

Зачетные материалы по физике



Составитель: Анатолий Найдин



г. Томск, ТФТЛ

2020

ЗАЧЕТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

*Даже знания в собственном смысле слова
сообщить невозможно. Можно их человеку
предложить, подсказать, но овладеть ими он
должен путем собственной деятельности.*

А. Дистервег

МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

Молекулярно-кинетическая теория газов основана на предположении, что молекулы газа находятся на расстояниях друг от друга, значительно больших по сравнению с их размерами, движутся прямолинейно и равномерно, изредка сталкиваясь друг с другом и со стенками сосуда. Удары молекул о стенки сосуда создают давление газа. Оно пропорционально произведению числа молекул в единице объема и их средней кинетической энергии.

$$P = \frac{2}{3} n \bar{E} \text{ - основное уравнение молекулярно-кинетической теории.}$$

Каково бы ни было начальное распределение молекул газа по скоростям, в результате столкновений скорости одних частиц возрастают, других – уменьшаются, и в конечном счете устанавливается определенное (максвелловское) распределение. Известно, что при этом молекулы газа обладают всеми возможными скоростями – от очень маленькой до очень большой, но средний квадрат скорости (т.е. сумма квадратов скоростей всех молекул, деленная на число молекул) зависит только от абсолютной температуры газа T и массы молекул: $\bar{v}^2 = 3k T / m_0$, где k – постоянная Больцмана, равная $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К. Скажем, для кислорода при 300 К $\bar{v}^2 = 2,42 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{с}^2$, а корень квадратный из этого числа, так называемая средняя квадратичная скорость молекулы кислорода, составляет 492 м/с.

Средняя кинетическая энергия молекулы $E = m \bar{v}^2 / 2$ и, следовательно, равна $(3/2) k \cdot T$, т.е. пропорциональна абсолютной температуре.

Молекулы водорода при той же температуре имеют среднеквадратичную скорость около 2000 м/с. Таким образом, скорости молекул газа велики, больше, например, скорости артиллерийских снарядов, а перемещаются молекулы довольно медленно. Мы знаем по опыту, что требуется несколько десятков секунд, чтобы запах духов дошел из одного угла комнаты в другой. Такое замедление связано с тем, что молекулы газа движутся по сложной траектории, все время меняя направление своего движения вследствие столкновений с другими молекулами.

Используя основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов и выражение для средней кинетической энергии молекулы, можно получить уравнение состояния идеального газа в виде $P = n k T$, которое легко

преобразовать к виду $P = \frac{mR \cdot T}{M_B V}$ (уравнение Менделеева-Клапейрона). Из этого уравнения легко выводятся основные газовые законы, установленные в свое время опытным путем.

Надо сказать, что реальные газы в зависимости от температуры, давления и физической природы газа в большей или меньшей степени отклоняются от законов идеального газа. В точности им подчиняется только очень разреженный газ, однако и с их помощью удалось объяснить многие тепловые явления: теплопроводность, вязкость, диффузию.

ПЛАН ИЗУЧЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ГАЗОВ



ОТВЕТЬ НА ВОПРОСЫ

1. Что изучает молекулярная физика?
2. Перечислите опытные факты, послужившие предпосылкой для возникновения молекулярной физики.
3. Какие из известных вам опытных фактов прямо указывали на существование мельчайших частиц вещества? На хаотический характер их движения? На взаимодействие между ними?
4. Сформулируйте основные положения молекулярной физики.
5. Дайте определение следующих основных понятий молекулярной физики:
 - 1) Макроскопическое тело.
 - 2) Молекула.
 - 3) Относительная молекулярная (атомная) масса.
 - 4) Количество вещества.
 - 5) Молярная масса.
 - 6) Термодинамическая система.
 - 7) Параметры состояния.
 - 8) Объем.
 - 9) Давление.
 - 10) Концентрация.
 - 11) Температура.
 - 12) Газ.
6. Перечислите известные вам общие свойства газов.
7. Какие наблюдения и экспериментальные факты дают вам достаточно оснований для построения модели газа – «идеальный газ»?
8. Дайте краткую характеристику модели «идеальный газ».
9. Объясните с помощью модели «идеальный газ», почему газы сравнительно легко сжимаемы, оказывают давление, занимают весь предоставленный объем.
10. Запишите...
 - 1)...основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов;
 - 2)...формулу связи между средней кинетической энергией молекулы одноатомного газа и его абсолютной температурой.
11. Каким образом было получено основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов? формула связи между средней кинетической энергией движения молекулы газа и его температурой?
12. Запишите формулу для определения средней квадратичной скорости молекулы. Какие опыты полностью подтвердили ее справедливость?
13. Из известных вам формул получите уравнение состояния идеального газа. Какие эксперименты подтверждают справедливость этого уравнения?
14. Приведите примеры изопроцессов.
15. Назовите основные особенности и конечный результат каждого из изопроцессов. Каковы необходимые условия для их протекания?
16. Изобразите изопроцессы графически.
17. Дайте объяснение газовых законов с точки зрения молекулярно-кинетической теории.
18. На основании молекулярных представлений дайте объяснение броуновского движения, диффузии, теплопроводности и теплопередачи.
19. Укажите границы применимости молекулярно-кинетической теории идеального газа.
20. Расскажите о применениях свойств газов в технике.

ВЫБЕРИ ВЕРНЫЙ ОТВЕТ!

- Молекулярно-кинетическая теория...
 - ...изучает свойства и поведение вещества на основе анализа движения частиц, слагающих его;
 - изучает тепловые явления, не учитывая молекулярное строение тел;
 - ...представляет собой теорию тепловых явлений;
 - ...находит применение в технике.
- Количеством вещества называют...
 - ...число атомов в 12 г углерода;
 - ...отношение числа молекул в данном теле к числу атомов в 0,012 кг углерода;
 - ...массу вещества;
 - ...относительную атомную массу вещества.
- Определите количество вещества; содержащееся в 5 г молекулярного водорода.
 - 2,5 моля
 - 5 молей
 - 29 молей
 - 10 молей
- Определите массу молекулы кислорода.
 - $2 \cdot 10^{-26}$ кг
 - $5,3 \cdot 10^{-23}$ г
 - $1,2 \cdot 10^{-23}$ кг
 - $5 \cdot 10^{-26}$ кг
- Термодинамической системой называется
 - ...совокупность рассматриваемых тел, обменивающихся теплотой или веществом друг с другом;
 - ...совокупность теплоизолированных тел;
 - ...совокупность нескольких неоднородных тел;
 - ...тело или группа тел, находящихся в состоянии теплового равновесия.
- Какая из характеристик молекул газа может быть измерена в результате опыта?
 - скорость молекулы;
 - импульс молекулы;
 - средняя сила давления молекул газа на стенку;
 - число молекул в газе.
- Определить давление, создаваемое идеальным газом на стенки сосуда, если концентрация газа $3 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$, а средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул равна $0,7 \cdot 10^{-21}$ Дж.
 - 1,4 атм
 - $3 \cdot 10^5$ Па
 - $3 \cdot 10^{-3}$ Па
 - $2 \cdot 10^6$ Па
- Как изменится средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа, если его абсолютная температура возрастет в 2 раза?
 - увеличится в 2 раза;
 - не изменится;
 - увеличится в 4 раза;
 - увеличится в 1,4 раза.
- Сравнительно медленное распространение запахов можно объяснить:
 - ...малой скоростью движения молекул;
 - ...большим числом соударений, в результате которых траектории молекул представляют ломаные линии;
 - ...большими размерами молекул;
 - ...взаимодействием молекул со стенками сосуда.

10. Газы отличаются от жидкостей:
- 1) ...отсутствием строгого порядка в расположении атомов и молекул;
 - 2) ...способностью к неограниченному расширению;
 - 3) ...наличием межмолекулярных промежутков;
 - 4) ...наличием сил взаимодействия между молекулами.

ЗАПОЛНИ ОБОБЩАЮЩУЮ ТАБЛИЦУ
«ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ. МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ
ТЕОРИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА»

I. ОСНОВАНИЕ

1. Наблюдения
2. Эксперименты
3. Основные свойства (физические величины)
4. Модель (законы)

II. ЯДРО ТЕОРИИ

1. Постулаты
2. Основные законы
3. Константы

III. СЛЕДСТВИЯ

1. Формулы-следствия
2. Экспериментальная проверка
3. Границы применимости
4. Практические применения

Пользуясь планом изучения любой физической теории, выясните, к каким элементам теории можно отнести приведенные ниже утверждения:

1. Все вещество состоит из частиц (молекул или атомов).
2. В опыте Штерна средняя скорость атомов серебра при температуре 1200 К оказалась равной 500 м/с.
3. Капля масла растекается по поверхности воды, образуя тонкую пленку.
4. Давление – свойство тел оказывать влияние на данное тело при соприкосновении с ним, измеряемое отношением силы, действующей перпендикулярно поверхности тела, к площади этой поверхности.
5. Число частиц в моле любого вещества равно $6,02 \cdot 10^{23}$.
6. Давление газа прямо пропорционально произведению концентрации газа и средней кинетической энергии поступательного движения молекулы.
7. Идеальный газ – модель газа, в которой молекулы представляются материальными точками, между которыми отсутствует взаимодействие на расстоянии.
8. Реальные газы при достаточном разрежении по свойствам близки к идеальному газу.
9. Для данной массы газа при постоянном объеме давление газа прямо пропорционально его температуре.
10. С помощью законов молекулярно-кинетической теории газов удалось объяснить явления диффузии, теплопроводности и вязкости.

УМЕЙ ПОЛУЧАТЬ ФОРМУЛЫ-СЛЕДСТВИЯ


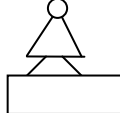
1. Используя основные законы молекулярно-кинетической теории идеального газа, получите...
 - 1) уравнение Клапейрона,
 - 2) уравнение Менделеева - Клапейрона,
 - 3) закон Дальтона,
 - 4) формулу для средней квадратичной скорости молекул,
 - 5) закон Бойля-Мариотта,
 - 6) закон Гей-Люссака,
 - 7) закон Шарля.
2. Молекулы реальных газов притягиваются. Как это притяжение может изменить уравнение состояния идеального газа?
3. Как объяснить с помощью молекулярно-кинетической теории тот факт, что практически все материалы расширяются при нагревании?
4. Допустим, что одна из стенок сосуда с газом липкая. Молекулы газа, ударяясь об эту стенку, остаются на ней. Будет ли давление на эту площадку больше или меньше давления на другие стенки сосуда?
5. Получите формулу для коэффициента объемного расширения идеального газа при постоянном давлении.
6. Покажите, что в смеси двух газов, находящихся при одинаковой температуре, отношение их среднеквадратичных скоростей равно обратному отношению квадратных корней их молекулярных масс.
7. Рассчитайте среднюю силу давления струи газа на площадку, расположенную под некоторым углом к вектору скорости частиц в струе. Найдите вертикальную (подъемная сила) и горизонтальную (сила сопротивления) составляющие средней силы давления. При каком угле подъемная сила максимальна?
8. Ведро выставлено на дождь. Изменится ли скорость наполнения ведра водой, если подует ветер?
9. Правда ли, что в ваших легких в каждый момент времени содержится по две молекулы из последнего вздоха Чингисхана?
10. Почему броуновское движение заметно лишь у чрезвычайно мелких взвешенных в жидкости частиц?

УМЕЙ РЕШАТЬ КАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ!

