7 класс

Задача 1. Астрофизика. В телескоп наблюдаются два космических объекта. Известно, что один из них расположен на расстоянии 18,0 тысяч световых лет от Земли, а другой - на расстоянии 5,50 килопарсек. Угол между видимыми направлениями на объекты 60 градусов, а расстояние между ними - 1,14 млрд астрономических единиц (а.е.).
Сколько световых лет содержится в 1 парсеке? Известно, что расстояние в 1 а.е. свет проходит за 500 секунд, а 1 световой год – это расстояние, которое свет проходит за 1 год.

Задача 2. Нелинейная плотность. Исследуя плотность неизвестной жидкости, экспериментатор Глюк провел серию измерений. Поставив мерный стакан с жидкостью на весы, он сфотографировал установку, а затем, долив еще немного жидкости, сделал второй снимок (рис. 1). Через несколько дней, Глюк понял, что из-за поломки, в день эксперимента показания весов были завышенными ровно на 10%. Помогите экспериментатору определить плотность неизвестной жидкости и массу пустого мерного стакана.

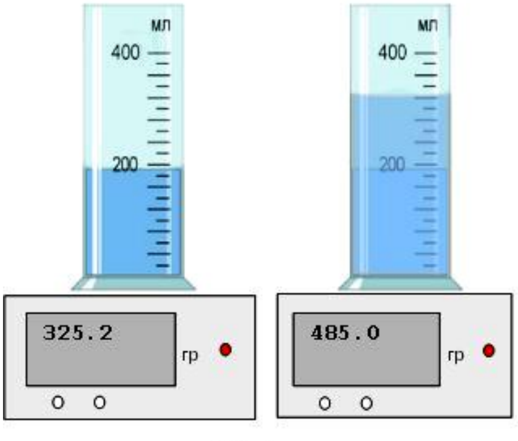
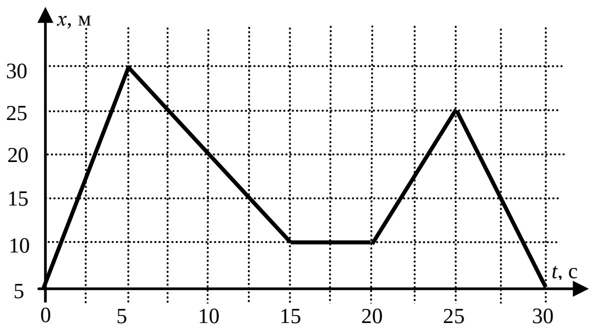


рис.1

Задача 3. Время относительно. Поезд проехал мост длиной l = 450 м за t_1 = 45 с. Охранник, стоящий на мосту, заметил, что поезд двигался мимо него в течение t_2 = 30 с. Какое время ехал по мосту пассажир, сидящий в вагоне поезда? Найдите длину поезда, скорость его движения, и определите во сколько раз длина поезда больше длины моста.

Задача 4. Туда-сюда. На графике приведена зависимость координаты тела, движущегося вдоль оси x, от времени. Определите:

- максимальную скорость движения тела
- путь, пройденный телом за 30 секунд
- среднюю скорость тела в интервале времени от 5 с до 20 с.



Задание можно уносить с собой!!!
Сегодня, 18 декабря 2016 года, на портале http://abitu.net/vseros состоится онлайн разбор олимпиады.
Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.
Для участия в разборе необходимо **заранее** зарегистрироваться на портале http://abitu.net/vseros.

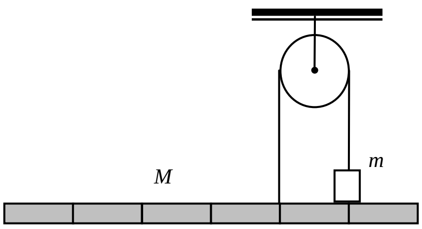
8 класс

Задача 1. Эх, дороги. Внедорожник «Нива» может проехать расстояние $l = 39$ км от Дубны до Орудьева, имея скорость на асфальте $\upsilon_1 = 100$ км/ч, а на грунтовом участке $\upsilon_2 = 25$ км/ч. Автомобиль BMW на той же дороге по асфальту разгоняется до $\upsilon_3 = 160$ км/ч, но по грунтовке едет только со скоростью $\upsilon_4 = 10$ км/ч. При какой длине грунтового участка время движения машин окажется одинаковым?

Задача 2. Бодибилдинг. Один спортсмен решил привести свое тело в соответствие с пропорциями статуи Давида, творения великого Микеланджело и сел на диету. Но что-то пошло не так. Если все горизонтальные размеры спортсмена оказались ровно вдвое меньше чем у Давида, то рост остался всего $h = 170$ см, тогда как высота статуи равна $H = 500$ см. Определите массу спортсмена, если масса мраморной статуи $m = 3\,200$ кг. Плотность мрамора $\rho = 2\,700$ кг/м^3, средняя плотность человеческого тела $\rho_0 = 1\,000$ кг/м^3.

Задача 3. Фарфоровый чайник. В пустой фарфоровый чайник, имеющий комнатную температуру $t_0 = 20$°С, налили $m = 500$ г горячей воды при температуре $t_1 = 80$°С. В результате теплообмена температура чайника и его содержимого стала равной $t_2 = 70$°С. Затем, чайник включили в сеть и через $\tau = 2$ мин вода в нем закипела. Определите мощность P нагревателя чайника. Тепловыми потерями в окружающую среду пренебречь. Удельная теплоемкость воды $c = 4\,200$ Дж/(кг·°С).

Задача 4. Уравновесим. К легкой нити, перекинутой через блок, с одной стороны прикреплен однородный рычаг, а с другой - груз, касающийся рычага и имеющий массу $m = 6$ кг. Определите, при какой массе рычага M система останется в равновесии? С какой силой при этом груз будет давить на рычаг? Трения в оси блока нет. Все необходимые расстояния можно взять из рисунка. $g = 10$ м/с^2.



Задание можно уносить с собой!!!

Сегодня, 18 декабря 2016 года, на портале http://abitu.net/vseros состоится онлайн разбор олимпиады.
Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.
Для участия в разборе необходимо **заранее** зарегистрироваться на портале http://abitu.net/vseros.

9 класс

Задача 1. Вторая половина. Тележка, двигаясь из состояния покоя с постоянным ускорением, проходит расстояние S и приобретает скорость $v = 10$ м/с. Затем, продолжая равномерное движение со скоростью v, она проходит ещё такое же расстояние S. Определите среднюю скорость тележки за вторую половину всего времени движения.

Задача 2. Фляжка Металлическая фляжка имеет форму параллелепипеда. Масса заполненной водой фляжки равна M. Если фляжку положить на стол самой большой гранью, то она будет оказывать давление p_1. Если ее положить на среднюю грань, то давление будет равно p_2. Если фляжку поставить на самую маленькую грань, то давление окажется равным p_3. Чему равны масса m пустой фляжки, а также длины её ребер a, b и c? Толщина стенок фляжки пренебрежимо мала по сравнению с длинами ее ребер. Плотность воды ρ.
Примечание. Для определенности длину короткого ребра фляжки обозначьте a, длину среднего ребра b, длинного ребра c.

Задача 3. Жидкое равновесие. На легком рычаге уравновешены два цилиндра, имеющие одинаковые размеры. При первом «взвешивании», точка опоры делит рычаг в отношении 1 к 2, а цилиндры погружены в жидкость с плотностью ρ на треть объема (рис.1). Если глубину погружения увеличить вдвое, то для сохранения равновесия придется перенести точку опоры рычага влево так, что она будет делить рычаг в отношении 1 к 3 (рис. 2). Определите плотности цилиндров ρ_1 и ρ_2.

