

--

ШИФР

Весенняя выездная школа 2010
физического факультета СПбГУ
Олимпиада по физике

11 КЛАСС

Базовая часть

2-й ВАРИАНТ

1	Что такое абсолютно неупругий удар?
2	Что такое испарение?
3	Что такое емкость конденсатора?
4	Что такое напряжение (электрическое)?

Тестовая часть

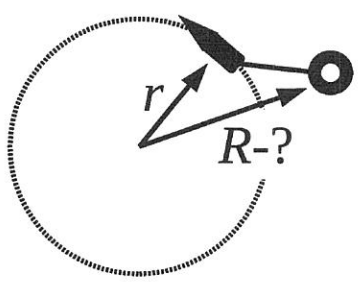
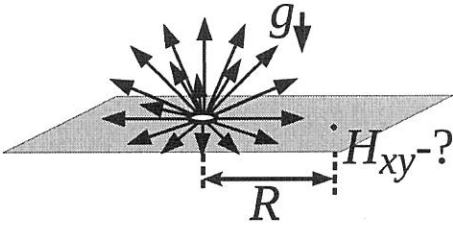
(выберите один правильный ответ и пометьте его галочкой в таблице внизу страницы)

11 КЛАСС

2-й ВАРИАНТ

1	<p>Ведро наполовину заполнено водой. В нем плавает миска, в которой лежит камень. Если камень выкинуть из миски в ведро, то уровень воды в ведре:</p> <p>a) поднимется b) поднимется, если камень легче миски c) не изменится</p> <p>d) упадет e) упадет, камень легче миски</p>
2	<p>При сжатии идеального газа по закону $PV^3 = const$ его температура</p> <p>a) растет b) сначала растет, потом падает c) сначала падает, потом растет</p> <p>d) падает e) может как повышаться, так и понижаться</p>
3	<p>Груз массой $m = 50$ кг стоит на технически исправных весах в кабине лифта. Показания весов $P = 60$ кг означают, что лифт:</p> <p>a) поднимается со скоростью $V = 2$ м/с b) опускается со скоростью $V = 2$ м/с c) мгновенно остановился d) разгоняется на подъеме с ускорением $a = 2$ м/с² e) тормозит на подъеме с ускорением $a = 2$ м/с²</p>
4	<p>Закон сохранения импульса <u>в механике</u> выполняется:</p> <p>a) всегда b) только в замкнутой системе c) только при отсутствии диссипативных сил d) только в замкнутой системе при отсутствии диссипативных сил e) только в условиях невесомости</p>

2 вар	1 вопрос	2 вопрос	3 вопрос	4 вопрос
a)				
b)				
c)				
d)				
e)				

1	<p>Директор летней базы отдыха организовал на озере катание на бубликах. Катер движется по кругу диаметра $r = 20$ метров с постоянной скоростью $V = 18$ км/ч, к катеру с помощью нерастяжимого легкого троса привязан надувной бублик с пассажирами (см. рис, вид сверху), общая масса бублика с пассажирами $m = 120$ кг. Длина троса $L = r/2$, сила сопротивления движению бублика пропорциональна скорости бублика относительно воды с коэффициентом пропорциональности $\alpha = 60$ Н·с/м. Найдите диаметр окружности, по которой движется бублик. Размерами бублика и сопротивлением воздуха пренебречь.</p>	
2	<p>В высоком цилиндрическом сосуде налита жидкость, которая герметично закрыта поршнем массой m площадью S. Первоначально поршень лежит на жидкости. К сосуду начинают подводить тепло, и жидкость начинает интенсивно кипеть, при этом поршень начинает двигаться с постоянным ускорением a. Известно, что температура, при которой кипит жидкость в данном эксперименте, равна T_k. Найдите зависимость мощности теплоты W, подводимой к сосуду, от времени и постройте ее график. Удельная теплота парообразования жидкости r, молярная масса M. Ускорение свободного падения g, снаружи сосуда вакуум. Поршень перемещается в сосуде без трения; считайте, что в течение всего рассматриваемого времени движения поршня его скорость достаточно мала, так что в каждый момент под поршнем успевает установиться термодинамическое равновесие.</p>	
3	<p>Найти давление в центре равномерно заряженного шара радиуса R, если объемная плотность заряда шара ρ, а сам он находится в воздухе при атмосферном давлении p.</p>	
4	<p>Из отверстия в горизонтальной плоскости вылетают со скоростью $V_0 = 2$ м/с электроны. Электроны вылетают под всевозможными углами, равномерно во все стороны над плоскостью, число электронов, вылетающих за одну секунду $N = 10^{15}$. Экспериментатор при помощи магнитометра измеряет индукцию магнитного поля, которую создают движущиеся электроны. Что покажет магнитометр, если поместить его на расстоянии $R = \sqrt{3}/5$ м ≈ 0.346 м от точки вылета и измерить проекцию вектора индукции на плоскость? Заряд электрона $e \approx 1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Взаимодействием электронов друг с другом и излучением пренебречь. Принять ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Н/А².</p>	

--

ШИФР

Весенняя выездная школа 2010
физического факультета СПбГУ
Олимпиада по физике

11 КЛАСС

Базовая часть

1-й ВАРИАНТ

1	Что такое абсолютно упругий удар?
2	Что такое кипение?
3	Что такое конденсатор?
4	Что такое электрический ток?

Тестовая часть

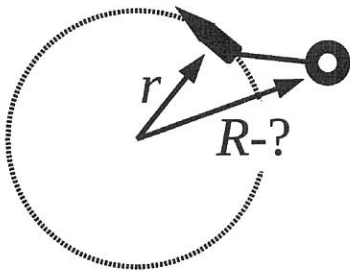
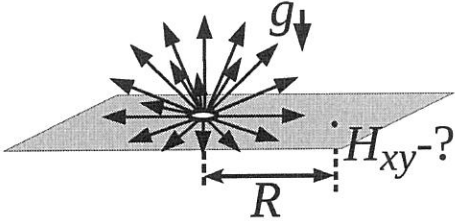
(выберите один правильный ответ и пометьте его галочкой в таблице внизу страницы)

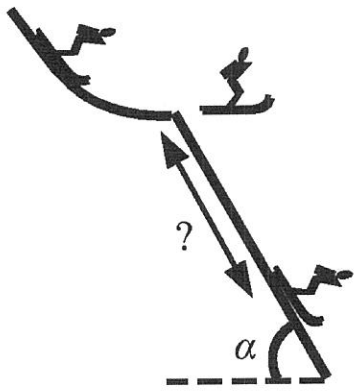
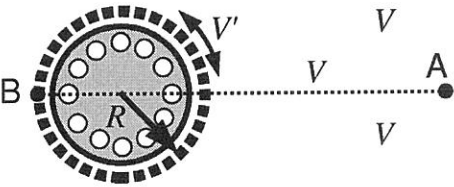
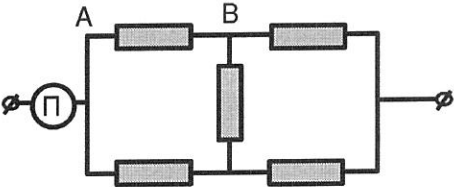
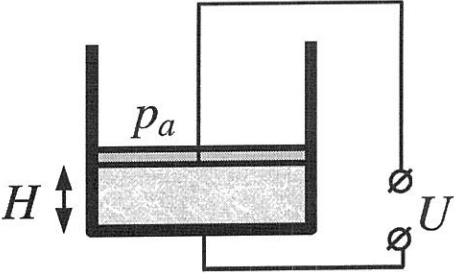
11 КЛАСС

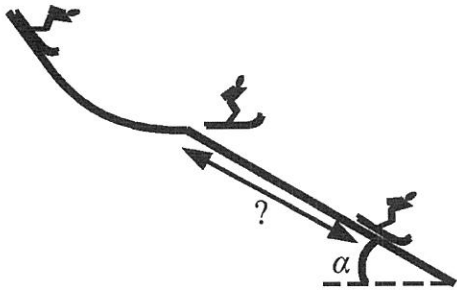
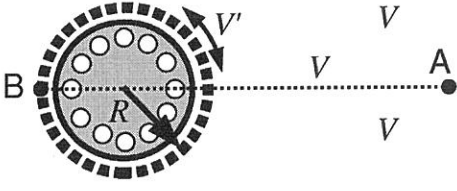
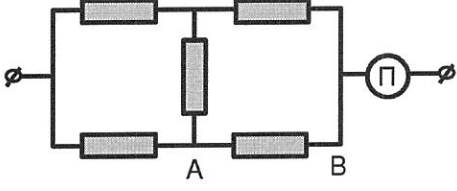
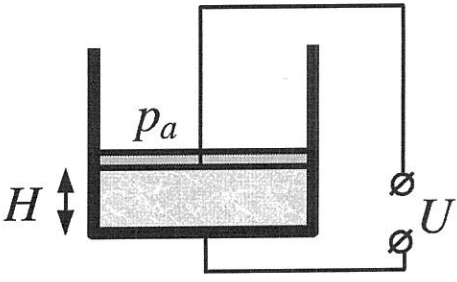
1-й ВАРИАНТ

1	<p>Ведро наполовину заполнено водой. В нем плавает миска, в которой лежит мяч. Если мяч выкинуть из миски в ведро, то уровень воды в ведре:</p> <p>a) поднимется b) поднимется, если мяч тяжелее миски c) не изменится</p> <p>d) упадет e) упадет, если мяч тяжелее миски</p>
2	<p>При расширении идеального газа по закону $PV^2 = const$ его температура</p> <p>a) растет b) сначала растет, потом падает c) сначала падает, потом растет</p> <p>d) падает e) может как повышаться, так и понижаться</p>
3	<p>Груз массой $m = 75$ кг стоит на технически исправных весах в кабине лифта. Показания весов $P = 60$ кг означают, что лифт:</p> <p>a) поднимается со скоростью $V = 2$ м/с b) опускается со скоростью $V = 2$ м/с c) мгновенно остановился d) разгоняется на подъеме с ускорением $a = 2$ м/с² e) тормозит на подъеме с ускорением $a = 2$ м/с²</p>
4	<p>Закон сохранения энергии <u>в механике</u> выполняется:</p> <p>a) всегда b) только в замкнутой системе c) только при отсутствии диссипативных сил d) только в замкнутой системе при отсутствии диссипативных сил e) только в условиях невесомости</p>

1 вар	1 вопрос	2 вопрос	3 вопрос	4 вопрос
a)				
b)				
c)				
d)				
e)				