1. Где больше атомов: в стакане воды или в стакане ртути?
2. Как представить себе малость атомов?
3. Для уменьшения силы трения повышают качество обработки соприкасающихся поверхностей. Однако уменьшение этих сил происходит до определенного предела. При дальнейшем сглаживании поверхностей сила трения вновь начинает возрастать. Как это можно объяснить?
4. Вес газа, находящегося в закрытом сосуде, можно измерить, отняв от величины веса сосуда с газом вес самого сосуда. Однако молекулы летают по всему объему. Каким образом их вес влияет на показания весов?
5. На воздух действует сила тяжести со стороны Земли. Одинаковое ли давление оказывает воздух на пол и потолок комнаты?
6. Зависит ли вес песочных часов от того, течет в них песок или нет?
7. Почему атмосферное давление не в силах раздавить человека?
8. Какие молекулы в атмосфере движутся быстрее: молекулы кислорода или азота?
9. Почему в атмосфере Земли очень мало водорода? Почему у Луны нет атмосферы?
10. Объясните, почему, поместив пищу в холодильник, мы замедляем ее порчу?
11. В некоторых северных странах пространство между стеклами в оконных стеклопакетах заполняют не воздухом, а тяжелым инертным газом (криптоном). Зачем это делают?
12. Почему слой воздуха, прилегающего к корпусу космического корабля, летящего в атмосфере Земли, сильно разогревается?
13. Почему нагретая медицинская банка «присасывается» к телу человека?
14. Почему утопленники всплывают?
15. В каком случае – зимой или летом – накачивают шины автомобилей до большего давления?
16. Два воздушных шара, объемы которых одинаковы, заполнены при одинаковом давлении: один – водородом, другой – гелием. У какого шара больше подъемная сила (включая вес оболочек)?
17. Как зависит подъемная сила аэростата от температуры, при которой производится подъем?
18. Какой воздух тяжелее – сухой или влажный?

ТАК РЕШАЙ ЗАДАЧИ!

1. Космический корабль, имеющий лобовое сечение 50 м^2 и скорость 10 км/с , попадает в облако микрометеоритов, концентрация которого 1 м^{-3} . Масса каждого микрометеорита $0,02 \text{ г}$. Какой должна быть сила тяги двигателя, чтобы скорость корабля не изменилась? Удар микрометеоритов об обшивку корабля считайте абсолютно неупругим.

ДАНО:	СИ	АНАЛИЗ
$S = 50 \text{ м}^2$		Задачу лучше решать в системе отсчета, связанной с кораблем.
$v = 10 \text{ км/с}$	10^4 м/с	
$n = 1 \text{ м}^{-3}$		
$m_0 = 0,02 \text{ г}$	$2 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$	
$F = ?$		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>Каждый микрометеорит передает кораблю импульс $P_0 = m_0 v$. За время t о лобовое сечение корабля ударится $Z = n v s t$ микрометеоритов, которые передадут кораблю импульс $P = Z P_0$. Изменение импульса корабля равно импульсу силы, поэтому $Ft = m_0 n v s t$, откуда $F = m_0 n v^2 S$.</p>

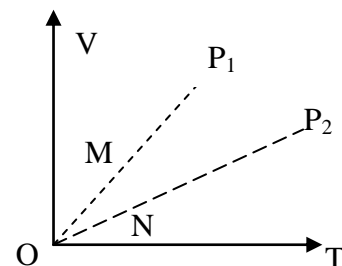
РЕШЕНИЕ: $F = 2 \cdot 10^{-5} \cdot \text{кг} (10^4 \text{ м/с})^2 \cdot 1 \text{ м}^{-3} \cdot 50 \text{ м}^2 = 100 \text{ кН}$.

2. В баллоне емкостью 24 л находится водород при температуре 15°C . После того, как часть водорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на $4 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Определите массу израсходованного водорода.

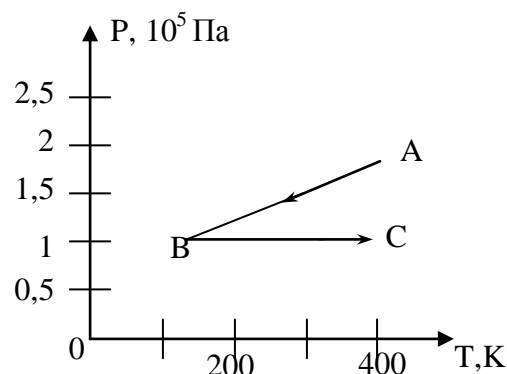
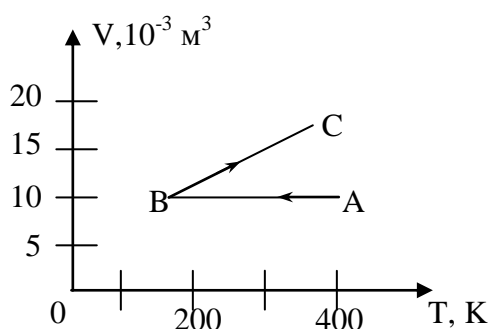
ДАНО	СИ	АНАЛИЗ
$V = 24 \text{ л}$	$24 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	Запишем уравнение для начального и конечного состояния водорода:
$t = 15^\circ\text{C}$	$T = 288 \text{ К}$	
$\Delta P = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$P = 8,31 \text{ Дж/ (К} \cdot \text{моль)}$	
$\Delta m = ?$		$P_1 V = \frac{m_1}{M} RT$ и $P_2 V = \frac{m_2}{M} RT$ и вычтем из первого уравнения второе $(P_1 - P_2) V = (m_2 - m_1) \frac{RT}{M}$, откуда $\Delta m = \frac{MV \Delta P}{RT} = 8,1 \text{ г}$

3. Два различных состояния одной и той же массы газа изображены точками М и N. Какая из этих точек соответствует большему давлению?

РЕШЕНИЕ: проведем через точки М и N изобары. Поскольку $P_2 > P_1$, то $P_M > P_N$.



УМЕЙ РЕШАТЬ ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ!



1. На графиках изображен процесс перехода газа из состояния А в состояние С с помощью двух изопроцессов в координатных осях VT и PT. $M_B = 44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.
 - 1) используя данные графиков, определите температуру, объем, давление газа в состояниях, отмеченных на графиках точками А, В, С;
 - 2) с помощью каких изопроцессов был осуществлен перевод газа из состояния А в состояние С?
 - 3) укажите другие возможные способы перевода газа из состояния А в состояние С с помощью двух изопроцессов;
 - 4) любой из возможных способов перехода газа изобразите в координатных осях P,V;
 - 5) какой газ переводился из состояния А в С?
 - 6) определите массу этого газа;
 - 7) ли масса газа при переходе из состояния А в В?, из А в С?
 - 8) определите количество вещества, участвующего в процессе перехода;
 - 9) из скольких молекул состоял газ?
2. Газ перешел из состояния 1 в состояние 2 (рис. 1). Масса газа остается постоянной. Как изменился объем газа?
3. Зависимость давления от объема газа представлена на рисунке 2. Укажите, какой точке диаграммы соответствует наибольшее значение температуры газа?

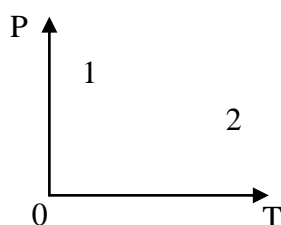


Рис.1

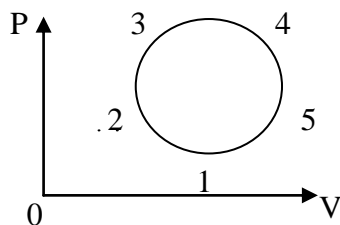


Рис.2

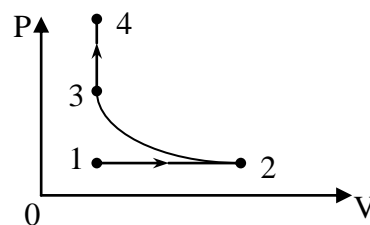


Рис.3

4. На рисунке 3 изображен график процесса в координатах P, V. Изобразите этот процесс в координатах V, T.
5. Начертите график зависимости плотности газа от температуры при изобарном процессе.
6. Начертите график зависимости плотности газа от давления при изотермическом процессе.

РЕШИ САМ!

1. На изделие, площадь поверхности которого 20 см^2 , нанесен слой серебра толщиной 1 мкм . Сколько атомов серебра содержится в покрытии?
2. Определить число молекул, содержащихся в 1 м^3 кислорода при нормальных условиях.
3. Взрывная камера заполняется смесью кислорода и водорода при температуре 300 К и общем давлении 1 атм . Парциальные давления кислорода и водорода одинаковы. После герметизации камеры производится взрыв. Найти давление внутри камеры после охлаждения продуктов реакции до температуры 373 К .
4. Определить среднюю кинетическую энергию молекулы одноатомного газа и концентрацию его молекул при температуре 290 К и давлении $0,8 \text{ МПа}$.
5. Определить средний квадрат скорости поступательного движения взвешенных в воздухе капелек воды радиусом 10^{-5} мм при температуре 17°C .
6. В вертикально расположенном цилиндрическом сосуде под поршнем находится идеальный газ. Сосуд помещают в лифт. Когда лифт неподвижен, расстояние между поршнем и дном сосуда 12 см . При движении лифта с постоянным ускорением расстояние между поршнем и дном сосуда составляет 10 см . Найдите ускорение лифта. Атмосферным давлением пренебречь.
7. Какой массой должно обладать сферическое тело радиусом 1 м , чтобы оно могло плавать в атмосфере Венеры? Атмосфера Венеры состоит из углекислого газа, давление у поверхности планеты 9 МПа , температура 527°C .
8. Компрессор засасывает из атмосферы каждую секунду 3 л воздуха, которые подаются в баллон вместимостью 45 л . Через сколько времени давление в баллоне будет превышать атмосферное в 9 раз? Начальное давление в баллоне равно атмосферному давлению.
9. Вертикальный, закрытый с обоих концов цилиндр, высотой $0,6 \text{ м}$ разделен на две равные части подвижным поршнем массой 20 кг . В нижней части сосуда находится $8 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$ водорода. В верхней части цилиндра - кислород. Температура обоих газов 300 К . Сколько кислорода находится в цилиндре?

ВЫПОЛНИ ЭКСПЕРИМЕНТ ДОМА!

1. Пронаблюдайте и опишите явление диффузии.
2. Измерьте скорость распространения запаха пахучего вещества в воздухе. Постройте график времени распространения запаха пахучего вещества от расстояния до источника запаха.
3. Измерьте расход воды из крана.
4. Оцените плотность пламени свечи.
5. Оцените температурную разрешающую способность вашей руки.
6. Измерьте средний рост вашей семьи.
7. Какие из повседневных наблюдений подсказывают вам, что не все молекулы вещества имеют одинаковые скорости?
8. Если до краев наполнить стакан водой и прикрыть листом плотной бумаги, то при переворачивании стакана вода не выливается. Почему?
9. Как достать монету со дна блюда, в которое налита вода, не погружая пальцев в воду? Дополнительно можно использовать стакан, вату, спирт.
10. Найдите способ проверить справедливость одного из газовых законов.
11. Можно ли с помощью цилиндрической мензурки определить глубину ее погружения в воду?
12. Исследуйте зависимость избыточного давления в воздушном шарике от его диаметра.
13. Почему разбухает целлофановый мешочек с поваренной солью, помещенный в кастрюлю с водой?
14. Каково максимальное давление в футбольном мяче при ударе?