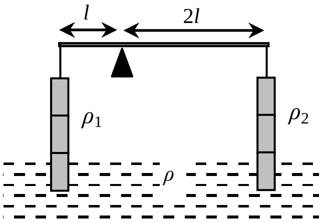


рис.1

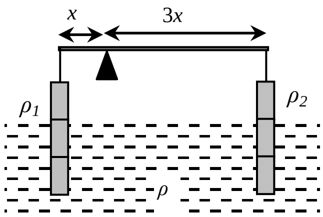
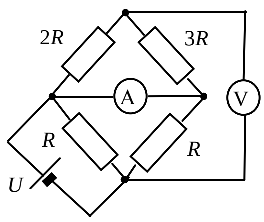


рис.2

Задача 4. Чайник. Если заполнить электрический чайник водой из-под крана, то вода в нем закипит через время τ_0 после его включения. Однажды, через время τ_1 ($\tau_1 < \tau_0$) после включения, хозяйка отлила из полного чайника немного теплой воды, тут же долила в него воды из-под крана до первоначального уровня и снова включила. На этот раз вода в чайнике закипела через время τ_2 после повторного включения. Какую часть воды α отлила хозяйка из полного чайника? Считать, что потребляемая чайником электрическая мощность постоянна, а потерями тепла в окружающее пространство и количеством теплоты, идущим на нагревание самого чайника, можно пренебречь.

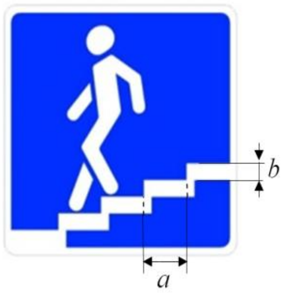
Задача 5. Приборы в цепи. Определите показания идеальных измерительных приборов в электрической цепи, схема которой приведена на рисунке. Напряжение источника $U = 12$ В, сопротивление $R = 1$ кОм.

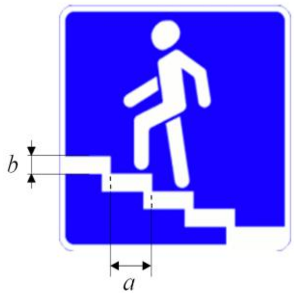


Задание можно уносить с собой!!!
Сегодня, 18 декабря 2016 года, на портале http://abitu.net/vseros состоится онлайн разбор олимпиады.
Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.
Для участия в разборе необходимо **заранее** зарегистрироваться на портале http://abitu.net/vseros.

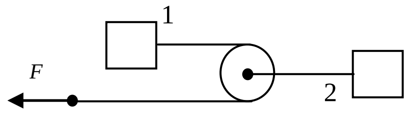
10 класс

Задача 1. "Подземный переход". Ступени лестницы имеют ширину $a = 28$ см и высоту $b = 15$ см. С какой максимальной установившейся скоростью u человек массой $m = 70$ кг может **идти** вниз по такой лестнице, наступая на каждую ступеньку? Какую среднюю мощность P он должен развивать при подъёме по лестнице с этой скоростью? $g = 10$ м/с^2.

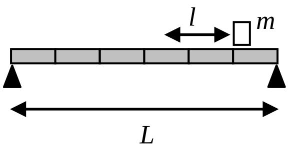




Задача 2. Ускорение тел. Система из двух одинаковых тел, соединенных легкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, покоится на горизонтальной поверхности (см. рис.). Если к свободному концу нити приложить некоторую силу F, то он начнет движение с ускорением $a = 1$ м/с^2. Какие ускорения a_1 и a_2 при этом будут иметь тела, если коэффициент трения между ними и поверхностью $\mu = 0{,}2$. Массой блока и трением в его оси можно пренебречь. $g = 10$ м/с^2.

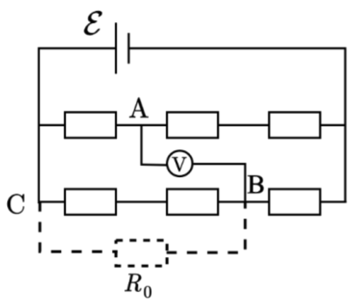


Задача 3. Перемещение груза. На однородной массивной балке, покоящейся на двух опорах, расположенных по краям, находится небольшой грузик (см. рис.). При смещении грузика на расстояние $l = 20$ см вдоль балки, одна из сил нормальной реакции опоры изменилась на $\Delta N = 0{,}2$ Н. Определите массу грузика m. Длина балки $L = 80$ см. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.



Задача 4. Увеличиваем КПД. Если нагревать воду от комнатной температуры до температуры кипения в массивном чайнике, заполненном наполовину, то КПД процесса составит $\eta_1 = 0{,}85$. Чему станет равен КПД нагревания полного чайника? Полезным эффектом является нагревание именно воды. Тепловыми потерями в окружающую среду пренебречь.

Задача 5. Ноль-прибор. В электрической цепи (см. рис.) напряжение на батарейке равно $\mathcal{E} = 12$ В, сопротивление каждого из резисторов $R = 15$ Ом. К клеммам A и B подключен вольтметр. Если к клеммам C и B подключить резистор R_0, то вольтметр покажет 0 В. Вычислите сопротивление R_0?

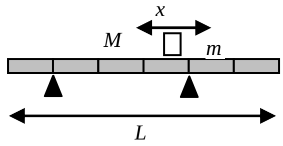


Задание можно уносить с собой!!!

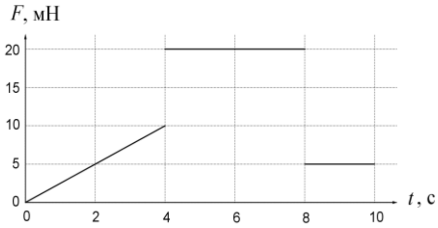
Сегодня, 18 декабря 2016 года, на портале http://abitu.net/vseros состоится онлайн разбор олимпиады.
Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.
Для участия в разборе необходимо **заранее** зарегистрироваться на портале http://abitu.net/vseros.

11 класс

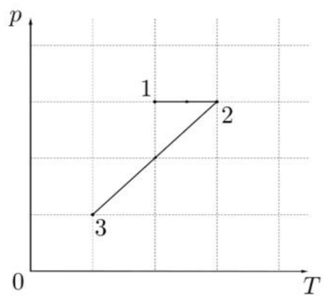
Задача 1. Новая реакция. На однородной массивной балке, покоящейся на двух опорах, находится небольшой грузик, имеющий массу m (см. рис.). При смещении грузика на расстояние x = 20 см вдоль балки, изменение одной из сил нормальной реакции опоры составило ΔN = 0,2 Н. Определите массу грузика, если длина балки L = 60 см. При какой массе балки система останется в равновесии при любом положении грузика? g = 10 м/с^2.



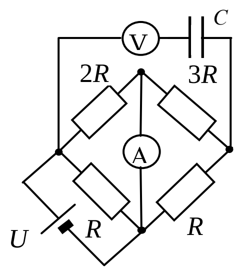
Задача 2. Безработная сила. На тело имеющее массу m = 5 г начинает действовать единственная внешняя сила, график зависимости модуля которой от времени приведен на рис. 2. При какой начальной скорости тела υ работа этой силы за все время ее действия окажется равной нулю? Как должна быть направлена эта начальная скорость по отношению к вектору силы, если он не меняет своего направления?



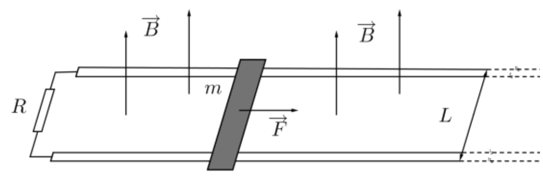
Задача 3. Работа в процессе. На диаграмме зависимости давления p от температуры T приведен процесс нагрева 1-2 одного моля идеального газа, а затем охлаждения 2-3 его до некоторой температуры (см. рис.). Найти работу, совершенную газом в процессе 1-2-3, если известно, что в состоянии с наименьшим объемом температура газа равна T = 200 K. Газовая постоянная R = 8,31 Дж/(моль·К).