1	<p>Директор летней базы отдыха организовал на озере катание на бубликах. Катер движется по кругу радиуса $r = 10$ метров с постоянной скоростью $V = 18$ км/ч, к катеру с помощью нерастяжимого легкого троса привязан надувной бублик с пассажирами (см. рис, вид сверху), общая масса бублика с пассажирами $m = 100$ кг. Длина троса $L = r/2$, сила сопротивления движению бублика пропорциональна скорости бублика относительно воды с коэффициентом пропорциональности $\alpha = 50$ Н·с/м. Найдите радиус окружности, по которой движется бублик. Размерами бублика и сопротивлением воздуха пренебречь.</p>	
2	<p>В высоком цилиндрическом сосуде налита жидкость, которая герметично закрыта поршнем массой m площадью S. Первоначально поршень лежит на жидкости. К сосуду начинают подводить тепло, и жидкость начинает интенсивно кипеть, при этом поршень начинает двигаться с постоянным ускорением. Известно, что температура, при которой кипит жидкость в данном эксперименте, равна T_k, давления насыщенных паров жидкости при данной температуре равно p. Найдите зависимость мощности теплоты W, подводимой к сосуду, от времени и постройте ее график. Удельная теплота парообразования жидкости r, молярная масса M. Ускорение свободного падения g, снаружи сосуда вакуум. Поршень перемещается в сосуде без трения; считайте, что в течение всего рассматриваемого времени движения поршня его скорость достаточно мала, так что в каждый момент под поршнем успевает установиться термодинамическое равновесие.</p>	
3	<p>Найти давление в центре равномерно заряженного шара радиуса R, если полный заряд шара Q, а сам он находится в воздухе при атмосферном давлении p.</p>	
4	<p>Из отверстия в горизонтальной плоскости вылетают со скоростью $V_0 = 10$ м/с электроны. Электроны вылетают под всевозможными углами, равномерно во все стороны над плоскостью, число электронов, вылетающих за одну секунду $N = 10^{15}$. Экспериментатор при помощи магнитометра измеряет индукцию магнитного поля, которую создают движущиеся электроны. Что покажет магнитометр, если поместить его на расстоянии $R = 5\sqrt{3}$ м ≈ 8.66 м от точки вылета и измерить проекцию вектора индукции на плоскость? Заряд электрона $e \approx 1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Взаимодействием электронов друг с другом и излучением пренебречь. Принять ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Н/А².</p>	

<p>1</p>	<p>Спортсмен участвует в соревновании по прыжкам на лыжах с трамплина. В момент отрыва лыжника его скорость горизонтальна. Гора приземления составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с горизонтом (см. рис). Спортсменам разрешают начинать разгон с такой высоты, чтобы в момент приземления их составляющая скорости, перпендикулярная поверхности горы, не превышала ΔV. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найдите максимально возможную дальность полета на соревнованиях. Ускорение свободного падения g.</p>	
<p>2</p>	<p>Посреди заснеженного луга стоит круглое здание. Вокруг него протоптана дорожка радиуса R (см. рис, вид сверху). Скорость движения человека по снегу V, а по дорожке $V' = 2V$. По какой траектории надо двинуться из точки А, чтобы попасть в точку В за минимальное время? Чему равно это время? Расстояние АВ равно $6R$.</p>	
<p>3</p>	<p>Схема, представленная на рисунке, собрана из двух сопротивлений номиналом 1 Ом, и трех сопротивлений номиналом 15 Ом. Схема подключена к источнику постоянного напряжения 15 В через предохранитель П – устройство, размыкающее цепь, если ток, проходящий через него больше допустимого. Экспериментатор по очереди закорачивает каждое из сопротивлений схемы. Известно, что предохранитель срабатывает только если экспериментатор закоротил точки А и В. Как расположены номиналы сопротивлений на схеме? Какой ток должен выдерживать предохранитель, чтобы описанная ситуация была возможна?</p>	
<p>4</p>	<p>В расположенном вертикально цилиндре под поршнем массой m находится ν молей трехатомного идеального газа, снаружи цилиндра атмосферное давление p_a. Поршень и дно цилиндра являются проводящими пластинами площади S и образуют плоский конденсатор. Между поршнем и дном цилиндра приложено напряжение U. Система находится в равновесии, при этом расстояние между поршнем и дном цилиндра равно H. Какова теплоемкость газа? Отличием диэлектрической проницаемости газа от диэлектрической проницаемости вакуума пренебречь. Ускорение свободного падения g.</p>	

1	<p>Спортсмен участвует в соревновании по прыжкам на лыжах с трамплина. В момент отрыва лыжника его скорость горизонтальна. Гора приземления составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом (см. рис). Спортсменам разрешают начинать разгон с такой высоты, чтобы в момент приземления их составляющая скорости, перпендикулярная поверхности горы, не превышала ΔV. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найдите максимально возможную дальность полета на соревнованиях. Ускорение свободного падения g.</p>	
2	<p>Посреди заснеженного луга стоит круглое здание. Вокруг него протоптана дорожка радиуса R (см. рис, вид сверху). Скорость движения человека по снегу V, а по дорожке $V' = 3V$. По какой траектории надо двинуться из точки А, чтобы попасть в точку В за минимальное время? Чему равно это время? Расстояние АВ равно $5R$.</p>	
3	<p>Схема, представленная на рисунке, собрана из двух сопротивлений номиналом 1 Ом, и трех сопротивлений номиналом 10 Ом. Схема подключена к источнику постоянного напряжения 10 В через предохранитель П – устройство, размыкающее цепь, если ток, проходящий через него больше допустимого. Экспериментатор по очереди закорачивает каждое из сопротивлений схемы. Известно, что предохранитель срабатывает только если экспериментатор закоротил точки А и В. Как расположены номиналы сопротивлений на схеме? Какой ток должен выдерживать предохранитель, чтобы описанная ситуация была возможна?</p>	
4	<p>В расположенном вертикально цилиндре под поршнем массой m находится ν молей двухатомного идеального газа, снаружи цилиндра атмосферное давление p_a. Поршень и дно цилиндра являются проводящими пластинами площади S и образуют плоский конденсатор. Между поршнем и дном цилиндра приложено напряжение U. Система находится в равновесии, при этом расстояние между поршнем и дном цилиндра равно H. Какова теплоемкость газа? Отличием диэлектрической проницаемости газа от диэлектрической проницаемости вакуума пренебречь. Ускорение свободного падения g.</p>	

ВАРИАНТ № 1

- №1 На горизонтальной плоскости лежат стопкой друг на друге N кирпичей (прямоугольных параллелепипедов) длиной L каждый. Их начинают сдвигать друг относительно друга так, чтобы на плоскости их тень от вертикальных лучей была максимальной. Может ли она превысить значение $2L$? Чему она равна при $N=5$? Деформацией кирпичей пренебречь.
- №2 На поверхности льда ($\mu_1=0$) стоят санки массой $m_1=10$ кг. На санках лежит груз массой $m_2=5$ кг. Коэффициент трения между ними $\mu_2=0,5$. Какую минимальную горизонтальную силу надо приложить к грузу, чтобы сдвинуть его с санок?
- №3 Баллон емкостью $V_0 = 40$ л содержит сжатый воздух под давлением $P_0 = 18$ МПа при $T_0 = 27^\circ \text{C}$. Какой объем воды можно вытеснить этим воздухом из цистерны подводной лодки на глубине $H=20$ м, где температура $T_1 = 7^\circ \text{C}$?
- №4 Цикл тепловой машины, работающей на одноатомном газе, состоит из трех процессов: изобара, изохора, изотерма. Найти КПД цикла (η), если даны минимальный (V_1) и максимальный (V_2) объемы газа в цикле, а положительная работа совершается только в изобарном процессе. Оценить КПД при $V_2/V_1=20$, считая $\ln 20 \approx 3$.
- №5 Внутри незаряженной металлической сферы радиусом $R=30$ см находится концентрическая металлическая сфера радиусом $r = 10$ см, заряженная до потенциала $\phi_0=+180$ В. Каков при этом потенциал ϕ_1 внешней сферы? (вопрос №1). Далее внешнюю сферу заземляют. Каким при этом станет ее потенциал ϕ_2 (вопрос №2) и потенциал внутренней сферы ϕ_3 (вопрос №3)? Затем заземление внешней сферы устраняют, после чего заземляют внутреннюю сферу. Какими после этого станут потенциалы внутренней сферы ϕ_4 (вопрос №4) и внешней сферы ϕ_5 (вопрос №5)?
- №6 К источнику $U=200$ В подключили последовательно два одинаковых конденсатора $C = 40$ пФ каждый. Затем один из них заполнили диэлектриком с $\epsilon = 4$. Во сколько раз уменьшилась напряженность поля в этом конденсаторе? Какой заряд прошел при этом по цепи?
- №7 Из металлической проволоки сечением S изготовлена жесткая рамка в виде правильного шестиугольника со стороной a . Она лежит на столе в вертикальном внешнем магнитном поле индукции B , направленном вверх. По ней течет ток I (направленный против часовой стрелки, если смотреть на рамку снизу). Пренебрегая взаимодействием сторон рамки друг с другом, определить механическое напряжение, испытываемое каждой из сторон во внешнем магнитном поле. Каким оно будет: растягивающим или сжимающим.
- №8 Горизонтальный поршень на вертикальной пружине жесткостью $k=10^3$ Н/м совершает вертикальные колебания с амплитудой $h_0 = 2,5$ см. На поршне неподвижно (относительно него) лежат легкие песчинки. Определить массу поршня, если песчинки начнут отрываться от него при малейшем увеличении амплитуды колебаний. Принять $g = 10$ м/с².

ВАРИАНТ № 2

- №1 На горизонтальной плоскости лежат стопкой друг на друге N кирпичей (прямоугольных параллелепипедов) длиной L каждый. Их начинают сдвигать друг относительно друга так, чтобы на плоскости их тень от вертикальных лучей была максимальной. При каком минимальном N проекция верхнего кирпича выйдет за пределы нижнего? Деформацией кирпичей пренебречь.
- №2 На поверхности льда ($\mu_1=0$) лежит доска массой $m_1=5$ кг. На доске лежит груз массой $m_2=10$ кг. Коэффициент трения между ними $\mu_2=0,5$. Какую минимальную горизонтальную силу надо приложить к доске, чтобы выдернуть ее из-под груза?
- №3 Сжатый воздух находится в баллоне под давлением $P_0 = 18$ МПа при $T_0 = 27^0$ С. Объем воды, который этим воздухом можно вытеснить из цистерны подводной лодки, находящейся на глубине $H=50$ м при температуре $T_1 = 7^0$ С, составляет $V=5600$ л. Найти объем баллона со сжатым воздухом.
- №4 Цикл тепловой машины, работающей на одноатомном газе, состоит из трех процессов: изотерма, изобара, изохора. Найти КПД цикла (η), если даны минимальный (V_1) и максимальный (V_2) объемы газа в цикле, а положительная работа совершается только в изотермическом процессе. Оценить КПД при $V_2/V_1=20$, считая $\ln 20 \approx 3$.
- №5 Металлическая сфера радиусом $R=30$ см заряжена до потенциала $\phi_0=15$ В. Внутри нее находится незаряженная концентрическая металлическая сфера радиусом $r = 10$ см. Каков ее потенциал (ϕ_1)? (вопрос №1). Далее внутреннюю сферу заземляют. Каким при этом станет ее потенциал (ϕ_2) (вопрос №2) и потенциал внешней сферы (ϕ_3) (вопрос №3)? Затем заземление устраняют, после чего внутреннюю сферу соединяют проводником с внешней сферой. Какими после этого станут потенциалы внутренней сферы (ϕ_4) (вопрос №4) и внешней сферы (ϕ_5) (вопрос №5)?
- №6 К источнику $U = 400$ В подключили последовательно два одинаковых конденсатора $C = 40$ пФ каждый. Затем один из них заполнили диэлектриком с $\epsilon = 7$. Во сколько раз уменьшилась напряженность поля в этом конденсаторе? Какой заряд прошел при этом по цепи?
- №7 Из металлической проволоки сечением S изготовлена жесткая рамка в виде правильного треугольника со стороной a . Она лежит на столе в вертикальном внешнем магнитном поле индукции B , направленном вниз. По ней течет ток I (направленный против часовой стрелки, если смотреть на рамку снизу). Пренебрегая взаимодействием сторон рамки друг с другом, определить механическое напряжение, испытываемое каждой из сторон во внешнем магнитном поле. Каким оно будет: растягивающим или сжимающим.
- №8 Горизонтальный поршень массой $m=2$ кг на вертикальной пружине жесткостью $k=1,25 \cdot 10^3$ Н/м совершает вертикальные колебания. На поршне лежат легкие песчинки. При какой минимальной амплитуде колебаний (h_{\min}) песчинки начнут отрываться от поршня? Принять $g = 10$ м/с².