УМЕЕШЬ ЛИ ТЫ ПРОВОДИТЬ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ?

1. Определите атмосферное давление воздуха в классе и его температуру.
2. Определите цену деления термометров.
3. Оцените диаметр атома алюминия, если известно, что в жидком или твердом состоянии этого вещества атомы расположены почти вплотную друг к другу.
4. С какой силой давит на вас столб атмосферного воздуха?
5. Каково давление воды на дне самой глубокой океанской впадины?
6. Используя мензурку и пипетку, определите диаметр молекулы машинного масла.
7. Каково максимальное давление в футбольном мяче при ударе?
8. Каким образом можно экспериментально установить связь между средней кинетической энергией молекулы газа и его температурой?
9. Каким образом можно измерить скорость пули (молекулы)? Предложите экспериментальную установку и план эксперимента.
10. Предложите план эксперимента по проверке справедливости
 - 1) закона Авогадро,
 - 2) закона Дальтона,
 - 3) уравнения Менделеева - Клапейрона,
 - 4) формулы для средней кинетической энергии молекулы,
 - 5) закона Бойля-Мариотта,

- б) закона Гей-Люссака,
 - 7) закона Шарля.
11. Можно ли одним пальцем произвести давление 10000 атмосфер?
 12. Как определить давление в футбольном мяче с помощью чувствительных весов и линейки?
 13. Сосуд некоторого объема заполняют разными газами каждый раз до атмосферного давления. Как можно сравнить их молярные массы?
 14. Считая высоту слоя атмосферы много меньше радиуса Земли, оцените массу атмосферы.
 15. Предложите конструкцию прибора для измерения максимальной (минимальной) температуры.
 16. Как определить вес автомобиля, не взвешивая его, а лишь исследуя его баллоны?

УМЕЙ ПРИМЕНЯТЬ ПОЛУЧЕННЫЕ ЗНАНИЯ НА ПРАКТИКЕ!

1. Объясните с точки зрения молекулярно-кинетических представлений явления диффузии, теплопроводности, вязкости.
 2. Почему в атмосфере Земли практически нет молекул водорода? Почему у Луны нет атмосферы?
 3. Отчего сильно надутый и плотно завязанный резиновый шарик окажется через несколько дней «сдутым»?
 4. Зачем у чашки ручка?
 5. Колба объемом 500 см^3 , содержащая воздух, нагревается до температуры 227°C , после чего опускается горлышком в воду. Какая масса воды будет затянута в колбу в момент, когда температура колбы понизится до 27°C ?
 6. Почему при осенне-зимнем похолодании требуется подкачка колес?
 7. Перед вами пять законов: $P = n k T$; $PV = \frac{m}{M}RT$; $P_1V_1 = P_2V_2$; *при* $T = \text{const.}$;
- Какой из этих законов необходимо применять для объяснения данного явления:

 - 1) надувание щек,
 - 2) присасывание медицинских банок к телу человека,
 - 3) треск дров в горячей печи,
 - 4) увеличение объема пузырька воздуха при его подъеме со дна водоема на поверхность,
 - 5) «выстрел» банки соленых овощей?

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \text{ при } V = \text{const.}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \text{ при } P = \text{const.}$$
8. К каким физическим объектам применимо понятие «температура»?
 9. Почему мыльные пузыри на морозе взлетают вверх?
 10. Объясните, почему, поместив пищу в холодильник, мы замедляем ее порчу?
 11. Почему увеличивается срок службы лампы накаливания, если ее заполняют инертным газом с большей молярной массой?
 12. При подъеме в атмосфере Земли отношение числа молекул N_2 к числу молекул O_2 увеличивается. Почему?

13. Оцените число молекул воздуха в земной атмосфере.
14. Объясните поговорку «Как об стену горох».
15. Оцените диаметр молекулы данного вещества, если известно, что в жидком или твердом состоянии вещества молекулы расположены почти вплотную друг к другу.
16. Есть ли «границы применимости» понятия «температура»?
17. Почему газовые законы справедливы для всех разреженных газов независимо от их химического состава?
18. Почему пузырьки газа, поднимающиеся со дна водоема на поверхность, все время движутся с ускорением?

ПРОВЕРЬ СВОИ ЗНАНИЯ ПО МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА!

1. Какую качественную и количественную информацию о молекулах вы можете извлечь из наблюдений за диффузией газов и броуновским движением?
2. Назовите физическую величину, единица которой I атм, и дайте ее значение в системе СИ.
3. Для каждого понятия дайте краткое определение или описание, четко объясняющее, что это такое:
 - 1) температура;
 - 2) средняя кинетическая энергия молекулы;
 - 3) давление газа;
 - 4) концентрация;
 - 5) плотность.
4. Прочитайте формулы основных законов молекулярно-кинетической теории газов вслух.
5. Какой воздух тяжелее – сухой или влажный?
6. Для объяснения (описания) каких явлений необходимо применять законы молекулярно-кинетической теории идеального газа:
 - 1) диффузия;
 - 2) теплопроводность;
 - 3) кристаллизация жидкого гелия;
 - 4) вязкость;
 - 5) плавление.
7. Колба объемом 500 см^3 , содержащая воздух, нагревается до температуры 227°C , после чего опускается горлышком в воду. Какая масса воды будет затянута в колбу в момент, когда температура колбы понизится до 27°C ?
8. Почему при осенне-зимнем похолодании требуется подкачка колес?
9. На каких физических свойствах газа основаны его применения
 - 1) в амортизаторах,
 - 2) в качестве рабочего тела пневмоинструмента,
 - 3) в газовых термометрах.
10. В каких слоях атмосферы воздух ближе к идеальному газу: у поверхности Земли или на больших высотах?

11. Как изменилось бы давление в сосуде с газом, если бы внезапно исчезли силы притяжения между его молекулами?
12. Чем отличается процесс изотермического расширения газа от изобарного нагревания газа и что между ними общего?

ЗАЧЕТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ

*Я здесь не дам сих тайн истолкованья, –
Вопрос, а не ответ – мое признание.*

Г.Ибсен

ТЕРМОДИНАМИКА

Слово «термодинамика» состоит из двух греческих слов: «терме» – «теплота» и «динамис» – «сила». Термодинамика возникла как наука о процессах, происходящих в тепловых машинах: паровых котлах, двигателях внутреннего сгорания и т.д., т.е. как наука о превращении тепла в механическое движение, в работу.

В процессе своего развития термодинамика необычайно расширилась и приобрела характер фундаментальной физической науки. Ныне объектом ее исследования являются любые процессы превращения материи, связанные с выделением или поглощением энергии, совершением работы, переносом вещества и т.п. Термодинамика изучает процессы расширения и сжатия, нагрева и охлаждения, плавления и затвердевания, испарения и конденсации, химические реакции, тепловое излучение и т.д.

По отношению ко всем этим процессам термодинамика отвечает на три главных вопроса: 1. Возможен ли данный процесс при данных условиях? 2. Если процесс возможен, то в каком направлении при данных условиях он пойдет? 3. Чем процесс закончится? Это окончательное, не зависящее уже от времени состояние термодинамика называют состоянием теплового равновесия.

На все эти вопросы термодинамика отвечает с помощью трех законов, составляющих ее основное содержание.

Первый закон термодинамики утверждает, что тело обладает внутренней энергией U , причем внутренняя энергия может увеличиваться, если телу передается некоторое количество теплоты Q , либо над ним совершается внешними силами работа A .

$$Q + A = \Delta U$$

Первый закон термодинамики – это закон сохранения энергии. Из него, в частности, следует, что если внутренняя энергия тела постоянна и тело не получает и не отдает тепла, то оно не может совершать работу. Таким образом, нельзя получить работу из ничего. Устройство или машину, получающую работу из ничего, называют вечным двигателем первого рода. Первый закон термодинамики отвергает вечный двигатель первого рода.

Идея **второго закона** термодинамики связана с именем французского инженера С.Карно, который в 1824 г. разработал цикл Карно – круговой процесс в тепловой машине, в результате которого тело, совершив работу, затем возвращается в исходное состояние, используя часть этой работы. Он впервые показал, что полезную работу можно получить лишь в том случае, когда тепло передается от нагретого тела к более холодному. Обратный

процесс не происходит самопроизвольно. Самопроизвольно идут лишь те процессы, которые приводят к увеличению степени беспорядка в системе.

Законы термодинамики справедливы для любых тел и систем.

ПЛАН ИЗУЧЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИКИ



ОТВЕТЬ НА ВОПРОСЫ

1. Какие явления и объекты изучает термодинамика?
2. Назовите известные вам опытные факты, послужившие предпосылкой для введения понятия: внутренняя энергия, работа, количество теплоты.
3. Назовите два способа изменения внутренней энергии тела. Приведите примеры.
4. Какие законы составляют основное содержание термодинамики? Как они были получены?
5. На какие вопросы отвечает термодинамика по отношению к изучаемым процессам?
6. Приведите примеры технического применения законов термодинамики.
7. Дайте определение следующих основных понятий термодинамики:
 - 1) термодинамическая система;
 - 2) тепловое равновесие;
 - 3) термодинамические параметры;
 - 4) термодинамический процесс;
 - 5) внутренняя энергия;
 - 6) температура;
 - 7) количество теплоты;
 - 8) удельная теплоемкость;
 - 9) молярная теплоемкость;
 - 10) работа.
8. Дайте определение понятия «внутренняя энергия» на основе молекулярно-кинетических представлений.
9. От каких макроскопических параметров зависит внутренняя энергия идеального газа? реального газа?
10. Какова внутренняя энергия 1 м^3 идеального одноатомного газа при нормальном атмосферном давлении?
11. Запишите формулу для определения работы газа в изобарном процессе.
12. Как вычислить работу газа с помощью графика зависимости его давления от объема?
13. Некоторый объем идеального газа сжимают до объема V тремя различными способами: адиабатно, изотермически, изобарно. В каком случае необходимо произвести большую работу?
14. Некоторый объем идеального газа расширяется до объема V_2 тремя различными способами: адиабатно, изотермически, изобарно. В каком случае газ производит большую работу?
15. Каким образом можно рассчитать количество теплоты, полученное или отданное системой в результате теплообмена?
16. Можно ли передать некоторое количество теплоты веществу, не вызывая этим повышения его температуры? Приведите примеры.
17. Сформулируйте первый закон термодинамики; второй закон термодинамики; третий закон термодинамики.
18. При каких условиях возможен, в каком направлении пойдет и чем закончится процесс: а) изотермического сжатия; б) изобарного нагревания; в) изохорного охлаждения; г) адиабатного сжатия?
19. При изотермическом сжатии объем массы идеального газа уменьшили в 500 раз. Как изменилось давление газа? внутренняя энергия газа?
20. Оцените величину работы, которую может совершить газ при расширении.

21. Сформулируйте второй закон термодинамики.
22. Обоснуйте справедливость второго закона термодинамики на основе молекулярно-кинетических представлений.
23. Почему утверждают, что первый закон термодинамики – главный бухгалтер природы, а второй закон – директор?
24. Для каких целей предназначен тепловой двигатель и, каков принцип его работы?
25. Запишите формулу для определения КПД теплового двигателя, максимального КПД теплового двигателя.
26. Может ли КПД теплового двигателя быть равен 100%?
27. Каким образом можно повысить КПД теплового двигателя? Что мешает это сделать?
28. Почему невозможно построить вечный двигатель первого рода? второго рода?
29. Расскажите о практических применениях законов термодинамики.

