

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Заочная школа
ФИЗИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Задание переводное в 8-й класс (1)

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Новосибирск

Уважаемый ученик!

Приступая к выполнению задания, внимательно прочтите теоретическую часть задания, которая содержит материал в концентрированном виде, удобном для более глубокого понимания физических законов и понятий, и практического использования при решении задач. Попробуйте самостоятельно решить задачи, указанные в качестве примера. Сравните свой ход решения с решением в задании. Затем приступайте к задачам для самостоятельного решения. Присылайте нам свою работу, даже если Вам не удастся довести решение до ответа¹.

Работа может быть оформлена на бумажном носителе (в ученической тетради в клетку) или в виде файла: лучше всего в виде набранного документа в формате .doc, .docx, .rtf, формулы и рисунки можно делать с помощью встроенного в Word редактора или вставлять в виде небольших картинок, отсканированных (или сфотографированных) с белых листов бумаги. Если Вы собираетесь сканировать работу, то оформляйте **не в тетради, а на белых листах формата А4**. Старайтесь, чтобы количество листов было минимальным. Пишите разборчиво, т. к. после сканирования иногда сложно разобрать текст. **Не нужно** присылать отдельным файлом каждую страницу Вашей работы. Сканируйте все страницы подряд – в один файл! Лучше сохранять в PDF формате.

Обязательно пишите краткое условие задачи, а затем ее решение. Указывайте номера задач – они должны совпадать с теми, которые указаны в задании. Обязательно оставляйте поля для замечаний преподавателя.

Кроме того, желательно:

1. разделить решения разных задач горизонтальной чертой;
2. если решение задачи делится на этапы, отмечать начало каждого нового этапа;
3. выделить ответ²;
4. как правило, решение ищите в виде формул, а цифры подставляйте в конце.

На обложке тетради или (если работа в файле, то на 1 странице) нужно указать:

1. Отделение (физическое).
2. Класс, в котором Вы учитесь в Заочной школе.
3. Номер задания, тема.
4. Ваш почтовый адрес (с индексом отделения), конт. телефон, e-mail.
5. Фамилию, имя, отчество.

Убедительно просим оформлять обложку по указанному образцу.

Работу отправлять любым удобным для Вас способом:

● **на бумажном носителе:** простой или заказной бандеролью. В тетрадь вложите листок бумаги размером 6х10 см с Вашим почтовым адресом;

● **в электронном виде:**

- по e-mail. Тема письма должна совпадать с названием файла с работой: Фамилия предмет класс - № задания (напр.: Иванов Физика 7 - 2) В письме обязательно укажите: ФИО, класс, предмет, № задания, тема, регион, конт. телефон. Мы всегда подтверждаем получение Вашей работы;
- или через личный кабинет сайта ЗШ.

Требования к оформлению работ в электронном виде и вся подробная информация есть на сайте ЗШ: <https://sesc.nsu.ru/education/zfmsh> Тел. +7(383)363 40 66; E-mail: zfmsh@yandex.ru
Адрес: ЗШ СУНЦ НГУ, ул. Ляпунова, 3, к. 455, Новосибирск-90, 630090

Вместе с рецензией к проверенной работе Вам будут высланы методические указания к решению задач и ответы. Настоятельно рекомендуем прочесть их, даже если Вы получили правильный ответ.³

© Специализированный учебно-научный центр НГУ, 2021

¹ Преподаватель оценит объем задания, который Вам удалось выполнить.

² Например, обвести его рамкой.

³ Вы можете узнать и о другом способе решения.

1. Молекулярная теория

Из курса физики восьмого класса известно, что все вещества состоят из атомов и молекул. Это могут быть однородные вещества, состоящие из одинаковых частиц, или сложные, из смеси различных атомов и молекул. В твердых веществах атомы (молекулы) расположены практически вплотную, это обстоятельство позволяет оценить их размеры.

Особенностью поведения частиц состоит в том, они постоянно находятся беспорядочном (хаотическом) движении, обладая кинетической энергией. Из-за взаимодействия молекул между собой направления и величины их скоростей меняются, но движение никогда не прекращается. Средняя кинетическая энергия молекулы записывается в виде:

$$E = \frac{mv_{cp}^2}{2},$$

где m – масса молекулы, v_{cp} – величина ее средней скорости. В молекулярной физике удалось установить простую связь между средней кинетической энергией молекулы и температурой вещества

$$\frac{mv_{cp}^2}{2} = \frac{3}{2} kT.$$

Здесь T – **абсолютная температура**. Она измеряется в **кельвинах (K)**. При этом

$$1\text{ K} = 1^\circ\text{C}.$$

А вот ноль шкалы сдвинут:

$$0\text{ K} = -273^\circ\text{C}.$$

Абсолютная температура не может стать отрицательной.