ВАРИАНТ №3

- №1. Средняя плотность планеты в 2 раза меньше, чем у Земли, а ускорение свободного падения на ее поверхности в 3 раза больше. Во сколько раз радиус планеты (R^*) больше земного радиуса R_0 ?
- №2. Шайбу массой m со скоростью V_1 толкнули вверх по длинной доске, наклоненной под углом α к горизонту. Если коэффициент ее трения о доску $\mu < \operatorname{tg} \alpha$, то после остановки она начнет съезжать обратно. Какую скорость (V_2) будет иметь шайба, оказавшись снова у нижнего края доски? Какова будет суммарная работа сил трения (A_T)? Дать ответ в общем виде и конкретно для случая $V_1=4\text{ м/с}$, $\operatorname{tg} \alpha = 8/15$, $\mu = 8/25$, $m=100\text{ г}$.
- №3. Самолет делает «мертвую петлю», то есть идет по замкнутой круговой траектории в вертикальной плоскости. В верхней точке петли он летит вверх «брюхом», а пилот ($m=100\text{ кг}$) пристегнутый к креслу ремнями, находится в положении «вниз головой». При этом пилот, в зависимости от параметров траектории, может либо висеть на ремнях, либо быть вдавленным силами инерции в кресло, либо находиться в состоянии невесомости. Найти величину реакции опоры пилота (N) и ее тип (кресло или ремни) в верхней точке, если скорость самолета там $V=360\text{ км/ч}$, а радиус петли $R=800\text{ м}$. Считать $g=10\text{ м/с}^2$.
- №4. В цилиндре при температуре $T_0=25^\circ\text{C}$ под свободным поршнем находится $V_0=1$ литр воздуха под давлением $P_0=2$ атмосферы. В этот объем впрыскивают $m=0,87\text{ г}$ воды. Каким станет объем смеси при ее изобарном нагреве до температуры $T_1=100^\circ\text{C}$? Считать, что смесь описывается уравнением Клапейрона-Менделеева.
- №5. Найти КПД (η) замкнутого цикла тепловой машины, состоящего из трех процессов: а) изобарное расширение от объема V_1 до объема $V_2=20V_1$; б) изохорное охлаждение; в) изотермическое сжатие. Рабочее тело – многоатомный газ. Считать $\ln 20 = 3$.
- №6. Металлическое кольцо из проволоки разорвалось кулоновскими силами, когда заряд на нем довели до величины Q . От какого заряда разорвется подобное ему кольцо, все размеры которого (т.е. радиус кольца и диаметр проволоки) будут в N раз меньше?

№7

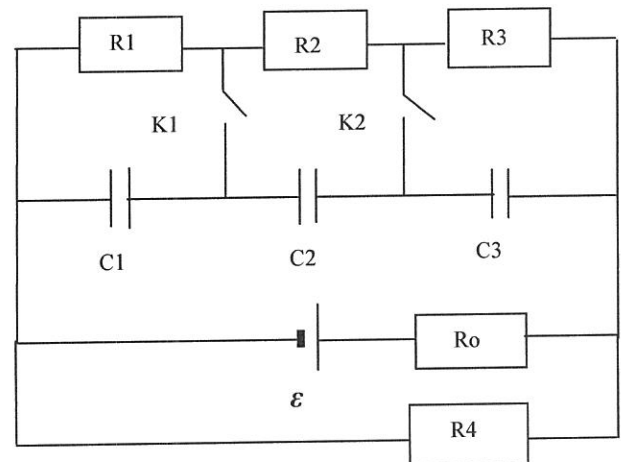
Элементы цепи имеют следующие номиналы (Ω означает Ом):

$$R_0=5\Omega, R_1=10\Omega, R_2=20\Omega, R_3=30\Omega, R_4=30\Omega,$$

$$C_1=4,5\text{ мкФ}, C_2=9\text{ мкФ}, C_3=1\text{ мкФ}, \varepsilon=75\text{ В}.$$

Конденсаторы изначально не заряжены и включены в цепь при разомкнутых ключах K_1 и K_2 . Определить напряжение (U_{C1} , U_{C2} и U_{C3}) и заряд (Q_{C1} , Q_{C2} и Q_{C3}) на каждом из конденсаторов в двух разных случаях:

- а) в исходном состоянии (смотри рисунок), когда оба ключа (K_1 и K_2) разомкнуты;
 б) после замыкания обоих ключей.



- №8. Катушка содержит 300 витков площадью $S = 100\text{ см}^2$ каждый. Ее помещают в однородное магнитное поле ($B = 9\text{ мТл}$), ориентируют ось параллельно вектору B , замыкают ее концы накоротко и охлаждают до сверхпроводящего состояния ($R = 0$). Если теперь ось сверхпроводящей катушки повернуть на 60° относительно вектора B , то в ней возникает ток $I=1,5\text{ А}$. Найти индуктивность катушки (L).
- №9. Из проволоки с удельным сопротивлением ρ и диаметром d сделано кольцо радиусом R . Его положили на стол в вертикальном однородном магнитном поле индукции B . Какой заряд протечет по кольцу, если его плоскость перевернуть на столе на 180° ?

ВАРИАНТ №4

- №1.** Средняя плотность планеты в 2 раза меньше, чем у Земли, а радиус ее в 4 раза больше. Во сколько раз ускорение свободного падения на поверхности планеты (g^*) отличается от земного g_0 ?
- №2.** Шайбу массой m со скоростью V_1 толкнули вверх по длинной доске, наклоненной под углом α к горизонту. Если коэффициент ее трения о доску $\mu < \operatorname{tg} \alpha$, то после остановки она начнет съезжать обратно. Какую скорость (V_2) будет иметь шайба, оказавшись снова у нижнего края доски? Какова будет суммарная работа сил трения ($A_{\text{т}}$)? Дать ответ в общем виде и конкретно для случая $V_1=1,5\text{ м/с}$, $\operatorname{tg} \alpha = 3/4$, $\mu = 3/5$, $m= 500\text{ г}$.
- №3.** Самолет делает «мертвую петлю», то есть идет по замкнутой круговой траектории в вертикальной плоскости. В верхней точке петли он летит вверх «брюхом», а пилот ($m = 100\text{ кг}$) пристегнутый к креслу ремнями, находится в положении «вниз головой». При этом пилот, в зависимости от параметров траектории, может либо висеть на ремнях, либо быть вдавленным силами инерции в кресло, либо находиться в состоянии невесомости. Найти величину реакции опоры пилота (N) и ее тип (кресло или ремни) в верхней точке, если скорость самолета там $V=180\text{ км/ч}$, а радиус петли $R=500\text{ м}$. Считать $g=10\text{ м/с}^2$.
- №4.** В цилиндре при температуре $T_0=8^\circ\text{C}$ под свободным поршнем находится $V_0= 0,75$ литра воздуха под давлением $P_0=3$ атмосферы. В этот объем впрыскивают $m=0,58\text{ г}$ воды. Каким станет объем смеси при ее изобарном нагреве до температуры $T_1=100^\circ\text{C}$? Считать, что данная смесь описывается уравнением Клапейрона-Менделеева.
- №5.** Найти КПД (η) замкнутого цикла тепловой машины, состоящего из трех процессов: а) изотермическое расширение от объема V_1 до объема $V_2 = 20V_1$; б) изобарное охлаждение; в) изохорный нагрев. Рабочее тело – многоатомный газ. Считать $\ln 20 = 3$.
- №6.** Металлическое кольцо из проволоки разорвалось кулоновскими силами, когда заряд на нем довели до величины Q . От какого заряда разорвется подобное ему кольцо, все размеры которого (т.е. радиус кольца и диаметр проволоки) будут в N раз больше?

№7

Элементы цепи имеют следующие номиналы (Ω означает Ом):

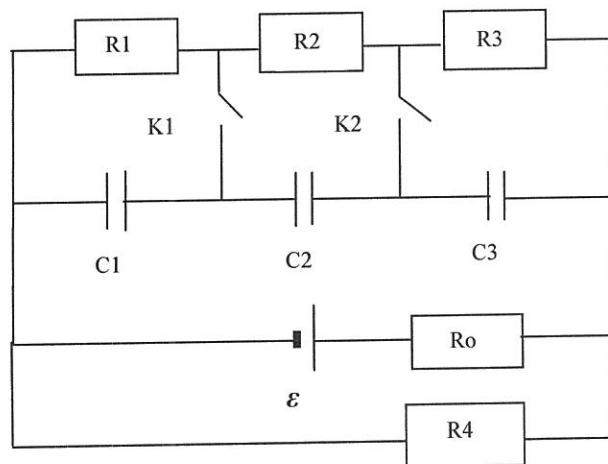
$$R_0=10\Omega, R_1=60\Omega, R_2=20\Omega, R_3=40\Omega,$$

$$R_4=40\Omega,$$

$$C_1=4\text{ мкФ}, C_2=12\text{ мкФ}, C_3=6\text{ мкФ}, \mathcal{E} = 80\text{ В}.$$

Конденсаторы изначально не заряжены и включены в цепь при разомкнутых ключах K_1 и K_2 . Определить напряжение (U_{C1} , U_{C2} и U_{C3}) и заряд (Q_{C1} , Q_{C2} и Q_{C3}) на каждом из конденсаторов в двух разных случаях:

- а) в исходном состоянии (смотри рисунок), когда оба ключа (K_1 и K_2) разомкнуты;
 б) после замыкания обоих ключей.

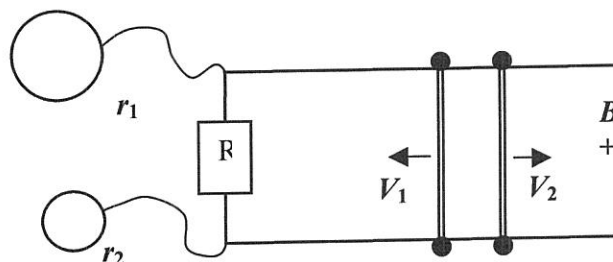


- №8.** катушка индуктивностью $L = 2$ мГн содержит 200 витков площадью $S = 50$ см² каждый. Ее помещают в однородное магнитное поле ($B = 6$ мТл), ориентируют ее ось параллельно вектору B , замыкают ее концы накороток и охлаждают до сверхпроводящего состояния ($R = 0$). Затем ее ось поворачивают на 60° относительно вектора B . Какой ток возникнет при этом в сверхпроводящей катушке?
- №9.** Из проволоки с удельным сопротивлением ρ и диаметром d сделано кольцо радиусом R . Его положили на стол в вертикальном однородном магнитном поле. Определить величину индукции этого поля (B), если при развороте плоскости кольца в вертикальное положение по кольцу протекает заряд Q .