Задача 4. Приборы в цепи. Определите показания электроизмерительных приборов и напряжение на конденсаторе в электрической цепи, схема которой приведена на рисунке. Напряжение источника U = 12 В, сопротивление R = 2 кОм. Внутреннее сопротивление амперметра много меньше R, а внутреннее сопротивление вольтметра много больше R.



Задача 5. Торможение перемычки. По горизонтальным проводящим рельсам может скользить без трения проводящая перемычка массы m и длины L, расположенная перпендикулярно рельсам. Рельсы замкнуты на резистор сопротивлением R. Система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией B. На перемычку начинает действовать постоянная сила F, направленная вдоль рельсов (см. рис.).



1) Найдите максимальную скорость υ_o перемычки.

2) Найдите ускорение a перемычки в тот момент, когда её скорость достигнет $\upsilon_o/3$.

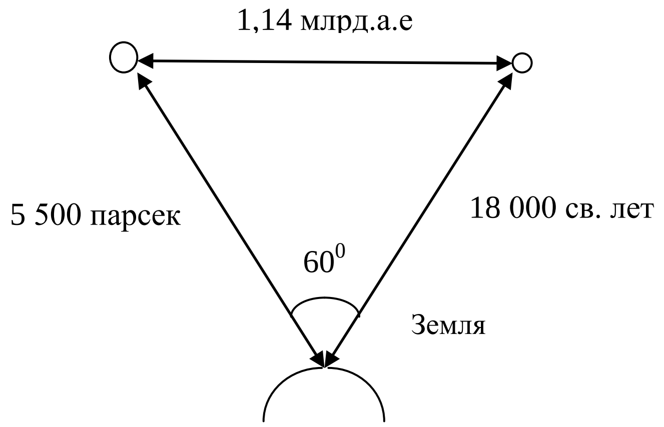
Задание можно уносить с собой!!!

Сегодня, 18 декабря 2016 года, на портале **http://abitu.net/vseros** состоится онлайн разбор олимпиады.
Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.
Для участия в разборе необходимо **заранее** зарегистрироваться на портале **http://abitu.net/vseros**.

7 класс

Задача 1. Астрофизика. В телескоп наблюдаются два космических объекта. Известно, что один из них расположен на расстоянии 18,0 тысяч световых лет от Земли, а другой - на расстоянии 5,50 килопарсек. Угол между видимыми направлениями на объекты 60 градусов, а расстояние между ними - 1,14 млрд астрономических единиц (а.е.).
Сколько световых лет содержится в 1 парсеке? Известно, что расстояние в 1 а.е. свет проходит за 500 секунд, а 1 световой год – это расстояние, которое свет проходит за 1 год.

Возможное решение (Артемьев А.).



Выразим расстояния, данные в астрономических единицах и световых годах через время в секундах, за которое свет проходит эти расстояния:

$$1{,}14 \text{ млрд.а.е} \cdot 500 \text{ с} = 570 \text{ млрд с.}$$

$$18\,000 \text{ лет} \cdot 365 \text{ суток} \cdot 24 \text{ часа} \cdot 3\,600 \text{ секунд} = 568 \text{ млрд с.}$$

Таким образом, два расстояния, указанные в задаче, практически равны друг другу, а отрезки, соединяющие три космических объекта, образуют равнобедренный треугольник с углами при основании, равными 60^0. Поскольку сумма углов в треугольнике равна 180 градусам, то и третий угол в треугольнике равен 60^0. Следовательно, треугольник равносторонний. Значит 5 500 парсек = 18 000 св. лет или 1 парсек приблизительно равен 3,3 световых года.

Критерии оценивания

1.	Обнаружено, что два расстояния в задаче одинаковы	**4 балла**
2.	Показано, что треугольник «Земля» и 2 космических объекта – равносторонний	**3 балла**
3.	Приведен перевод парсека в световые года	**3 балла**

Задача 2. Нелинейная плотность. Исследуя плотность неизвестной жидкости, экспериментатор Глюк провел серию измерений. Поставив мерный стакан с жидкостью на весы, он сфотографировал установку, а затем, долив еще немного жидкости, сделал второй снимок (рис. 1). Через несколько дней, Глюк понял, что из-за поломки, в день эксперимента показания весов были завышенными ровно на 10%. Помогите экспериментатору определить плотность неизвестной жидкости и массу пустого мерного стакана.

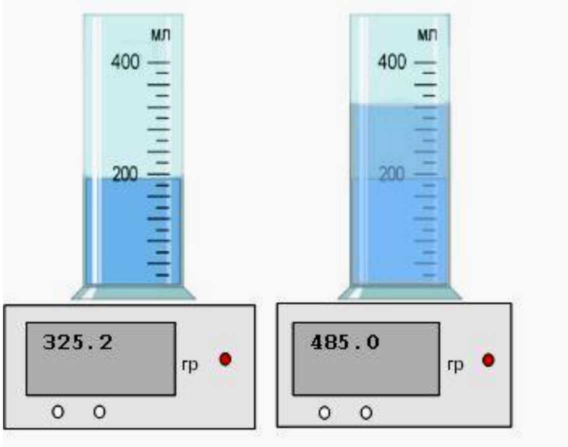


рис.1

Возможное решение (Замятнин М., Колдунов Л.). Пусть масса стакана m, а масса жидкости в нем m_1, тогда весы будут показывать

$$M_1 = 1{,}1\,(m + m_1).$$

При втором измерении их показания станут равны

$$M_2 = 1{,}1\,(m + m_2).$$

Разность этих показаний определяется только изменением массы добавленной жидкости

$$M_2 - M_1 = 1{,}1\,(m_2 - m_1).$$

и не зависит от массы сосуда!

Это позволяет рассчитать плотность жидкости

$$\rho = \frac{M_2 - M_1}{1{,}1\,(V_2 - V_1)} \approx 1{,}21 \text{ г/см}^3.$$

(объемы жидкости $V_1 = 200$ мл и $V_2 = 320$ мл определяются из рисунка).

Масса пустого сосуда может быть найдена по формуле: $m = (M_1/1{,}1) - V_1\rho = 53$ г.

Из-за неточности считывания показаний по шкале мерного стакана и округления, допускается 3% отклонение от приведенных значений.

Критерии оценивания

1. Определены объемы жидкостей (по, баллу за каждый)			**2 балла**
2. Показано, что разность показаний весов определяется только разностью масс налитой жидкости и не зависит от массы сосуда			**1 балл**
3. Приведена формула для расчета плотности			**2 балла**
4. Получено численное значение плотности	(±3%)		**2 балла**
	(±5%)	1 балл	
5. Формула для расчета массы пустого стакана			**1 балл**
6. Численное значение массы стакана	(±3%)		**2 балла**
	(±5%)	1 балл	

Если не указаны единицы измерения в окончательных результатах, то баллы за численные значения не ставятся!

Задача 3. Время относительно. Поезд проехал мост длиной $l = 450$ м за $t_1 = 45$ с. Охранник, стоящий на мосту, заметил, что поезд двигался мимо него в течение $t_2 = 30$ с. Какое время ехал по мосту пассажир, сидящий в вагоне поезда? Найдите длину поезда, скорость его движения, и определите во сколько раз длина поезда больше длины моста.

Возможное решение (фольклор).

Пусть длина поезда L, а его скорость υ. Время проезда поезда по мосту определяется от момента въезда головы поезда на мост до момента съезда хвоста поезда с моста, т.е прохождением поездом расстояния, равного $L + l$, или

$$t_1 = (L+l)/V \qquad (1)$$

Мимо охранника поезд проехал за время

$$t_2 = L/\upsilon \qquad (2)$$

а пассажир ехал по мосту в течение времени

$$t_3 = l/\upsilon \qquad (3)$$

Из (1) и (2) получаем, что $\upsilon = l/(t_1 - t_2) = 450/15 = 30$ м/с.

