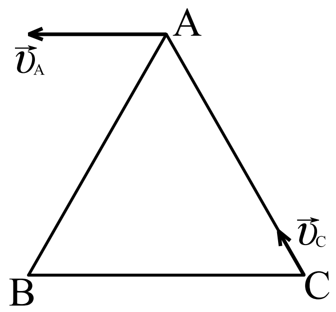
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t = 0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC и по величине равна $v_A = 0,4$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны CA. Длины сторон треугольника $a = 0,2$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.
2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит три оборота?

Пчела массой $m = 100$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

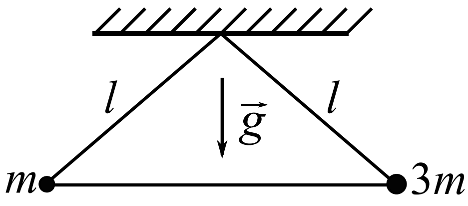
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 8$ м фейерверк находился через $\tau = 0,8$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 20$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами m = 0,1 кг и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l, прикрепленных к одной точке потолка. Шарики скреплены с легким стержнем длины L = 1,6l. Систему удерживают так, что шарики находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



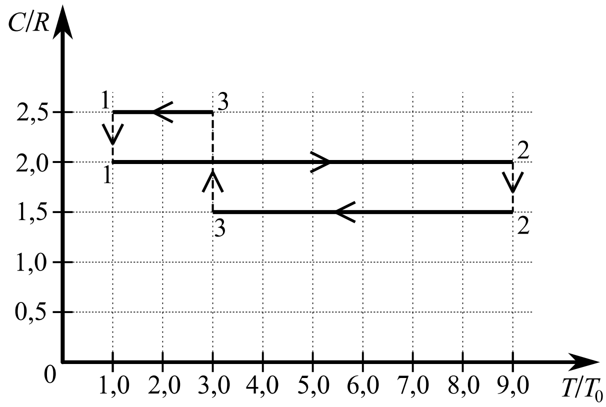
1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_1$ ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin\alpha$.
2. Найдите модуль a_1 ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения g = 10 м/с^2.
3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

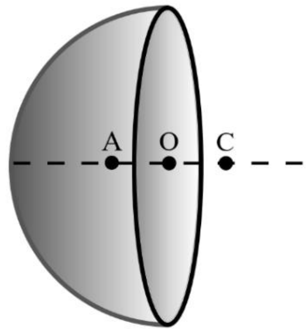
4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 2$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300\ K$.



1. Постройте график процесса в координатах $\left(P/P_0, V/V_0\right)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.
2. Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?
3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 150$ кг за $N = 10$ циклов тепловой машины?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2, универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ Дж/(моль·K). Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q. Точки A, O, C находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка O удалена от всех точек полусферы на расстояние R. Из точки A стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m, заряд q. В точке O частица движется со скоростью V_O.



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки O? Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k. Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
2. Найдите скорость V_C, с которой частица движется в точке C. Точки A и C находятся на неизвестных равных расстояниях от точки O.

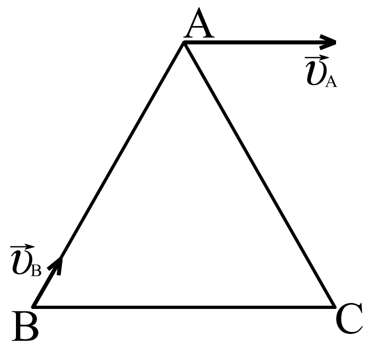
Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t = 0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC и по величине равна $v_A = 0{,}8$ м/с, а скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA. Длины сторон треугольника $a = 0{,}4$ м.



1. Найдите модуль v_B скорости вершины B.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит четыре оборота?

Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

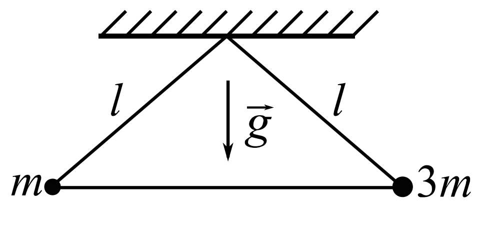
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 11{,}2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 4$ м/с? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 16$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами m =80 г и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l, прикрепленных к одной точке потолка. Шарики скреплены с легким стержнем длины $L = 1{,}2l$. Систему удерживают так, что шарики находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin\alpha$.

2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.

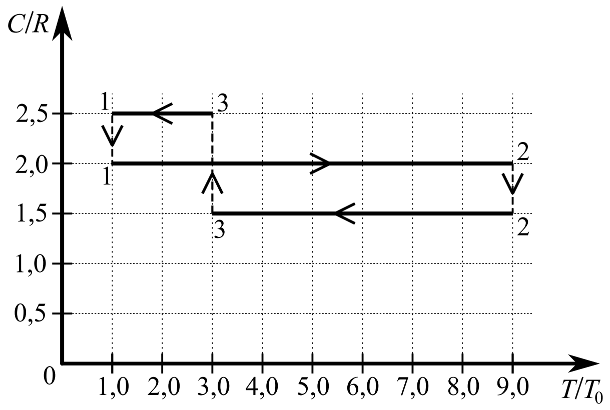
3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-02

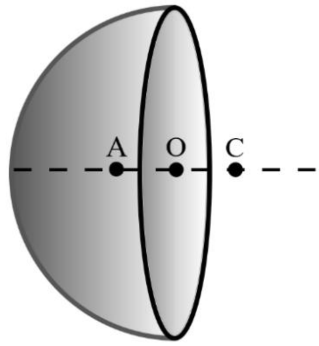
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 3$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 270\ K$.



1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.
2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?
3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250$ кг за $N = 15$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q. Точки A, O, C находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка O удалена от всех точек полусферы на расстояние R. Из точки A стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m, заряд q. Частица движется по прямой AC и на большом по сравнению с R расстоянии от точки O скорость частицы равна V. Точки A и C находятся на неизвестных равных расстояниях от точки O.



1. Найдите скорость V_O частицы в точке O. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k. Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
2. Найдите скорость V_C частицы в точке C.

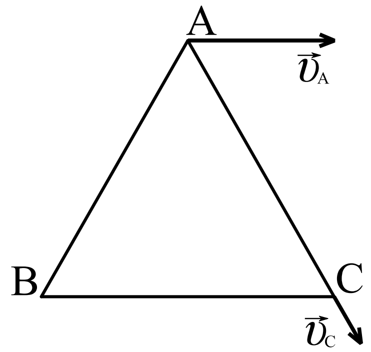
Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t=0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC и по величине равна $v_A=0{,}6$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны AC. Длины сторон треугольника $a=0{,}3$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит восемь оборотов?

Пчела массой $m=60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

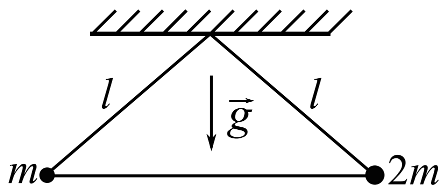
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h=15$ м фейерверк находился через $\tau=1$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g=10$ м/с^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0=30$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами m =200 г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l, прикрепленных к одной точке потолка. Шарики скреплены с легким стержнем длины L = 1,2l. Систему удерживают так, что шарики находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_1$ ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin\alpha$.

2. Найдите модуль a_1 ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения g =10 м/с^2.