ВАРИАНТ №5

- №1. Средняя плотность планеты в 3 раза меньше, чем у Земли, а ускорение свободного падения на ее поверхности в 2 раза больше. Во сколько раз масса планеты больше массы Земли?
- №2. Широкая доска длиной L наклонена под углом α к горизонту. У верхнего конца на ее поверхность плашмя кладут маленькую круглую шайбу и отпускают. Коэффициент трения между шайбой и доской $\mu < \operatorname{tg} \alpha$. На нижнем торце доски имеется массивный борт, от которого скользящая вниз шайба будет отражаться нормально и абсолютно упруго. Какой путь шайба пройдет по доске до полной остановки?
- №3. Движущийся шар массой m_1 налетает на неподвижный шар массой m_2 . Скорости, с которыми движутся шары после абсолютно упругого центрального удара, отличаются друг от друга (по модулю) в 6 раз. Найти отношение масс (m_2/m_1) шаров. Указать все возможные варианты.
- №4. Если маятник (стальной шар массой $m=500\text{г}$, подвешенный на достаточно длинной нити) отклонить на угол, больший, чем $\arcsin(3/5)$, и отпустить, то нить оборвется. Какой предельный груз (m_0) выдержит неподвижная нить?
- №5. В кислородном баллоне объемом $V_1=5\text{л}$ давление газа $P_1=28\text{атмосфер}$. Он стоит на складе, где поддерживается температура $T_0=+7^\circ\text{C}$. Туда принесли еще 2 баллона: один из цеха (его параметры $V_2=15\text{л}$, $P_2=100\text{ат}$, $T_2=+27^\circ\text{C}$), а другой с улицы ($V_3=10\text{л}$, $P_3=52\text{ат}$, $T_3=-13^\circ\text{C}$). Все 3 баллона соединили тонкими шлангами и открыли вентили, сделав их объемы сообщающимися. Найти общее давление и температуру в баллонах сразу после перемешивания, считая, что теплообмен с атмосферой еще не начался. Какое давление установится после теплообмена с атмосферой?
- №6. Тепловая машина работает на одноатомном газе по замкнутому циклу, состоящему из трех процессов: а) расширение по политропе (прямая $P/V=\text{const}$) из состояния $(P_1; V_1)$ до состояния $(\beta P_1; \beta V_1)$, б) изотермическое расширение, в) изобарное сжатие. Найти КПД машины при $\beta=20$, считая $\ln 20=3$.
- №7. Тонкая незаряженная металлическая оболочка сферической формы радиуса R разрывается, если давление газа внутри нее превышает внешнее давление на величину ΔP_0 . Какой максимальный заряд (Q_{\max}) можно сообщить оболочке без ее разрыва, если газа внутри нее нет, а внешнее давление равно P^* ?

- №8. В вертикальном магнитном поле индукции $B=0,1\text{Тл}$ по параллельным горизонтальным проводящим рельсам скользят две перемычки. Их скорости $V_1=25\text{м/с}$ и $V_2=75\text{м/с}$, соответственно, а их сопротивления $R_1=12\Omega$ и $R_2=4\Omega$ (Ω означает «Ом»). Между концами рельсов включен резистор $R=3\Omega$. Два незаряженных и удаленных друг от друга



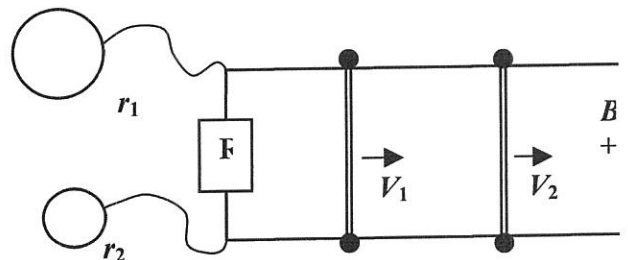
металлических шара радиусами $r_1=60\text{см}$ и $r_2=30\text{см}$ подсоединяют тонкими длинными проводниками к концам резистора. Найти ток через резистор R , а также величину и знак заряда на каждом из шаров. Расстояние между рельсами $l=60\text{см}$. Направления векторов скоростей и индукции магнитного поля указаны на рисунке. Сопротивлением остальных проводников пренебречь.

- №9. Две катушки намотаны плотно (виток к витку) одинаковым тонким проводом на стеклянные трубки равной длины. Все различие катушек состоит лишь в диаметре этих трубок (D_1 и D_2 , соответственно). Во сколько раз отличаются индуктивности этих катушек (L_1/L_2). Во сколько раз будут отличаться величины индукции магнитного поля внутри катушек (B_1/B_2), если по ним пропустить одинаковый ток?

ВАРИАНТ №6

- №1. Средняя плотность планеты (ρ^*) в 2 раза меньше, чем у Земли (ρ_0), а ускорение свободного падения на ее поверхности (g^*) в 2 раза больше g_0 . Во сколько раз масса планеты (M^*) больше земной (M_0)?
- №2. Доска длиной L наклонена под углом α к горизонту. У верхнего конца на ее поверхность плашмя кладут маленькую круглую шайбу и отпускают, после чего она начинает скользить вниз. На нижнем торце доски имеется массивный борт, от которого скользящая вниз шайба будет отражаться нормально и абсолютно упруго. Найти коэффициент трения (μ) между доской и шайбой, если суммарный путь, пройденный шайбой по этой доске до полной остановки равен S .
- №3. Движущийся шар массой m_1 налетает на неподвижный шар массой m_2 . Скорости, с которыми движутся шары после абсолютно упругого центрального удара, отличаются друг от друга (по модулю) в 8 раз. Найти отношение масс (m_2/m_1) шаров. Указать все возможные варианты.
- №4. Каков предельно допустимый угол отклонения от вертикали маятника (стальной шар массой $m=500$ г, подвешенный на достаточно длинной нити), если эта нить выдерживает груз не более $m_0=0,9$ кг?
- №5. В кислородном баллоне объемом $V_1=5$ л давление газа $P_1=80$ атмосфер. Он стоит на складе, где поддерживается температура $T_0=+17^\circ\text{C}$. Туда принесли еще 2 баллона: один из цеха (его параметры $V_2=10$ л, $P_2=120$ ат, $T_2=+27^\circ\text{C}$), а другой с улицы ($V_3=15$ л, $P_3=58$ ат, $T_3=+7^\circ\text{C}$). Все 3 баллона соединили тонкими шлангами и открыли вентили, сделав их объемы сообщающимися. Найти общее давление и температуру в баллонах сразу после перемешивания, считая, что теплообмен с атмосферой еще не начался. Какое давление установится после теплообмена с атмосферой?
- №6. Тепловая машина работает на одноатомном газе по замкнутому циклу, состоящему из трех процессов: а) расширение по политропе (прямая $P/V=\text{const}$) из состояния $(P_1;V_1)$ до состояния $(\beta P_1;\beta V_1)$, в) изохорное охлаждение, с) изотермическое сжатие. Найти КПД машины при $\beta=20$, считая $\ln 20=3$.
- №7. Тонкая герметичная металлическая оболочка имеет сферическую форму радиуса R . Она выдерживает (без разрушения) внешнее давление газа, если оно превышает давление газа внутри сферы не более, чем на ΔP_0 . Какое максимальное внешнее давление (P_{max}) выдержит оболочка, если ей сообщить заряд Q , а внутри создать давление газа P^* ?

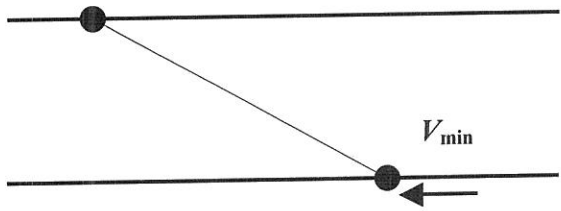
- №8. В вертикальном магнитном поле индукции $B=250$ Тл по параллельным горизонтальным проводящим рельсам скользят две перемычки. Их скорости $V_1=10$ м/с и $V_2=60$ м/с, соответственно, а их сопротивления $R_1=20\Omega$ и $R_2=5\Omega$ (Ω означает «Ом»). Между концами рельсов включен резистор $R=6\Omega$. Два металлических незаряженных и удаленных друг от



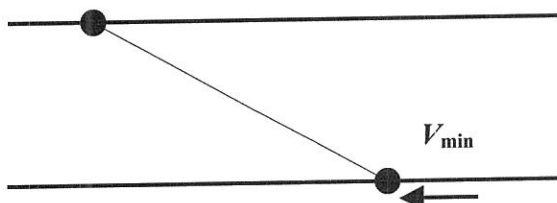
друга шара радиусами $r_1=80$ см и $r_2=40$ см подсоединяют тонкими длинными проводниками к концам резистора. Найти величину и знак заряда на каждом из шаров и ток через резистор R . Расстояние между рельсами $l=40$ см. Направления векторов скоростей и индукции магнитного поля даны на рисунке. Сопротивлением остальных проводников пренебречь.

- №9. Две катушки намотаны плотно (виток к витку) на две одинаковые длинные стеклянные трубки всю их длину. Все различие состоит в диаметре провода, которым они намотаны (d_1 и d_2 , соответственно). Во сколько раз отличаются индуктивности этих катушек (L_1/L_2). Во сколько раз будут отличаться величины индукции магнитного поля внутри катушек (B_1/B_2), если по ним пропустить одинаковый ток?

ВАРИАНТ № 7

- №1. Тепловоз тянет за собой состав, прицепленный к нему пружинной сцепкой. Когда состав разгоняется с ускорением a_1 , длина пружины равна l_1 . При торможении состава с ускорением a_2 (по модулю) длина пружины равна l_2 . Найти длину (l_0) «свободной» (ненагруженной) пружины.
- №2. Тонкий обруч скатывается без проскальзывания с наклонной плоскости. Коэффициент трения между ними μ . При каком максимальном угле наклона это возможно?
- №3. Сиденье табуретки имеет форму тонкого квадрата со стороной $a=30$ см. По углам перпендикулярно сиденью расположены 4 тонкие ножки высотой $h=42$ см. Суммарная масса ножек равна половине массы сиденья. Табуретка стоит на прямоугольном столе так, что две соседние ножки расположены на одном из его краев. Стол начинают медленно наклонять, поднимая за этот край. При каком угле наклона (α) табуретка начнет движение? Что это будет – соскальзывание или опрокидывание? Коэффициент трения между ножками и столом $\mu=0,4$.
- №4. В цилиндре при температуре $T_0=25^\circ\text{C}$ под свободным поршнем находится $V_0=1$ литр воздуха под давлением $P_0=2$ атмосферы. В этот объем впрыскивают $m=1,8$ г воды. Каким станет объем смеси при ее изобарном нагреве до температуры $T_1=100^\circ\text{C}$? Считать, что смесь описывается уравнением Клапейрона-Менделеева.
- №5. В гладкой трубе сближаются два тяжелых поршня массами m_1 и m_2 , двигаясь в одну и ту же сторону со скоростями, соответственно, V_1 и V_2 . Между поршнями находится ν молей многоатомного газа при температуре T_0 . За поршнями – вакуум. Определить максимальную температуру газа, считая процесс сжатия адиабатическим.
- №6. Замкнутый газовый цикл имеет на PV -диаграмме вид треугольника с вершинами $(P_1; V_1)$, $(2P_1; 2V_1)$, $(P_1; 2V_1)$. Изобразить этот цикл на PT - и VT -диаграммах.
- №7. Любой из двух нагревателей: один - сопротивлением $R_1=9\Omega$, а другой - сопротивлением $R_2=4\Omega$ (Ω означает «Ом»), подключенный к некоторому источнику тока, нагревает воду за одно и то же время $T=25$ минут. Какое минимальное время нагрева (T_{\min}) может обеспечить этот источник? Тепловыми потерями пренебречь.
- №8. Две муфты массами m_1 и m_2 могут скользить без трения по двум (каждая по своей) параллельным горизонтальным направляющим, расстояние между которыми R . Муфты связывают легким, нерастяжимым гибким тросом длиной L ($L>R$), заряжают одноименными зарядами и оставляют в покое. Какому условию должны отвечать величины этих зарядов (Q_1 и Q_2), чтобы при мгновенном получении одной из муфт некоей минимальной скорости V_{\min} (см. рисунок), та смогла бы обогнать свою «соседку» в процессе их совместного движения по направляющим?
- 
- №9. Источник постоянного напряжения U при помощи длинных тонких проводов включают между двумя удаленными друг от друга незаряженными металлическими шарами. Их радиусы R_1 и R_2 , причем последний соединяют с положительным полюсом источника. Затем источник отключают и к каждому из освободившихся концов проводов подсоединяют по металлическому шару радиусами r_1 и r_2 (одинаковые индексы соответствуют одному проводу), после чего все шары удаляют друг от друга. Для каждого из шаров найти (с указанием знака) величину заряда (Q_{R1} , Q_{R2} , Q_{r1} и Q_{r2}) и потенциала (φ_{R1} , φ_{R2} , φ_{r1} и φ_{r2}).
- №10. Плоское кольцо радиусом R из проволоки диаметром d ($d\ll R$) имеет индуктивность L . Какая индуктивность (L^*) будет у кольца, все размеры которого (т.е. d и R) в N раз меньше?