Длина поезда $L = \upsilon \cdot t_2 = 30 \cdot 30 = 900$ м.

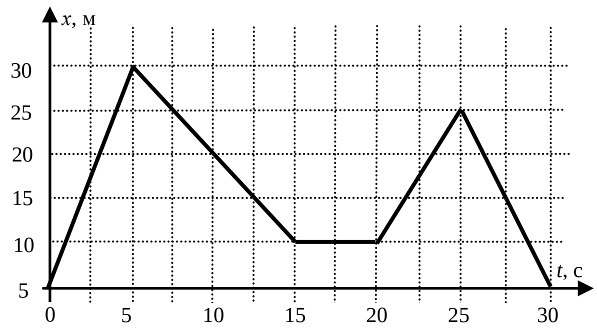
Поезд длиннее моста в $L/l = 900/450 = 2$ раза.

Критерии оценивания

1. Записано выражение для t_1 (в числовом или общем виде)	**2 балла**
2. Записано выражение для t_2 (в числовом или общем виде)	**1 балл**
3. Определено время проезда поезда по мосту	**2 балла**
4. Определена скорость поезда	**2 балла**
5. Определена длина поезда	**2 балла**
6. Определено отношение длины поезда к длине моста	**1 балл**

Задача 4. Туда-сюда. На графике приведена зависимость координаты тела, движущегося вдоль оси x, от времени. Определите:

- максимальную скорость движения тела;
- путь, пройденный телом за 30 секунд;
- среднюю скорость тела в интервале времени от 5 с до 20 с.



Возможное решение (фольклор). Разобьем весь путь на отдельные участки, движение на которых происходит с постоянной скоростью, и составим таблицу, в которой укажем диапазон времени движения на каждом участке, пройденный на нем путь и вычислим скорость движения:

№	Время движения на данном участке, с	Путь, пройденный на данном участке, м	Скорость движения на данном участке, м/с
1	5 – 0 = 5	30 – 5 = 25	25/5 = 5
2	15 – 5 = 10	30 – 10 = 20	20/10 = 2
3	20 – 15 = 5	10 – 10 = 0	0 /5 = 0
4	25 – 20 = 5	25 – 10 = 15	15/5 = 3
5	30 – 25 = 5	25 – 5 = 20	20/5 = 4

Из таблицы видно, что скорость принимает максимальное значение υ = 5 м/с на первом участке. Путь S_0, пройденный телом за 30 секунд, равен сумме путей, пройденных на каждом участке $S_0 = 25 + 20 + 0 + 15 + 20 = 80$ м.

За пятнадцатисекундный интервал времени (от 5-ой до 20-ой секунды) тело прошло путь $S_1 = 30 – 10 = 20$ м, следовательно, его средняя скорость на этом участке:

$$\upsilon_{ср} = 20/15 = 1{,}33 \text{ м/с}.$$

Критерии оценивания

1. Правильно вычислены скорости на 5 участках (по баллу за каждый участок) — **5 баллов**
2. Указана максимальная скорость — **1 балл**
3. Правильно вычислен путь, пройденный за 30 секунд — **2 балла**
4. Правильно вычислена средняя скорость на указанном участке — **2 балла**

8 класс

Задача 1. Эх, дороги. Внедорожник «Нива» может проехать расстояние l = 39 км от Дубны до Орудьева, имея скорость на асфальте υ_1 = 100 км/ч, а на грунтовом участке υ_2 = 25 км/ч. Автомобиль BMW на той же дороге по асфальту разгоняется до υ_3 = 160 км/ч, но по грунтовке едет только со скоростью υ_4 = 10 км/ч. При какой длине грунтового участка время движения машин окажется одинаковым?

Возможное решение (фольклор). Пусть x – длина грунтовой дороги. Тогда время движения «Нивы»

$$t_1 = x/\upsilon_2 + (l - x)/\upsilon_1$$

а время движения BMV $t_2 = x/\upsilon_4 + (l - x)/\upsilon_3$

Приравнивая полученные времена и подставляя числовые значения получаем,

$$x/25 + (39 - x)/100 = x/10 + (39 - x)/160, \text{ откуда } x \approx 2{,}3 \text{ км.}$$

Критерии оценивания

1. Написано уравнение для времени движения «Нивы» **4 балла**
2. Написано уравнение для времени движения BMW **4 балла**
3. Получена длина грунтовой дороги и указана единица измерения **2 балла**
   (Если не указаны единицы измерения, за пункт 3 ставить 0 баллов)

Задача 2. Бодибилдинг. Один спортсмен решил привести свое тело в соответствие с пропорциями статуи Давида, творения великого Микеланджело и сел на диету. Но что-то пошло не так. Если все горизонтальные размеры спортсмена оказались ровно вдвое меньше чем у Давида, то рост остался всего h = 170 см, тогда как высота статуи равна H = 500 см. Определите массу спортсмена, если масса мраморной статуи m = 3 200 кг. Плотность мрамора ρ = 2 700 кг/м^3, средняя плотность человеческого тела ρ_0 = 1 000 кг/м^3.

Возможное решение (Замятнин М.). Задача является оценочной и не подразумевает точных расчетов. Для её решения необходимо представить форму человека в виде простого геометрического тела. Наиболее подходящей моделью в данном случае является цилиндр, расположенный вертикально. Объем цилиндра равен произведению площади его основания на высоту. Площадь основания, в свою очередь, пропорциональна квадрату характерного горизонтального размера, которым в данной модели является радиус окружности основания цилиндра. Учитывая, что согласно условию задачи, радиус цилиндра-спортсмена в два раза меньше радиуса цилиндра-статуи, их объемы относятся как

$$V_ч/V_c = h_ч/4h_c,$$

где $V_ч$ и $h_ч$ – объем и рост человека соответственно, а V_c и h_c – объем и высота статуи.

Массы человека и статуи относятся как $m_ч/m_c = \rho_ч\, h_ч\,/(4\rho_c h_c)$,

где $\rho_ч$ и ρ_c – плотности человека и мрамора. Окончательно, $m_ч = m_c\rho_ч h_ч\,/(4\rho_c h_c)$ = 101 кг.

Критерии оценивания

1.	Выбрана и обоснована модель решения задачи	**3 балла**
2.	Записано выражение для отношения объемов	**3 балла**
3.	Записано выражение для отношения масс	**2 балла**
4.	Получен численный ответ и указана единица измерения	**2 балла**

(Если ответ указан без единиц измерения, за последний пункт ставить 0 баллов)

Задача 3. Фарфоровый чайник. В пустой фарфоровый чайник, имеющий комнатную температуру $t_0 = 20°C$, налили $m = 500$ г горячей воды при температуре $t_1 = 80°C$. В результате теплообмена температура чайника и его содержимого стала равной $t_2 = 70°C$. Затем, чайник включили в сеть и через $\tau = 2$ мин вода в нем закипела. Определите мощность P нагревателя чайника. Тепловыми потерями в окружающую среду пренебречь. Удельная теплоемкость воды $c = 4\,200$ Дж/(кг·°С).

