + I_A = \frac{20}{10} + \frac{20}{100} + 1 = 3{,}2$ (А). Следовательно, напряжение на источнике тока $U_0 = U_V + I_0 R = 20 + 3{,}2 \cdot 10 = 52$ (В) (4).

3) Найдём общее сопротивление параллельных участков схемы: $\frac{1}{R_{пар}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V} + \frac{1}{R+r} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V} + \frac{1}{2R} = \frac{3R_V + 2R}{2RR_V}$ (здесь учтено, что $r = R$), откуда $R_{пар} = \frac{2RR_V}{3R_V + 2R}$ (5). Общее сопротивление цепи с дополнительным амперметром составит $R_0 = r + R + \frac{2RR_V}{3R_V + 2R} = 10 + 10 + \frac{2 \cdot 10 \cdot 100}{3 \cdot 100 + 2 \cdot 10} = 26{,}25$ (Ом) (6). Тогда сила тока, протекающая через дополнительный амперметр, будет равна $I_A' = \frac{U_0}{R_0} = \frac{52}{26{,}25} = 1{,}98$ (А) (7).

Критерии оценивания

Вывод (1) 1
Результат (2) 2
Вывод (3) 1
Результат (4) 2
Расчёт или формула (5) 1
Расчёт или формула (6) 1
Результат (7) 2

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ XI КЛАССА

11.1. «*Разные ускорения*». Время, через которое тела окажутся в конечной точке, определим, учитывая, что третье тело двигалось вдоль горизонта с постоянной скоростью (1): $t = \frac{2R}{\upsilon \cdot \cos 45°} = \frac{2\sqrt{2}R}{\upsilon}$ (2).

Тогда из формулы $S = \upsilon t + \frac{at^2}{2}$ (3) ускорение, с которым изменялась величина скорости первого тела, равно $a_1 = \frac{2S_1}{t^2} = \frac{2 \cdot 2R}{8R^2}\upsilon^2 = \frac{\upsilon^2}{2R}$ (4), второго – $a_2 = \frac{2(S_2 - \upsilon t)}{t^2} = \frac{2\left(\pi R - \upsilon \cdot \frac{2\sqrt{2}R}{\upsilon}\right)}{8R^2}\upsilon^2 = \frac{\upsilon^2(\pi - 2\sqrt{2})}{4R}$ (5). Конечные скорости тел равны $\upsilon_1 = a_1 t = \frac{\upsilon^2}{2R} \cdot \frac{2\sqrt{2}R}{\upsilon} = \sqrt{2}\upsilon$ (6), $\upsilon_2 = \upsilon + a_2 t = \upsilon + \frac{\upsilon^2(\pi - 2\sqrt{2})}{4R} \cdot \frac{2\sqrt{2}R}{\upsilon} = \upsilon\left(\frac{\pi}{\sqrt{2}} - 1\right)$ (7).

Критерии оценивания:

Учёт (1).......... 1
Результат (2) 2
Формула (3) 1
Результат (4) 1
Результат (5) 1
Ответ (6).......... 2
Ответ (7).......... 2

11.2. «*Механика*». Найдём скорость тележки перед прилипанием кусочка пластилина, для этого запишем закон сохранения энергии: $mv_0^2/2 = mv_1^2/2 + mgh/2$ (1). Найдём скорость тележки с прилипшим кусочком пластилина, для этого запишем закон сохранения импульса: $mv_1 = 3mv_2/2$ (2). Запишем условие подъёма на вершину горки: $mv_2^2/2 = mgh/2$ (3). Решая уравнения (1) – (3), получим: $v_0 = \sqrt{13gh}/2$ (4).

Критерии оценивания

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

11.3. «*Молекулярная физика*». По Закону Рауля давление насыщенного пара над раствором складывается из 10% давления насыщенных паров ацетона и 90% давления насыщенных паров воды p при данной температуре (1). Давление над жидкостью внутри закрытой бутылки складывается из парциальных давлений воздуха, объём которого при нагревании от T_1 = 273,15 К до T_2 = 329,25 К не изменяется (2), паров воды и паров ацетона. Так как по условию задачи ацетон кипит при температуре T_2, то давление его насыщенных паров при этой температуре равно атмосферному давлению p_0 (3), и общее давление над жидкостью с учётом давления воздуха p_0T_2/T_1 (4) будет равно: $p_{общ} = p_0T_2/T_1 + 0{,}1p_0 + 0{,}9p = 1{,}52 \cdot 10^5$ Па (5).

