**Межрегиональная** **олимпиада школьников на базе ведомственных**

**образовательных учреждений (2023 г.)**

**Физика. 9 класс**

Вариант 1

*Задача 1.* Тело бросили вертикально вверх с поверхности земли. Через время τ начальная скорость тела уменьшилась в n раз. На какую максимальную высоту Н поднимется тело?

Решение. Запишем, как изменяется со временем координата y(t) и проекция скорости vy(t) тела. Отсчет координаты по вертикали ведем от поверхности земли.

(1.1)

(1.2)

По условию задачи:

Отсюда получаем:

(1.3)

Время подъема tпод. тела на максимальную высоту Н найдем, приравняв нулю выражение (1.2).

(1.4)

Из (1.4) получаем:

(1.5)

Максимальную высоту подъема Н тела над поверхностью земли получим с использованием выражения (1.1):

(1.6)

Подставляя в выражение (6.1) найденную начальную скорость , получаем ответ.

Ответ:

*Задача 2.* В баллоне находится одноатомный идеальный газ в количестве ν=4 моля при температуре Т0=300 К. При нагревании баллона средняя квадратичная скорость молекул газа увеличилось в n=1,3 раза. Какое количество теплоты Q сообщили газу? Универсальная газовая постоянная R=8,314 Дж/(К моль)

Решение. Поскольку объем газа в баллоне остается постоянным, работа газа над внешними телами не совершается. Вся теплота, переданная газу при нагревании, идет на приращение внутренней энергии газа.

(2.1)

Среднеквадратичная скорость молекул одноатомного идеального газа связана с температурой газа соотношением:

(2.2)

Используя (2.2), получим соотношение:

(2.3)

Подставляя (2.3) в (2.1), получаем ответ.

Ответ: Q=(3/2)νRT(n2-1)=10.3 кДж.

*Задача 3.* Аквариум, имеющий форму сферы радиуса R,частично заполнен водой, плотность которой ρ. Высота уровня жидкости над нижней точкой сосуда равна 3R/2. Жидкость в аквариуме испаряется так, что с единицы площади в единицу времени испаряется масса q. За какое время τ испарится вся вода в аквариуме? Величины ρ и q – постоянные величины.

Решение. Облекаем в математическую формулу последнее условие задачи:

(3.1)

Масса воды δm, испаряемая с поверхности S за время δt будет равна

(3.2)

С другой стороны, масса испарившейся воды δm может быть записана по другому:

(3.3)

Здесь δh – толщина испарившегося слоя воды δm, имеющего поверхность S.

Приравнивая выражения (3.2) и (3.3) друг другу, получаем:

. (3.4)

Обратим внимание на следующий факт. Т.к. ρ и q – постоянные величины, время испарения δt каждого слоя воды δh не зависит от того, какую открытую поверхность S занимает в данный момент времени вода.

Перепишем выражение (3.4) в следующем виде

. (3.5)

Из (3.5) получаем

. (3.5)

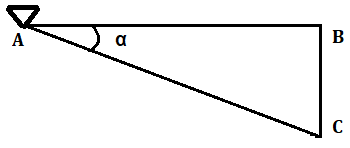
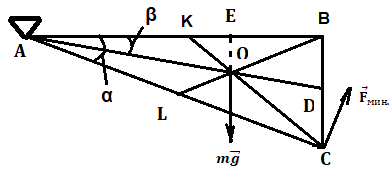
Здесь Н – сумма всех последовательно испарившихся слоев воды, т.е. высота уровня жидкости над нижней точкой сосуда.

Подставляем Н из условия, и получаем ответ.

Ответ:

*Задача 4. (25 баллов).* Плоский однородный прямоугольный треугольник АВС массы m подвешен за вершину А к неподвижной опоре, и удерживается так, что его катет АВ параллелен поверхности земли. Угол при вершине A равен α. Угол при вершине В равен π/2. Какую минимальную силу Fмин. надо приложить к треугольнику, чтобы он оставался в равновесии.

Решение. Изобразим начальный рисунок (из условия задачи), и рисунок с геометрическими построениями, необходимыми для решения задачи.

AD, CK, BL –медианы треугольника АВС. Точка О – точка их пересечения, в которой находится центр масс треугольника. - сила тяжести треугольника, приложенная в точке О, и направленная вертикально вниз. ОЕ – перпендикулярна стороне АВ, т.к. точка Е получена продолжением направления силы в сторону, противоположную ее направлению до пересечения со стороной АВ. Таким образом, отрезок АЕ – это плечо силы относительно точки А. Величина момента силы относительно точки А равна

(4.1)

Этот момент сил стремится вращать треугольник АВС по часовой стрелке относительно точки А.

Момент силы , которую надо приложить к треугольнику АВС (чтобы он оставался в равновесии) должен стремиться вращать треугольник АВС против часовой стрелки относительно точки А. Чтобы сила имела минимально возможную величину Fмин., надо, чтобы вектор силы лежал в плоскости треугольника АВС, чтобы плечо этой силы было бы максимально возможным (т.е. сила должна быть приложена в точке, принадлежащей треугольнику АВС, эта точка должна быть максимально удаленной от точки A). Такой точкой, как видно из рисунка, является точка С. Чтобы прямая АС была плечом силы

необходимо, чтобы направление силы было перпендикулярным гипотенузе АС.