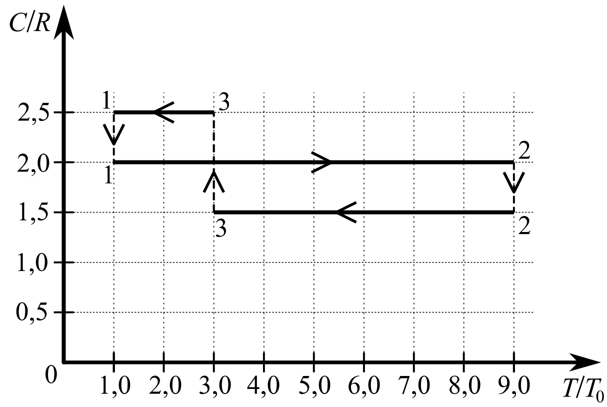
3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-03

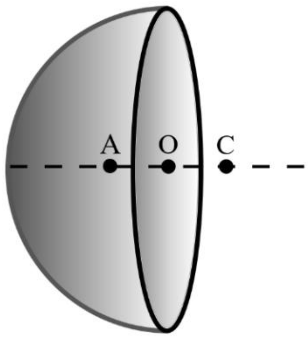
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 1$ моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 200\ K$.



1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.
2. Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?
3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 415$ кг за $N = 25$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2, универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К). Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q. Точки A, O, C находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка O удалена от всех точек полусферы на расстояние R. Из точки A стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m, заряд q. В точке O кинетическая энергия частицы равна K.



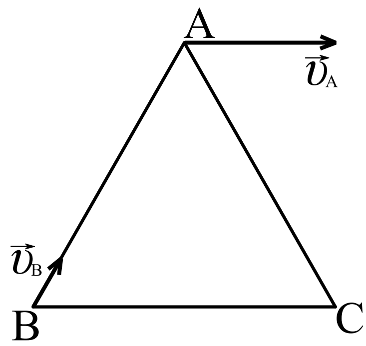
1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки O? Электрическая постоянная ε_0. Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
2. Найдите скорость V_C, с которой частица движется в точке C. Точки A и C находятся на неизвестных равных расстояниях от точки O.

Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t=0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA и по величине равна $v_B = 0{,}4$ м/с, а скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC. Длины сторон треугольника $a = 0{,}4$ м.

1. Найдите модуль v_A скорости вершины A.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит один оборот?

Пчела массой $m = 120$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

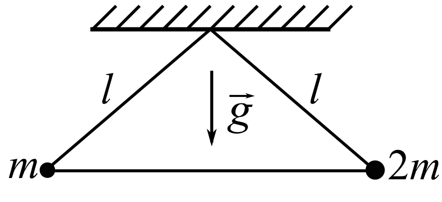
3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте h = 14,2 м фейерверк летел со скоростью $V = 6$ м/с? Ускорение свободного падения g = 10 м/с^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 20$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.



3. Два шарика с массами m = 90 г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l, прикрепленных к одной точке потолка. Шарики скреплены с легким стержнем длины L = 1,6l. Систему удерживают так, что шарики находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.

1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $2m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin\alpha$.

2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $2m$ сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения g = 10 м/с^2.

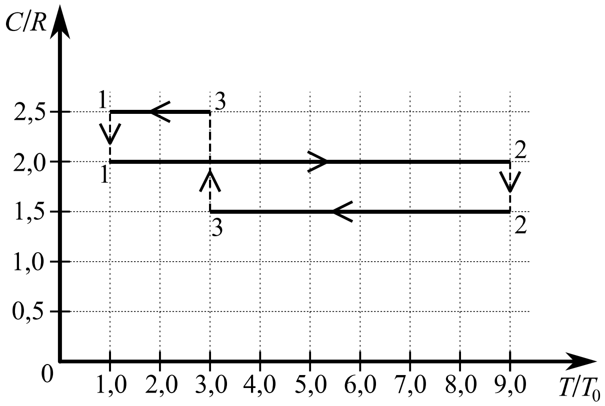
3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-04

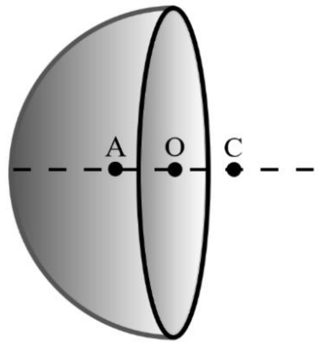
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 5$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300\ K$.



1. Постройте график процесса в координатах $\left(P/P_0, V/V_0\right)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.
2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?
3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400$ кг за $N = 20$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2, универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ Дж/(моль·K). Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q. Точки A, O, C находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка O удалена от всех точек полусферы на расстояние R. Из точки A стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m, заряд q. Частица движется по прямой AC и на большом по сравнению с R расстоянии от точки O кинетическая энергия частицы равна K.



1. Найдите скорость V_O частицы в точке O. Электрическая постоянная ε_0. Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
2. Найдите скорость V_C частицы в точке C. Точки A и C находятся на неизвестных равных расстояниях от точки O.

Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Две материальные точки движутся по одной прямой навстречу друг другу. В момент времени $t=0$ скорости материальных точек $V_1=12$ м/с и $V_2=8$ м/с. В процессе сближения ускорения материальных точек $a_1=1{,}5$ м/с^2 и $a_2=0{,}5$ м/с^2 постоянны и направлены противоположно соответствующим начальным скоростям.

1. При каком наименьшем начальном расстоянии L между точками не произойдет столкновение точек в процессе движения?
2. Найдите показание T часов в тот момент, когда расстояние между точками будет наименьшим, если при $t=0$ расстояние между точками было равно L.
3. Найдите длину S_1 пути, пройденного первой материальной точкой к моменту времени T, когда расстояние между точками будет наименьшим.

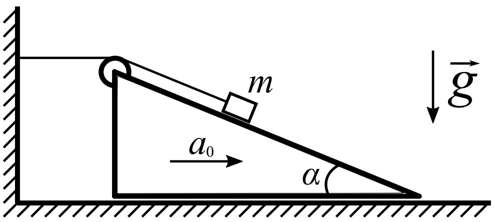
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $\tau=3$ с мяч падает на площадку на расстоянии $S=60$ м от точки старта.

1. Найдите $tg\alpha$, здесь α – угол, который вектор начальной скорости мяча образует с горизонтом.
2. Найдите модуль V_0 начальной скорости мяча. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

Футболист наносит удар по мячу и сообщает ему начальную скорость V_0, направленную под углом α к горизонту (V_0 и α найдены Вами при ответах на вопросы 1 и 2). Мяч летит навстречу ветру, дующему вдоль поверхности земли с постоянной горизонтальной скоростью. Через некоторое время мяч возвращается в точку старта со скоростью $0{,}6V_0$.

3. Найдите продолжительность T такого полета. Силу сопротивления, с которой воздушный поток действует на мяч, считайте пропорциональной относительной скорости $\vec{F}_{СОПР}=-k\cdot\vec{V}_{ОТН}$, здесь k - коэффициент пропорциональности, постоянная величина, $\vec{V}_{ОТН}$ – скорость мяча относительно воздушного потока.

3. Клин с углом $\alpha=30^\circ$ при вершине движется с ускорением $a_0=2$ м/с^2 по горизонтальному столу (см. рис.). По гладкой наклонной плоскости клина скользит брусок массы $m=0{,}4$ кг, скрепленный с легкой нерастяжимой нитью, которая перекинута через гладкий блок на клине и прикреплена к вертикальной стенке. Отрезок нити от стенки до блока считайте горизонтальным, отрезок нити от блока до бруска считайте параллельным наклонной плоскости клина.