Возможное решение (фольклор). Тепловое равновесие установилось в результате того, что количество теплоты, отданное горячей водой равно количеству теплоты, полученному холодным чайником. Запишем уравнение теплового баланса:

$$C_ч (t_2 - t_0) = cm(t_1 - t_2) \qquad (1)$$

где $C_ч$ – теплоемкость чайника. Для нагрева воды от установившейся температуры t_2 до температуры кипения воды $t_к$ необходимо передать воде от нагревателя количество теплоты

$$Q = P\tau = (C_ч + cm)(t_к - t_2) \qquad (2)$$

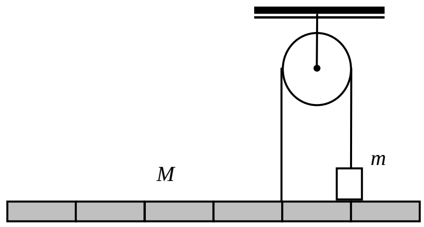
Подставляя $C_ч$ из (1) в (2), получаем

$$P = (cm(((t_1 - t_2)/(t_2 - t_0))+1)(t_к - t_2))/\ \tau = 630 \text{ Вт}.$$

Критерии оценивания

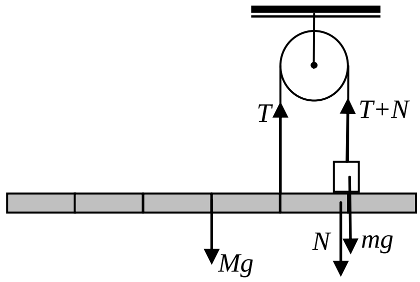
1. Записано уравнение теплового баланса **3 балла**
2. Записано уравнение для количества теплоты, полученной от электронагревателя **3 балла**
3. Решена система уравнений и получен числовой ответ **4 балла**

Задача 4. Уравновесим. К легкой нити, перекинутой через блок, с одной стороны прикреплен однородный рычаг, а с другой - груз, касающийся рычага и имеющий массу m = 6 кг. Определите, при какой массе рычага M система останется в равновесии? С какой силой при этом груз будет давить на рычаг? Трения в оси блока нет. Все необходимые расстояния можно взять из рисунка. g = 10 м/с^2.



Возможное решение (Замятнин М.) Расставим силы на груз и рычаг и запишем правило моментов для рычага относительно точки крепления нити:

$Nl = Mgl$, где l – длина одной шестой части рычага.



Запишем условия равновесия:

$T + N = mg$ – для груза

$T = Mg + N$ – для рычага.

Решая систему уравнений, получаем:

$M = m/3 = 2$ кг,

$N = mg/3 = 20$ Н.

Критерии оценивания

1. Условие равновесия груза	**2 балла**
2. Условие равновесия рычага (или для всей системы)	**2 балла**
3. Правило моментов для рычага	**2 балла**
4. Получено выражение и численный ответ для массы рычага	**2 балла**
5. Получено выражение и численный ответ для силы реакции	**2 балла**

9 класс

Задача 1. Вторая половина. Тележка, двигаясь из состояния покоя с постоянным ускорением, проходит расстояние S и приобретает скорость $\upsilon = 10$ м/с. Затем, продолжая равномерное движение со скоростью υ, она проходит ещё такое же расстояние S. Определите среднюю скорость тележки за вторую половину всего времени движения.

Возможное решение (Замятнин М.). Запишем уравнение кинематики «без времени» для участка равноускоренного движения $S = \upsilon^2/(2a)$. Отсюда ускорение $a = \upsilon^2/(2S)$, а время разгона до скорости υ равно $t_1 = \upsilon/a = 2S/\upsilon$.

Время движения тележки на участке, где она двигалась с постоянной скоростью равно $t_2 = S/\upsilon$. Общее время движения $t_0 = 3S/\upsilon$, а половина всего времени движения тележки

$$t = t_0/2 = 3S/(2\upsilon).$$

Путь S_1, пройденный тележкой за время t равен $S_1 = at^2/2 = 9S/16$. За вторую половину времени тележка прошла путь $S_2 = 2S - S_1 = 23S/16$. Искомая средняя скорость равна

$$\upsilon_{ср} = S_2/t = 23\upsilon/24 = 9{,}6 \text{ м/с}.$$

Критерии оценивания

1. Записано выражение для половины времени	**3 балла**
2. Вычислен путь на первой половине времени	**3 балла**
3. Вычислен путь на второй половине времени	**1 балл**
4. Получено выражение для средней скорости	**2 балла**
5. Получен численный ответ	**1 балл**

Задача 2. Фляжка. Металлическая фляжка имеет форму параллелепипеда. Масса заполненной водой фляжки равна M. Если фляжку положить на стол самой большой гранью, то она будет оказывать давление p_1. Если ее положить на среднюю грань, то давление будет равно p_2. Если фляжку поставить на самую маленькую грань, то давление окажется равным p_3. Чему равны масса m пустой фляжки, а также длины её ребер a, b и c? Толщина стенок фляжки пренебрежимо мала по сравнению с длинами ее ребер. Плотность воды ρ.

Примечание. Для определенности длину короткого ребра фляжки обозначьте a, длину среднего ребра b, длинного ребра c.

Возможное решение (Кармазин С.).

По условию задачи:

$$p_1 = \frac{Mg}{bc}; \qquad (1)$$

$$p_2 = \frac{Mg}{ac}; \qquad (2)$$

$$p_3 = \frac{Mg}{ab}. \qquad (3)$$

Умножив (1) на (2) и разделив на (3) получим

$$c = \sqrt{\frac{Mgp_3}{p_1 p_2}}.$$

Аналогично:

$$a = \sqrt{\frac{Mgp_1}{p_2 p_3}};$$

$$b = \sqrt{\frac{Mgp_2}{p_1 p_3}}.$$

Массу пустой фляжки найдём как разность масс фляжки с водой и собственно воды:

$$m = M - \rho abc = M - \rho\sqrt{\frac{(Mg)^3}{p_1 p_2 p_3}}.$$

Критерии оценивания

1. Записаны уравнения (1) – (3) (по 1 баллу за каждое уравнение) **3 балла**
2. Решена система уравнений (1) – (3), получены ответы для a, b и c (по 1 баллу за каждое уравнение) **3 балла**
3. Масса воды выражена через плотность и объем **1 балл**
4. Указана связь между массой заполненной фляжки и массами воды и пустой Фляжки **1 балл**
5. Получено выражение для массы фляжки **2 балла**

Задача 3. Жидкое равновесие. На легком рычаге уравновешены два цилиндра, имеющие одинаковые размеры. При первом «взвешивании», точка опоры делит рычаг в отношении 1 к 2, а цилиндры погружены в жидкость с плотностью ρ на треть объема (рис.1). Если глубину погружения увеличить вдвое, то для сохранения равновесия придется перенести точку опоры рычага влево так, что она поделит рычаг в отношении 1 к 3 (рис. 2). Определите плотности цилиндров ρ_1 и ρ_2.

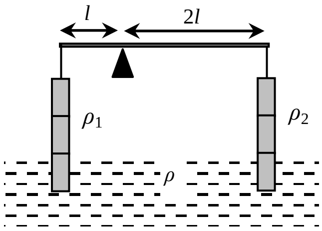


рис.1

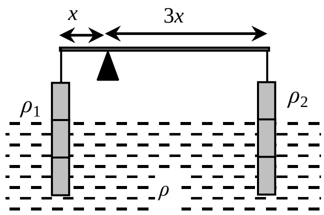


рис.2

Возможное решение (Замятнин М., Кармазин С.). Пусть объем одной трети цилиндра V, тогда правила моментов относительно точек опоры для двух случаев имеют вид:
$3V\rho_1 gl - V\rho gl = 3Vg\rho_2 2l - V\rho g 2l$ и $3V\rho_1 gx - 2V\rho gx = 3V\rho_2 g3x - 2V\rho g3x$, упрощая, получим:

$$\rho = 6\rho_2 - 3\rho_1 \text{ и } 4\rho = 9\rho_2 - 3\rho_1, \text{ откуда } \rho_1 = \frac{5}{3}\rho \text{ и } \rho_2 = \rho.$$

Критерии оценивания

1. Выражения для сил Архимеда, действующих на погруженные части тел	**2 балла**
2. Правила моментов для состояний равновесия системы (по 2 балла за каждое)	**4 балла**
3. Решение системы и ответы	**4 балла**

Задача 4. Чайник. Если заполнить электрический чайник водой из-под крана, то вода в нем закипит через время τ_0 после его включения. Однажды, через время τ_1 ($\tau_1 < \tau_0$) после включения, хозяйка отлила из полного чайника немного теплой воды, тут же долила в него воды из-под крана до первоначального уровня и снова включила. На этот раз вода в чайнике закипела через время τ_2 после повторного включения. Какую часть воды α отлила хозяйка из полного чайника? Считать, что потребляемая чайником электрическая мощность постоянна, а потерями тепла в окружающее пространство и количеством теплоты, идущим на нагревание самого чайника, можно пренебречь.

