

Задания заключительного этапа Олимпиады школьников СПбГУ по физике 2023-2024 гг.

Участникам заключительного этапа Олимпиады по физике предлагался один из заранее подготовленных вариантов, состоявший из 5 задач. Каждая задача составлялась в нескольких вариациях. При проверке работ проверялась корректность ход решения задачи и итогового ответа. Часть задач предлагались к решению участникам разных классов. Ниже в обозначениях задач указывается, участникам из каких классов они предназначались

Структура разбиения тем задач по вариантам для разных классов:

8.1 – равномерное движение, путь, перемещение, работа с графиком

8.2 – теплоемкости, теплота сгорания топлива, изменение температуры кипения с высотой

8-9.1 – статические блоки

8-9.2 – сила Архимеда, закон Гука

8-9.3 – давление жидкости, сообщающиеся сосуды, гидростатика.

9-10.1 – Искусственные спутники

9-10.2 – Равноускоренное движение

10-11.1 – Электрические цепи с нелинейными элементами

10-11.2 – Статика

10-11.3 – Гидродинамика

11.1 – Диффузия

11.2 – Магнитная индукция

Задача 10.1

Вариант 1

Космический зонд массой m движется вокруг планеты X по перпендикулярной экваториальной плоскости круговой орбите радиуса R со скоростью v . Период обращения планеты вокруг своей оси равен T , причем $T \gg 2\pi R/v$. Когда зонд пролетал над северным полюсом, его орбита проходила точно над кратером, расположенном на экваторе, при этом зонд приближался к кратеру. В этот момент зонд совершил корректирующий маневр, выбросив струю газа со скоростью u относительно зонда в направлении, перпендикулярном плоскости первоначальной орбиты, и в итоге пролетел точно над кратером. Найдите массу топлива, которую выбросил зонд в ходе маневра. Выброс считайте мгновенным, а массу топлива малой по сравнению с массой зонда.

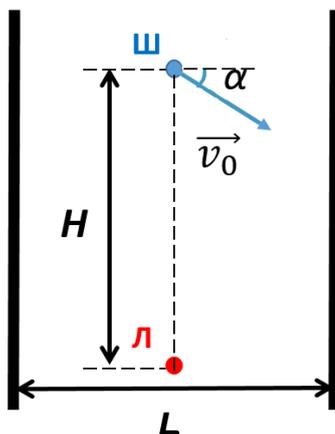
Примечание: для малых углов α можно считать $\sin(\alpha) \simeq \alpha$, $\cos(\alpha) \simeq 1$.

Вариант 2

Космический зонд массой m движется по круговой орбите со скоростью v вокруг планеты X , период обращения которой вокруг собственной оси равен T . Длина орбиты равна L . В момент, когда зонд пролетал над северным полюсом планеты, его скорость была направлена по касательной к окружности, проходящей при первом пересечении экватора над кратером Y . В этот момент зонд совершает корректирующий маневр, выбрасывая струю газа со скоростью u относительно зонда. В результате маневра модуль скорости зонда и высота орбиты не изменились. Считая выброс мгновенным, определите массу выброшенного топлива, если известно, что, достигнув экватора, зонд пролетел точно над кратером.

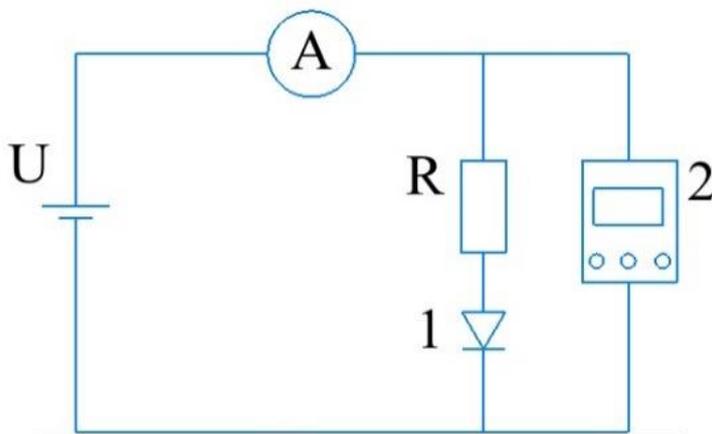
Задача 10.2

На горизонтальной поверхности закреплены два гладких параллельных бортика, расстояние между ними равно L . Посередине между ними на расстоянии H друг от друга расположены шайба (Ш) и лунка (Л). По шайбе ударяют, сообщая ей скорость v_0 в направлении к одному из бортов под углом α . Определите минимальное значение угла α , при котором шайба попадет в лунку. Размерами шайбы и лунки можно пренебречь. Шайба отскакивает от бортиков абсолютно упруго. Коэффициент трения шайбы о горизонтальную поверхность равен μ .