ВЫБЕРИ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

1. В каком случае внутренняя энергия тела не изменяется?
 - 1) ...при свободном движении тела в вакууме;
 - 2) ...при сверлении тела;
 - 3) ...при нагревании тела;
 - 4) ...при переходе тела из твердого в жидкое состояние.
2. Каким из приведенных ниже способов нельзя изменить состояние газа в сосуде?
 - 1) изменяя массу газа в сосуде;
 - 2) изменяя объем, занимаемый газом;
 - 3) изменяя форму сосуда, в котором находится газ;
 - 4) передавая газу некоторое количество теплоты.
3. Газ расширяется от объема V_1 до объема V_2 тремя возможными способами (изотермически, изобарно, адиабатно). В котором из случаев работа газа будет наибольшей?
 - 1) при адиабатном расширении;
 - 2) при изохорном процессе;
 - 3) при изобарном расширении;
 - 4) при изотермическом расширении.
4. Как изменится внутренняя энергия идеального одноатомного газа, если его давление увеличится в 5 раз, а объем уменьшится в 3 раза?
 - 1) увеличится в 10 раз;
 - 2) увеличится в 2,5 раза;
 - 3) увеличится в 7 раз;
 - 4) уменьшится в 2,5 раза.
5. Для нагревания 0,20 кг свинца от 283 до 303 К необходимо количество теплоты 520 Дж. Определите удельную теплоемкость свинца.
 - 1) 130 Дж/(кг·К);
 - 2) 580 Дж/(кг·К);
 - 3) 320 Дж/(кг·К);

- 4) $52 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$.
6. На сколько изменится внутренняя энергия термодинамической системы, если она совершит работу 150 Дж , получив одновременно количество теплоты 400 Дж ?
- 1) увеличится на 250 Дж ;
 - 2) увеличится на 550 Дж ;
 - 3) уменьшится на 250 Дж ;
 - 4) уменьшится на 550 Дж .
7. Какое из утверждений не является следствием первого закона термодинамики?
- 1) внутренняя энергия изолированной системы остается неизменной;
 - 2) если системе передано некоторое количество теплоты и над ней совершена определенная работа, то ее внутренняя энергия изменяется;
 - 3) невозможно создать вечный двигатель первого рода;
 - 4) тело может обладать определенной внутренней энергией.
8. Какое из утверждений не является следствием второго закона термодинамики?
- 1) невозможно перевести тело от более холодной системы к более горячей, не совершая работы;
 - 2) невозможно построить тепловой двигатель, единственным результатом работы которого было бы получение работы за счет охлаждения одного тела;
 - 3) невозможен самопроизвольный процесс разделения смеси газов;
 - 4) невозможно построить тепловой двигатель с КПД, близким к 100% .
9. Каков КПД теплового двигателя, совершившего 300 Дж работы за счет 1 кДж теплоты?
- 1) 30% ;
 - 2) 50% ;
 - 3) 70% ;
 - 4) 100% .
10. В каком случае КПД идеального теплового двигателя не возрастает?
- 1) если температура холодильника уменьшается;
 - 2) если температура нагревателя увеличивается;
 - 3) если абсолютные температуры нагревателя и холодильника уменьшаются в одинаковое число раз;
 - 4) если температуры нагревателя и холодильника уменьшаются на одинаковое количество Кельвин.

ЗАПОЛНИ ОБОБЩАЮЩУЮ ТАБЛИЦУ
«ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ. ТЕРМОДИНАМИКА»

I. ОСНОВАНИЕ

1. Наблюдения.
2. Эксперименты.
3. Основные понятия и величины.
4. Идеализированный объект.

II. ЯДРО

1. Постулаты.
2. Законы.
3. Константы.

III. СЛЕДСТВИЯ

1. Формулы-следствия.
2. Экспериментальная проверка.
4. Границы применимости.
5. Практические применения.

Пользуясь планом изучения любой физической теории, выясните, к каким элементам теории можно отнести приведенные ниже утверждения:

1. При тепловом контакте двух тел их температуры выравниваются.
2. Универсальная газовая постоянная равна $8,31 \text{ Дж}/(\text{К}\cdot\text{моль})$.
3. Теплота не переходит самопроизвольно от холодного тела к горячему.
4. При изохорном нагревании все подводимое к газу количество теплоты идет на увеличение его внутренней энергии.
5. Работа - свойство тела передавать упорядоченное движение другим телам при их взаимодействии, приводящее к изменению его внутренней энергии, измеряемое в термодинамике произведением давления на изменение объема газа.
6. С помощью законов термодинамики удалось понять, почему невозможно построить вечный двигатель.
7. Первый закон термодинамики – это закон сохранения энергии, распространенный на тепловые явления.
8. КПД теплового двигателя определяется формулой: $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$.
9. Законы термодинамики применимы для любых термодинамических систем.
10. Идеальная тепловая машина Карно – модель, с помощью которой были получены важные результаты.

УМЕЙ ПОЛУЧАТЬ ФОРМУЛЫ-СЛЕДСТВИЯ!

1. Докажите, что: а) работа газа при его изобарном нагревании может быть вычислена по формуле $A' = P\Delta V$; б) внутренняя энергия идеального одноатомного газа может быть рассчитана по формуле $U = \frac{3}{2} \nu RT$; в) работа газа в изохорном процессе равна нулю; г) первое начало термодинамики для адиабатного процесса имеет вид $A = \Delta U$; д) молярная теплоемкость идеального одноатомного газа при постоянном давлении больше чем молярная теплоемкость этого же газа при постоянном объеме.
2. Покажите, что внутренняя энергия идеального газа не зависит от его объема.
3. Всегда ли можно говорить, что тело обладает энергией, если оно способно совершить работу?
4. Используя основные законы термодинамики, докажите, что:

- 1) внутренняя энергия изолированной системы не изменяется;
 - 2) невозможно построить вечный двигатель;
 - 3) при изохорном нагревании все подводимое к газу количество теплоты идет на увеличение его внутренней энергии;
 - 4) при адиабатном расширении изменение внутренней энергии идеального газа больше, чем при таком же изотермическом;
 - 5) невозможно построить тепловой двигатель, который совершал бы полезную работу за счет охлаждения одного тела;
 - 6) удельная теплоемкость газа при постоянном объеме меньше, чем удельная теплоемкость газа при постоянном давлении;
 - 7) невозможно разделить смесь белых и черных шаров, не совершая работу;
 - 8) тело при ударе о землю должно нагреваться;
 - 9) абсолютный нуль температуры недостижим;
 - 10) невозможно передать тепло от холодного тела к горячему, не совершая работу.
5. Покажите, что тепловой насос может служить в качестве обогревателя зимой и в качестве кондиционера – летом.
 6. Известно, что энергия сохраняется. Почему же тогда энергетические ресурсы сокращаются, и нас ждет энергетический голод?
 7. Попробуйте написать самую бессмысленную бессмыслицу.

ТАК РЕШАЙ ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ!

1. В вертикально расположенном цилиндре с площадью основания 1 дм^2 под поршнем массой 10 кг , скользящим без трения, находится воздух. При изобарном нагревании поршень поднялся на 20 см . Какую работу совершил воздух, если наружное давление 100 кПа ?

<p><i>Дано:</i></p> <p>$S = 1 \text{ дм}^2$</p> <p>$m = 10 \text{ кг}$</p> <p>$H = 20 \text{ см}$</p> <p>$P_o = 100 \text{ кПа}$</p> <p>$A - ?$</p>	<p>$1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$</p> <p>$0,2 \text{ м}$</p> <p>$1 \cdot 10^5 \text{ Па}$</p>	<p><i>Решение:</i></p> <p>Давление воздуха под поршнем равно сумме давлений наружного воздуха и поршня</p> $P = P_o + \frac{mg}{S}.$ <p>Изменение объема воздуха можно определить по формуле $\Delta V = S \cdot H$.</p> <p>Поскольку процесс изобарный, то работу можно определить: $A' = P \Delta V = P_o S H + mg H \approx 220 \text{ Дж}$.</p>
--	---	---

2. Какова работа, совершаемая газом при изобарном повышении температуры от $T_1 = 285 \text{ К}$ до $T_2 = 360 \text{ К}$, если давление и начальный объем газа соответственно равны: $P = 1,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$ и $V_1 = 6 \text{ м}^3$?

Дано:
 $T_1 = 285 \text{ К}$
 $T_2 = 360 \text{ К}$
 $P = 1,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$
 $V_1 = 6 \text{ м}^3$
 $A' - ?$

Решение:

Записав выражение для работы газа при изобарном расширении $A' = P(V_2 - V_1)$ и уравнения Менделеева - Клапейрона для начального и конечного состояний газа: $PV_1 = \nu RT_1$ и $PV_2 = \nu RT_2$, получим: $A' = \nu R(T_2 - T_1)$ или $A' = PV_1 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$; $A' = 3 \cdot 10^5 \text{ Дж}$.

3. В цилиндре компрессора сжимают 4 моля идеального одноатомного газа. Определить, насколько поднялась температура газа за один ход поршня, если при этом была совершена работа 500 Дж. Процесс считать адиабатным.

Дано:
 $\nu = 4 \text{ моля}$
 $A = 500 \text{ Дж}$
 $\Delta T - ?$

Решение:

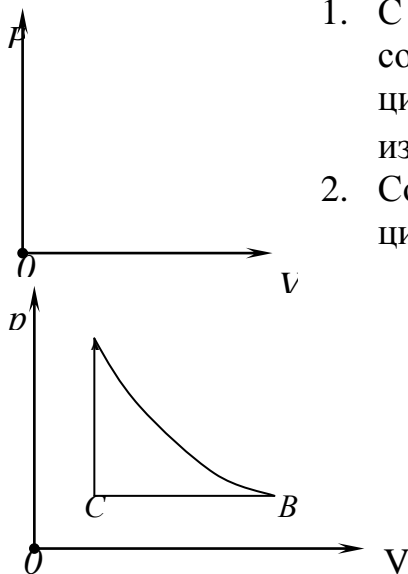
Поскольку $Q = 0$, то из уравнения $\Delta U = Q + A$ вытекает, что $\Delta U = A$. Так как $\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$, то $A = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$, или $A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$, откуда $\Delta T = \frac{2A}{3\nu R}$; $\Delta T \approx 10 \text{ К}$

УМЕЙ РЕШАТЬ КАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ!

1. В сосуд, на дне которого была вода, накачали воздух. Когда открыли кран и, сжатый воздух вырвался наружу, сосуд заполнился водяным туманом. Почему это произошло?
2. Два одинаковых стальных шарика упали с одной и той же высоты. Первый упал в вязкий грунт, а второй, ударившись о камень, отскочил и был пойман на некоторой высоте. Какой из шариков больше нагрелся?
3. Что обладает большей внутренней энергией: рабочая смесь, находящаяся в цилиндре двигателя внутреннего сгорания к концу такта сжатия (до проскакивания искры), или продукт ее горения к концу рабочего хода?
4. Почему выскакивают искры при ударе кремния о сталь?
5. Увеличивает ли сильный ветер температуру переносимого им воздуха?
6. Движущийся сосуд, содержащий некоторую массу идеального газа, внезапно останавливается. Что произойдет с давлением газа в сосуде?
7. Если теплота есть не что иное, как движение молекул, то чем отличается горячий, но покоящийся футбольный мяч, от холодного, но быстро движущегося?
8. Почему сырые дрова горят хуже сухих и дают меньше тепла?
9. Почему в приморских странах климат всегда умереннее и ровнее, чем в странах, лежащих внутри материков?
10. Что представляет собой лучшую грелку: мешок с песком или бутылка с водой (при одинаковой массе и температуре)?
11. Со дна водоема всплывает пузырек воздуха. Совершает ли газ работу?
12. Почему пушечный ствол от холостого выстрела нагревается сильнее, чем от выстрела со снарядом?
13. Объясните, почему и как трение между движущимися частями машины приводит к выделению тепла?
14. Почему дрожат замерзшие люди и животные?