Возможное решение (Кармазин С.). Введем следующие обозначения:

t_0 – температура кипения воды,
t_1 – температура воды в водопроводной системе,
t_2 – температура отлитой воды,
t_3 – температура воды в чайнике после добавления воды из крана (перед повторным включением),
m_0 – масса воды в заполненном чайнике,
Δm – масса отлитой воды,
P – мощность нагревателя,
c – удельная теплоемкость воды.
$\alpha = \Delta m/m_0$

Согласно условию задачи, для количества теплоты, полученного водой в различных режимах ее нагревания, можно записать выражения:

$$cm_0\left(t_0 - t_1\right) = P\tau_0; \qquad (1)$$

$$cm_0\left(t_2 - t_1\right) = P\tau_1; \qquad (2)$$

$$cm_0\left(t_0 - t_3\right) = P\tau_2; \qquad (3)$$

После добавления в теплую воду воды из под крана, в чайнике установилась температура воды t_3, которая связана с t_1 и t_2 уравнением теплового баланса

$$c\left(m_0 - \Delta m\right)\left(t_2 - t_3\right) = c\Delta m\left(t_3 - t_1\right); \qquad (4)$$

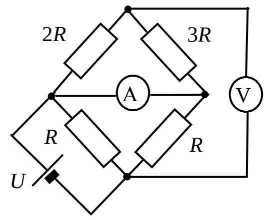
Решая систему уравнений (1) – (4), получим

$$\alpha = \frac{\left(\tau_1 + \tau_2 - \tau_0\right)}{\tau_1}.$$

Критерии оценивания

1. Записаны три выражения (1)-(3) для количества теплоты, получаемой водой в чайнике в трех различных процессах нагревания **3 балла**
2. Записано уравнение теплового баланса **3 балла**
3. Решена система уравнений и получен ответ **4 балла**

Задача 5. Приборы в цепи. Определите показания идеальных измерительных приборов в электрической цепи, схема которой приведена на рисунке. Напряжение источника $U = 12$ В, сопротивление $R = 1$ кОм.

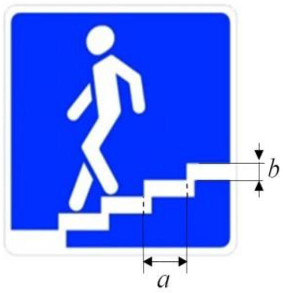


Возможное решение (фольклор). Через резисторы сопротивлением $2R$ и $3R$ ток не течет, так как они закорочены амперметром. Следовательно, показания вольтметра $V = U = 12$ В.
Из закона Ома и распределения потенциалов делаем вывод, что через оба резистора сопротивлением R и амперметр течет ток $I = U/R = 12$ мА.

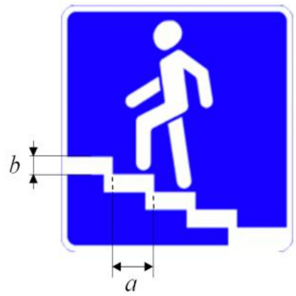
Критерии оценивания

1.	Обосновано отсутствие токов через резисторы $2R$ и $3R$	**3 балла**
2.	Найдено показание вольтметра	**3 балла**
3.	Найдены токи через резисторы R и амперметр	**3 балла**
4.	Численное значение тока через амперметр	**1 балл**

10 класс



Задача 1. "Подземный переход". Ступени лестницы имеют ширину $a = 28$ см и высоту $b = 15$ см. С какой максимальной установившейся скоростью u человек массой $m = 70$ кг может **идти** вниз по такой лестнице, наступая на каждую ступеньку? Какую среднюю мощность P он должен развивать при подъёме по лестнице с этой скоростью? $g = 10$ м/с^2.



Возможное решение (Бабинцев В.). Центр масс человека опустится на b за минимальное время (свободное падение)

$$\tau = \sqrt{\frac{2b}{g}} \approx 0{,}18\ \text{с}. \quad (\textit{принимается и 0,2 с})$$

Средняя горизонтальная составляющая скорости

$$u_x = \frac{a}{\tau}.$$

Среднее значение скорости человека

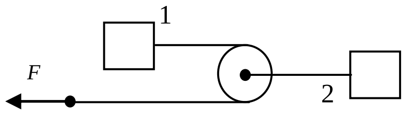
$$u = \frac{\sqrt{a^2+b^2}}{a}u_x = \frac{\sqrt{a^2+b^2}}{\tau} \approx 1{,}8\ \text{м/с}. \quad (\textit{для } \tau = 0{,}2\ \textit{с } u = 1{,}6\ \textit{м/с}).$$

Средняя сила, которую необходимо развивать мышцам человека, равна по модулю силе тяжести и направлена вверх. Поэтому средняя мощность при подъеме равна

$$P = \frac{mgb}{\tau} \approx 590\ \text{Вт} \qquad (\textit{для } \tau = 0{,}2\ \textit{с } P = 525\textit{Вт}).$$

Критерии оценивания

1.	Найдено время опускания с высоты одной ступеньки	**3 балла**
2.	Найдена проекция средней горизонтальной скорости	**2 балла**
3.	Найдена установившаяся скорость человека	**2 балла**
4.	Найдена средняя мощность при подъеме человека вверх по лестнице	**3 балла**



Задача 2. Ускорение тел. Система из двух одинаковых тел, соединенных легкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, покоится на горизонтальной поверхности (см. рис.). Если к свободному концу нити приложить некоторую силу F, то он начнет движение с ускорением $a = 1$ м/с^2. Какие ускорения a_1 и a_2 при этом будут иметь тела, если коэффициент трения между ними и поверхностью $\mu = 0{,}2$. Массой блока и трением в его оси можно пренебречь. $g = 10$ м/с^2.

Возможное решение (Замятнин М.). Предположим, что в движение приходят оба тела, тогда уравнения второго закона Ньютона для тел имеют вид:

$$ma_1 = F - \mu mg \text{ , и } ma_2 = 2F - \mu mg \text{ .}$$

Здесь учтено, что силы натяжения нитей отличаются в два раза, из-за невесомого блока. Так как нити нерастяжимы, связь для модулей ускорений имеет вид:

$$a = a_1 + 2a_2.$$

Из полученной системы уравнений следует:

$$a_1 = \frac{a - 2\mu g}{5} \text{ и } a_2 = \frac{2a + \mu g}{5} \text{ ,}$$

или после численной подстановки:

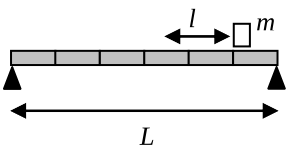
$$a_1 = -0{,}6 \text{ м/с}^2,\ a_2 = 0{,}8 \text{ м/с}^2.$$

Отрицательное значение модуля первого ускорения противоречит нашему предположению о движении обоих тел (сила трения покоя для тела 1 не выходит на максимальное значение). Следовательно, тело 1 останется неподвижным ($a_1 = 0$), а тело 2 начнет движение с ускорением $a_2 = a/2 = 0{,}5$ м/с^2.

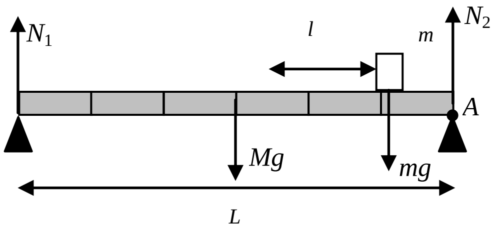
Критерии оценивания

1. Записаны уравнения второго закона Ньютона для тел (по 1 баллу за каждое) **2 балла**
2. Явно указано, что соотношение сил натяжения нитей связано с невесомостью блока **1 балл**
3. Уравнение кинематической связи для ускорений **2 балла**
4. Анализ полученных решений системы и вывод о неподвижности тела 1 **3 балла**
5. Ответы и численные значения для ускорений тел **2 балла**

Задача 3. Перемещение груза. На однородной массивной балке, покоящейся на двух опорах, расположенных по краям, находится небольшой грузик (см. рис.). При смещении грузика на расстояние $l = 20$ см вдоль балки, одна из сил нормальной реакции опоры изменилась на $\Delta N = 0{,}2$ Н. Определите массу грузика m. Длина балки $L = 80$ см. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.