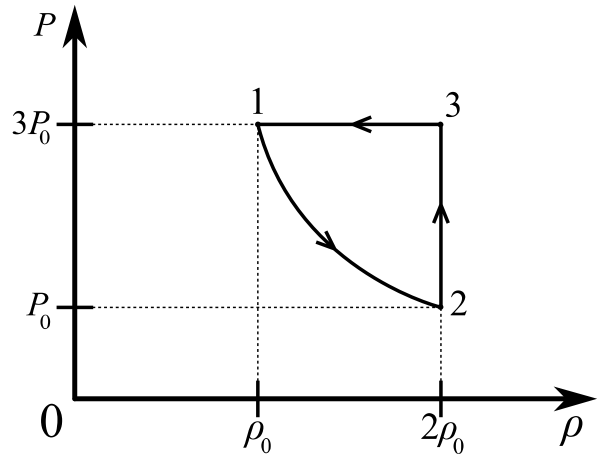
1. За какое время τ после начала движения брусок переместится по вертикали на $H=18$ см? Начальные скорости всех тел нулевые. Ускорение сводного падения g = 10 м/с^2.
2. Найдите модуль a ускорения бруска в лабораторной системе отсчета.
3. Найдите модуль T силы натяжения нити.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Циклический процесс, проводимый с одноатомным идеальным газом, представлен на графике в координатах (P,ρ), здесь P – давление, ρ – плотность газа. Количество вещества – один моль. В процессе 1-2 давление газа изменяется по закону $P = a + \dfrac{b}{\rho}$, здесь a и b – постоянные. Максимальная внутренняя энергия газа в процессе $U_{MAX} = 4986$ Дж.

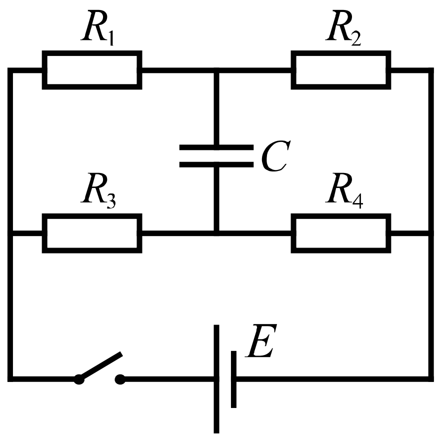


1. Постройте график процесса в координатах (P,V). В состоянии 1 объем газа V_0, давление газа $3P_0$.

2. Найдите работу A газа за цикл.

3. Какое количество $|\Delta Q|$ теплоты будет отведено от газа в начале процесса сжатия при уменьшении температуры на $|\Delta T| = 1K$? Универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·K).

5. В цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы можно считать идеальными, ЭДС батареи E = 50 В, сопротивления резисторов $R_1 = 6$ Ом, $R_2 = 24$ Ом, $R_3 = 18$ Ом, $R_4 = 12$ Ом. Внутреннее сопротивление батареи пренебрежимо мало. До замыкания ключа заряд конденсатора нулевой. Ключ замыкают.



1. Найдите силу I тока, текущего через источник сразу после замыкания ключа.
2. На каком резисторе рассеивается наименьшая мощность сразу после замыкания ключа? Найдите эту мощность P_{MIN}.
3. С какой скоростью $\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}$ будет расти заряд конденсатора сразу после замыкания ключа?

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Две материальные точки движутся по одной прямой навстречу друг другу. В момент времени $t=0$ скорости материальных точек $V_1=10$ м/с и $V_2=8$ м/с. В процессе сближения ускорения материальных точек $a_1=0,4$ м/с^2 и $a_2=0,2$ м/с^2 постоянны и направлены противоположно соответствующим начальным скоростям.

1. При каком наименьшем начальном расстоянии L между точками не произойдет столкновения точек в процессе движения?
2. Найдите показание T часов в тот момент, когда расстояние между точками будет наименьшим, если при $t=0$ расстояние между точками было равно L.
3. Найдите длину S_1 пути, пройденного первой материальной точкой к тому моменту времени, когда расстояние между точками будет наименьшим.

2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $\tau=4$ с мяч падает на площадку на расстоянии $S=60$ м от точки старта.

1. Найдите $tg\alpha$, здесь α – угол, который вектор начальной скорости мяча образует с горизонтом.
2. Найдите модуль V_0 начальной скорости мяча. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

Футболист наносит удар по мячу и сообщает ему начальную скорость V_0, направленную под углом α к горизонту (V_0 и α найдены Вами при ответах на вопросы 1 и 2). Мяч летит навстречу ветру, дующему вдоль поверхности земли с постоянной горизонтальной скоростью. Через $T=3,2$ с после удара мяч возвращается в точку старта с неизвестной скоростью V_1.

3. Найдите скорость V_1 мяча в момент возвращения в точку старта. Силу сопротивления, с которой воздушный поток действует на мяч, считайте пропорциональной относительной скорости $\vec{F}_{СОПР}=-k\cdot\vec{V}_{ОТН}$, здесь k – коэффициент пропорциональности, постоянная величина, $\vec{V}_{ОТН}$ – скорость мяча относительно воздушного потока.

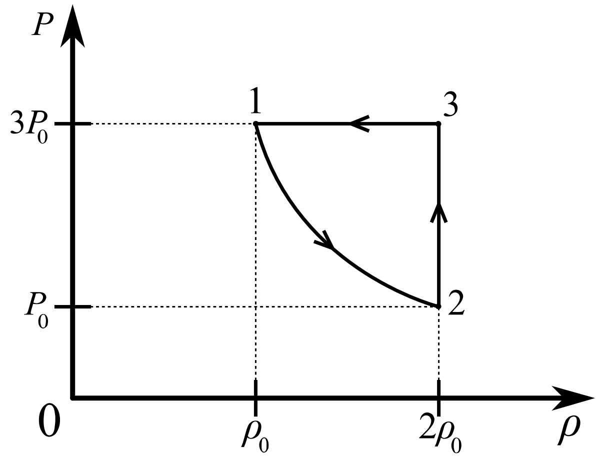
3. Клин с углом α = 30° при вершине движется с ускорением $a_0=3$ м/с^2 по горизонтальному столу (см. рис.). По гладкой наклонной плоскости клина скользит брусок массы $m=0,4$ кг, скрепленный с легкой нерастяжимой нитью, которая перекинута через гладкий блок на клине и прикреплена к вертикальной стенке. Отрезок нити от стенки до блока считайте горизонтальным, отрезок нити от блока до бруска считайте параллельным наклонной плоскости клина.

1. За какое время τ после начала движения брусок переместится по вертикали на $H=20$ см? Начальные скорости всех тел нулевые. Ускорение сводного падения g = 10 м/с^2.
2. Найдите модуль a ускорения бруска в лабораторной системе отсчета.
3. Найдите модуль N силы, с которой клин действует на брусок.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

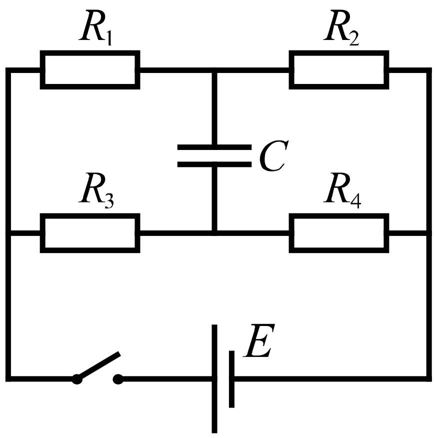
Вариант 10-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



4. Циклический процесс, проводимый с одноатомным идеальным газом, представлен на графике в координатах (P,ρ), здесь P – давление, ρ – плотность газа. Количество вещества – один моль. В процессе 1-2 давление газа изменяется по закону $P = a + \dfrac{b}{\rho}$, здесь a и b – постоянные. Наименьшая внутренняя энергия газа в процессе $U_{MIN} = 1800$ Дж.