ВАРИАНТ № 8

- №1. Тепловоз толкает перед собой вагон. Они соединены друг с другом пружинной сцепкой. При разгоне с ускорением a_1 длина этой пружины равна l_1 . Если же разгон идет с ускорением a_2 , то длина пружины равна l_2 . Найти длину (l_0) «свободной» (ненагруженной) пружины.
- №2. Тонкий обруч скатывается без проскальзывания с плоскости, наклоненной под углом α к горизонту. При каком минимальном коэффициенте трения (μ) между обручем и плоскостью это возможно?
- №3. Сиденье табуретки имеет форму тонкого квадрата со стороной $a=30$ см. По углам перпендикулярно сиденью расположены 4 тонкие ножки высотой $h=40$ см. Суммарная масса ножек равна массе сиденья. Табуретка стоит на прямоугольном столе так, что две соседние ножки расположены на одном из его краев. Стол начинают медленно наклонять, поднимая за этот край. При каком угле наклона (α) табуретка начнет движение? Что это будет – соскальзывание или опрокидывание? Коэффициент трения между ножками и столом $\mu=0,55$.
- №4. В цилиндре при температуре $T_0=7^\circ\text{C}$ под свободным поршнем находится $V_0=0,75$ литра воздуха под давлением $P_0=3$ атмосферы. В этот объем впрыскивают $m=1,2$ г воды. Каким станет объем смеси при ее изобарном нагреве до температуры $T_1=100^\circ\text{C}$? Считать, что данная смесь описывается уравнением Клапейрона-Менделеева.
- №5. В гладкой трубе два тяжелых поршня массами m_1 и m_2 движутся навстречу друг другу со скоростями, соответственно, V_1 и V_2 . Между поршнями находится ν молей многоатомного газа при температуре T_0 . За поршнями – вакуум. Определить максимальную температуру газа, считая процесс сжатия адиабатическим.
- №6. Замкнутый газовый цикл имеет на PV -диаграмме вид треугольника с вершинами $(P_1; V_1)$, $(2P_1; V_1)$, $(2P_1; 2V_1)$. Изобразить этот цикл на PT - и VT -диаграммах.
- №7. Любой из двух нагревателей: один - сопротивлением $R_1=16\Omega$, а другой - сопротивлением $R_2=4\Omega$ (Ω означает «Ом»), подключенный к некоторому источнику тока, нагревает воду за одно и то же время $T=36$ минут. Какое минимальное время нагрева (T_{\min}) может обеспечить этот источник? Тепловыми потерями пренебречь.
- №8. Две муфты массами m_1 и m_2 могут скользить без трения по двум (каждая по своей) параллельным горизонтальным направляющим, расстояние между которыми R . Муфты связывают легким, нерастяжимым гибким тросом длиной L ($L>R$), заряжают одноименными зарядами величиной, соответственно, Q_1 и Q_2 и оставляют в покое. Какую минимальную скорость (V_{\min}) надо мгновенно сообщить одной из муфт (см. рисунок), чтобы она смогла обогнать «соседку» в процессе их совместного движения по направляющим?
- 
- №9. Источник постоянного напряжения U при помощи длинных тонких проводов включают между четырьмя удаленными друг от друга незаряженными металлическими шарами. Их радиусы R_1, R_2, r_1 и r_2 , причем два последних соединяют с положительным полюсом источника, а два первых – с отрицательным. Затем шары отключают от источника и друг от друга, после чего этими же проводами соединяют попарно шары с одинаковыми индексами ($R_1 - r_1$) и ($R_2 - r_2$). Для каждого из шаров найти величину заряда (Q_{R1}, Q_{R2}, Q_{r1} и Q_{r2}) и потенциала ($\varphi_{R1}, \varphi_{R2}, \varphi_{r1}$ и φ_{r2}).
- №10. Плоское кольцо радиусом R из проволоки диаметром d ($d \ll R$) имеет индуктивность L . Какая индуктивность (L^*) будет у кольца, все размеры которого (т.е. d и R) в N раз больше?

ВАРИАНТ №9

№1. Средняя плотность планеты в 2 раза меньше, чем у Земли, а радиус ее в 4 раза больше. Во сколько раз ускорение свободного падения на поверхности планеты отличается от земного g ?

№2. Доска длиной L наклонена под углом α к горизонту. У верхнего конца на ее поверхность плашмя кладут маленькую круглую шайбу и отпускают. Коэффициент трения между шайбой и доской $\mu < \operatorname{tg} \alpha$. На нижнем торце доски имеется массивный борт, от которого скользящая вниз шайба отражается нормально и абсолютно упруго. Какой путь (S) шайба пройдет вверх по доске после первого отражения от борта?

№3. Движущийся шар массой m_1 налетает на неподвижный шар массой m_2 . Скорости, с которыми движутся шары после абсолютно упругого центрального удара, отличаются друг от друга (по модулю) в 6 раз. Найти отношение масс (m_2/m_1) шаров. Указать все возможные варианты.

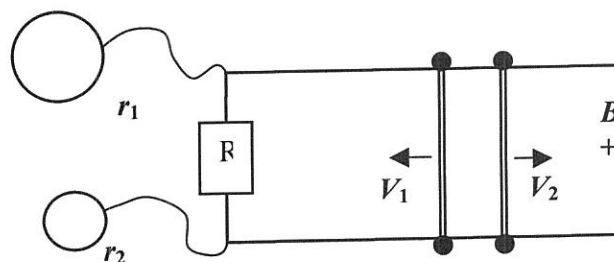
№4. Если маятник (стальной шар массой $m=500\text{г}$, подвешенный на достаточно длинной нити) отклонить на угол, больший, чем $\arcsin(3/5)$, и отпустить, то нить оборвется. Какой предельный груз (m_0) выдержит неподвижная нить?

№5. В кислородном баллоне объемом $V_1=5\text{л}$ давление газа $P_1=28\text{атмосфер}$. Он стоит на складе, где поддерживается температура $T_0=+7^\circ\text{C}$. Туда принесли еще 2 баллона: один из цеха (его параметры $V_2=15\text{л}$, $P_2=100\text{ат}$, $T_2=+27^\circ\text{C}$), а другой с улицы ($V_3=10\text{л}$, $P_3=52\text{ат}$, $T_3=-13^\circ\text{C}$). Все 3 баллона соединили тонкими шлангами и открыли вентили, сделав их объемы сообщающимися. Найти общее давление и температуру в баллонах сразу после перемешивания, считая, что теплообмен с атмосферой еще не начался. Какое давление установится после теплообмена с атмосферой?

№6. Тепловая машина работает на одноатомном газе по замкнутому циклу, состоящему из трех процессов: *a*) расширение по политропе (прямая $P/V=\text{const}$) из состояния $(P_1; V_1)$ до состояния $(\beta P_1; \beta V_1)$, *b*) изотермическое расширение, *c*) изобарное сжатие. Найти КПД машины при $\beta=20$, считая $\ln 20=3$.

№7. Тонкая незаряженная металлическая оболочка сферической формы радиуса R разрывается, если давление газа внутри нее превышает внешнее давление на величину ΔP_0 . Какой максимальный заряд (Q_{\max}) можно сообщить оболочке без ее разрыва, если газа внутри нее нет, а внешнее давление равно P^* ?

№8. В вертикальном магнитном поле индукции $B=100\text{мТл}$ по параллельным горизонтальным проводящим рельсам равномерно скользят две перемычки. Их скорости $V_1=25\text{м/с}$ и $V_2=75\text{м/с}$, соответственно, а сопротивления $R_1=R_2=4\Omega$ (Ω означает «Ом»). Между концами рельсов включен резистор сопротивлением $R=2\Omega$. Два незаряженных и удаленных



руг от друга металлических шара радиусами $r_1=90\text{см}$ и $r_2=60\text{см}$ подсоединяют тонкими длинными проводниками к концам резистора. Найти ток через резистор R , а также величину и знак заряда на каждом из шаров. Расстояние между рельсами $l=80\text{см}$. Направления векторов скоростей и индукции магнитного поля указаны на рисунке. Сопротивлением проводов, рельсов и контактов пренебречь.

№9. Две катушки намотаны плотно (виток к витку) одинаковым тонким проводом на стеклянные трубки равной длины. Все различие катушек состоит лишь в диаметре этих трубок (D_1 и D_2 , соответственно). Во сколько раз отличаются индуктивности этих катушек (L_1/L_2). Во сколько раз будут отличаться величины индукции магнитного поля внутри катушек (B_1/B_2), если по ним пропустить одинаковый ток?

ВАРИАНТ №10

№1. Средняя плотность планеты в 2 раза меньше, чем у Земли, а ускорение свободного падения на ее поверхности в 3 раза больше. Во сколько раз радиус планеты больше земного радиуса?

№2. Доска длиной L наклонена под углом α к горизонту. У верхнего конца на ее поверхность плашмя кладут маленькую круглую шайбу и отпускают, после чего она начинает скользить вниз. На нижнем торце доски имеется массивный борт, от которого скользящая вниз шайба отражается нормально и абсолютно упруго. Найти коэффициент трения (μ) между доской и шайбой, если путь, пройденный шайбой вверх по доске после первого отражения, равен S .

№3. Движущийся шар массой m_1 налетает на неподвижный шар массой m_2 . Скорости, с которыми движутся шары после абсолютно упругого центрального удара, отличаются друг от друга (по модулю) в 8 раз. Найти отношение масс (m_2/m_1) шаров. Указать все возможные варианты.

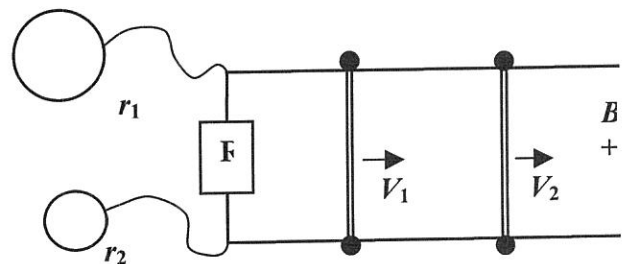
№4. Каков предельно допустимый угол отклонения от вертикали маятника (стальной шар массой $m=500$ г, подвешенный на достаточно длинной нити), если эта нить выдерживает груз не более $m_0=0,9$ кг?

№5. В кислородном баллоне объемом $V_1=5$ л давление газа $P_1=80$ атмосфер. Он стоит на складе, где поддерживается температура $T_0=+17^\circ\text{C}$. Туда принесли еще 2 баллона: один из цеха (его параметры $V_2=10$ л, $P_2=120$ ат, $T_2=+27^\circ\text{C}$), а другой с улицы ($V_3=15$ л, $P_3=58$ ат, $T_3=+7^\circ\text{C}$). Все 3 баллона соединили тонкими шлангами и открыли вентили, сделав их объемы сообщающимися. Найти общее давление и температуру в баллонах сразу после перемешивания, считая, что теплообмен с атмосферой еще не начался. Какое давление установится после теплообмена с атмосферой?

