



§ 1.

Внутренняя энергия

Вы знаете, что движущееся тело обладает кинетической энергией. А если оно еще и взаимодействует с другим телом, то обладает потенциальной энергией. Оба вида энергии представляют собой механическую энергию. Они взаимно превращаемы: кинетическая энергия может переходить в потенциальную и наоборот.

Вспомним, что любое тело имеет дискретную структуру, т. е. состоит из частиц (атомов, молекул). Частицы находятся в непрерывном хаотическом движении. А частицы жидкостей и твердых тел еще и взаимодействуют между собой. Силами взаимодействия между частицами газов при нормальных условиях можно пренебречь. Следовательно, частицы обладают кинетической, а частицы жидкостей и твердых тел — еще и потенциальной энергией. **Сумма кинетической и потенциальной энергий всех частиц тела называется внутренней энергией.**



Рис. 1

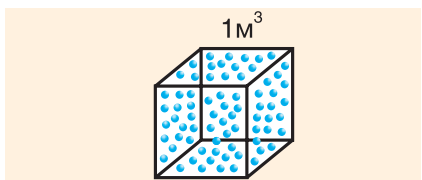


Рис. 2

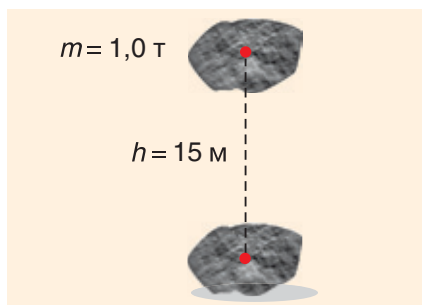


Рис. 3

Внутренняя энергия измеряется в джоулях. Чем отличается внутренняя энергия от механической? Может ли механическая энергия переходить во внутреннюю?

Для ответа на эти вопросы рассмотрим пример. Шайба, двигавшаяся горизонтально по льду (рис. 1), остановилась. Как изменилась ее механическая энергия относительно льда? Кинетическая энергия шайбы уменьшилась до нуля. Положение шайбы над уровнем льда не изменилось. Шайба не деформировалась. Значит, изменение ее потенциальной энергии равно нулю. Означает ли это, что ее механическая (кинетическая) энергия исчезла бесследно? Нет. Механическая энергия шайбы перешла во внутреннюю энергию шайбы и льда.

А может ли внутренняя энергия тела, как механическая, быть равной нулю? Движение частиц, из которых состоит тело, не прекращается даже при самых низких температурах. Значит, тело всегда обладает некоторым запасом внутренней энергии. Его можно либо увеличить, либо уменьшить.

Велико ли значение внутренней энергии тела? Энергия одной частицы, например кинетическая, в силу незначительности ее массы чрезвычайно

мала. Расчеты для средней энергии поступательного движения молекулы кислорода показывают, что ее значение при комнатной температуре $\langle K_0 \rangle \approx 6,1 \cdot 10^{-21}$ Дж. Конечно же, это очень малая величина. Теперь найдем кинетическую энергию всех молекул газообразного кислорода, содержащихся в объеме 1 м^3 (рис. 2). При нормальном атмосферном давлении в 1 м^3 число молекул $n \approx 2,5 \cdot 10^{25}$, тогда $K = \langle K_0 \rangle n = 6,1 \cdot 10^{-21} \text{ Дж} \cdot 2,5 \cdot 10^{25} \approx 0,15 \text{ МДж}$. Это значение энергии уже весьма велико. Оно, например, равно механической энергии камня массой $m = 1,0 \text{ т}$, поднятого на высоту $h = 15 \text{ м}$ (рис. 3).

■ Главные выводы

1. Независимо от того, есть у тела механическая энергия или нет, оно обладает внутренней энергией.
2. Внутренняя энергия тела равна сумме кинетической и потенциальной энергий частиц, из которых оно состоит.
3. Механическая энергия тела может переходить в его внутреннюю энергию.

? Контрольные вопросы

1. Что представляет собой внутренняя энергия тела?
2. В каких единицах в СИ измеряется внутренняя энергия?
3. Чем принципиально отличается внутренняя энергия тела, находящегося в твердом, жидком и газообразном состояниях?
4. Может ли механическая энергия превращаться во внутреннюю? Приведите примеры.