Возможное решение (фольклор). Расставим силы, действующие на рычаг и груз и запишем правило моментов для начального и конечного положений груза относительно точки A:



$MgL/2 + mgx = N_1L$ – для начального состояния

$MgL/2 + mg(x+l) = (N_1 + \Delta N)L$ – для конечного, где M – масса рычага, а x – расстояние от точки A до начального положения груза.

Решая систему уравнений, получаем: $m = \Delta NL/gl = 80$ г.

Критерии оценивания

1.	Правило моментов для начального состояния системы	**3 балла**
2.	Правило моментов для конечного состояния системы	**3 балла**
3.	Выражение для массы и численный ответ	**4 балла**

Задача 4. Увеличиваем КПД. Если нагревать воду от комнатной температуры до температуры кипения в массивном чайнике, заполненном наполовину, то КПД процесса составит $\eta_1 = 0{,}85$. Чему станет равен КПД нагревания полного чайника? Полезным эффектом является нагревание именно воды. Тепловыми потерями в окружающую среду пренебречь.

Возможное решение (Замятнин М.). По определению КПД:

$$\eta_1 = \frac{C_1\Delta t}{(C_1 + C_0)\Delta t},$$

где C_1 – теплоемкость жидкости в первом опыте, C_0 – теплоемкость чайника, Δt – изменение температуры содержимого чайника.

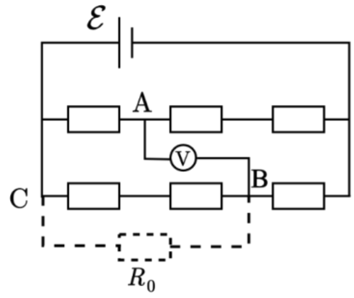
Во втором случае: $$\eta_2 = \frac{2C_1\Delta t}{(2C_1 + C_0)\Delta t}.$$

Решая систему уравнений, получаем: $\eta_2 = \dfrac{2\eta_1}{\eta_1 + 1}$ =0,92.

Критерии оценивания

1.	Выражение для η_1	**3 балла**
2.	Выражение для η_2	**4 балла**
3.	Решение системы и численный ответ	**3 балла**

Задача 5. Ноль-прибор. В электрической цепи (см. рис.) напряжение на батарейке равно $\mathcal{E}$ = 12 В, сопротивление каждого из резисторов R = 15 Ом. К клеммам A и B подключен вольтметр. Если к клеммам C и B подключить резистор R_0, то вольтметр покажет 0 В. Вычислите сопротивление R_0?



Возможное решение (фольклор). Так как вольтметр показывает 0 В, то напряжение U_{CA} на резисторе, включенном в участке цепи CA, и напряжение U_{CB} на участке цепи CB равны. Получим выражения для этих напряжений.

Сила тока в участке цепи, состоящей из трёх верхних резисторов, равна

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{3R}.$$

Напряжение на участке цепи CA равно

$$U_{CA} = \frac{\mathcal{E}}{3R}R = \frac{1}{3}\mathcal{E}.$$

Сопротивление участка цепи (CB) равно

$$R_{CB} = \frac{2RR_0}{2R + R_0}.$$

Сила тока, протекающего через правый резистор нижнего участка цепи, состоящем из четырёх резисторов, равна

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_{CB} + R} = \frac{\mathcal{E}}{R}\left(\frac{2R + R_0}{2R + 3R_0}\right).$$

Напряжение на участке цепи CB равно

$$U_{CB} = \frac{\mathcal{E}}{R}\left(\frac{2R + R_0}{2R + 3R_0}\right)\left(\frac{2RR_0}{2R + R_0}\right) = \mathcal{E}\frac{2R_0}{2R + 3R_0}.$$

Из условия, что $U_{CA} = U_{CB}$, получим

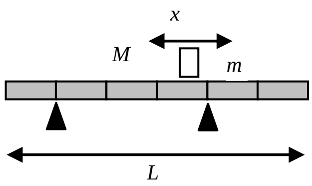
$$R_0 = \frac{2}{3}R = 10 \text{ Ом}.$$

Критерии оценивания

1. Указано на то, что $U_{CA} = U_{CB}$ **3 балла**
2. Получено выражение для напряжения U_{CA} **2 балла**
3. Получено выражение для напряжения U_{CB} **3 балла**
4. Найдено сопротивление резистора R_0 **2 балла**

11 класс

Задача 1. Новая реакция. На однородной массивной балке, покоящейся на двух опорах, находится небольшой грузик, имеющий массу m (см. рис.). При смещении грузика на расстояние x = 20 см вдоль балки, изменение одной из сил нормальной реакции опоры составило ΔN = 0,2 Н. Определите массу грузика, если длина балки L = 60 см. При какой массе балки система останется в равновесии при любом положении грузика? g = 10 м/с^2.

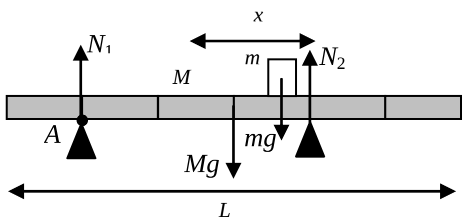


Возможное решение (фольклор). Расставим силы, действующие на рычаг и груз, и запишем правила моментов для начального и конечного положений груза относительно точки A:

$MgL/3 + mgl = N_2L/2$ – для начального состояния

$MgL/3 + mg(x+l) = (N_2 + \Delta N)L/2$ – для конечного,

где M – масса рычага, а l – расстояние от точки A до груза.



Решая систему уравнений, получаем:

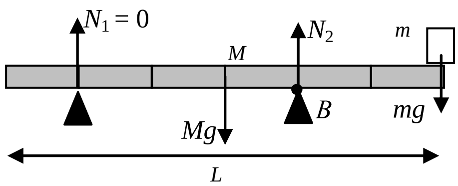
$m = \Delta NL/2gx$ = 30 г.

Рассмотрим случай, когда грузик находится у правого края балки (соответствует максимальной массе рычага, причем N_1 = 0).

Запишем правило моментов для начального и конечного положений груза относительно точки B:

$$MgL/6 = mgL/3.$$

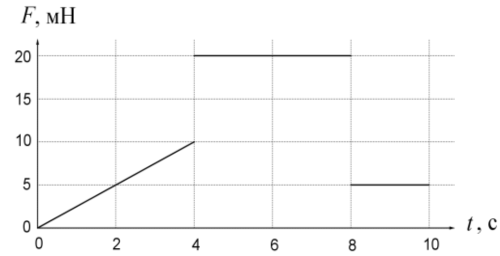
Следовательно, $M = 2m = L\Delta N/(gx)$ = 60 г.



Критерии оценивания

1.	Правило моментов для начального состояния системы	**2 балла**
2.	Правило моментов для конечного состояния системы	**2 балла**
3.	Выражение для массы грузика и численный ответ	**3 балла**
4.	Анализ возможных положений груза при опрокидывании балки	**1 балл**
5.	Найдена масса балки, достаточная для равновесия системы	**2 балла**

Задача 2. Безработная сила. На тело имеющее массу $m = 5$ г начинает действовать единственная внешняя сила, график зависимости модуля которой от времени приведен на рис. 2. При какой начальной скорости тела υ работа этой силы за все время ее действия окажется равной нулю? Как должна быть направлена эта начальная скорость по отношению к вектору силы, если он не меняет своего направления?