№6. Тепловая машина работает на одноатомном газе по замкнутому циклу, состоящему из трех процессов: а) расширение по политропе (прямая $P/V=\text{const}$) из состояния $(P_1; V_1)$ до состояния $(\beta P_1; \beta V_1)$, б) изохорное охлаждение, в) изотермическое сжатие. Найти КПД машины при $\beta=20$, считая $\ln 20=3$.

№7. Тонкая герметичная металлическая оболочка имеет сферическую форму радиуса R . Она выдерживает (без разрушения) внешнее давление газа, если оно превышает давление газа внутри сферы не более, чем на ΔP_0 . Какое максимальное внешнее давление (P_{max}) выдержит оболочка, если ей сообщить заряд Q , а внутри создать давление газа P^* ?

№8. В вертикальном магнитном поле индукции $B=250$ Тл по параллельным горизонтальным проводящим рельсам скользят две перемычки. Их скорости $V_1=20$ м/с и $V_2=60$ м/с, соответственно, а их сопротивления $R_1=R_2=4\Omega$ (Ω означает «Ом»). Между концами рельсов включен резистор $R=2\Omega$. Два незаряженных и удаленных друг от друга металлических



шара радиусами $r_1=0,9$ м и $r_2=0,6$ м подсоединяют тонкими длинными проводниками к концам резистора. Найти ток через резистор R , а также величину и знак заряда на каждом из шаров. Расстояние между рельсами $l=20$ см. Направления векторов скоростей и индукции магнитного поля указаны на рисунке. Сопротивлением остальных элементов цепи пренебречь.

№9. Две катушки намотаны плотно (виток к витку) на две одинаковые длинные стеклянные трубки всю их длину. Все различие состоит в диаметре провода, которым они намотаны (d_1 и d_2 , соответственно). Во сколько раз отличаются индуктивности этих катушек (L_1/L_2). Во сколько раз будут отличаться величины индукции магнитного поля внутри катушек (B_1/B_2), если по ним пропустить одинаковый ток?

ВАРИАНТ №11

№1. Средняя плотность планеты в 2 раза меньше, чем у Земли, а радиус ее в 4 раза больше. Во сколько раз ускорение свободного падения на поверхности планеты отличается от земного g ?

№2. Шайбу со скоростью V_1 толкнули вверх по длинной доске, наклоненной под углом α к горизонту. Если коэффициент трения о доску $\mu < \operatorname{tg} \alpha$, шайба остановится в некоторой точке и начнет съезжать обратно. Какую скорость (V_2) будет иметь шайба, оказавшись снова у нижнего края доски? Дать ответ в общем виде и конкретно для случая $V_1=3,6\text{м/с}$, $\operatorname{tg} \alpha = 8/15$, $\mu = 8/25$.

№3. Самолет делает «мертвую петлю», то есть идет по замкнутой круговой траектории в вертикальной плоскости. В верхней точке петли пилот ($m = 100\text{кг}$) пристегнутый к креслу ремнями, находится в положении «вниз головой». При этом он, в зависимости от параметров траектории, может либо висеть на ремнях, либо быть вдавленным силами инерции в кресло, либо находиться в состоянии невесомости. Найти величину реакции опоры пилота (N) и ее тип (кресло или ремни) в верхней точке, если скорость самолета там $V=360\text{км/ч}$, а радиус петли $R=800\text{м}$. Считать $g=10\text{м/с}^2$.

№4. Тепловоз тянет за собой состав, прицепленный к нему пружинной сцепкой. Когда состав разгоняется с ускорением a_1 , длина пружины равна l_1 . При торможении состава с ускорением a_2 (по модулю) длина пружины равна l_2 . Найти длину (l_0) «свободной» (ненагруженной) пружины.

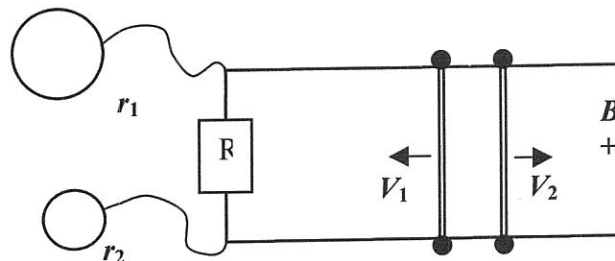
№5. В цилиндре при температуре $T_0=25^\circ\text{C}$ под свободным поршнем находится $V_0 = 1$ литр воздуха под давлением $P_0=2$ атмосферы. В этот объем впрыскивают $m=1,8\text{г}$ воды. Каким станет объем смеси при ее изобарном нагреве до температуры $T_1=100^\circ\text{C}$? Считать, что смесь описывается уравнением Клапейрона-Менделеева.

№6. В кислородном баллоне объемом $V_1=5\text{л}$ давление газа $P_1=28$ атмосфер. Он стоит на складе, где поддерживается температура $T_0=+7^\circ\text{C}$. Туда принесли еще 2 баллона: один из цеха (его параметры $V_2=15\text{л}$, $P_2=100\text{ат}$, $T_2=+27^\circ\text{C}$), а другой с улицы ($V_3=10\text{л}$, $P_3=52\text{ат}$, $T_3=-13^\circ\text{C}$). Все 3 баллона соединили тонкими шлангами и открыли вентили, сделав их объемы сообщающимися. Найти общее давление и температуру в баллонах сразу после перемешивания, считая, что теплообмен с атмосферой еще не начался. Какое давление установится после теплообмена с атмосферой?

№7. Тепловая машина работает на одноатомном газе по замкнутому циклу, состоящему из трех процессов: а) расширение по политропе (прямая $P/V=\text{const}$) из состояния $(P_1; V_1)$ до состояния $(\beta P_1; \beta V_1)$, б) изотермическое расширение, в) изобарное сжатие. Отдельно для каждого из этих процессов определить совершенную газом работу (A_a , A_b и A_c) и полученное им тепло (Q_a , Q_b и Q_c)

№8. Любой из двух нагревателей: один - сопротивлением $R_1 = 16\Omega$, а другой - сопротивлением $R_2 = 4\Omega$ (Ω означает «Ом»), подключенный к некоторому источнику тока, нагревает воду за одно и то же время $T=36$ минут. Какое минимальное время нагрева (T_{\min}) может обеспечить этот источник? Тепловыми потерями пренебречь.

№9. В вертикальном магнитном поле индукции $B=100\text{мТл}$ по параллельным горизонтальным проводящим рельсам равномерно скользят две перемычки. Их скорости $V_1=25\text{м/с}$ и $V_2=75\text{м/с}$, соответственно, а сопротивления $R_1=R_2=4\Omega$ (Ω означает «Ом»). Между концами рельсов включен резистор сопротивлением $R=2\Omega$. Два незаряженных и удаленных друг от друга металличе



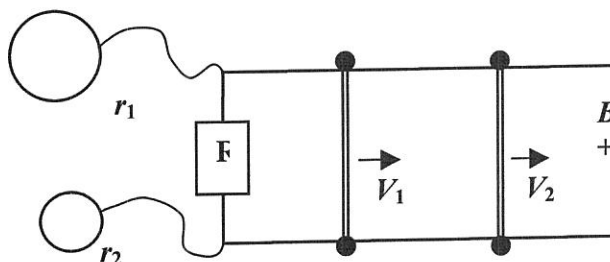
ских шара радиусами $r_1=90\text{см}$ и $r_2=60\text{см}$ подсоединяют тонкими длинными проводниками к концам резистора. Найти ток через резистор R , а также величину и знак заряда на каждом из шаров. Расстояние между рельсами $l=80\text{см}$. Направления векторов скоростей и индукции магнитного поля указаны на рисунке. Сопротивлением проводов, рельсов и контактов пренебречь.

№10. Две катушки намотаны плотно (виток к витку) одинаковым тонким проводом на стеклянные трубки равной длины. Все различие катушек состоит лишь в диаметре этих трубок (D_1 и D_2 , соответственно). Во сколько раз отличаются индуктивности этих катушек (L_1/L_2). Во сколько раз будут отличаться величины индукции магнитного поля внутри катушек (B_1/B_2), если по ним пропустить одинаковый ток?

ВАРИАНТ №12

- №1. Средняя плотность планеты в 2 раза меньше, чем у Земли, а ускорение свободного падения на ее поверхности в 3 раза больше. Во сколько раз радиус планеты больше земного радиуса?
- №2. Шайбу со скоростью V_1 толкнули вверх по длинной доске, наклоненной под углом α к горизонту. Если коэффициент трения о доску $\mu < \operatorname{tg} \alpha$, шайба остановится в некоторой точке и начнет съезжать обратно. Какую скорость (V_2) будет иметь шайба, оказавшись снова у нижнего края доски? Дать ответ в общем виде и конкретно для случая $V_1=2,4\text{ м/с}$, $\operatorname{tg} \alpha = 3/4$, $\mu = 3/5$.
- №3. Самолет делает «мертвую петлю», то есть идет по замкнутой круговой траектории в вертикальной плоскости. В верхней точке петли пилот ($m = 100\text{ кг}$), пристегнутый к креслу ремнями, находится в положении «вниз головой». При этом он, в зависимости от параметров траектории, может либо висеть на ремнях, либо быть вдавленным силами инерции в кресло, либо находиться в состоянии невесомости. Найти величину реакции опоры пилота (N) и ее тип (кресло или ремни) в верхней точке, если скорость самолета там $V=180\text{ км/ч}$, а радиус петли $R=500\text{ м}$. Считать $g=10\text{ м/с}^2$.
- №4. Тепловоз толкает перед собой вагон. Они соединены друг с другом пружинной сцепкой. При разгоне с ускорением a_1 длина этой пружины равна l_1 . Если же разгон идет с ускорением a_2 , то длина пружины равна l_2 . Найти длину (l_0) «свободной» (ненагруженной) пружины.
- №5. В цилиндре при температуре $T_0=7^\circ\text{C}$ под свободным поршнем находится $V_0=0,75$ литра воздуха под давлением $P_0=3$ атмосферы. В этот объем впрыскивают $m=1,2\text{ г}$ воды. Каким станет объем смеси при ее изобарном нагреве до температуры $T_1=100^\circ\text{C}$? Считать, что данная смесь описывается уравнением Клапейрона-Менделеева.
- №6. В кислородном баллоне объемом $V_1=10\text{ л}$ давление газа $P_1=14$ атмосфер. Он стоит на складе, где поддерживается температура $T_0=+7^\circ\text{C}$. Туда принесли еще 2 баллона: один из цеха (его параметры $V_2=30\text{ л}$, $P_2=50\text{ ат}$, $T_2=+27^\circ\text{C}$), а другой с улицы ($V_3=20\text{ л}$, $P_3=26\text{ ат}$, $T_3=-13^\circ\text{C}$). Все 3 баллона соединили тонкими шлангами и открыли вентили, сделав их объемы сообщающимися. Найти общее давление и температуру в баллонах сразу после перемешивания, считая, что теплообмен с атмосферой еще не начался. Какое давление установится после теплообмена с атмосферой?
- №7. Тепловая машина работает на одноатомном газе по замкнутому циклу, состоящему из трех процессов: а) расширение по политропе (прямая $P/V=\text{const}$) из состояния $(P_1; V_1)$ до состояния $(\beta P_1; \beta V_1)$, б) изохорное охлаждение, в) изотермическое сжатие. Отдельно для каждого из этих процессов определить совершенную газом работу (A_a , A_b и A_c) и полученное им тепло (Q_a , Q_b и Q_c)
- №8. Любой из двух нагревателей: один - сопротивлением $R_1=9\Omega$, а другой - сопротивлением $R_2=4\Omega$ (Ω означает «Ом»), подключенный к некоторому источнику тока, нагревает воду за одно и то же время $T=25$ минут. Какое минимальное время нагрева (T_{\min}) может обеспечить этот источник? Тепловыми потерями пренебречь.

