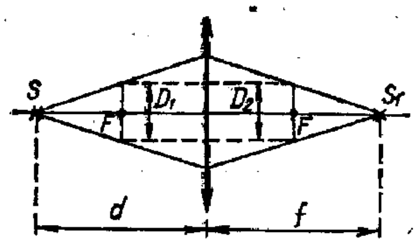
11 класс

Задача 1. Ось конуса расходящихся световых лучей, падающих на тонкую линзу с фокусным расстоянием F, совпадает с ее главной оптической осью. Диаметр пучка падающих лучей на передней фокальной плоскости линзы равен диаметру пучка преломленных лучей на ее задней фокальной плоскости. Определить расстояние l между вершинами конусов падающих и преломленных лучей.

Решение. По условию задачи диаметры D_1 иD_2 (с. Рис) падающего и преломленного пучков света соответственно на передней и задней фокальных плоскостях линзы равны между собой. Из этого следует, что линза собирающая, а изображение S_1 источника света Sдействительное. Тогда расстояние $l = d + f$, где d – расстояние от источника света до линзы, f – расстояние от линзы до изображения.



Из симметрии относительно плоскости линзы падающего и преломленного пучков света следует, что $d = f$ (к этому выводу можно легко прийти из рассмотрения соответствующих подобных треугольников). Тогда, используя формулу тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$

Получим, что $d = 2F$ и$f = 2F$. Следовательно

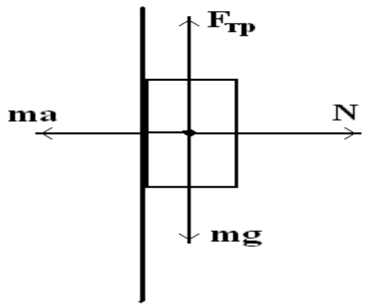
$$l = 4F.$$

Критерии оценивания

1. Построен ход лучей в линзе **5 баллов**
2. Сделан вывод о том, что линза собирающая а изображение S_1источника света Sдействительное **5 баллов**
3. Из симметрии относительно плоскости линзы падающего и преломленного пучков света доказано, что $d = f$ **5 баллов**
4. Правильно определено расстояние между вершинами конусов падающих и преломленных лучей **5 баллов**.

Задача 2. Вертикальная стенка движется горизонтально с ускорением a, толкая перед собой брусок. Определите величину минимально возможного коэффициента трения между бруском и стенкой, при котором брусок не падает. Ускорение свободного падения g.

Решение.



По IIIзакону Ньютона:
N=ma
Сила трения $F_{тр}$=μN, откуда следует, что для того, чтобы тело не упало необходимо выполнение условия:
μma=mg(1).
Из (1) получаем искомое значение минимального коэффициента трения:
$\mu_{мин}$=g/a
Ответ: μ=g/a (20 баллов)
Критерии оценивания
1. Сделан рисунок с указанием направлений всех действующих сил **5 балла**
2. Правильно сделан вывод о выполнении условия (1) при котором брусок не падает **10баллов**
3. Правильно записан ответ в виде $\mu_{мин}$=g/a **5 баллов**

Задача 3. На пластинку, которая отражает 70% падающего света, каждую секунду падают $N=3\cdot10^{20}$ одинаковых фотонов и действуют на нее с силой F=0,675 мкН. Определить длину волны света. Скорость света $c=3\cdot10^{8}$ м/с. Постоянная Планка $h=6{,}62\cdot10^{-34}$Дж·с.
Решение. Будем предполагать, что свет падает нормально на поверхность. Давление света образуется за счет передачи импульсов фотонов поглощающей или отражающей стенке. Плотность потокаэнергии Е монохроматического излучения частотой ν, падающей нормально на стенку за время t с на поверхность S, содержит Nфотонови определяется из условия:
E=Nhν/(S*t) (1)
Импульс одного фотона hν/c, тогда общий импульс, сообщаемый поглощающей стенке Nhν/c, а отражающей 2Nhν/c, т.к. импульс при отражении изменяется от +hν/cдо –hν/c, т.е. на 2hν/c.
Импульс, сообщаемый единице поглощающей стенки за 1 с:
P=Nhν/c=E/c. (2)
Для полностью отражающей стенки
P=2E/c. (3)
Если поверхность Sимеет коэффициент отражения R, то из полного числа Nфотонов, падающих за время t, поглощается (1-R)Nи отражается RNфотонов.Сообщаемый поверхности импульс будет равен:

P=(1-R)Nhν/(S*t*c)+Nhν/(S*t*c)=Nhν(1+R)/(S*t*c) (4)

Сила давления определяется по формуле:

F=pS=ES(1+R)/c (5)

F=NhcS(1+R)/(λ*S*t*c)=Nh(1+R)/(λ*t) (6)

λ= Nh(1+R)/(F*t)= $3\cdot10^{20}$*6,62$\cdot10^{-34}$(1+0,7)/(0,675*10^{-6})=50*10^{-8} м=0,5мкм. (7)

ОТВЕТ: 0,5 мкм (20 баллов)

Критерии оценивания.