Упражнение 1

1. Может ли тело обладать внутренней энергией и не иметь при этом механической? А наоборот? Приведите примеры.

2. Изменяются ли внутренняя и механическая энергии кирпича, если его из положения *а* перевести в положение *б* (рис. 4)?

3. Из каких видов энергии состоит внутренняя энергия данной массы воздуха, если он находится: а) в комнате при нормальном атмосферном давлении; б) в баллоне в жидком состоянии?



4. Равны ли внутренние энергии воздуха, заполняющего две одинаковые колбы 1 и 2 (рис. 5), опущенные в воду? Почему?

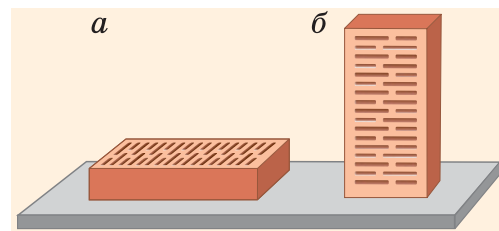


Рис. 4

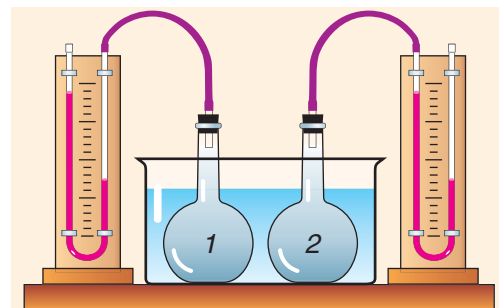


Рис. 5



§ 2.

Способы изменения внутренней энергии

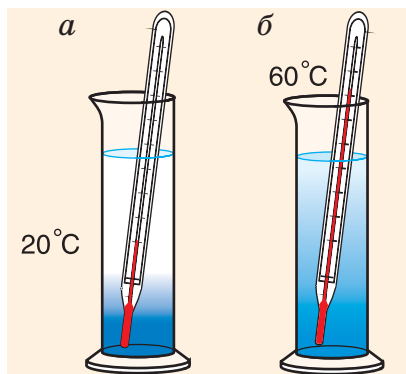


Рис. 6

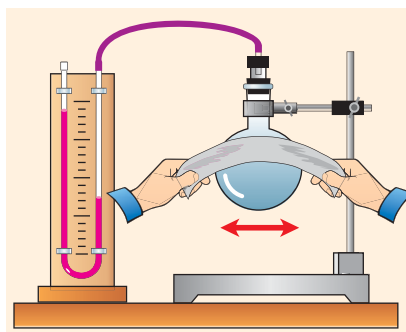


Рис. 7

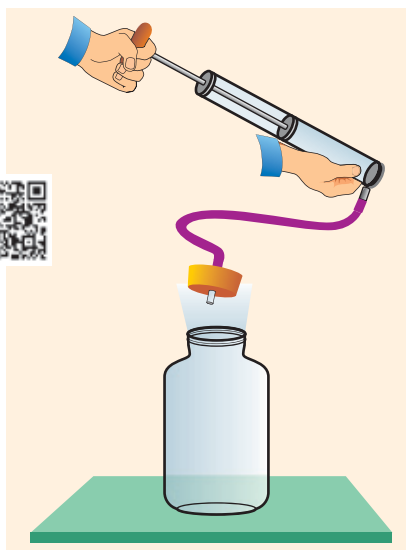


Рис. 8

Чтобы изменить механическую энергию тела, нужно изменить скорость его движения, взаимодействие с другими телами или взаимодействие частей тела. Вы уже знаете, что это достигается совершением работы.