1. Постройте график процесса в координатах (P,V). В состоянии 1 объем газа V_0, давление газа $3P_0$.
2. Найдите работу A газа в процессе сжатия.
3. Какое количество $|\Delta Q|$ теплоты будет отведено от газа в конце процесса сжатия при уменьшении температуры на $|\Delta T| = 1K$? Универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·K).



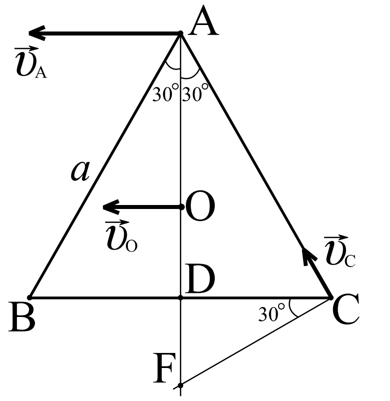
5. В цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы можно считать идеальными, ЭДС батареи E = 75 В, сопротивления резисторов $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 8$ Ом, $R_3 = 6$ Ом, $R_4 = 4$ Ом. Внутреннее сопротивление батареи пренебрежимо мало. До замыкания ключа заряд конденсатора нулевой. Ключ замыкают.

1. Найдите силу I тока, текущего через источник сразу после замыкания ключа.
2. На каком резисторе рассеивается наибольшая мощность сразу после замыкания ключа? Найдите эту мощность P_{MAX}.
3. С какой скоростью $\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}$ будет расти заряд конденсатора сразу после замыкания ключа?

15 февраля 2025 года Олимпиада Физтех 2025

Решение варианта 10-01

Задача 1



F – мгновенный центр вращения, α

$$\frac{v_C}{v_A} = \frac{FC}{FA} = \sin 30^0 = 0,5,$$

1. $v_C = 0,5 v_A = 0,2$ м/с.

$$v_C = \omega \frac{a}{\sqrt{3}},\ \omega = \sqrt{3}\frac{v_C}{a},\ \omega\tau = \sqrt{3}\frac{v_C}{a}\tau = 3\cdot 2\pi$$

2. $\tau = \sqrt{3}\cdot 2\pi \dfrac{a}{v_C} \approx 10,9$ с.

Система центра масс пластины – ИСО, $\vec{R} = m\vec{a}$, $\quad R = m\omega^2 BO = m\left(\sqrt{3}\dfrac{v_C}{a}\right)^2 \dfrac{a}{\sqrt{3}}$

3. $R = \sqrt{3} m \dfrac{v_C^2}{a} \approx 3,46\cdot 10^{-5}$ Н.

Задача 2

1. $H = \dfrac{1}{2g}\left(\dfrac{h}{\tau} + \dfrac{g\tau}{2}\right)^2 = 9,8$ м.

Вертикальные координаты осколков $y_{1,2}(t) = H \pm V_{0Y} t - 0,5 g t^2$. В момент падения на площадку $0 = H \pm V_{0Y} T - 0,5 g T^2$, $T^2 \mp 2\dfrac{V_{0Y}}{g} T - \dfrac{2H}{g} = 0$,

$$T_1 = \frac{V_{0Y}}{g} + \frac{1}{g}\sqrt{(V_{0Y})^2 + 2gH},\ T_2 = -\frac{V_{0Y}}{g} + \frac{1}{g}\sqrt{(V_{0Y})^2 + 2gH},\ T_1 + T_2 = \frac{2}{g}\sqrt{(V_{0Y})^2 + 2gH}.$$

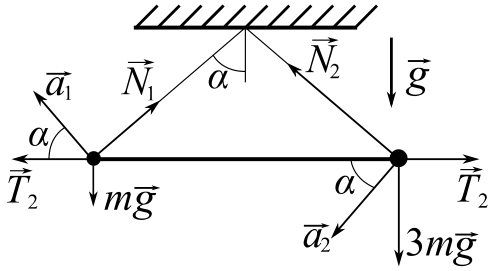
Расстояние между точками падения осколков

$$L = |V_{0X}|(T_1 + T_2) = \frac{2}{g}\sqrt{\left(V_0^2 - V_{0Y}^2\right)\left(V_{0Y}^2 + 2gH\right)}.$$

Под радикалом – перевернутая парабола, максимум которой лежит посередине между корнями, в этом случае сомножители под радикалом равны, тогда наибольшее расстояние между точками падения осколков

2. $L_{MAX} = \dfrac{V_0^2}{g} + 2H = 59,6$ м. Здесь учтено, что по условию $V_0^2 > 2gH$.

Задача 3



1. $\sin\alpha = \dfrac{L}{2l} = 0,8$.

В процессе движения нити остаются натянутыми, шарики будут двигаться по окружности с нулевой начальной скоростью (см. рис.). Ускорения шариков перпендикулярны нитям и одинаковы по модулю. Действительно, стержень – абсолютно твердое тело, проекции скоростей, а, следовательно, и ускорений шариков на горизонтальное направление равны. Масса стержня пренебрежимо мала, поэтому силы, с которыми стержень действует на шарики, направлены вдоль стержня и $\vec T_1 = -\vec T_2$. По второму закону Ньютона

$$m\vec a_1 = m\vec g + \vec N_1 + \vec T_1,\ 3m\vec a_2 = 3m\vec g + \vec N_2 + \vec T_2, \text{ далее } T_1 = T_2 = T,\ a_1 = a_2 = a.$$

Перейдем к проекциям сил и ускорения на касательные направления:

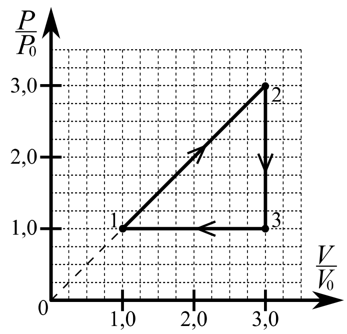
$$ma = T\cos\alpha - mg\sin\alpha,\ 3ma = 3mg\sin\alpha - T\cos\alpha,$$

Отсюда $4ma = 2mg\sin\alpha$,

2. $a = \dfrac{1}{2}g\sin\alpha = 4$ м/с^2.

3. $T = \dfrac{3}{2}mgtg\alpha = 2$ Н.

Задача 4



1. График процесса в P,V координатах представлен на рисунке к решению.

2. $Q_1 = 16\nu RT_0 \approx 79800$ Дж.

Работа газа за один цикл $A_1 = 2P_0V_0 = 2\nu RT_0$. По закону сохранения энергии $0,5NA_1 = N\nu RT_0 = MgH$, отсюда

3. $H = \dfrac{N\nu RT_0}{Mg} \approx 33$ м.

Задача 5

По закону сохранения энергии

$$k\frac{qQ}{R} + \frac{m}{2}V_O^2 = \frac{m}{2}V^2$$

1. $V = \sqrt{V_O^2 + 2k\dfrac{Qq}{Rm}}$.

Нулевое поле в любой точке, находящейся в однородно заряженной сфере можно представлять, как суперпозицию полей двух полусфер (сферу рассекаем плоскостью большого круга, перпендикулярной диаметру, на котором лежит эта точка).

Полученные две полусферы создают равные по модулю векторы напряженности, сумма которых равна нулю во всех точках произвольного диаметра сферы.

Это означает, что напряженность E поля полусферы одинакова в любых двух, лежащих на оси симметрии точках, каждая из которых находится от центра полусферы на любом расстоянии $d<R$. Отсюда $\varphi_A - \varphi_O = \varphi_O - \varphi_C$. Далее по теореме об изменении кинетической энергии материальной точки: равным значениям убыли потенциала соответствуют равные приращения кинетической энергии. В точке С кинетическая энергия в два раза больше, чем в точке О, тогда

2. $V_C = \sqrt{2} V_O$.

Решение варианта 10-02

Задача 1

1. $v_B = 0,5v_A = 0,4$ м/с.