Коэффициент k , стоящий в формуле, связывающий среднюю кинетическую энергию и температуру, называют **постоянной Больцмана**

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}.$$

Примеры решения задач

1.1. В одном грамме воды содержится $N = 3,3 \cdot 10^{22}$ молекул. Определите массу молекулы воды. Принимая, что молекула имеет сферическую форму, оцените ее радиус.

Решение. Так как полная масса молекул $M = 1 \text{ г} = 0,001 \text{ кг}$, масса отдельной молекулы m определится из условия: $m = M/N$. Подставляя числа, получим

$$m = \frac{10^{-3}}{3,3 \cdot 10^{22}} = 3 \cdot 10^{-26} \text{ кг}.$$

Один грамм воды занимает объем $V = 1 \text{ см}^3 = 10^{-6} \text{ м}^3$. Пусть радиус молекулы R . Тогда одна молекула занимает объем куба со стороной $2R$: $v = 8R^3$. Получаем условие $V = Nv$, или $V = N8R^3$. Откуда

$$R = \sqrt[3]{V/8N}. \text{ Подставляя числа, получим } R \approx 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}.$$

Конечно, молекулы воды непохожи на сферические. Но мы и не претендовали на точные результаты, тем более, что понятие «размер» атомных частиц весьма условен. Что касается условия нахождения частиц «вплотную». Оно, вроде бы, относилось к твердым телам. Но плотность водяного льда даже меньше плотности воды. Поэтому оценка подходит и для жидкой воды.

1.2. Оцените среднюю кинетическую энергию и среднюю скорость сферических частичек тумана диаметра 10 мкм (10^{-5} м), находящихся в воздухе при температуре 5°C .

Решение. Частички тумана состоят из воды. Масса частички равна произведению плотности воды на объем частички.

$$m = \rho \frac{4}{3} \pi R^3 = 10^3 \frac{4}{3} 3,14 \cdot 10^{-15} \approx 4,2 \cdot 10^{-12} \text{ кг}.$$

Абсолютная температура, соответствующая 5°C 278 К . Тогда

$$E = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} 1,38 \cdot 10^{-23} 278 = 5,8 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}.$$

Средняя скорость частичек:

$$v_{cp} = \sqrt{2E/m} = \left(2 \cdot 5,8 \cdot 10^{-21} / 4,2 \cdot 10^{-12} \right)^{1/2} \approx 5,2 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Какую площадь займет капля оливкового масла объемом $V = 0,02 \text{ см}^3$ при растекании ее на поверхности воды одним слоем? Радиус молекулы масла $R \approx 0,85 \cdot 10^{-7} \text{ см}$.

2. За 10 суток из сосуда испарилось 100 г воды. Сколько в среднем молекул вылетало из сосуда за одну секунду?

3. При какой абсолютной температуре средняя кинетическая энергия молекул достигает 10^{-20} Дж ?

4. Оцените отношение средних скоростей теплового хаотического движения молекул водорода H_2 и атомов гелия He .

5. В облаке межзвездного газа, состоящего из молекулярного водорода, концентрация молекул $n = 10 \text{ см}^{-3}$. Определите плотность водорода.

2. Тепловые явления

Уже говорилось, что атомы и молекулы обладают кинетической энергией. Но, кроме того, молекулы взаимодействуют между собой и, следовательно, обладают потенциальной энергией.

Кинетическая энергия всех молекул, из которых состоит тело или система частиц (атомов и молекул), и потенциальная энергия их взаимодействия в сумме составляют внутреннюю энергию системы или тела.

Внутреннюю энергию системы можно изменять двумя способами.