Как можно изменить (увеличить или уменьшить) внутреннюю энергию тела? Рассуждаем логически. Внутренняя энергия определяется как сумма кинетической и потенциальной энергий частиц. Значит, нужно изменить либо скорость движения частиц, либо их взаимодействие (изменить расстояния между ними). Очевидно, можно изменить и скорость, и расстояния между частицами одновременно. Изменить скорость движения частиц тела можно, увеличив или уменьшив его температуру. Действительно, наблюдения за диффузией показывают, что быстрота ее протекания увеличивается при нагревании (рис. 6, а, б). Значит, увеличивается средняя скорость движения частиц, а следовательно, их средняя кинетическая энергия. Отсюда следует важный вывод: **температура является мерой средней кинетической энергии частиц.**

Как изменить кинетическую энергию частиц тела? Существуют два способа. Рассмотрим их на опытах. Будем натирать колбу с воздухом полоской сукна. Через некоторое время уровень жидкости в правом колене манометра (рис. 7) опустится. Давление воздуха в колбе увеличится. Это говорит о нагревании воздуха. Значит, увеличилась скорость движения и кинетическая энергия его молекул, а следовательно, и внутренняя энергия. Но за счет чего? Очевидно, за счет совершения механической работы при трении сукна о колбу. Нагрелась колба, а от нее — газ.

Проведем еще один опыт. В толстостенный стеклянный сосуд нальем немного воды (чайную

ложку) для увлажнения воздуха в нем. Насосом будем накачивать в сосуд воздух. Через некоторое время пробка вылетит (рис. 8), а в сосуде образуется туман. Из наблюдений за окружающей средой мы знаем, что туман появляется тогда, когда после теплого дня наступает холодная ночь. Образование тумана в сосуде свидетельствует об охлаждении воздуха, т. е. об уменьшении его внутренней энергии. Но почему уменьшилась энергия? Потому что за ее счет была совершена работа по выталкиванию пробки из сосуда.

Сравним результаты опытов. В обоих случаях изменилась внутренняя энергия газа. В первом опыте она увеличилась, так как работа совершалась внешней силой (при трении колбы с газом). Во втором — уменьшилась, так как работу совершала сила давления самого газа.

А можно ли, совершая работу, изменить потенциальную энергию взаимодействия молекул?

Опять обратимся к опыту. Два куска льда при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ будем тереть друг о друга. Лед превращается в воду, при этом температура воды и льда остается постоянной, равной $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 9). На что тратится механическая работа силы трения?

Конечно же, на изменение внутренней энергии! Но кинетическая энергия молекул не изменилась, так как температура не изменилась. Лед превратился в воду. При этом изменились силы взаимодействия молекул H_2O (напоминаем, что лед и вода состоят из одинаковых молекул). Следовательно, изменилась их потенциальная энергия.

Совершение механической работы — один из способов изменения внутренней энергии тела.

А есть ли возможность изменить внутреннюю энергию тела, не совершая механическую работу? Да, есть. Нагреть воздух в колбе (рис. 10), расплавить лед (рис. 11) можно с помощью зажженной спиртовки. В обоих случаях внутренняя энергия увеличится.

При охлаждении тел (если колбы со льдом и воздухом поместить в морозильник) их внутренняя энергия уменьшится. Часть внутренней энергии тел (воздуха, льда) будет передана окружающей среде.

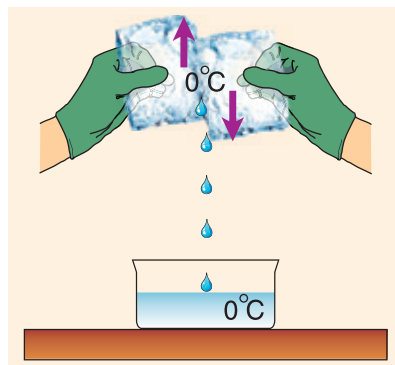


Рис. 9

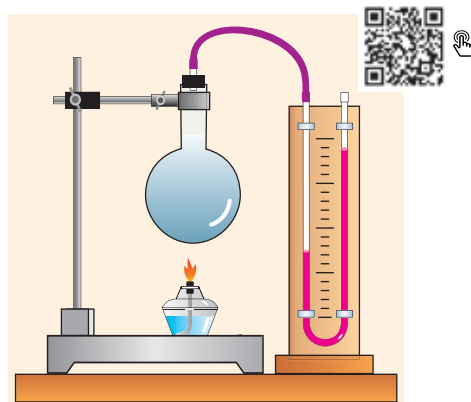


Рис. 10

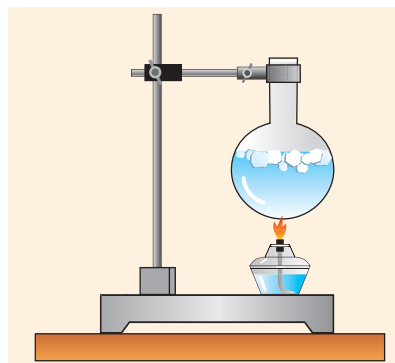


Рис. 11

Процесс изменения внутренней энергии тела, происходящий без совершения работы, называется теплообменом.