$v_B = \omega \frac{a}{\sqrt{3}}$, $\omega = \sqrt{3}\frac{v_B}{a}$, $\omega\tau = \sqrt{3}\frac{v_B}{a}\tau = 4\cdot 2\pi$.

2. $\tau = \frac{8\pi}{\sqrt{3}}\frac{a}{v_B} \approx 14,5$с. Система центра масс пластины – ИСО,

$\vec{R} = m\vec{a}, \quad R = m\omega^2 CO = m\left(\sqrt{3}\frac{v_B}{a}\right)^2 \frac{a}{\sqrt{3}}$

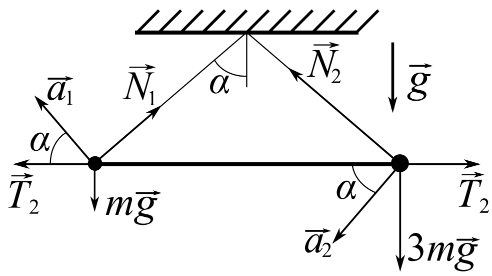
3. $R = \sqrt{3}m\frac{v_B^2}{a} \approx 4,2\cdot 10^{-5}$ Н.

Задача 2

1. $H = \frac{V^2}{2g} + h = 12$ м.

2. $L_{MAX} = \frac{V_0^2}{g} + 2H = 49,6$ м. Здесь учтено, что по условию $V_0^2 > 2gH$.

Задача 3



1. $\sin\alpha = \frac{L}{2l} = 0,6$.

В процессе движения нити остаются натянутыми, шарики будут двигаться по окружности с нулевой начальной скоростью (см. рис.). Ускорения шариков перпендикулярны нитям и одинаковы по модулю. Действительно, стержень – абсолютно твердое тело, проекции скоростей, а, следовательно, и ускорений шариков на горизонтальное направление равны. Масса стержня пренебрежимо мала, поэтому силы, с которыми стержень действует на шарики, направлены вдоль стержня и $\vec{T}_1 = -\vec{T}_2$. По второму закону Ньютона

$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{T}_1,\ 3m\vec{a}_2 = 3m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{T}_2, \text{ далее } T_1 = T_2 = T,\ a_1 = a_2 = a .$$

Перейдем к проекциям сил и ускорения на касательные направления:

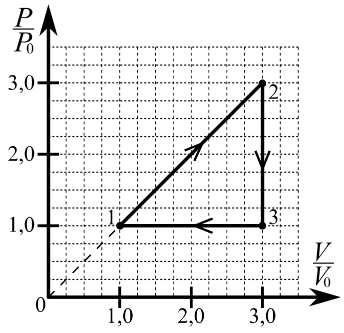
$$ma = T\cos\alpha - mg\sin\alpha,\ 3ma = 3mg\sin\alpha - T\cos\alpha,$$

Отсюда $4ma = 2mg\sin\alpha$,

2. $a = \frac{1}{2}g\sin\alpha = 3$ м/с^2.

3. $T = \frac{3}{2}mgtg\alpha = 0,9$ Н.

Задача 4



1. График процесса в P,V координатах представлен на рисунке к решению.

Работа газа за один цикл $A_1 = 2P_0V_0 = 2\nu RT_0$.

2. $A_1 = 2\nu RT_0 \approx 13460$ Дж.

По закону сохранения энергии $0{,}5NA_1 = N\nu RT_0 = MgH$, отсюда

3. $H = \dfrac{N\nu RT_0}{Mg} \approx 40$ м.

Задача 5

По закону сохранения энергии

$$k\frac{qQ}{R} + \frac{m}{2}V_O^2 = \frac{m}{2}V^2$$

1. $V_O = \sqrt{V^2 - 2k\dfrac{Qq}{Rm}}$

Нулевое поле в любой точке, находящейся в однородно заряженной сфере можно представлять, как суперпозицию полей двух полусфер (сферу рассекаем плоскостью большого круга, перпендикулярной диаметру, на котором лежит эта точка).

Полученные две полусферы создают равные по модулю векторы напряженности, сумма которых равна нулю во всех точках произвольного диаметра сферы.

Это означает, что напряженность E поля полусферы одинакова в любых двух, лежащих на оси симметрии точках, каждая из которых находится от центра полусферы на любом расстоянии $d<R$. Отсюда $\varphi_A - \varphi_O = \varphi_O - \varphi_C$. Далее по теореме об изменении кинетической энергии материальной точки: равным значениям убыли потенциала соответствуют равные приращения кинетической энергии. В точке C кинетическая энергия в два раза больше, чем в точке O, тогда

2. $V_C = \sqrt{2}V_O$

Решение варианта 10-03

Задача 1

1. $v_C = 0,5 v_A = 0,3$ м/с.

$v_C = \omega \dfrac{a}{\sqrt{3}}$, $\omega = \sqrt{3}\dfrac{v_C}{a}$, $\omega\tau = \sqrt{3}\dfrac{v_C}{a}\tau = 8\cdot 2\pi$.

2. $\tau = \dfrac{16\pi}{\sqrt{3}}\dfrac{a}{v_C} \approx 29$ с. Система центра масс пластины – ИСО,

$\vec{R} = m\vec{a}, \quad R = m\omega^2 OB = m\left(\sqrt{3}\dfrac{v_C}{a}\right)^2 \dfrac{a}{\sqrt{3}}$

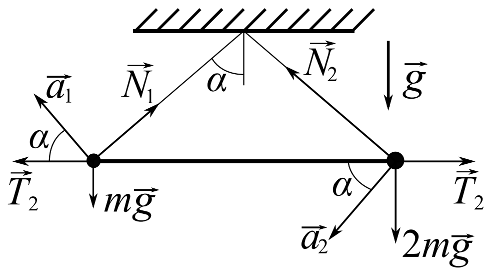
3. $R = \sqrt{3}m\dfrac{v_C^2}{a} \approx 3,1\cdot 10^{-5}$ Н.

Задача 2

1. $H = \dfrac{1}{2g}\left(\dfrac{h}{\tau} + \dfrac{g\tau}{2}\right)^2 = 20$ м.

2. $L_{MAX} = \dfrac{V_0^2}{g} + 2H = 130$ м. Здесь учтено, что по условию $V_0^2 > 2gH$.

Задача 3



1. $\sin\alpha = \dfrac{L}{2l} = 0,6$.

По второму закону Ньютона

$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{T}_1$, $2m\vec{a}_2 = 2m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{T}_2$,

далее $T_1 = T_2 = T$, $a_1 = a_2 = a$.

Перейдем к проекциям сил и ускорения на касательные направления:

$ma = T\cos\alpha - mg\sin\alpha$, $2ma = 2mg\sin\alpha - T\cos\alpha$,

Отсюда $3ma = mg\sin\alpha$,

2. $a = \dfrac{1}{3}g\sin\alpha = 2$ м/с^2.

3. $T = \dfrac{4}{3}mg\,tg\,\alpha = 2$ Н.

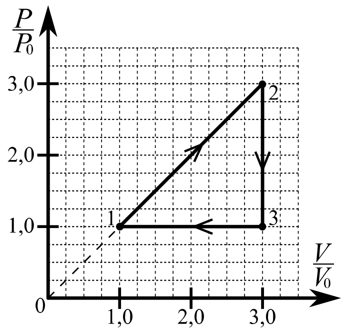
Задача 4

1. График процесса в P,V координатах представлен на рисунке к решению.

2. $Q_1 = 16\nu RT_0 = 26592$ Дж.

Работа газа за один цикл $A_1 = 2P_0V_0 = 2\nu RT_0$. По закону сохранения энергии $0,5NA_1 = N\nu RT_0 = MgH$, отсюда

3. $H = \dfrac{N\nu RT_0}{Mg} \approx 10$ м.