- №9. В вертикальном магнитном поле индукции $B=250\text{ мТл}$ по параллельным горизонтальным проводящим рельсам скользят две перемычки. Их скорости $V_1=20\text{ м/с}$ и $V_2=60\text{ м/с}$, соответственно, а их сопротивления $R_1=R_2=4\Omega$ (Ω означает «Ом»). Между концами рельсов включен резистор $R=2\Omega$. Два незаряженных и удаленных друг от друга металлических шара радиусами $r_1=0,9\text{ м}$



и $r_2=0,6\text{ м}$ подсоединяют тонкими длинными проводниками к концам резистора. Найти ток через резистор R , а также величину и знак заряда на каждом из шаров. Расстояние между рельсами $l=20\text{ см}$. Направления векторов скоростей и индукции магнитного поля указаны на рисунке. Сопротивлением остальных элементов цепи пренебречь.

- №10. Две катушки намотаны плотно (виток к витку) на две одинаковые длинные стеклянные трубки во всю их длину. Все различие состоит в диаметре провода, которым они намотаны (d_1 и d_2 , соответственно). Во сколько раз отличаются индуктивности этих катушек (L_1/L_2). Во сколько раз будут отличаться величины индукции магнитного поля внутри катушек (B_1/B_2), если по ним пропустить одинаковый ток?

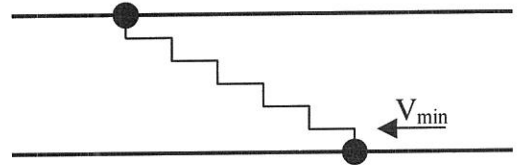
ВАРИАНТ № 13

(Во всех задачах по умолчанию считать $g=10\text{ м/с}^2$)

№1. Радиус поворота на шоссе $R=300\text{ м}$. Угол наклона асфальта к центру этой дуги $\alpha=\text{arctg}(0,3)$ На какой скорости автомобили могут проходить этот поворот без риска заноса даже в гололед?

№2. С потолка свешиваются два легких троса длиной $l_1 = 40\text{ см}$ и $l_2 = 75\text{ см}$. Их точки подвеса на потолке находятся на расстоянии $l_0 = 85\text{ см}$ друг от друга. Свисающие концы сводят друг с другом, связывают в тонкий узел и к нему подцепляют груз весом $P = 17\text{ Н}$. Найти натяжение каждого из тросов.

№3. Две муфты массами m_1 и m_2 могут скользить без трения по двум (каждая по своей) параллельным горизонтальным направляющим, расстояние между которыми R . Муфты соединены пружиной, длина которой (в ненапряженном состоянии) L_0 ($L_0 > R$). Изначально система свободна и находится в покое. При какой максимальной жесткости пружины любая из муфт, мгновенно получив скорость V_{\min} (см. рисунок), сможет обогнать свою «соседку» в процессе их совместного движения по направляющим?



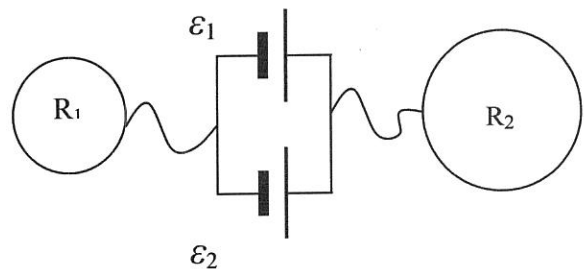
№4. Горизонтальный поршень массой $m = 0,5\text{ кг}$ на вертикальной пружине жесткостью $k=200\text{ Н/м}$ совершает вертикальные гармонические колебания. На поршне лежат легкие песчинки. Какова максимальная амплитуда колебаний (x_0), при которой песчинки еще не начнут отрываться от поршня?

№5. В цилиндре при температуре $T_0=100^\circ\text{С}$ под давлением $P_0=1\text{ атмосфера}$ находится смесь воздуха и водяного пара с относительной влажностью $\varphi=80\%$. Каким станет давление смеси после изотермического сжатия в n раз ($n=2$)?

№6. Процесс, в котором ν молей одноатомного газа переходят из состояния ($P_1; V_1$) в состояние ($\frac{1}{4} P_1; 2V_1$), описывается уравнением $PV^2=\text{const}$. Записать это уравнение в P - T и V - T переменных. Найти полученное газом тепло (ΔQ), совершенную им работу (ΔA) и изменение его внутренней энергии (ΔU).

№7. Объект потребляет полезную мощность $W_0=50\text{ кВт}$. Под каким минимальным напряжением нужно передавать электроэнергию с распределительной подстанции на этот объект, если расстояние между ними $L=18\text{ км}$, потери на линии электропередач не должны превышать 10% от W_0 , а для протяжки этой линии имеется лишь необходимый запас алюминиевого провода сечением $s=20\text{ мм}^2$ и длиной $l=36\text{ км}$? Удельное сопротивление алюминия $\rho=2,8 \cdot 10^{-8}\text{ Ом}\cdot\text{м}$.

№8. Два источника постоянного напряжения с ЭДС, равными $\varepsilon_1 = U$ и $\varepsilon_2 = 2U$ и внутренними сопротивлениями r_1 и $r_2 = 3r_1$, соответственно, при помощи длинных тонких проводов включают между двумя удаленными друг от друга незаряженными металлическими шарами, как показано на рисунке. Их радиусы R_1 и R_2 . Найти (с указанием знака) потенциал каждого из шаров ($\varphi_{R1}, \varphi_{R2}$).



№9. Самолет летит вдоль экватора на Запад со скоростью $V=720\text{ км/ч}$. Между какими точками его корпуса разность потенциалов, индуцированная движением в магнитном поле Земли, будет наибольшей? Оценить ее величину, если длина самолета $L=40\text{ м}$, размах крыльев $R=30\text{ м}$, а высота $H=5\text{ м}$. Считать, что силовые линии поля идут вдоль меридиана с Юга на Север, а индукция $B \approx 5 \cdot 10^{-5}\text{ Тл}$.

№10. Параллельный пучок лучей нормально падает на тонкую собирающую линзу и, преломившись в ней, пересекает ее главную оптическую ось на расстоянии $l=20\text{ см}$ от ее плоскости. На сколько см (Δl) и в какую сторону сдвинется эта точка пересечения, если вплотную к этой линзе прижать еще одну тонкую линзу с оптической силой $D = -4$ диоптрий, т.е. с фокусным расстоянием $F = -25\text{ см}$?

ВАРИАНТ № 14

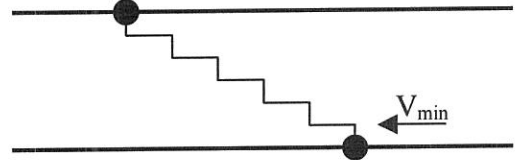
(Во всех задачах по умолчанию считать $g=10\text{м/с}^2$)

№1. Радиус поворота на шоссе $R=250\text{м}$. При каком угле наклона асфальта (α) к центру этой дуги автомобили могут на скорости 90км/ч проходить этот поворот без риска заноса даже в гололед?

№2. С потолка свешиваются два легких троса длиной $l_1=25\text{ см}$ и $l_2=60\text{ см}$. Их точки подвеса на потолке находятся на расстоянии $l_0=65\text{ см}$ друг от друга. Свисающие концы сводят друг с другом, связывают в тонкий узел и к нему подцепляют груз весом $P=13\text{ Н}$. Найти натяжение каждого из тросов.

№3. Две муфты массами m_1 и m_2 могут скользить без трения по двум (каждая по своей) параллельным горизонтальным направляющим, расстояние между которыми R . Муфты соединены пружиной жесткостью k и длиной (в ненапряженном состоянии) L_0 ($L_0>R$).

Изначально система свободна и находится в покое. Какую минимальную скорость (V_{\min}) надо мгновенно сообщить одной из муфт (см. рисунок), чтобы она смогла обогнать «соседку» в процессе их совместного движения по направляющим?



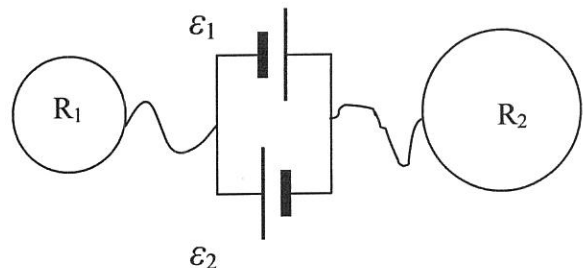
№4. Горизонтальный поршень массой $m=250\text{г}$ на вертикальной пружине жесткостью $k=100\text{ Н/м}$ совершает вертикальные гармонические колебания. На поршне лежат легкие песчинки. Какова минимальная амплитуда колебаний (x_0), при которой песчинки начнут отрываться от поршня?

№5. В цилиндре при температуре $T_0=100^\circ\text{С}$ под давлением $P_0=1\text{атм}$ находится смесь воздуха и водяного пара. При изотермическом сжатии в n раз ($n=3$) давление в ней становится равным $P_1=2,8\text{ атм}$. Чему равна относительная влажность исходной смеси (φ)? (10 баллов)

№6. Процесс, в котором ν молей одноатомного газа переходят из состояния $(P_1; V_1)$ в состояние $(4P_1; 2V_1)$, описывается уравнением $P/V^2=\text{const}$. Записать это уравнение в P - и V -переменных. Найти полученное газом тепло (ΔQ), совершенную им работу (ΔA) и изменение его внутренней энергии (ΔU).

№7. Объект потребляет полезную мощность $W_0=100\text{кВт}$. Под каким минимальным напряжением нужно передавать электроэнергию с распределительной подстанции на этот объект, если расстояние между ними $L=53\text{км}$, потери на линии электропередач не должны превышать 5% от W_0 , а для протяжки этой линии имеется лишь необходимый запас медного провода сечением $s=40\text{мм}^2$ и длиной $l=106\text{км}$? Удельное сопротивление меди $\rho=1,7\cdot 10^{-8}\text{ Ом}\cdot\text{м}$.

№8. Два источника постоянного напряжения с ЭДС, равными $\varepsilon_1=U$ и $\varepsilon_2=2U$ и внутренними сопротивлениями, соответственно, r_1 и $r_2=3r_1$ при помощи длинных тонких проводов включают между двумя удаленными друг от друга незаряженными металлическими шарами, как показано на рисунке. Их радиусы R_1 и R_2 . Найти (с указанием знака) потенциал каждого из шаров ($\varphi_{R1}, \varphi_{R2}$).



№9. Самолет летит вдоль экватора на Восток со скоростью $V=900\text{км/ч}$. Между какими точками его корпуса разность потенциалов, индуцированная движением в магнитном поле Земли, будет наибольшей? Оценить ее величину, если длина самолета $L=50\text{м}$, размах крыльев $R=40\text{м}$, а высота $H=8\text{м}$. Считать, что силовые линии поля идут вдоль меридиана с Юга на Север, а индукция $B\approx 5\cdot 10^{-5}\text{Тл}$.