1. Записано выражение для энергии (формула (1)) **3 балла**
2. Найдено выражение для импульса в случае поглощающей стенки (формула (2)) **2 балла**
3. Найдено выражение для импульса в случае отражающей стенки (формула (3)) **3 балла**
4. Получено выражение для полного импульса, передаваемого стенке (формула (4)) **2 балла**
5. Записано выражение для силы (формула (5)) **3 балла**
6. Сила выражена через длину волны (формула(6) **2 балла**
7. Правильно найдено выражение (7) для длины волны **3баллов**
8. Правильно найдено численное значение длины волны **2 балла**.

Задача 4. Цилиндрический сосуд объемом $2V$ разделен на равные части тонким легким подвижным поршнем, площадь которого S, В отсеках сосуда находится одинаковый газ. Вначале давление в отсеках одинаково, а температуры различны, причем их отношение $n = \frac{T_1}{T}$. На какое расстояние x сместится поршень при выравнивании температуры? Считать, что теплообмен происходит только через поршень,его трением о стенки сосуда пренебречь.

Решение. Записав уравнение Менделеева-Клапейрона для начальных состояний газа в обоих отсеках получим

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{T_1}{T_2} = n, \qquad (1)$$

где m_1 иm_2 – массы газа в первом и втором отсеках соответственно.

Аналогично из уравнений, записанных для конечных состояний (температуры в обоих отсеках выравнялись), найдем

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{n}, \qquad (2)$$

где V_1 иV_2 – объемы первого и второго отсеков, причем $V_1 + V_2 = 2V$.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{S(h-x)}{S(h+x)} = \frac{1}{n} \to hn - xn = h + x \to x = \frac{h(1-n)}{(1+n)},$$

гдеh– длина полуцилиндра.

2V=S*2h→h=V/S

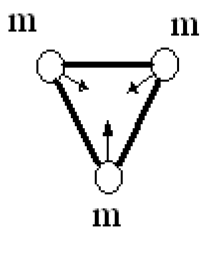
$$x = \frac{n-1}{n+1}\frac{V}{S}.$$

Смещение произойдет в ту часть сосуда, температура в которой была более высокой.

Критерии оценивания

1. Получена формула для отношения масс в первом и втором отсеках (формула (1)) **5 баллов**
2. Получена формула для отношения объемов в первом и втором отсеках (формула (2) **5 баллов**
3. Найдена изменение объема второго отсека **5 баллов**
4. Найдена величина смещения поршня **5 баллов**

Задача 5. Одинаковые шарики массой m каждая, соединены между собой упругими жгутами жесткостью k (рис.1) и образуют равносторонний треугольник. Шарики совершают колебательное



движение и в рассматриваемый момент времени двигаются в направлении, показанном на рисунке. Скорости шариков равны по модулю. Определить период колебаний шариков.
Решение. Закон сохранения энергии

$$3\frac{mv^2}{2}+3\frac{kx^2}{2}=\text{пост.} \qquad (1)$$

$$v=\frac{dz}{dt} \qquad (2)$$

Из рисунка 2
x= zcosα (3)

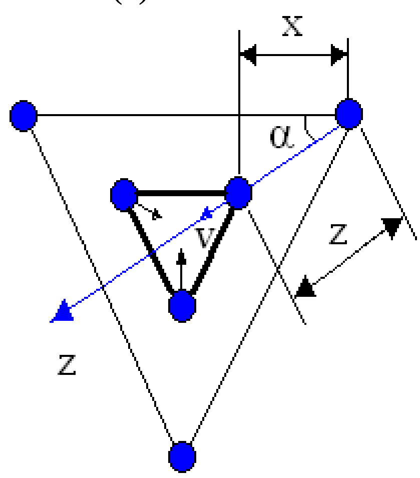


Рис.2

$$3\frac{m}{2}\left(\frac{dz}{dt}\right)^2+\frac{3k}{2}z^2\cos^2\alpha=\text{пост.} \qquad (4)$$

Дифференцируя по времени, получаем уравнение гармонических колебаний

$$3\frac{m}{2}2\frac{dz}{dt}\frac{d^2z}{dt^2}+\frac{3k}{2}\cdot\cos^2\alpha\cdot 2z\frac{dz}{dt}=0 \qquad (5)$$

После сокращений и подстановки cosα=cos30°=$\sqrt{3}/2$, находим

$$\frac{d^2z}{dt^2}+\frac{3k}{4m}\cdot z=0 \qquad (6)$$

Коэффициент при zявляется циклической частотой колебаний:

$$\omega_0=\sqrt{\frac{3k}{4m}} \Rightarrow T=\frac{2\pi}{\omega_0}=4\pi\sqrt{\frac{m}{3k}}$$

ОТВЕТ: $T=4\pi\sqrt{\frac{m}{3k}}$ **(20 баллов)**

Критерии оценивания
1. Записан закон сохранения энергии (формула (1)) **5 баллов**
2. Записано выражение скорости через производную(формула (2)) **2 балла**
   Сделан рисунок с указанием скоростей с направлениями расстояний и углов **3 балла**
3. Записано дифференциальное уравнение гармонических колебаний **5 баллов**

4. Найдена выражение для циклической частоты **3баллов**
5. Правильно найдено выражение для массы **2 балла**.