Возможное решение (Замятнин М.). Площадь под графиком пропорциональна импульсу силы, действующей на тело, через который, в свою очередь, можно определить изменение скорости тела за все время действия силы: $m\Delta\upsilon = 0{,}005$ кг·м/с и $\Delta\upsilon$ = 22 м/с.

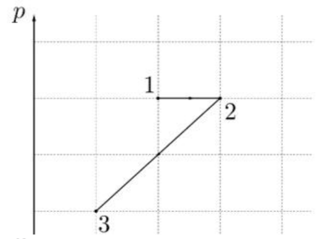
Из закона сохранения энергии $\frac{m\upsilon^2}{2} + A = \frac{m(\upsilon+\Delta\upsilon)^2}{2}$ работа силы равна $A = m\upsilon\Delta\upsilon + \frac{m(\Delta\upsilon)^2}{2}$. Это выражение обращается в ноль при $\upsilon = -\frac{\Delta\upsilon}{2}$. Следовательно, вектор начальной скорости тела должен быть направлен в сторону противоположную направлению вектора силы и равен υ = 11 м/с.

Если сила F направлена под углом к вектору скорости, то все проведённые нами вычисления будут относиться к составляющей скорости, параллельной силе, а перпендикулярная составляющая скорости не изменится.

Критерии оценивания

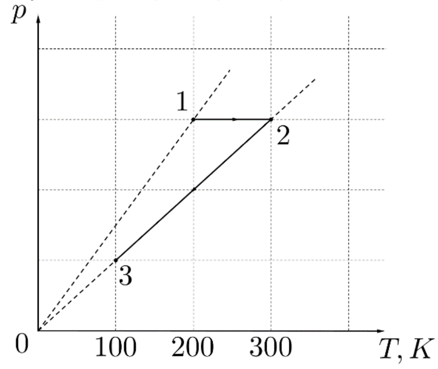
1. Идея связи импульса силы с площадью под графиком **1 балл**
2. Определено значение импульса силы (изменения импульса тела) **2 балла**
3. Найдено численное значение изменение скорости тела **1 балл**
4. Записан закон сохранения энергии **1 балл**
5. Получено выражение для работы силы **1 балл**
6. Получено выражение и численное значение для искомой начальной скорости **1 балл**
7. Правильно проинтерпретирован знак начальной скорости **1 балл**
8. Указано, что вычисления относятся к составляющей скорости, параллельной силе F. **2 балла**

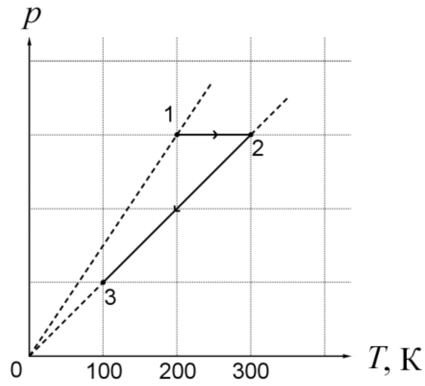
Задача 3. Работа в процессе. На диаграмме зависимости давления p от температуры T приведен процесс нагрева 1-2 одного моля идеального газа, а затем охлаждения 2-3 его до некоторой температуры (см. рис.). Найти работу, совершенную газом в процессе 1-2-3, если известно, что в состоянии с наименьшим объемом температура газа равна $T = 200$ К. Газовая постоянная R = 8,31 Дж/(моль·К).



Возможное решение (Шеронов А.). На графике $P - T$ изохора представляет собой отрезок прямой, проходящей через начало координат, причем большему объему соответствует меньший наклон. Поэтому состояние с наименьшим объемом – это точка 1, поскольку через нее проходит изохора с максимальным наклоном. Заметим, что, как следует из графика, процесс 1-2 – изобара, а 2-3 – изохора, поэтому работа совершается только на первом участке, а величина ее равна

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T = R\left(\frac{3}{2}T - T\right) = \frac{1}{2}RT = 831 \text{ Дж}.$$

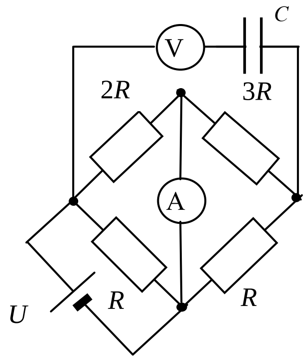




Критерии оценивания

1. Показано, что участок 2-3 – изохора **3 балла**
2. Показано, что точка 1 соответствует наименьшему объему **2 балла**
3. Получено аналитическое выражение для работы в процессе 1-2 **4 балла**
4. Получен численный ответ **1 балл**

Задача 4. Приборы в цепи. Определите показания электроизмерительных приборов и напряжение на конденсаторе в электрической цепи, схема которой приведена на рисунке. Напряжение источника $U = 12$ В, сопротивление $R = 2$ кОм. Внутреннее сопротивление амперметра много меньше R, а внутреннее сопротивление вольтметра много больше R.

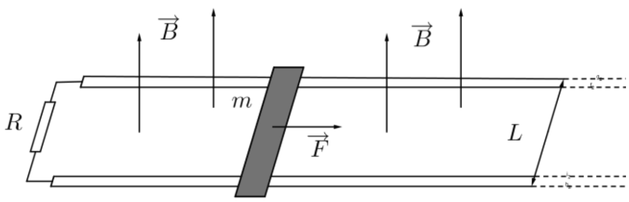


Возможное решение (фольклор). Через резисторы сопротивлением R (правый) и $3R$ ток не течет, так как они закорочены амперметром, а в ветви с конденсатором, в установившемся режиме, тока нет.
Из закона Ома и распределения потенциалов делаем вывод, что через сопротивление $2R$ и амперметр течет ток $I = U/2R = 3$ мА.

В установившемся режиме напряжение на конденсаторе равно $U_c = U = 12$ В, а напряжение на вольтметре $V = 0$ В.

Критерии оценивания

1.	Обосновано отсутствие токов через резисторы R и $3R$	**3 балла**
2.	Найдено показание вольтметра	**3 балла**
3.	Найдены токи через резисторы R и $2R$ амперметр	**3 балла**
4.	Численное значение тока через амперметр	**1 балл**



Задача 5. Торможение перемычки. По горизонтальным проводящим рельсам может скользить без трения проводящая перемычка массы m и длины L, расположенная перпендикулярно рельсам. Рельсы замкнуты на резистор сопротивлением R. Система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией B. На перемычку начинает действовать постоянная сила F, направленная вдоль рельсов (см. рис.).

1) найдите максимальную скорость υ_0 перемычки.

2) Найдите ускорение a перемычки в тот момент, когда её скорость достигнет $\upsilon_0/3$.

Возможное решение (Чивилёв В.). По закону электромагнитной индукции

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}; \Rightarrow IR = BL\upsilon; \Rightarrow I = \frac{BL\upsilon}{R}.$$

При достижении перемычкой максимальной скорости её ускорение становится равным нулю:

$$ma = 0 = F - F_A,$$

где $F_A = BIL$ – сила Ампера. Таким образом, максимальная скорость

$$\upsilon_0 = \frac{RF}{(BL)^2}.$$

Когда скорость станет равной $\upsilon = \upsilon_0/3$, ЭДС индукции будет $\varepsilon = BL\upsilon_0/3$. При этом сила тока

$$I = \frac{BL\upsilon_0}{3R}.$$

Искомое ускорение

$$a = \frac{F - F_A}{m} = \frac{2}{3}\frac{F}{m}.$$

Критерии оценивания

1.	Из закона электромагнитной индукции найдена сила тока	**2 балла**
2.	Получено выражение для максимальной скорости	**2 балла**
3.	Получено выражение для силы тока при $\upsilon = \upsilon_0/3$	**2 балла**
4.	Найдено ускорение перемычки	**4 балла**