Рассмотрим газ, содержащийся в цилиндре, перекрытом подвижным поршнем. Позволим поршню двигаться. Тогда сила давления газа будет совершать работу. За счет чего? Внутренняя энергия газа будет уменьшаться! Теперь начнем сжимать газ, действуя на поршень некоторой внешней силой. Работа силы приведет к повышению внутренней энергии газа

Обозначим через U внутреннюю энергию системы, через E – полную кинетическую энергию частиц, ходящих в систему, а через A – работу, совершенную **над газом**. Тогда получаем условие:

$$U = E + A. \quad (1)$$

Заметим, что в формуле (1) работа может быть, как положительной, так и отрицательной.

Другим способом изменения энергии является нагрев системы. При повышении температуры системы увеличивается кинетическая энергия молекул, а, следовательно, и внутренняя энергия. При охлаждении тела внутренняя энергия уменьшается. В случае, когда механическая работа не совершается, а идет только нагрев или охлаждение вещества, процесс называется **теплопередачей**.

Количество энергии, переданное от одного тела к другому в процессе теплопередачи, называют количеством теплоты.

Обозначив количество теплоты через Q , перепишем условие (1) в виде:

$$U_k = U_n + Q.$$

Где U_n – начальная, а U_k – конечная внутренние энергии. Заметим, что количество теплоты Q может быть, как положительной величиной (когда тело или система получает энергию – нагревается), так и отрицательной (когда у системы забирают тепло, охлаждая его).

Заметим, что при теплообмене тепло **всегда передается от более нагретого к менее нагретому телу**. Так, что температуры тел всегда выравниваются.

Количество теплоты, переданной телу при теплообмене пропорционально увеличению его температуры, от начальной t_n до конечной t_k :

$$Q = C(t_k - t_n) = C\Delta t.$$

Здесь Δ – греческая заглавная буква (читается «дельта») и обозначает символ – символ разницы между конечным и начальным значением величины, стоящей после.

Коэффициент пропорциональности C в последнем условии равен отношению количества теплоты, к изменению его температуры и называется теплоемкостью тела.

$$C = \frac{Q}{\Delta t}.$$

Количество теплоты, необходимое для нагревания на один градус в процессе теплопередачи вещества массой 1 кг, называют удельной теплоемкостью и обозначают c .

Тогда теплоемкость тела массы m с удельной теплоемкостью c можно записать в виде:

$$C = mc.$$

Примеры решения задач

2.1. Тело массы m_1 , с удельной теплоемкостью c_1 , нагретое до температуры t_1 приводят в соприкосновение с телом массы m_2 , с удельной теплоемкостью c_2 , нагретое до температуры t_2 . Найдите установившуюся температуру системы. Влиянием окружающей среды пренебречь.

Решение. Для определенности примем, что начальная температура первого тела выше.

Пусть установившаяся температура равна t . При теплопередаче количество тепла, отданное первым телом, равно количеству тепла, полученного вторым:

$$m_1 c_1 (t_1 - t) = m_2 c_2 (t - t_2).$$

Откуда получаем ответ:

$$t = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}.$$

2.2. Тело массы m , брошенное вертикально вверх со скоростью v_0 , достигает высоты H и падает на землю. При падении у поверхности оно имеет скорость v . Какие количества тепла выделяются при полете «вверх» и «вниз»?

Решение. В верхней точке траектории тело обладает потенциальной энергией mgH . Обозначим тепло, выделившееся при полете вверх, через Q_1 , а при полете вниз через Q_2 . закон сохранения энергии дает:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgH + Q_1,$$

$$mgH = \frac{mv^2}{2} + Q_2.$$

Откуда получаем ответы:

$$Q_1 = \frac{mv_0^2}{2} - mgH,$$

$$Q_2 = mgH - \frac{mv^2}{2}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

6. Тело, массы m ,двигающее по горизонтальной плоскости со скоростью v , из-за наличия силы трения останавливается, после прохождения пути S . Определите силу трения, работу этой силы и выделившееся тепло.

7. Воде массы $m = 1,5 \text{ кг}$ передали количество теплоты $Q = 440 \text{ кДж}$. Определите конечную температуру воды, если ее начальная температура $t_n = 20^\circ\text{C}$.

8. Тело с удельной теплоемкостью c нагревают от начальной температуры t_0 до конечной t . Переданное телу тепло равно Q . Определите массу тела.

9.* Объясните за счет какой энергии работает ГЭС?

Разработка задания: доцент В.Г.Харитонов

Подписано к печати 07.07.21

Формат 60х84/16

Уч.изд.л.0,5

Тираж 100 экз.

© Специализированный учебно-научный центр НГУ, 2021