15. Почему при слабом морозе снежок слепить легко, а при сильном это сделать невозможно?
16. Почему в дизеле не требуется зажигать рабочую смесь с помощью искры?
17. Когда на нагревание газа затрачивается большее количество теплоты: при изобарном или изохорном процессе?
18. Каким образом животным, впадающим в зимнюю спячку, удается поддерживать жизнеспособность в течение нескольких месяцев?
19. Что является нагревателем и что – холодильником в ракетном двигателе?
20. Как изменяется со временем скорость искусственного спутника Земли при движении его в верхних слоях атмосферы?

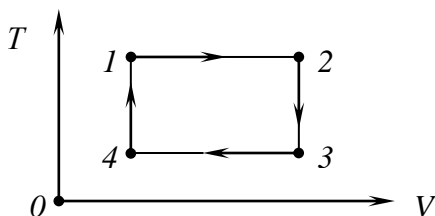
УМЕЙ РЕШАТЬ ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ!



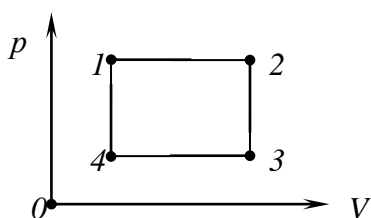
1. С определенной массой идеального газа совершается цикл, состоящий из двух изотерм и двух изохор. Изобразить этот цикл в координатных осях p, V ; P, T ; p, T U, V и выяснить, как изменяется внутренняя энергия на каждом участке цикла.
2. Состояние 1 моля идеального газа изменяется по обратимому циклу, как показано на рисунке. Первоначально газ находится в точке A с параметрами P_0, V_0, T_0 . В точке B объем газа $V = 16 V_0$. Заполните следующие таблицы, выражая соответствующие величины через P, V, T , и R .
 $A \rightarrow B$ – процесс с постоянной температурой.
 $B \rightarrow C$ – процесс с постоянным давлением.
 $C \rightarrow A$ – процесс с постоянным объемом.
 $p_0 = 8 \cdot 10^5$ Па, $V_0 = 1$ л, $T_0 = 320$ К.

	p	V	T
A	p_0	V_0	T_0
B	?	$16 V_0$?
C	?	?	?

	ΔU	Q	A'
$A \rightarrow B$?	?	7373 Дж
$B \rightarrow C$?	?	?
$C \rightarrow A$?	?	?
$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$?	?	?



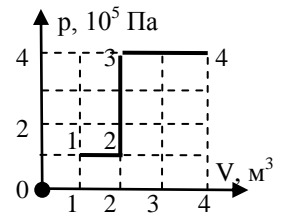
3. На графике представлена зависимость между абсолютной температурой данной массы идеального газа и его объемом в течение одного цикла. Докажите, какие из процессов протекали с поглощением теплоты, а какие сопровождалась ее выделением.



4. Какой точке на графике изменения состояния идеального газа соответствует минимальное значение внутренней энергии? Ответ обосновать.

РЕШИ САМ!

1. Какова внутренняя энергия геля, заполняющего аэростат объемом 60 м^3 при давлении 100 кПа ?
2. Какую работу совершает кислород массой 320 г при изобарном нагревании на 10 К ?
3. Какую работу надо совершить, чтобы расплавить трением друг о друга два куска льда массой 5 т ? Температура льда $0 \text{ }^\circ\text{С}$.
4. Баллон емкостью 50 л содержит аргон при температуре 290 К под давлением 500 кПа . Какова будет температура и давление газа, если ему сообщить 5 кДж теплоты?
5. При изотермическом расширении кислородом была совершена работа A' . Какое количество теплоты получил газ при этом?
6. Какую работу совершает газ при переходе из состояния 1 в состояние 4?
7. Из начального состояния, характеризуемого давлением P_1 и объемом V_1 , газ расширяется в одном случае изотермически, в другом – адиабатно до одного и того же конечного объема V_2 . В каком из этих процессов окончательное давление больше и в каком совершена большая работа?
8. Свинцовая пуля, летящая со скоростью 200 м/с , попадает в земляной вал. На сколько повысилась температура пули, если 78% кинетической энергии пули превратилось во внутреннюю энергию?
9. Температура нагревателя идеальной тепловой машины 117° С , а холодильника – 27° С . Количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя за 1 с , равно 60 кДж . Вычислить КПД машины, количество теплоты, отдаваемое холодильнику в 1 с , и мощность машины.



УМЕЕШЬ ЛИ ТЫ ПРОВОДИТЬ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ?

1. Предположим, что в процессе исследования вам понадобилось знать удельную теплоемкость жидкости, и вы решили оценить ее с помощью маленькой электрической нагревательной спирали. Какие измерения вам необходимо проделать и как вычислить удельную теплоемкость, если все необходимые приборы у вас есть?
2. Как экспериментально доказать, что внутренняя энергия газа при адиабатном расширении уменьшается?
3. Почему при надувании воздушного шарика сначала надувать его очень трудно, а по мере увеличения объема все легче?
4. Почему нагревается велосипедный насос при накачивании им воздуха в шину?
5. Почему проколотый мячик не отскакивает при ударе им о пол?
6. Покажите изменение внутренней энергии тела при совершении механической работы.

7. Как экспериментально показать, что внутренняя энергия тела изменяется в результате теплообмена?
8. Можно ли ускорить закипание воды в чайнике, долив в него горячей воды?
9. Что охлаждается быстрее – ванна, наполненная горячей водой, или стакан с горячим чаем? Почему?
10. Предложите план эксперимента по измерению удельной теплоты плавления льда и удельной теплоты парообразования воды.
11. Почему теплота испарения вещества больше его теплоты плавления?
12. Нагревается ли кусок резины при его растяжении? Можно ли, измерив в процессе эксперимента температуры в различных точках жгута, судить о его деформации?
13. Предложите конструкцию и продемонстрируйте работу простейшей тепловой машины.
14. Как измерить КПД выстрела из ружья?
15. Если стакан, наполненный чистой водой, и другой, наполненный подслащенной водой, поместить вместе в герметически закрытом ящике, то через день можно заметить, что чистая вода постепенно испаряется и конденсируется в растворе сахара (последний переливается через край). Почему сахар равномерно распределяется по всей доступной жидкой воде?
16. Как экспериментально доказать, что все естественные процессы стремятся перевести систему в состояние большего беспорядка?

УМЕЙ ПРИМЕНЯТЬ ПОЛУЧЕННЫЕ ЗНАНИЯ

1. Перед вами пять законов: $Q = \Delta U + A'$; $A' = -\Delta U$; $Q = \Delta U$; $A + Q = \Delta U$; $A = \Delta U$. Выделите основные законы и прочитайте их формулы вслух. Какой из законов надо применять для объяснения данного явления?
 - 1) нагревание насоса при накачивании велосипедного колеса,
 - 2) образование снежка при сжатии снега руками,
 - 3) образование облаков при подъеме теплого влажного воздуха вверх,
 - 4) нагревание сосуда с водой на электроплитке,
 - 5) просветление венозной крови у людей в тропиках.
2. Некий изобретатель объявил, что он придумал машину, которая позволяет из тонны угля получить энергию $9 \cdot 10^{19}$ Дж. Поверите ли вы этому заявлению?
3. Океаны содержат огромное количество тепловой энергии. Почему, вообще говоря, нельзя использовать эту энергию для получения полезной работы?
4. Представьте, что в какой-то момент у всех молекул воздуха, находящихся внутри лежащего на земле футбольного мяча, скорость оказалась бы направленной вертикально вверх. На какую высоту взлетел бы мяч?
5. В объеме газа содержится одинаковые количества молекул кислорода и азота. Существует ли физический принцип, запрещающий всем молекулам кислорода собраться в одной половине сосуда, а всем молекулам азота – в другой половине?
6. Обсудите и перечислите факторы, которые не позволяют реальным тепловым двигателям достигать максимального КПД.

7. Как наиболее эффективно увеличить КПД теплового двигателя, работающего по циклу Карно: увеличить температуру нагревателя, оставив температуру холодильника неизменной, или поступить наоборот?
8. Можно ли охладить комнату в жаркий летний день, оставив открытой дверцу холодильника?
9. Какую качественную и количественную информацию вы можете получить из PV – диаграммы цикла теплового двигателя?
10. Какие экологические проблемы возникают при использовании тепловых двигателей в народном хозяйстве, и какие пути вы предлагаете для их решения?
11. Почему венозная кровь у жителей тропиков светлая?
12. Возможны ли космические полеты с использованием двигателя внутреннего сгорания?

ПРОВЕРЬ СВОИ ЗНАНИЯ ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ!

1. Для каждого понятия дайте краткое определение или описание, четко объясняющее, что это такое:
 - 1) количество теплоты,
 - 2) работа,
 - 3) внутренняя энергия.
2. Оцените скорость, с которой должны лететь две мухи навстречу друг другу, чтобы при столкновении они испарились.
3. Может ли механическая энергия полностью преобразоваться в тепловую или внутреннюю энергию? Может ли произойти обратный переход? В каждом случае, если ваш ответ отрицательный, объясните почему; если ответ положительный, то приведите примеры.
4. При колебаниях маятника часть механической энергии переходит во внутреннюю (рассеивается в тепло), что приведет в конце концов к остановке маятника. Можно ли рассеянное тепло с помощью тепловой машины вновь использовать для раскачки маятника? Будут ли его колебания незатухающими?
5. Приведите примеры процессов, которые подчиняются первому закону термодинамики, но если бы они действительно произошли, то это привело бы к нарушению второго закона.
6. Что дает большее увеличение КПД двигателя Карно – увеличение на 10 К температуры нагревателя или понижение на 10 К температуры холодильника?
7. Для объяснения каких научных факторов необходимо применять термодинамику?
 - 1) венозная кровь у жителей тропиков более светлая, чем у жителей умеренных широт;
 - 2) в промежутках между столкновениями молекулы газа движутся равномерно и прямолинейно;
 - 3) невозможно создать вечный двигатель;
 - 4) невозможно получить полезную работу за счет охлаждения одного тела;
 - 5) между молекулами вещества существуют силы притяжения и силы отталкивания;
 - 6) невозможно достичь абсолютного нуля температуры.

8. Почему французская Академия наук еще в 1775 г. решила не принимать к рассмотрению проекты вечных двигателей?
9. Объясните поговорку: «Шубу носят не для красоты, а для теплоты».

ЗАЧЕТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

*Встань, победи томленья, нет побед,
Запретных духу, если он не вянет.*

Данте

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Молекулярная физика исследует процессы, происходящие в веществе, исходя из тех молекулярных движений, которые совершают частицы вещества. Основная ее идея заключается в том, что материальные тела состоят из мельчайших частиц (атомов, молекул), находящихся в непрерывном движении. Эта идея была известна еще древнегреческим философам. Быстрое развитие молекулярной физики началось лишь в середине XIX века в связи с развитием теории газов, тепловых машин и термодинамики.