Задача 5

По закону сохранения энергии

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qQ}{R} + \frac{m}{2}V_O^2 = \frac{m}{2}V^2$$

1. $V = \sqrt{V_O^2 + \dfrac{1}{2\pi\varepsilon_0}\dfrac{Qq}{Rm}}$

Нулевое поле в любой точке, находящейся в однородно заряженной сфере можно представлять, как суперпозицию полей двух полусфер (сферу рассекаем плоскостью большого круга, перпендикулярной диаметру, на котором лежит эта точка).

Полученные две полусферы создают равные по модулю векторы напряженности, сумма которых равна нулю во всех точках произвольного диаметра сферы.

Это означает, что напряженность *E* поля полусферы одинакова в любых двух, лежащих на оси симметрии точках, каждая из которых находится от центра полусферы на любом расстоянии $d<R$. Отсюда $\varphi_A - \varphi_O = \varphi_O - \varphi_C$. Далее по теореме об изменении кинетической энергии материальной точки: равным значениям убыли потенциала соответствуют равные приращения кинетической энергии. В точке С кинетическая энергия в два раза больше, чем в точке О, тогда

2. $V_C = \sqrt{2}V_O$

Решение варианта 10-04

Задача 1

1. $v_A = 2v_B = 0{,}8$ м/с.

$v_B = \omega \dfrac{a}{\sqrt{3}}$, $\omega = \sqrt{3}\dfrac{v_B}{a}$, $\omega\tau = \sqrt{3}\dfrac{v_B}{a}\tau = 2\pi$.

2. $\tau = \dfrac{2\pi}{\sqrt{3}}\dfrac{a}{v_B} \approx 3{,}6$ с. Система центра масс пластины – ИСО,

$\vec{R} = m\vec{a}, \quad R = m\omega^2 CO = m\left(\sqrt{3}\dfrac{v_B}{a}\right)^2 \dfrac{a}{\sqrt{3}}$

3. $R = \sqrt{3}m\dfrac{v_B^2}{a} \approx 8{,}3 \cdot 10^{-5}$ Н.

Задача 2

1. $H = \dfrac{V^2}{2g} + h = 16$ м.

2. $L_{MAX} = \dfrac{V_0^2}{g} + 2H = 72$ м. Здесь учтено, что по условию $V_0^2 > 2gH$.

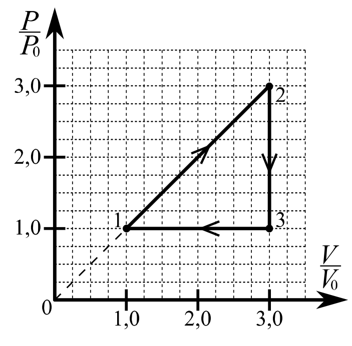
Задача 3

1. $\sin\alpha = \dfrac{L}{2l} = 0{,}8$.

2. $a = \dfrac{1}{3}g\sin\alpha \approx 2{,}7$ м/с^2.

3. $T = \dfrac{4}{3}mg\,tg\alpha = 1{,}6$ Н.

Задача 4



1. График процесса в P,V координатах представлен на рисунке к решению.

Работа газа за один цикл $A_1 = 2P_0V_0 = 2\nu RT_0$.

2. $A_1 = 2\nu RT_0 = 24930$ Дж.

По закону сохранения энергии $0{,}5NA_1 = N\nu RT_0 = MgH$, отсюда

3. $H = \dfrac{N\nu RT_0}{Mg} \approx 62$ м.

Задача 5

По закону сохранения энергии

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qQ}{R}+\frac{m}{2}V_O^2=\frac{m}{2}V^2$$

1. $V_O=\sqrt{V^2-\frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{Rm}}$

Нулевое поле в любой точке, находящейся в однородно заряженной сфере можно представлять, как суперпозицию полей двух полусфер (сферу рассекаем плоскостью большого круга, перпендикулярной диаметру, на котором лежит эта точка).

Полученные две полусферы создают равные по модулю векторы напряженности, сумма которых равна нулю во всех точках произвольного диаметра сферы.

Это означает, что напряженность E поля полусферы одинакова в любых двух, лежащих на оси симметрии точках, каждая из которых находится от центра полусферы на любом расстоянии $d<R$. Отсюда $\varphi_A-\varphi_O=\varphi_O-\varphi_C$. Далее по теореме об изменении кинетической энергии материальной точки: равным значениям убыли потенциала соответствуют равные приращения кинетической энергии. В точке С кинетическая энергия в два раза больше, чем в точке О, тогда

2. $V_C=\sqrt{2}V_O$

15 февраля 2025 года Олимпиада Физтех 2025

Решение варианта 10-05

Задача 1

1 В системе отсчета, связанной с первой материальной точкой, вторая движется с начальной скоростью $\vec{U}_{OTH} = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$ и ускорением $\vec{a}_{OTH} = \vec{a}_2 - \vec{a}_1$, при этом $\vec{U}_{OTH} \uparrow\downarrow \vec{a}_{OTH}$. При равнопеременном движении длина тормозного пути

$$L = \frac{U_{OTH}^2}{2a_{OTH}} = \frac{\left(V_1 + V_2\right)^2}{2\left(a_1 + a_2\right)} = 100 \text{ м.}$$

2 $T = \dfrac{U_{OTH}}{a_{OTH}} = \dfrac{\left(V_1 + V_2\right)}{\left(a_1 + a_2\right)} = \dfrac{12+8}{1,5+0,5} = 10\,\text{с}.$

Первая материальная точка остановится в момент времени $t_1 = \dfrac{V_1}{a_1} = \dfrac{12}{1,5} = 8\,\text{с}$, к этому моменту перемещение точки $\dfrac{V_1 t_1}{2} = \dfrac{12 \cdot 8}{2} = 48\,\text{м}$, модуль перемещения точки за следующие две секунды $a_1 \dfrac{\left(T - t_1\right)^2}{2} = 3\,\text{м}$. Путь – сумма длин этих двух перемещений

3 $S_1 = \dfrac{V_1 t_1}{2} + a_1 \dfrac{\left(T - t_1\right)^2}{2} = 48 + 3 = 51\,\text{м}.$

Задача 2

$V_{0X} = \dfrac{S}{\tau} = 20\,\text{м/с}$, $V_{0Y} = \dfrac{g\tau}{2} = 15\,\text{м/с}$

1. $tg\alpha = \dfrac{V_{0Y}}{V_{0X}} = \dfrac{g\tau^2}{2S} = 0,75$, $\sin\alpha = 0,6$.

2. $V_0 = \sqrt{\left(\dfrac{S}{\tau}\right)^2 + \left(\dfrac{g\tau}{2}\right)^2} = 25\,\text{м/с}.$

Обозначения: $\vec{V}(t)$ – скорость мяча в ЛСО, $\vec{U}$ – скорость в ЛСО воздушного потока, тогда $\vec{F}_{СОПР} = -k\vec{V}_{OTH} = -k(\vec{V} - \vec{U})$. По второму закону Ньютона $m\dfrac{\Delta\vec{V}}{\Delta t} = m\vec{g} - k(\vec{V} - \vec{U})$, это уравнение перепишем в виде $m\dfrac{\Delta\vec{V}}{\Delta t} = m\vec{g} + k\vec{U} - k\vec{V} = \vec{F} - k\vec{V}$, здесь $\vec{F} = m\vec{g} + k\vec{U}$ – однородное силовое поле. При движении в таком поле возвращение мяча в точку старта возможно в единственном случае – начальная скорость $\vec{V}_0$ и сила $\vec{F} = m\vec{g} + k\vec{U}$ – антипараллельные векторы. Тогда $F = \dfrac{mg}{\sin\alpha}$.