№10. Параллельный пучок лучей нормально падает на тонкую собирающую линзу и, преломившись в ней, пересекает ее главную оптическую ось на расстоянии $l=60\text{см}$ от ее плоскости. На сколько см (Δl) и в какую сторону сдвинется эта точка пересечения, если вплотную к этой линзе прижать еще одну тонкую линзу с оптической силой $D=+5$ диоптрий, т.е. с фокусным расстоянием $F=+20\text{см}$?

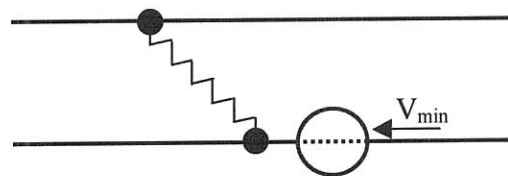
ВАРИАНТ № 15

(Во всех задачах по умолчанию считать $g=10\text{ м/с}^2$)

№1. Поворот на шоссе представляет собой дугу окружности радиусом $R=300\text{ м}$. В целях безопасности асфальт здесь уложен не горизонтально, а с наклоном к центру этой дуги. Угол наклона $\alpha=\arctg(0,3)$. На какой скорости автомобили могут проходить этот поворот без риска заноса даже в гололед?

№2. С потолка свешиваются два легких троса длиной $l_1=40\text{ см}$ и $l_2=75\text{ см}$. Их точки подвеса на потолке находятся на расстоянии $l_0=85\text{ см}$ друг от друга. Свисающие концы сводят друг с другом, связывают в тонкий узел и к нему подцепляют груз весом $P=17\text{ Н}$. Найти натяжение каждого из тросов.

№3. Две легких муфты массами m_1 и m_2 могут скользить без трения по двум (каждая по своей) параллельным горизонтальным направляющим, расстояние между которыми R . Муфты соединены пружиной длиной L_0 (в ненапряженном состоянии), причем $L_0>R$. На одной из направляющих находится еще одна муфта (см рисунок) существенно большей массы M ($M\gg m_{1,2}$). Она также может скользить без трения. Изначально система свободна и находится в покое. Тяжелой муфте сообщают некоторую скорость (V_{\min}). После ее абсолютно упругого столкновения с легкой муфтой вся система приходит в движение. Какова предельно допустимая жесткость пружины, при которой муфта, получившая удар, сможет обогнать свою «соседку» в процессе их параллельного движения по направляющим?



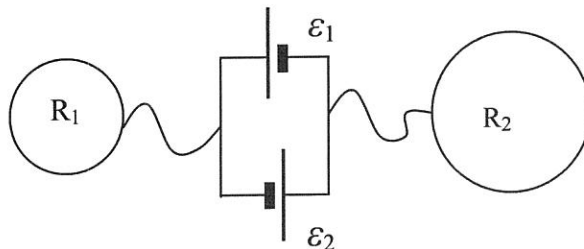
№4. Горизонтальный поршень массой $m=0,5\text{ кг}$ на вертикальной пружине жесткостью $k=200\text{ Н/м}$ совершает вертикальные гармонические колебания. На поршне лежат легкие песчинки. Какова максимальная амплитуда колебаний (x_0), при которой песчинки еще не начнут отрываться от поршня?

№5. В вертикальном цилиндре под *легким свободным* поршнем при внешнем атмосферном давлении P_0 и комнатной температуре T_0 находится жидкость с молярной массой M . Поршень лежит на ее поверхности. Жидкость нагревают до температуры ее кипения (T_k) и полностью переводят в пар. Какое полезное тепло потребуются затратить на всю эту процедуру, если масса жидкости m , ее удельная теплоемкость C , а удельная теплота испарения λ . Объемом жидкости по сравнению с объемом ее пара пренебречь.

№6. Процесс, в котором одноатомный газ переходит из состояния $(P_1; V_1)$ в состояние $(\frac{1}{4} P_1; 2V_1)$, описывается уравнением $PV^2=\text{const}$. Записать это уравнение в РТ-переменных. Найти полученное газом тепло (ΔQ), совершенную им работу (ΔA) и изменение его внутренней энергии (ΔU).

№7. Объект потребляет полезную мощность $W_0=50\text{ кВт}$. Под каким минимальным напряжением нужно передавать электроэнергию с распределительной подстанции на этот объект, если расстояние между ними $L=18\text{ км}$, потери на линии электропередач не должны превышать 10% от W_0 , а для протяжки этой линии имеется лишь необходимый запас алюминиевого провода сечением $s=20\text{ мм}^2$ и длиной $l=36\text{ км}$? Удельное сопротивление алюминия $\rho=2,8\cdot 10^{-8}\text{ Ом}\cdot\text{м}$.

№8. Два источника постоянного напряжения с ЭДС, равными $\varepsilon_1=U$ и $\varepsilon_2=2U$ и внутренними сопротивлениями r_1 и $r_2=3r_1$, соответственно, при помощи длинных тонких проводов включают между двумя удаленными друг от друга незаряженными металлическими шарами, как показано на рисунке. Их радиусы R_1 и R_2 . Найти (с указанием знака) потенциал каждого из шаров ($\varphi_{R1}, \varphi_{R2}$).



№9. Самолет летит вдоль экватора на Запад со скоростью $V=720\text{ км/ч}$. Указать точки его корпуса с наибольшим и с наименьшим потенциалом и оценить разность этих потенциалов ($\Delta\varphi$), индуцированную движением в магнитном поле Земли. Длина самолета $L=40\text{ м}$, размах крыльев $R=30\text{ м}$, а высота $H=5\text{ м}$. Считать, что силовые линии поля идут вдоль меридиана с Юга на Север, а индукция $B\approx 5\cdot 10^{-5}\text{ Тл}$.

№10. На оптической оси собирающей линзы на расстоянии $l_1=50\text{ см}$ от ее плоскости горит маленькая лампочка. По другую сторону линзы на расстоянии $l_2=125\text{ см}$ от ее плоскости и параллельно ей расположено плоское зеркало. Сколько действительных изображений лампочки образует данная оптическая система? Найти расстояние (L_i) от каждого из них до зеркала. Фокусное расстояние линзы $F=40\text{ см}$.

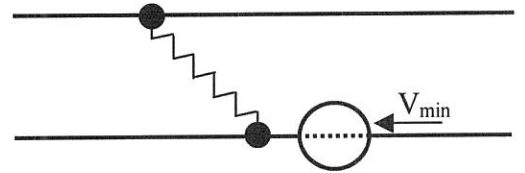
ВАРИАНТ № 16

(Во всех задачах по умолчанию считать $g=10\text{ м/с}^2$)

№1. Поворот на шоссе представляет собой дугу окружности радиусом $R=250\text{ м}$. В целях безопасности асфальт здесь уложен не горизонтально, а с некоторым наклоном к центру этой дуги. Определить угол этого наклона (α), если он выбран с тем расчетом, чтобы автомобили на скорости 90 км/ч могли проходить этот поворот без риска заноса даже в гололед?

№2. С потолка свешиваются два легких троса длиной $l_1 = 25\text{ см}$ и $l_2 = 60\text{ см}$. Их точки подвеса на потолке находятся на расстоянии $l_0 = 65\text{ см}$ друг от друга. Свисающие концы сводят друг с другом, связывают в тонкий узел и к нему подцепляют груз весом $P = 13\text{ Н}$. Найти натяжение каждого из тросов.

№3. Две легких муфты массами m_1 и m_2 могут скользить без трения по двум (каждая по своей) параллельным горизонтальным направляющим, расстояние между которыми R . Муфты соединены пружиной жесткостью k и длиной (в ненапряженном состоянии) L_0 ($L_0 > R$). На одной из направляющих находится еще одна муфта (см рисунок) существенно большей массы M ($M \gg m_{1,2}$). Она также может скользить без трения. Изначально система свободна и находится в покое. Какую минимальную скорость (V_{\min}) надо сообщить этой тяжелой муфте, чтобы после ее абсолютно упругого столкновения с легкой муфтой та смогла бы обогнать свою «соседку» в процессе их совместного параллельного движения по направляющим?



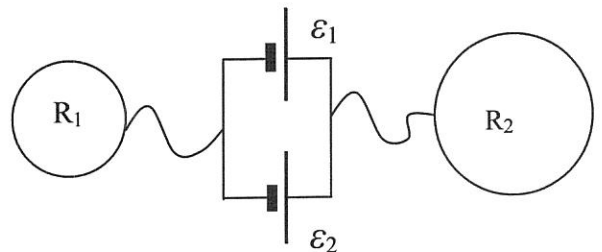
№4. Горизонтальный поршень массой $m = 250\text{ г}$ на вертикальной пружине жесткостью $k = 100\text{ Н/м}$ совершает вертикальные гармонические колебания. На поршне лежат легкие песчинки. Какова минимальная амплитуда колебаний (x_0), при которой песчинки начнут отрываться от поршня?

№5. В вертикальном цилиндре под легким свободным поршнем при внешнем атмосферном давлении P_0 и комнатной температуре T_0 находится жидкость с молярной массой M . Поршень лежит на ее поверхности. Жидкость нагревают до температуры ее кипения (T_K) и полностью переводят в пар, затратив на всю эту процедуру полезное тепло Q . Определить массу жидкости, если ее удельная теплоемкость C , а удельная теплота испарения λ . Объемом жидкости по сравнению с объемом ее пара пренебречь.

№6. Процесс, в котором одноатомный газ переходит из состояния $(P_1; V_1)$ в состояние $(4P_1; \frac{1}{2}V_1)$, описывается уравнением $PV^2 = \text{const}$. Записать это уравнение в VT -переменных. Найти полученное газом тепло (ΔQ), совершенную им работу (ΔA) и изменение его внутренней энергии (ΔU).

№7. Объект потребляет полезную мощность $W_0 = 100\text{ кВт}$. Под каким минимальным напряжением нужно передавать электроэнергию с распределительной подстанции на этот объект, если расстояние между ними $L = 53\text{ км}$, потери на линии электропередач не должны превышать 5% от W_0 , а для протяжки этой линии имеется лишь необходимый запас медного провода сечением $s = 40\text{ мм}^2$ и длиной $l = 106\text{ км}$? Удельное сопротивление меди $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}\text{ Ом}\cdot\text{м}$.

№8. Два источника постоянного напряжения с ЭДС, равными $\varepsilon_1 = U$ и $\varepsilon_2 = 2U$ и внутренними сопротивлениями, соответственно, r_1 и $r_2 = 3r_1$ при помощи длинных тонких проводов включают между двумя удаленными друг от друга незаряженными металлическими шарами, как показано на рисунке. Их радиусы R_1 и R_2 . Найти (с указанием знака) потенциал каждого из шаров ($\varphi_{R1}, \varphi_{R2}$).



№9. Самолет летит вдоль экватора на Восток со скоростью $V = 900\text{ км/ч}$. Указать точки его корпуса с наибольшим и с наименьшим потенциалом и оценить разность этих потенциалов ($\Delta\varphi$), индуцированную движением в магнитном поле Земли. Длина самолета $L = 50\text{ м}$, размах крыльев $R = 40\text{ м}$, а высота $H = 8\text{ м}$. Считать, что силовые линии поля идут вдоль меридиана с Юга на Север, а индукция $B \approx 5 \cdot 10^{-5}\text{ Тл}$.

№10. На оптической оси собирающей линзы на расстоянии $l_1 = 30\text{ см}$ от ее плоскости горит маленькая лампочка. По другую сторону линзы на расстоянии $l_2 = 45\text{ см}$ от ее плоскости и параллельно ей расположено плоское зеркало. Сколько действительных изображений лампочки образует данная оптическая система? Найти расстояние (L_i) от каждого из них до зеркала. Фокусное расстояние линзы $F = 20\text{ см}$.