Наиболее ранней и наиболее развитой является кинетическая теория газов. Согласно этой теории, частицы в газе находятся на расстояниях друг от друга, больших по сравнению с их размерами, движутся прямолинейно и равномерно, изредка сталкиваясь друг с другом и со стенками сосуда. Удары молекул о стенки и создают давление газа, которое прямо пропорционально произведению концентрации молекул газа и средней кинетической энергии его молекул.

$$P = \frac{2}{3} n \bar{E}_k$$

Дальнейшие эксперименты позволяют установить связь между средней кинетической энергией молекулы и абсолютной температурой газа, после чего получить уравнение $P = nkT$, объясняющее основные физические свойства разреженных газов.

Вслед за кинетической теорией газов в начале XX века развивается молекулярно-кинетическая теория твердых тел. В твердых телах атомы (или ионы) расположены очень близко друг к другу и всюду одинаково, образуя правильную кристаллическую решетку. Тепловое движение сводится при этом к малым колебаниям каждого атома около положения равновесия в узле кристаллической решетки. Большую роль для правильного описания диффузии в твердых телах сыграли представления о наличии в кристаллической решетке пустых узлов – вакансий, число которых сильно растет с увеличением температуры. Наличие же дислокации позволило правильно объяснить многие из механических свойств твердых тел.

Начало разработке молекулярно-кинетической теории жидкостей положил советский ученый Я.И.Френкель в 1924 году. Он исходил из сходства между жидким состоянием и твердым. Тепловое движение молекул в жидкости представляет собой, как и в твердом теле, малые колебания около положения равновесия, но само положение равновесия, в отличие от кристалла, время от времени смещается на расстояние порядка межатомного. Отсюда оказалось возможным исследовать основное свойство жидкостей – их текучесть или вязкость и объяснить уменьшение последней с ростом

температуры. Свойства отдельных жидкостей можно рассчитать на ЭВМ с помощью методов молекулярной динамики, однако «основных уравнений» жидкости или твердого тела еще нет.

ОТВЕТЬ НА ВОПРОСЫ!

1. Что называют фазой? фазовым переходом? Приведите примеры.
2. Какое явление называют парообразованием?
3. От каких факторов зависит скорость испарения? Как изменяется температура конденсированной фазы в процессе испарения?
4. Что называют удельной теплотой парообразования? Назовите ее единицу в СИ.
5. Чем объяснить различие удельной теплоты парообразования разных жидкостей?
6. Запишите формулу, позволяющую рассчитать количество теплоты, необходимое для испарения произвольной массы жидкости при температуре кипения.
7. Что называют фазовым равновесием? Приведите примеры.
8. Какой пар называют насыщенным?
9. Как зависит давление насыщенного пара от его температуры? от его объема?
10. Постройте примерный график зависимости давления насыщенного водяного пара от его температуры.
11. Как изменяется плотность насыщенного пара с изменением его температуры?
12. Равны ли между собой температуры жидкости и находящегося в ней в динамическом равновесии насыщенного пара?
13. Каковы причины образования пузырьков воздуха в жидкости? Почему микропузырьки воздуха, образующиеся внутри жидкости, почти мгновенно разрушаются, а на стенках могут существовать длительное время?
14. Что характерно для процесса кипения?
15. При какой температуре начинается кипение? Как объяснить различие температур кипения разных жидкостей?
16. Как изменяется температура кипения воды при изменении внешнего давления?
17. Что называют упругостью водяного пара? абсолютной влажностью? точкой росы?
18. Назовите единицу в СИ упругости водяного пара, абсолютной влажности воздуха, точки росы.
19. Запишите формулу для определения относительной влажности воздуха.
20. Назовите приборы для измерения относительной влажности воздуха.
21. Какая относительная влажность воздуха наиболее благоприятна для человека?
22. В воздухе содержатся водяной пар и другие газы, однако утром в виде росы выпадает только водяной пар. Почему?

23. Какое состояние вещества называют критическим?
24. Какая температура называется критической?
25. Как следует поступить, чтобы обратить в жидкое состояние кислород, находящийся при комнатной температуре?
26. Какая жидкость самая холодная?
27. Перечислите основные физические свойства газа.
28. Какие физические явления могут происходить с газом?
29. Дайте общую характеристику физическому объекту – газу.
30. Перечислите известные вам свойства жидкостей.
31. Назовите эффекты, обусловленные действием сил поверхностного натяжения.
32. Что называют поверхностной энергией? Приведите известные вам примеры, подтверждающие, что при данных условиях поверхностная энергия жидкости минимальна.
33. На что идет работа, совершаемая при выдувании мыльного пузыря?
34. Что называют коэффициентом поверхностного натяжения? Какова его единица в СИ?
35. Какое явление называют смачиванием? Запишите условия смачивания жидкостью поверхности другой жидкости, поверхности твердого тела.
36. Какие металлы смачивает жидкое олово? Смачивает ли бензин поверхность воды?
37. Что называют капилляром? Запишите формулу для определения высоты подъема (опускания) жидкости в капилляре.
38. Приведите примеры капиллярных явлений.
39. Дайте общую характеристику физическому объекту – жидкости.
40. На каких два больших класса можно разделить твердые тела?
41. Назовите известные вам свойства твердых тел, монокристалла.
42. Перечислите физические свойства кристалла, которые зависят от направления внутри него. Почему кристаллы анизотропные?
43. Каково внутреннее строение кристалла? Что называется элементарной ячейкой? кристаллической решеткой?
44. При какой температуре разрушается кристаллическая решетка тела? Почему не изменяется температура кристаллического тела при его плавлении?
45. Чем отличается поликристаллическое состояние от монокристаллического состояния?
46. Что называют деформацией? Приведите примеры упругих деформаций.
47. Определите механическое напряжение в стержне сечением 2 см^2 , если деформирующая сила, перпендикулярная его сечению, равна 2 Н .
48. Сформулируйте закон Гука. Запишите формулу закона Гука.
49. Запишите формулу, позволяющую определить механическое напряжение, жесткость твердого тела, запас прочности.

ВЫБЕРИ ВЕРНЫЙ ОТВЕТ!

1. Для превращения газа в жидкость, необходимо прежде всего выполнение следующего условия:
 - 1) газ должен иметь высокое давление;
 - 2) газ должен иметь высокую плотность;
 - 3) газ должен иметь низкую температуру;
 - 4) температура газа должна быть ниже критической.
2. Насыщенный водяной пар при температуре 27°C отделили от жидкости и нагрели при постоянном объеме до 57°C . Чему равно давление пара?
 - 1) 3,7 кПа;
 - 2) 13,5 кПа;
 - 3) 22 кПа;
 - 4) 0,125 кПа.
3. При какой температуре закипает вода?
 - 1) 100°C ;
 - 2) температуру кипения воды указать нельзя;
 - 3) вода закипает при той температуре, при которой давление ее насыщенных паров становится равным внешнему давлению;
 - 4) температура кипения воды определяется количеством растворенного в ней воздуха.
4. Какое свойство нехарактерно для жидкости?
 - 1) поверхностное натяжение,
 - 2) текучесть,
 - 3) вязкость,
 - 4) стабильность формы.
5. Каким из свойств не обладает поверхностный слой жидкости?
 - 1) поверхностный слой оказывает на внутренние слои жидкости добавочное давление;
 - 2) молекулы поверхностного слоя обладают избыточной потенциальной энергией по отношению к молекулам внутри жидкости;
 - 3) при данных условиях площадь поверхностного слоя минимальна;
 - 4) поверхностный слой всегда покидает больше молекул, чем возвращается в него.
6. На рамку с подвижной стороной 20 см натянута мыльная пленка. Какую силу, перпендикулярную этой стороне надо приложить, чтобы воспрепятствовать сокращению пленки?
 - 1) $0,8 \cdot 10^{-2}\text{H}$;
 - 2) 0,8 Н;
 - 3) 0,016 Н;
 - 4) 3,2 Н.
7. Назовите главную особенность монокристалла.
 - 1) зависимость физических свойств от направления внутри кристалла;
 - 2) идеальная зеркальная гладкость грани кристалла;
 - 3) способность долго сохранять свою форму;
 - 4) способность увеличивать свой объем при нагревании;
8. Температура плавления любого кристаллического тела...
 - 1) одинакова;
 - 2) при данных внешних условиях имеет строго определенное для каждого вещества значение;
 - 3) не зависит от внешних условий;
 - 4) определяется количеством теплоты, полученным телом.

9. Какого поперечного сечения надо взять алюминиевый прут, чтобы подвесить к нему груз массой 200 кг при коэффициенте запаса прочности 5? Предел прочности алюминия 100 МПа.

- 1) 1 см²; 2) 20 см²; 3) 5 см²; 4) 0,5 мм².

10. Две одинаковые пружины, железная и медная, упруго растянуты на одинаковую длину. На растяжение которой из них понадобилось затратить большую работу?

- 1) медной;
2) железной;
3) работа будет одинакова;
4) все предыдущие ответы неверны.

ЗАПОЛНИ ОБОБЩАЮЩУЮ ТАБЛИЦУ
«ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА»

I. ОСНОВАНИЕ

1. Наблюдения.
2. Эксперименты.
3. Физические величины.
4. Модель.

II. ЯДРО ТЕОРИИ

1. Постулаты.
2. Основные законы.
3. Константы.

III. СЛЕДСТВИЯ.

1. Формулы-следствия.
2. Экспериментальная проверка.
3. Границы применимости.
4. Практические применения.

Пользуясь планом изучения любой физической теории, выясните, к каким элементам плана можно отнести приведенные ниже утверждения:

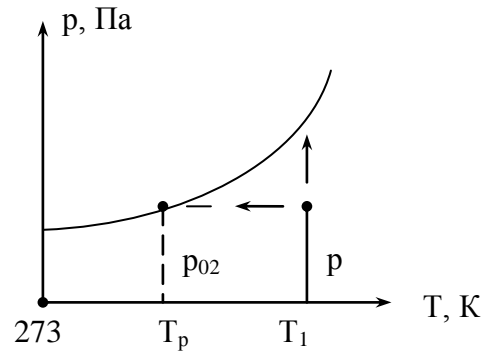
1. Идеальным называют кристалл с совершенной трехмерно-периодической решеткой, лишенный любых дефектов строения.
2. Все вещество состоит из частиц – атомов или молекул.
3. При малых деформациях механическое напряжение в любой области твердого тела прямо пропорционально относительному удлинению.
4. Температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении равна 100⁰ С.
5. Методами молекулярной динамики получены точные результаты относительно структуры и свойств многих простых жидкостей.
6. Законы молекулярной физики жидкостей не применимы вблизи критической точки и вблизи температуры кристаллизации жидкости.
7. Твердые тела применяют в качестве проводников, изоляторов и полупроводников.
8. Механическое напряжение (σ) – свойство твердого тела противодействовать деформации, измеряемое отношением силы упругости к площади сечения образца.
9. Кристаллы имеют правильную геометрическую формулу.

10. Скорость испарения жидкости зависит от рода жидкости, температуры, площади ее свободной поверхности, плотности пара данной жидкости над ее поверхностью.

ТАК РЕШАЙ ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ!

1. В цилиндре под поршнем находится водяной пар массой 0,4 г при температуре 290 К. Этот пар занимает объем 40 л. Как можно сделать пар насыщенным?

Дано:	Си
$m = 0,4 \text{ г}$	$0,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$
$T_1 = 290 \text{ К}$	
$V_1 = 40 \text{ л}$	$40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
$V_2 - ?, T_p - ?$	



Решение:

Из уравнения Менделеева-Клапейрона находим упругость водяного пара в сосуде: $p = \frac{mRT_1}{M_{H_2O}V_1} = 1,32 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Упругость насыщенного водяного пара

при той же температуре $p_{01} = 1,93 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Очевидно $p < p_{01}$.