Напишем условие равновесия треугольника АВС как равенство моментов сил и относительно точки А:

(4.2)

Из него поучаем

(4.3)

Выразим АЕ через АС.

Рассмотрим треугольники АОЕ и АВD. Обозначим угол ВАD как угол β.

Из рисунка видно, что

(4.4)

Точка пересечения медиан треугольника делит каждую медиану на отрезки, длины которых относятся как 2:1. Больший отрезок медианы выходит из вершины соответствующего угла. В нашем случае: ОА = (2/3)А D, ОD = (1/3)АD.

Подставим ОА в (4.4):

(4.4а)

Из (4.4а) получаем, что

АЕ = (2/3) АВ. (4.5)

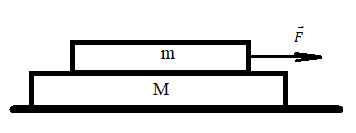
Легко видеть, что

АВ = АС соs α (4.6)

Подставляя выражения (4.5) и (4.6) в (4.3), получаем ответ.

Ответ:

*Задача 5.* (30 баллов). На горизонтальной поверхности стола покоится доска массы M. На горизонтальной верхней поверхности этой доски покоится другая доска массы m. Коэффициент трения скольжения между досками равен μ1. Коэффициент трения скольжения между нижней доской и столом равен μ2 (μ2> μ1). К верхней доске приложили горизонтальную силу F (см. рис). Найти ускорения aн и aв нижней и верхней досок, силу трения Fтр.1, возникающую между досками, силу трения Fтр.2, возникающую между нижней доской и столом.



Решение.

Проанализируем все возможные случаи.

1. Приложенная к верхней доске сила равна нулю (F=0). Тела покоятся. Тогда:

. (5.1)

Силы трения (силы трения покоя) тоже равны нулю

. (5.2)

(5.3)

1. Приложенная к верхней доске сила не равна нулю (F≠0), но тела покоятся. Тогда:

. (5.4)

Силы трения (силы трения покоя) не равны нулю

. (5.5)

(5.6)

1. Приложенная к верхней доске сила не равна нулю (F≠0). Нижняя доска покоится. Верхняя доска движется (скользит) по верхней доске. Тогда:

. (5.7)

. (5.8)

Решение (5.8) справедливо, если

. (5.9)

Силы трения не равны нулю

. (5.10)

(5.11)

При этом не надо забывать, что сила трения скольжения между телами (нижней доской и столом) не может быть больше силы трения скольжения (максимальной силы трения покоя между нижней доской и столом)

(5.12)

В силу условия задачи (), неравенство (5.12) не противоречиво. Это означает, что данный вид движения (нижняя доска покоится, верхняя доска движется (скользит) по верхней доске.) возможен.

1. Приложенная к верхней доске сила не равна нулю (F≠0) и тела движутся как единое целое.

В этом случае ускорения тел легко вычисляются. Они равны:

(5.13)

Решение (5.13) справедливо, если

. (5.14)

Сила трения (скольжения) равна

. (5.15)

Поскольку верхняя доска движется с только что найденным ускорением aв благодаря лишь силе F и силе трения Fтр.пок.,1 (силе трения покоя, т.к. доски не движутся друг относительно друга), мы можем записать соответствующее уравнение движения для верхней доски

(5.16)

Из (5.16) получаем:

. (5.17)

Однако, величина силы трения покоя всегда ограничена сверху величиной силы трения скольжения:

(5.18)

Подставляем в последнее неравенство (5.18) выражения для силы Fтр.пок.,1,из выражения (5.17) найдем силу F, при которой доски могут двигаться как единое целое:

(5.19)

Но по условию задачи. Это означает, что модуль силы неположителен:

. (5.20)

Полученное противоречие означает, что в условии нашей задачи обе доски ни при какой приложенной силе F не будут двигаться как единое целое.

1. Приложенная к верхней доске сила не равна нулю (F≠0). Доски движутся друг относительно друга и относительно стола. Напишем уравнения движения для каждой из досок:

(5.21)

(5.22)

Обе силы трения – силы трения скольжения:

. (5.23)

. (5.24)

Запишем решения этих уравнений:

(5.25)

(5.26)

Неравенство – это требование того, чтобы величина была неотрицательна. Это неравенство выполнимо и непротиворечиво.

Неравенство - это требование того, чтобы величина была неотрицательна. Это неравенство невыполнимо в условии задачи . Это означает, что в условии нашей задачи обе доски ни при какой приложенной силе F не будут двигаться друг относительно друга и относительно стола.

Ответ:

1. , , , если F=0.

Доски покоятся друг относительно друга и относительно стола.

1. , , если

Доски покоятся друг относительно друга и относительно стола.

1. если Нижняя доска покоится относительно стола, верхняя доска движется относительно стола с указанным ускорением.