Критерии оценивания

Утверждение (1) 2
Утверждение (2) 2
Учтено или описано (3) 2
Выражение или описание (4) 1
Результат (5) 3

11.4. *«Две модели»*. 1) Пусть r – радиус орбиты электрона. Электрон и протон имеют одинаковые по модулю заряды e. Используя закон Кулона и 2-й закон Ньютона, для первой модели получаем: $m_e\omega_0^2 r = k\dfrac{e^2}{r^2}$ (1), откуда $\omega_0 = \sqrt{k\dfrac{e^2}{m_e r^3}}$ (2).

Во второй модели расстояние между протоном и электроном можно найти из формулы центра, полагая, что центр масс системы находится в начале координат: $0 = \dfrac{-m_e r + m_p(R-r)}{m_p + m_e}$, откуда $R = r\dfrac{m_e + m_p}{m_p}$ (3), и тогда $m_e\omega^2 r = k\dfrac{e^2}{R^2} = k\dfrac{e^2 m_p^2}{r^2(m_e + m_p)^2}$ (4), откуда $\omega = \sqrt{k\dfrac{e^2}{m_e r^3}}\dfrac{m_p}{m_e + m_p} = \omega_0\dfrac{m_p}{m_e + m_p}$ (5). Вывод: $\omega_0 > \omega$ (6).

2) $(\omega_0 - \omega)/\omega_0 = 1 - \dfrac{m_p}{m_e + m_p} = \dfrac{m_e}{m_e + m_p}$ (7). Численно $(\omega_0 - \omega)/\omega_0 = 0{,}000544$ (8).

Критерии оценивания

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

11.5. «*Результаты измерений*». По второму правилу Кирхгофа: $E_0 = U_л + Ir$ (1), откуда получаем: $I = -U_л/r + E_0/r$ (2). Постоим график получившейся зависимости тока через нелинейный элемент от напряжения на нем на его ВАХ (3) (рис. 11.3). Точка пересечения графиков определит рабочую точку элемента: I = [0,26; 0,28] А (4).

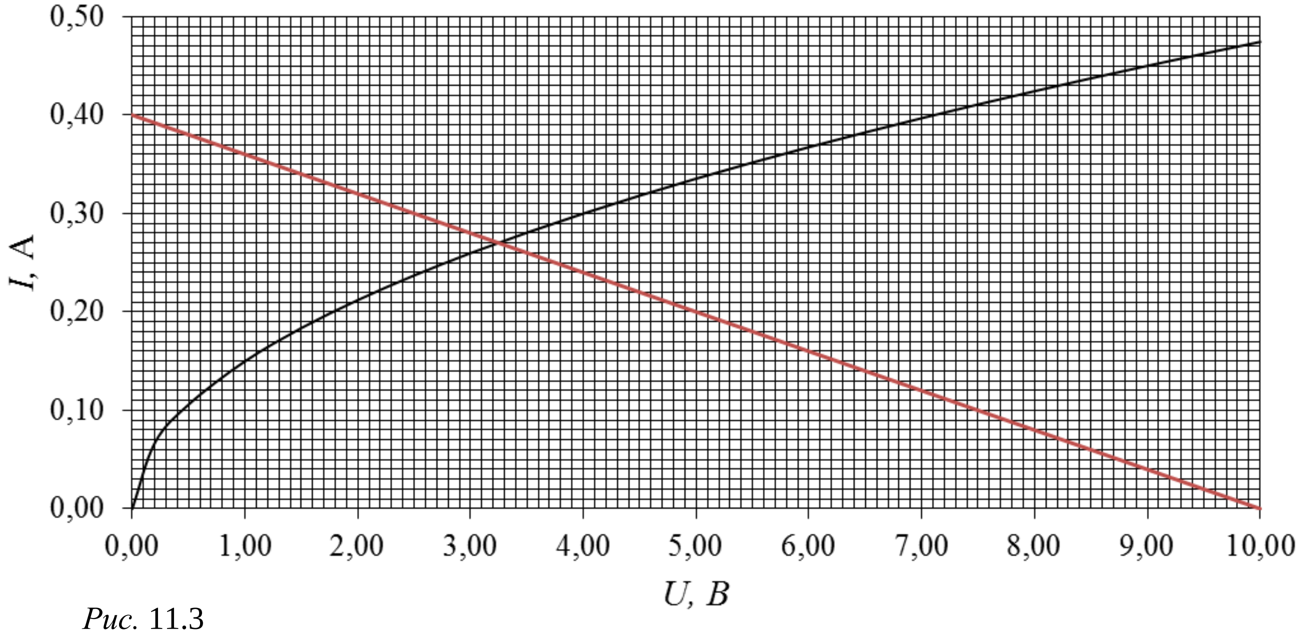

Рис. 11.3

Критерии оценивания

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