Таким образом, *совершение механической работы и теплообмен — два способа изменения внутренней энергии тела.*

Величину, равную изменению внутренней энергии при теплообмене, называют количеством теплоты (обозначается Q). Основной единицей количества теплоты, как работы и энергии, в СИ является 1 джоуль.



Для любознательных

Физики XVIII в. и первой половины XIX в. рассматривали теплоту не как изменение энергии, а как присутствие в теле теплорода — невесомой жидкости, которая может перетекать от одного тела к другому. Если тело нагревалось, то считалось, что в него вливался теплород, а если охлаждалось — то выливался. При нагревании тела расширяются. Это объяснялось тем, что теплород имеет объем. При этом взвешивания показывали, что масса тела не менялась. Поэтому теплород считали невесомым. Теорию теплорода поддерживали многие ученые, в том числе и такой гениальный ученый, как Г. Галилей. Позже Дж. Джоуль на основании проведенных им опытов пришел к выводу, что теплорода не существует и что теплота есть мера изменения кинетической и потенциальной энергий движущихся частиц тела.

В дальнейшем выражение «сообщить телу количество теплоты» мы будем понимать как «изменить внутреннюю энергию тела без совершения механической работы, т. е. путем теплообмена». А выражение «нагреть тело» будем понимать как «повысить его температуру» любым из двух способов.



Главные выводы

1. Внутреннюю энергию тела можно изменить путем совершения механической работы или теплообменом.
2. Изменение внутренней энергии при нагревании или охлаждении тела при постоянном объеме связано с изменением средней кинетической энергии его частиц.
3. Изменение внутренней энергии тела при неизменной температуре связано с изменением потенциальной энергии его частиц.

? Контрольные вопросы

1. Какими способами можно изменить внутреннюю энергию тела?
2. Как изменяется внутренняя энергия тела, если его: а) нагревать; б) охлаждать?
3. Можно ли изменить внутреннюю энергию тела, не изменяя его температуру? Приведите примеры.
4. Какой процесс называется теплообменом?
5. Что такое количество теплоты и в чем оно измеряется?

→ Домашнее задание

Возьмите кусок алюминиевой проволоки и быстро согните ее несколько раз. После этого коснитесь пальцем места сгиба. Объясните, как и почему изменилась внутренняя энергия проволоки.

Упражнение 2

1. Как и каким способом изменяется внутренняя энергия: а) сверла при сверлении отверстия в бетонной стене; б) пакета молока, помещенного в холодильник?

2. Один металлический цилиндр натерли куском сукна, совершив работу $A_1 = 1$ Дж, а другой такой же цилиндр подняли вверх, совершив работу $A_2 = 1$ Дж. Одинаково ли изменилась их внутренняя энергия? Почему?

3. Почему человек, чтобы согреть руки, трет их друг о друга?

 4. График зависимости температуры наружного воздуха от времени суток представлен на рисунке 12. В какое время суток внутренняя энергия забытых на улице коньков изменялась наиболее сильно?

 5. Изменилась ли внутренняя энергия эспандера, когда его растянули (рис. 13)?

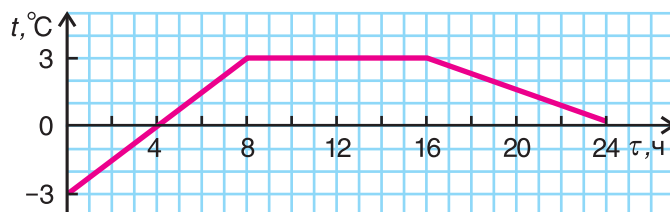


Рис. 12



Рис. 13