Для определения продолжительности полета перепишем уравнение динамики в виде $m \cdot \Delta\vec{V} = \vec{F} \cdot \Delta t - k \cdot \vec{V} \cdot \Delta t$. Просуммируем все такие соотношения по всему времени движения, получим $m \cdot \left(\sum \Delta\vec{V}\right) = \vec{F} \cdot \left(\sum \Delta t\right) - k \cdot \left(\sum \vec{V} \cdot \Delta t\right)$. Учтем, что за время $T = \sum \Delta t$ полета перемещение мяча нулевое, т.е. $\sum \vec{V} \cdot \Delta t = \vec{0}$, получим $m \cdot \vec{V}_1 - m \cdot \vec{V}_0 = \left(m\vec{g} + k\vec{U}\right) \cdot T$. Переход в этом соотношении к проекциям на направление, задаваемое вектором начальной скорости, приводит к соотношению $-mV_1 - mV_0 = -\dfrac{mg}{\sin\alpha} T$, из которого находим продолжительность полета $T = \dfrac{(V_1 + V_0)\sin\alpha}{g} = 1,6\dfrac{V_0}{g}\sin\alpha$.

3. $T = 1,6\dfrac{V_0}{g}\sin\alpha = 2,4$ с.

Задача 3

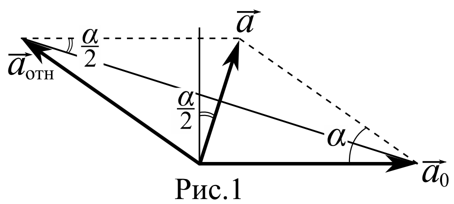


Рис.1

Вследствие нерастяжимости нити $a_0 = a_{\text{ОТН}}$. Тогда ускорение бруска в ЛСО $\vec{a} = \vec{a}_0 + \vec{a}_{OTH}$ – диагональ ромба (см. рис.1), проекция ускорения бруска на вертикаль $a_{\text{ОТН}}\sin\alpha$, вертикальное перемещение $H = \dfrac{1}{2}\left(a_{\text{ОТН}}\sin\alpha\right)\tau^2$.

1. $\tau = \sqrt{\dfrac{2H}{a_{\text{ОТН}}\sin\alpha}} = 0,6$ с.

2. $a = 2a_0\sin\dfrac{\alpha}{2} \approx 1$ м/с^2.

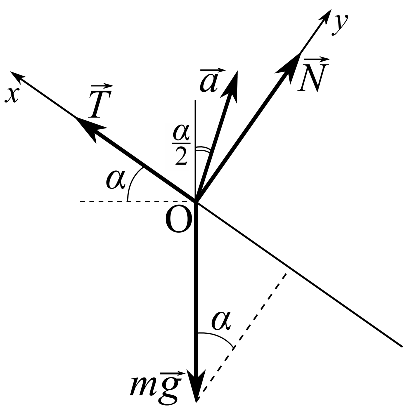


Рис.2

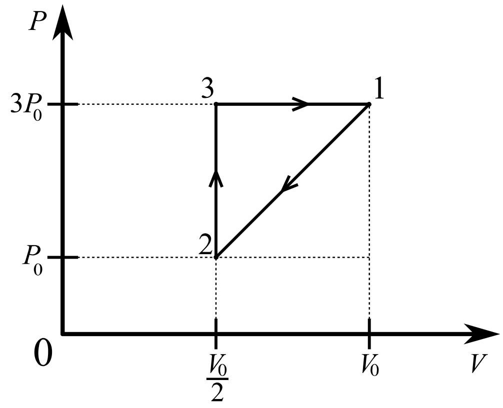
По второму закону Ньютона $m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g} + \vec{N}$ (см. рис.2), переходим к проекциям сил и ускорения на ось OX: $ma\sin\dfrac{\alpha}{2} = T - mg\sin\alpha$, отсюда

$$T = m\left(g\sin\alpha + 2a_0\sin^2\frac{\alpha}{2}\right) = m\left(g\sin\alpha + a_0\left(1 - \cos\alpha\right)\right)$$

3. $T = m\left(g\sin\alpha + a_0\left(1 - \cos\alpha\right)\right) \approx 2,1$ Н.

Задача 4

В состояниях 1 и 2 $3P_0 = a + \frac{b}{\rho_0}$, $P_0 = a + \frac{b}{2\rho_0}$, отсюда $a = -P_0$, $b = 4P_0\rho_0$, тогда в процессе 1-2 $P = -P_0 + \frac{4P_0\rho_0}{\rho} = P_0\left(4\frac{V}{V_0} - 1\right)$. Цикл в P,V координатах представлен на рисунке к решению (см. рис). Работа газа за цикл $A = \frac{1}{2}2P_0\frac{1}{2}V_0 = \frac{1}{2}P_0V_0$. Максимальная внутренняя энергия газа в процессе $U_{MAX} = \frac{3}{2}3P_0V_0 = \frac{9}{2}P_0V_0$. Искомая работа



2. $A = \frac{U_{MAX}}{9} = 554$ Дж.

Молярная теплоемкость газа в процессе $C = \frac{3}{2}R + P\left(\frac{\Delta V}{\Delta T}\right)$. С учетом уравнения состояния $PV = RT$ и следствия из него $\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T}$ формула для теплоемкости принимает вид $C = \frac{3}{2}R + \frac{R}{1 + \frac{V}{P}\left(\frac{\Delta P}{\Delta V}\right)}$. В процессе сжатия $\left(\frac{\Delta P}{\Delta V}\right) = 4\frac{P_0}{V_0}$, в начале процесса сжатия $\frac{V}{P} = \frac{V_0}{3P_0}$, тогда $C = \frac{3}{2}R + \frac{3R}{7} = \frac{27}{14}R$.

3. $|\Delta Q| = C|\Delta T| = \frac{27}{14}R|\Delta T| \approx 16$ Дж.

Задача 5

По условию $R_1 = r = 6$ Ом, $R_2 = 4r$, $R_3 = 3r$, $R_4 = 2r$. Сразу после замыкания ключа заряд конденсатора и напряжение на конденсаторе нулевые, тогда сила тока, текущего через батарею, $I = \frac{E}{\frac{R_1R_3}{R_1+R_3} + \frac{R_2R_4}{R_2+R_4}} = \frac{E}{\frac{3}{4}r + \frac{4}{3}r} = \frac{12}{25}\frac{E}{r}$.

1. $I = \frac{12}{25}\frac{E}{r} = 4$ А.

Напряжения на параллельно соединенных резисторах:

$R_1 = r$ и $R_3 = 3r$ $U_{13} = I\frac{3}{4}r = \frac{12}{25}\frac{E}{r}\frac{3}{4}r = \frac{9}{25}E = 18$ В, на R_2 и R_4 $U_{24} = \frac{16}{25}E = 32$ В.

2. Сразу после замыкания ключа наименьшая мощность рассеивается на резисторе $R_3 = 3r$. $P_{MIN} = \frac{U_{13}^2}{R_3} = 18$ Вт.

Сила тока, текущего на конденсатор сразу после замыкания ключа, равна разности сил токов, текущих через резисторы R_1 и R_2, $I_C = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{R_3}{R_1 + R_3} I - \frac{R_4}{R_2 + R_4} I = \frac{E}{5r}$.

3. $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{E}{5r} \approx 1,67$ А.

Решение варианта 10-06

Задача 1

1 $L = \dfrac{U_{OTH}^2}{2a_{OTH}} = \dfrac{\left(V_1 + V_2\right)^2}{2\left(a_1 + a_2\right)} = 270$ м.