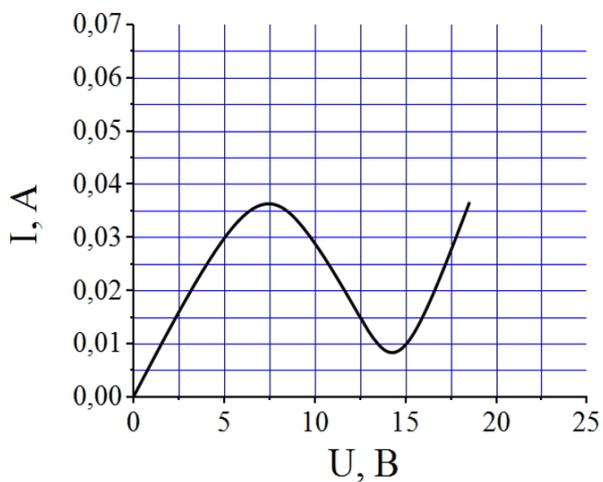


Задача 10.1

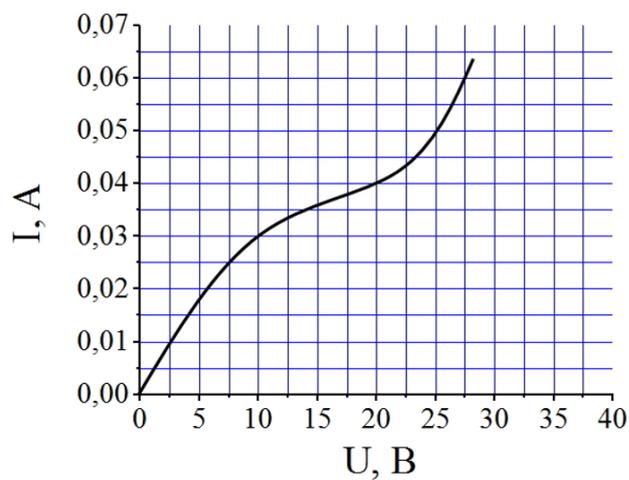
Резистор R , туннельный диод 1 и прибор 2 включены в электрическую схему, как показано на рисунке. Напряжение источника U , питающего цепь, составляет 20 В. Максимально допустимая мощность источника составляет 1 Вт. Сопротивление резистора R составляет 500 Ом. Вольт-амперные характеристики (ВАХ) диода и прибора изображены на графиках ниже. Определите показания амперметра, если схема работает в допустимом режиме. Внутренним сопротивлением источника пренебрегите.



ВАХ туннельного диода (1)



ВАХ прибора (2)



Задача 10.2

Вариант 1:

Мотоциклист пытается сдвинуть тяжелый груз массой M с места с помощью своего заднеприводного мотоцикла. Он привязал груз веревками к оси заднего колеса, запустил двигатель и стал постепенно увеличивать обороты заднего колеса. В некоторый момент переднее колесо оторвалось от земли, двигатель пришлось заглушить, но груз так и не сдвинулся с места. Определите, груз какой массы нужно закрепить мотоциклисту на оси переднего колеса, чтобы получилось сдвинуть груз с места. Радиус колес равен R , расстояние между осями колес равно L , масса мотоцикла с мотоциклистом равна m , а их центр тяжести расположен посередине между осями колес. Коэффициент трения скольжения колеса о поверхность равен μ и монотонно возрастает с частотой обращения заднего колеса.

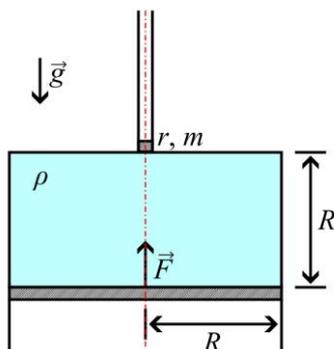
Вариант 2:

Мотоциклист пытается сдвинуть камень массой M с места с помощью своего заднеприводного мотоцикла. Он привязал груз веревками к оси заднего колеса, запустил двигатель и стал постепенно увеличивать обороты заднего колеса. В некоторый момент переднее колесо оторвалось от земли, двигатель пришлось заглушить, но камень так и не сдвинулся с места. Мотоциклист решает закрепить на корпусе мотоцикла дополнительный груз массой Δm , расположив его на отрезке между осями колес. Определите, на каком расстоянии от оси заднего колеса ему нужно расположить этот груз, чтобы получилось сдвинуть камень с места. Радиус колес равен R , расстояние между осями колес равно L , масса мотоцикла с мотоциклистом равна m , а их центр тяжести расположен посередине между осями колес. Коэффициент трения скольжения колеса о поверхность равен μ и монотонно возрастает с частотой обращения заднего колеса.

Задача 10.3

Вариант 1:

В сосуде с двумя поршнями, как показано на рисунке, находится идеальная несжимаемая жидкость в поле силы тяжести. Трение между поршнями и стенками отсутствует. В начальный момент поршни и жидкость покоятся. Затем большой поршень начинает действовать на жидкость с постоянной силой F , в результате чего маленький поршень начинает подниматься. **Найдите максимальную высоту подъёма** малого поршня h_{max} , используя предположения, что $r \ll R$ и $r \ll h_{max}$, где r - радиус узкой трубки, R - радиус большого поршня. Считайте, что жидкость движется без завихрений и скорость однородна по сечению узкой трубки. Известны следующие величины: масса m и радиус r малого поршня, радиус R большого поршня и приложенная к нему сила F , плотность жидкости ρ , ускорение свободного падения g .



Вариант 2:

В сосуде с двумя поршнями, как показано на рисунке, находится идеальная несжимаемая жидкость в поле силы тяжести. Трение между поршнями и стенками отсутствует. В начальный момент поршни и жидкость покоятся. Затем большой поршень начинает действовать на жидкость с постоянной силой F , в результате чего маленький поршень начинает подниматься. **Найдите массу малого поршня**, если в определённый момент движения были измерены высота подъёма h_0 и скорость v_0 поршня. Используйте предположения, что $r \ll R$ и $r \ll h_0$, где r - радиус узкой трубки, R - радиус большого поршня. Считайте, что жидкость движется без завихрений и скорость однородна по сечению узкой трубки. Также известны следующие величины: радиус r малого поршня, радиус R большого поршня и приложенная к нему сила F , плотность жидкости ρ , ускорение свободного падения g .