I способ. Для увеличения p уменьшим V_1 при неизменной T_1 (изотермическое сжатие). При некотором объеме V_2 пар станет насыщенным.

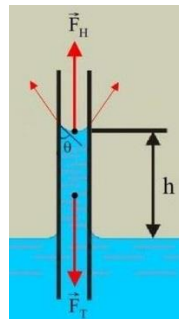
$$p_{01} = \frac{mRT_1}{M_{H_2O}V_2} \rightarrow V_2 = \frac{mRT_1}{p_{01}M_{H_2O}} = 27,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \rightarrow = 27,6 \text{ л.}$$

Ответ: $V_2 = 27,6 \text{ л}$.

II способ. Охладим изохорно пар до некоторой температуры, называемой точкой росы. При этой температуре $p = p_{02} = 1,33 \cdot 10^3 \text{ Па}$, а $T_p = 284 \text{ К}$.

2. В двух капиллярных трубках разного диаметра, опущенных в воду, установилась разность уровней 2,6 см. При опускании этих же трубок в спирт разность уровней оказалась 1 см. Зная коэффициент поверхностного натяжения воды, найти коэффициент поверхностного натяжения спирта.

Дано	Си
$\Delta h_1 = 2,6 \text{ см}$	$2,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
$\Delta h_2 = 1 \text{ см}$	$1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
$\sigma_1 = 72 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$	
$\sigma_2 - ?$	$\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $\rho_2 = 790 \text{ кг/м}^3$



Для воды

$$h_1 = \frac{2\sigma_1}{\rho_1 g r_1}; \quad h_2 = \frac{2\sigma_1}{\rho_1 g r_2}$$

$$h_2 - h_1 = \Delta h_1 = \frac{2\sigma_1}{\rho_1 g} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

Для спирта

$$\Delta h_2 = - \frac{2\sigma_2}{\rho_2 g} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

Решая уравнение совместно, получим

$$\sigma_2 = \left(\frac{\Delta h_2 \cdot \rho_2^2}{\Delta h_1 \cdot \rho_1} \right) \sigma_1 = 22 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

3. При растяжении алюминиевой проволоки длиной 2 м в ней возникло механическое напряжение 35 МПа. Найти относительное и абсолютное удлинения.

ДАНО	СИ	
$l_0 = 2\text{ м}$		$\sigma = E \cdot \varepsilon$
$\sigma = 35\text{ МПа}$	$36 \cdot 10^6 \text{ Па}$	$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = 5 \cdot 10^{-4}$
$\varepsilon - ? \quad \Delta l - ?$	$E = 70 \cdot 10^3 \text{ Па}$	$\Delta l = \varepsilon l_0 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Ответ $\varepsilon = 0,0005$

$\Delta l = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1 \text{ мм}$

УМЕЙ РЕШАТЬ КАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ

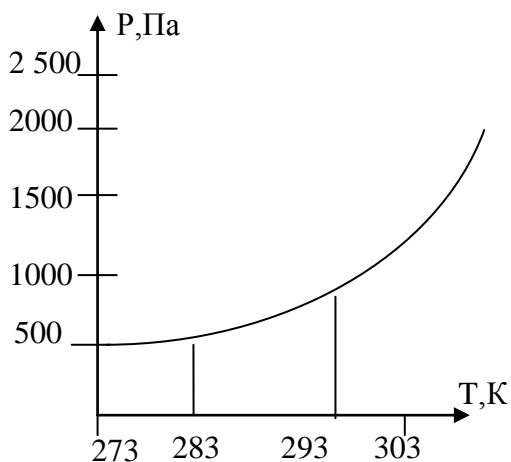
1. В жарких странах напитки помещают в сосуды с пористыми стенками. Зачем?
2. Свежеиспеченный хлеб весит больше, чем тот же хлеб остывший.
3. Почему?
4. Для чего, желая скорее высушить пол, на который пролита вода, ее растирают на полу?
5. Когда, купаясь в жаркий день, вы входите в воду, она кажется холоднее воздуха, а когда выходите, то наоборот. Почему?
6. Будет ли кипеть вода в стакане, плавающем в сосуде с кипящей водой?
7. Можно ли заставить воду кипеть без нагревания?
8. В жарко натопленной кухне открыли форточку. За окном – сильный мороз. Что увидит наблюдатель, смотрящий на проем форточки из кухни? С улицы?
9. Почему обычно не бывает росы под густым деревом?
10. В воздухе содержатся водяной пар и другие газы, однако утром в виде росы выпадает только водяной пар. Почему?
11. Почему две капли ртути, приведенные в соприкосновение, сливаются в одну?
12. Почему так трудно разделить два стеклянных листа, смоченных водой?
13. Куда будет перемещаться вода в горизонтальном капилляре при его нагреве с одной стороны?
14. Почему при сушке дров на конце полена, обращенного в тень, выступают капельки воды?
15. Почему пруды замерзают раньше рек?
16. Можно ли расплавить кусок свинца, лежащий в воде?
17. Кристаллизация вещества сопровождается выделением тепла, хотя температура затвердевающего вещества не понижается. За счет чего выделяется тепло?
18. Почему в морозный зимний день вороны предпочитают сидеть на льду?
19. Почему в морозный день снег скрипит под ногами?
20. Почему металлы, обладающие кубической решеткой, одинаково расширяются по всем направлениям?

21. На каких особенностях кристаллической решетки графита основано его применение в карандашах?
22. Повесьте на брусок льда два одинаковых груза: один на медной проволоке, другой – на капроновой леске того же диаметра. Что перережет лед быстрее? Почему?
23. Объясните пословицу: «Где тонко, там и рвется».

УМЕЙ РЕШАТЬ ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

1. При температуре 295 К упругость водяного пара в атмосфере – 1120 Па. Пользуясь графиком зависимости давления насыщенного водяного пара в атмосфере от температуры, определите...

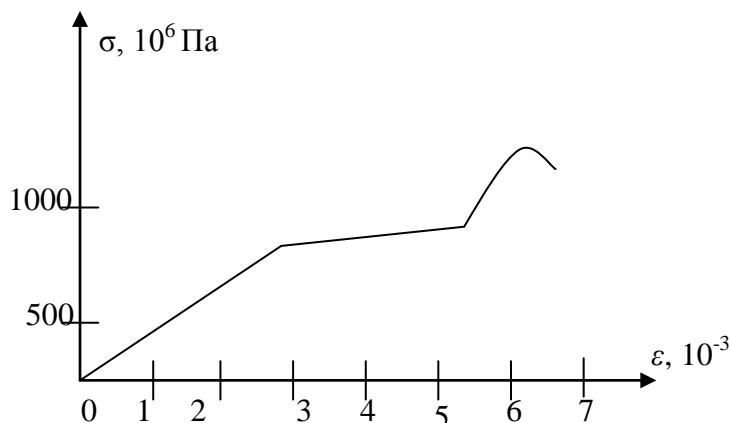
- 1) ...относительную влажность воздуха при температуре 295 К,
- 2) ...точку росы,
- 3) ...относительную влажность воздуха при температуре 290 К, 300 К,
- 4) ...плотность водяного пара в атмосфере при температуре 295 К.



- 1) ...массу водяного пара в помещении, если его размеры $12 \times 18 \times 3 \text{ м}^3$,
- 2) ...массу воды, которая выделится из каждого кубического метра воздуха при его охлаждении до 283 К, 278 К.

2. На рисунке изображена диаграмма растяжения, построенная на основе опытов с образцом из некоторого материала. Пользуясь рисунком, определите...

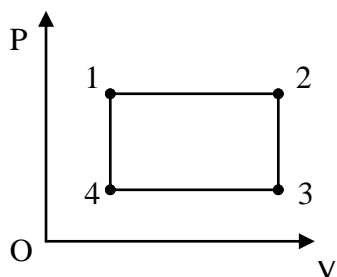
- 1) механическое напряжение в образце при его относительном удлинении на $2 \cdot 10^{-3}$;



- 2) модуль упругости материала образца;
- 3) предел упругости;
- 4) предел пропорциональности;
- 5) напряжение, при котором материал течет;
- 6) предел прочности материала;
- 7) относительное удлинение образца после разрыва;
- 8) коэффициент упругости образца длиной 20 см и

площадью поперечного сечения $2,4 \text{ м}^2$;

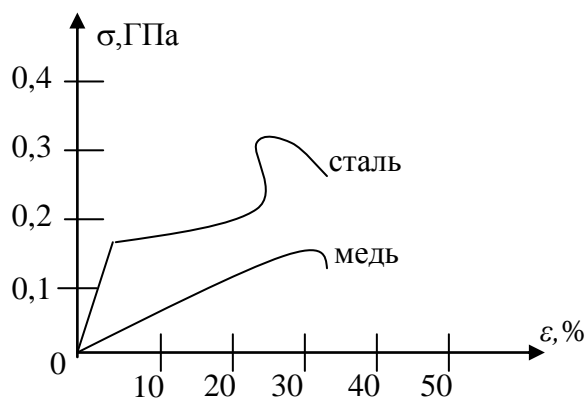
- 9) остаточную деформацию образца после снятия нагрузки.



3. Какой точке на графике изменения состояния газа соответствует максимальное (минимальное) значение внутренней энергии, если газ идеальный? реальный?

РЕШИ САМ

1. В металлический чайник налили холодную воду. Температура воздуха в комнате 20°C , относительная влажность 70%. При какой температуре воды чайник перестанет запотевать?
2. Определите отношение плотностей влажного воздуха с относительной влажностью 90% и сухого воздуха. В обоих случаях давление 100 кПа, температура 27°C .
3. Вечером при температуре воздуха 29°C относительная влажность 60%. Выпадает ли утром роса, если температура почвы снизится до 15°C ? Если выпадет, то сколько воды выделится из каждого 1 м^3 воздуха?
4. Проволочная рамка затянута мыльной пленкой. Какую работу нужно совершить, чтобы растянуть пленку, увеличив ее поверхность на $0,6\text{ см}^2$ с каждой стороны?
5. Найти поверхностное натяжение жидкости, если петля из резиновой нити длины ℓ и жесткости k , положенная на пленку этой жидкости, растянулась по окружности радиуса R после того, как пленка была проколота внутри петли?
6. На какую высоту поднимется вода в капилляре диаметром 1 мкм?
7. Проволока из углеродистой стали длиной 1,5 м и сечением 1 мм^2 под действием силы в 200 Н удлинилась на 1,5 мм. Рассчитать модуль упругости для углеродистой стали.
8. При какой наименьшей длине свинцовая проволока, подвешенная за один конец, разорвется от собственного веса?
9. Если вы тянете с силой 100 Н стальную проволоку диаметра 1 мм, то чему равно механическое напряжение в ней? Чему равно ее относительное удлинение?



10. На рисунке показан график растяжения стали и график растяжения меди. Сравните по этим графикам свойства данных материалов.

11. Какова должна быть площадь поперечного сечения всех жил стального троса пятитонного подъемного крана, если предел прочности стальной канатной проволоки $0,78\text{ ГПа}$, а запас прочности равен 10?