2 $T = \dfrac{U_{OTH}}{a_{OTH}} = \dfrac{\left(V_1 + V_2\right)}{\left(a_1 + a_2\right)} = \dfrac{10+8}{0,4+0,2} = 30$ с.

Первая материальная точка остановится в момент времени $t_1 = \dfrac{V_1}{a_1} = \dfrac{10}{0,4} = 25$ с, к этому моменту перемещение точки $\dfrac{V_1 t_1}{2} = \dfrac{10 \cdot 25}{2} = 125$ м, модуль перемещения точки за следующие пять секунд $a_1 \dfrac{\left(T - t_1\right)^2}{2} = 5$ м. Путь – сумма длин этих двух перемещений.

3 $S_1 = \dfrac{V_1 t_1}{2} + a_1 \dfrac{\left(T - t_1\right)^2}{2} = 125 + 5 = 130$ м.

Задача 2

$V_{0X} = \dfrac{S}{\tau} = 15$ м/с, $V_{0Y} = \dfrac{g\tau}{2} = 20$ м/с.

1. $tg\alpha = \dfrac{V_{0Y}}{V_{0X}} = \dfrac{g\tau^2}{2S} = \dfrac{4}{3}$, $\sin\alpha = 0,8$.

2. $V_0 = \sqrt{\left(\dfrac{S}{\tau}\right)^2 + \left(\dfrac{g\tau}{2}\right)^2} = 25$ м/с.

$$T = \frac{\left(V_1 + V_0\right)\sin\alpha}{g}$$

3. $V_1 = \dfrac{gT}{\sin\alpha} - V_0 = 15$ м/с.

Задача 3

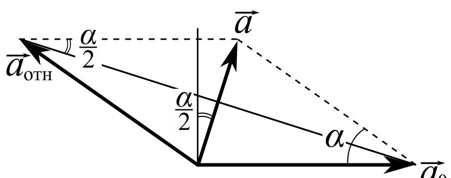


Рис.1

Вследствие нерастяжимости нити $a_0 = a_{OTH}$. Тогда ускорение бруска в ЛСО $\vec{a} = \vec{a}_0 + \vec{a}_{OTH}$ – диагональ ромба (см. рис.1), проекция ускорения бруска на вертикаль $a_{OTH}\sin\alpha$, вертикальное перемещение бруска

$H = \dfrac{1}{2}\left(a_0 \sin\alpha\right)\tau^2$,

$$\tau = \sqrt{\frac{2H}{a_0 \sin\alpha}} = 0{,}5 \text{ с.}$$

2. $a = 2a_0 \sin\frac{\alpha}{2} \approx 1{,}6$ м/с^2.

По второму закону Ньютона $m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g} + \vec{N}$, (см. рис.2)
переходим к проекциям сил и ускорения на ось OY $ma\cos\frac{\alpha}{2} = N - mg\cos\alpha$, отсюда

$$N = m\left(g\cos\alpha + 2a_0 \sin\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\alpha}{2}\right)$$

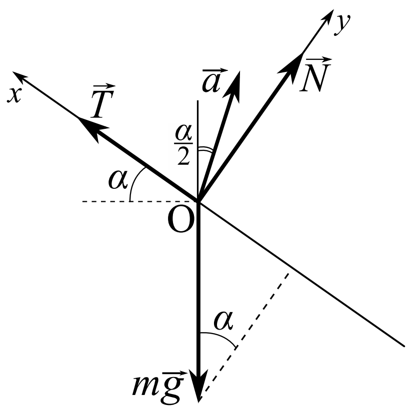
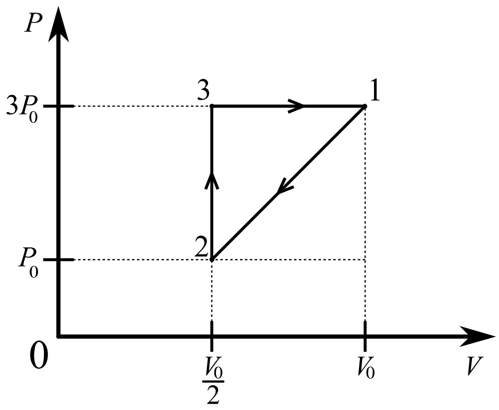


Рис.2

3. $N = m\left(g\cos\alpha + a_0 \sin\alpha\right) \approx 4{,}1$ Н.

Задача 4

В состояниях 1 и 2: $3P_0 = a + \frac{b}{\rho_0}$, $P_0 = a + \frac{b}{2\rho_0}$, отсюда $a = -P_0$, $b = 4P_0\rho_0$, тогда в процессе 1-2 $P = -P_0 + \frac{4P_0\rho_0}{\rho} = P_0\left(4\frac{V}{V_0} - 1\right)$. Цикл в P,V координатах представлен на рисунке к решению. Наименьшая внутренняя энергия газа в процессе $U_{MIN} = \frac{3}{2}P_0\frac{V_0}{2} = \frac{3}{4}P_0V_0$.



Работа газа в процессе сжатия $A = -\frac{1}{2}\left(P_0 + 3P_0\right)\left(V_0 - \frac{V_0}{2}\right) = -P_0V_0$

2. $A = -\frac{4}{3}U_{MIN} = -2400$ Дж.

Молярная теплоемкость газа в процессе $C = \frac{3}{2}R + P\left(\frac{\Delta V}{\Delta T}\right)$. С учетом уравнения состояния $PV = RT$ и следствия из него $\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T}$ формула для теплоемкости принимает вид $C = \frac{3}{2}R + \frac{R}{1 + \frac{V}{P}\left(\frac{\Delta P}{\Delta V}\right)}$. В процессе сжатия $\left(\frac{\Delta P}{\Delta V}\right) = 4\frac{P_0}{V_0}$, в конце процесса сжатия $\frac{V}{P} = \frac{V_0}{2P_0}$, тогда $C = \frac{3}{2}R + \frac{1}{3}R = \frac{11}{6}R$.

3. $\left|\Delta Q\right| = C\left|\Delta T\right| = \frac{11}{6}R\left|\Delta T\right| \approx 15$ Дж.

Задача 5

По условию $R_1 = r = 2$ Ом, $R_2 = 4r$, $R_3 = 3r$, $R_4 = 2r$. Сразу после замыкания ключа заряд конденсатора и напряжение на конденсаторе нулевые, тогда сила тока, текущего через батарею, $I = \dfrac{E}{\dfrac{R_1R_3}{R_1+R_3}+\dfrac{R_2R_4}{R_2+R_4}} = \dfrac{E}{\dfrac{3}{4}r+\dfrac{4}{3}r} = \dfrac{12}{25}\dfrac{E}{r}$.

1. $I = \dfrac{12}{25}\dfrac{E}{r} = 18$ А.

Напряжения на параллельно соединенных резисторах:

$R_1 = r$ и $R_3 = 3r$ $U_{13} = I\dfrac{3}{4}r = \dfrac{12}{25}\dfrac{E}{r}\dfrac{3}{4}r = \dfrac{9}{25}E = 27$ В, на R_2 и R_4 $U_{24} = \dfrac{16}{25}E = 48$ В.

2. Сразу после замыкания ключа наибольшая мощность рассеивается на резисторе $R_4 = 2r$. $P_{MAX} = \dfrac{U_{24}^2}{R_4} = 576$ Вт.

Сила тока, текущего на конденсатор сразу после замыкания ключа, равна разности токов, текущих через резисторы R_1 и R_2, $I_C = \dfrac{\Delta Q}{\Delta t} = \dfrac{R_3}{R_1+R_3}I - \dfrac{R_4}{R_2+R_4}I = \dfrac{E}{5r}$.

3. $\dfrac{\Delta Q}{\Delta t} = \dfrac{E}{5r} = 7{,}5$ А.