ВЫПОЛНИ ЭКСПЕРИМЕНТ ДОМА

1. Налейте в металлическую кружку 200 г воды и поставьте ее на разогретую электроконфорку. Измерьте начальную температуру воды, время ее закипания и время полного испарения кипящей воды. Зная, что удельная теплоемкость воды равна 4190 Дж/ (кг·К), и пренебрегая теплоемкостью кружки, определите удельную теплоту испарения воды.
2. Опустив в стакан с водой промокательную бумагу, измерьте высоту подъема жидкости H и определите по формуле $H = 2\sigma/\rho g r$ радиус капилляров промокательной бумаги.
3. В литровую стеклянную банку налейте доведенную до кипения воду и растворите в ней медный купорос до насыщения. Перелейте полученный раствор в другую банку, отделив таким образом осадок. Введите в раствор затравку из медной проволоки любой формы и, набравшись терпения, подождите до утра. Утром вы обнаружите в банке кристалл медного купороса. Попробуйте вырастить кристаллы поваренной соли, квасцов и т.д.
4. Налейте в мерную кружку 200 г воды при 40–50⁰С (температуру измерьте термометром). Бросьте в кружку кусок льда, и, помешивая, измерьте установившуюся температуру воды после того, как весь лед растает. Составьте уравнение теплового баланса и, пренебрегая теплоемкостью кружки, определите удельную теплоту плавления льда.
5. Сгибая лезвие безопасной бритвы, измерьте минимальный радиус дуги R , при котором деформация еще является упругой. Определите предел упругости стали по формуле $\sigma = E \frac{d}{2R}$, где d – толщина лезвия, а E – модуль Юнга материала.
6. Пронаблюдай и объясни:
 - 1) кипение воды;
 - 2) запотевание окон в комнате;
 - 3) почти сферическую форму капель жидкости и мыльных пузырей;
 - 4) деформации твердых тел;
 - 5) высыхание продуктов в холодильнике;
 - 6) покрытие льдом морозильной камеры в холодильнике при длительной его работе;
 - 7) понижение температуры снега при добавлении в него поваренной соли.
7. Постройте график зависимости времени жизни капли воды на сковородке от ее температуры. Для получения капель воды одинакового размера используйте шприц.
8. Правда ли, что чайник с закрытой крышкой закипает быстрее чайника с открытой крышкой?
9. Капля соленой воды, высыхая, на гладкой поверхности стекла, образует систему колец. Исследуйте и объясните это явление.
10. В большом и маленьком стаканах находится кипяток. Объясните, в каком случае вода остывает быстрее и почему? Проверьте вывод экспериментально.

11. Измерьте скорость понижения верхней границы тумана в сосуде. Учитывая, что эта скорость зависит от вязкости воздуха и от размеров и плотности капли, определите средний диаметр капли.
12. Если в холодную погоду отлить из термоса горячего чая и снова закрыть плотно термос пробкой, то через некоторое время можно обнаружить, что пробка вылетела. Почему это могло произойти?
13. Измерьте силу, необходимую для разрыва тетрадного листа. Как меняется усилие, необходимое для разрыва листа, в зависимости от числа «микроразрывов» бумаги?
14. Сколько кусков сахара-рафинада можно положить друг на друга?

УМЕЕШЬ ЛИ ТЫ ПРОВОДИТЬ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ?

1. Предложите план эксперимента по измерению:
 - 1) относительной влажности воздуха;
 - 2) упругости водяного пара;
 - 3) точки росы.
2. Постройте график зависимости температуры кипения воды от внешнего давления.
3. Предложите проект установки, с помощью которой можно получить низкие температуры.
4. Как узнать, насыщенный или ненасыщенный пар находится в цилиндре переменного объема?
5. Сколько воды в виде пара может находиться в нашей классной комнате при температуре 20°C ? при температуре 100°C ?
6. Каким образом можно измерить поверхностное натяжение воды?
7. Если опустить небольшой кусочек мыла в тарелку с водой, по поверхности которой рассыпаны перчинки, то они «разбегутся» в стороны от мыла. Почему? Оцените скорость «разбегания» перчинок.
8. Почему маленькие свечи мерцают и потрескивают перед тем, как погаснуть? Чем определяется частота их мерцаний?
9. Какие явления можно наблюдать с помощью тонкой капиллярной трубки?
10. В двух стаканах находятся различные жидкости. Как установить, какие жидкости находятся в стаканах?
11. Предложите варианты упаковки шариков одинакового размера. Какая из предложенных вами упаковок имеет максимальную плотность?
12. Изобразите схематически установку по измерению модуля упругости резины.
13. Для проведения опыта по измерению модуля упругости резины учеником были получены следующие данные: начальная длина резинового шнура 1 м, диаметр сечения 4 мм, удлинение резины после подвески к ней груза массой 0,4 кг равно 4 см. Определите по этим данным модуль упругости резины.
14. Определите предел прочности материала спички, медной и алюминиевой проволоки.

ФИЗИКА В ТВОЕЙ ПРОФЕССИИ

Порошковая металлургия – метод изготовления деталей из металлических порошков. При этом детали получаются очень точными; почти не требующими последующей механической обработки. А главное, методом порошковой металлургии можно получить изделия таких сложных форм, какие не получишь никакими другими технологическими методами.

Экономичность и простота технологического процесса обеспечили порошковой металлургии распространение во всем мире. И сейчас она успешно конкурирует с такими испытанными способами получения деталей, как литье,ковка, штамповка, прессование.

Порошки бывают различного помола, различны и способы их приготовления. Куски металла, обрезки, стружку дробят в шаровой мельнице или в аппарате, где сильные воздушные вихри заставляют кусочки металла сталкиваться и перетираться. Порошок, полученный таким способом, засыпают в стальную пресс-форму и прессуют под большим давлением. При этом частички металла плотно сцепляются друг с другом; и из формы вынимают готовую деталь.

Следующий этап – спекание. Детали нагревают в печах при высокой температуре. Частички металла соединяются между собой, образуя плотную однородную массу. Деталь готова.

Многие металлокерамические изделия пористы и благодаря этому хорошо держат смазку, поэтому из них делают трущиеся детали машин. На заводе их пропитывают маслом, которое постепенно выдавливается и смазывает трущиеся поверхности. Иногда в порошок добавляют графит. Это еще больше увеличивает пористость. Графит и сама хорошая смазка. Кроме того, детали хорошо сопротивляются износу. Все это и обеспечивает им долгую жизнь в машине. И дешевле они, чем детали, изготовленные другим способом: вместо дорогих бронзы и баббита для изготовления подшипников, например, можно использовать дешевое железо.

Большая твердость металлокерамики позволяет делать из нее режущие инструменты, жаростойкость – применять в тормозных устройствах. Если взять смеси порошков различных металлов, то металлокерамическим деталям можно придать комплекс нужных свойств, например, сделать их тугоплавкими, жаропрочными и износостойкими. Такие детали работают в газовых турбинах, ракетных двигателях, ядерных реакторах. Методом порошковой металлургии получают сплавы металлов, которые в обычных плавильных печах не соединяются. В последнее время металлические порошки начали смешивать с порошками из пластмассы. Это самые тугоплавкие конструкционные материалы.

Вопросы: 1. На каких физических явлениях основан метод порошковой металлургии?

2. Какие знания вам были бы необходимы для «изобретения» данного метода?

3. Можно ли использовать данный метод в вашей профессии?

УМЕЙ ПРИМЕНЯТЬ ПОЛУЧЕННЫЕ ЗНАНИЯ!

1. Почему в холод многие животные свертываются в клубок, а в жару, наоборот, стремятся увеличить свою поверхность?
2. Почему мы не обжигаемся, прикасаясь смоченным пальцем к горячему утюгу?
3. На дне сосуда с некоторой жидкостью сконцентрирован пучок мощного лазерного излучения. Почему сосуд должен подпрыгнуть? Будет ли это явление повторяться?
4. Почему пар обжигает сильнее воды той же температуры?
5. Объясните народную примету: «Пузыри на лужах – к затяжному дождю».
6. Почему вода закипает скорее, если кастрюля накрыта крышкой?
7. Чтобы предохранить овощи в погребе от мороза, рядом с ними ставят таз с водой. Как соседство с водой может спасти овощи?
8. Почему капли воды на горячей сковородке не испаряются сразу, а прыгают и пляшут?
9. Какое количество теплоты выделяется при сгорании одной спички?
10. Зачем врач, перед тем как осмотреть горло больного, подогревает зеркальце до 37°C ?
11. Попробуйте объяснить тунгусскую катастрофу на основе представлений о взрывном кипении перегретой жидкости.
12. Почему подпрыгивает крышка чайника во время кипения?
13. На чем основано выведение жирных пятен с тканей горячим утюгом?
14. Почему некоторые ткани после стирки садятся?
15. Почему тонкая струйка воды, вытекающая из крана, разрушается на капли? Исследуйте этот эффект и объясните его.
16. Почему после дождя рвутся туго натянутые бельевые веревки?
17. Почему паяльники делают из меди, а не из стали?
18. Как объяснить резание стекла алмазом?
19. Почему рвется ствол ружья, если перед выстрелом он был случайно заполнен водой?
20. Почему лед дольше не тает, если завернуть его в газету?
21. Почему пруд на поверхности замерзает раньше, чем в глубине, и намного раньше, чем вблизи дна?
22. Какими свойствами должен обладать металл, из которого изготавливают заклепки?
23. Для чего кузнец, прежде чем отковать деталь нужной формы, производит нагрев заготовки?
24. Оцените максимальную прочность горных пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.П. Рымкевич, П.А. Рымкевич. Сборник задач по физике для 8 – 10 классов средней школы. – М.: Просвещение, 1978
2. В.А. Касьянов. Физика. 10, 11 кл. – М.: Дрофа, 2002.
3. М.Е. Тульчинский. Качественные задачи по физике в средней школе.- М.: Просвещение, 1972.
4. В.А. Буров, Б.С. Зворыкин, А.П. Кузьмин и др. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. - М.: Просвещение, 1972.
5. Д. Джанколи. Физика.- М.: Мир, 1989.
6. А.А. Найдин. Использование обобщающих таблиц при формировании понятий. Физика в школе, 3 (1989).
7. О.Я. Савченко. Задачи по физике. Новосибирский государственный университет, 1999.
8. Н.В. Любимов, С.М. Новиков. Знакомимся с электрическими цепями. – М.: Наука, 1972.
9. Дж. Орир. Физика: Пер. с англ.-М.: Мир, 1981.
10. В.И. Лукашик. Сборник вопросов и задач по физике. – М.: Просвещение, 1981.
11. А.М. Прохоров и др. Физический энциклопедический словарь – М.: Советская энциклопедия, 1983.
12. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев. Физика: Учебное пособие: В 3 кн.– М; ФИЗМАТЛИТ, 2004.
13. Кондратьев А. С., Ларченкова Л. А, Ляпцев А. В. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ: – М.: Издательская фирма «Физико-математическая литература» МАИК «Наука/Интерпериодика», 2012 г.
14. А.А. Найдин. Как научить школьников открывать и применять законы? ж. «Физика в школе», №7, 2012 г.
15. Исаков А. Я. Физика. Решение задач ЕГЭ, часть 1 - 9. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012.
16. Славов А.В., Щеглова О.А., Абражевич Э.Б., Чудов В.Л., ФИЗИКА, ЗАДАЧИ, КАЧЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ, ТЕСТЫ. «Издательский дом МЭИ», 2016
17. Физика. 10—11 кл.: Сборник задач и заданий с ответами и решениями. Пособие для учащихся общеобразоват. учреждений / С.М. Козел, В. А. Коровин, В. А. Орлов. — М.: Мнемозина, 2001. — 254 с.: ил.
18. Кондратьев А.С., Прияткин Н.А. Современные технологии обучения физике: Учеб. пособие. — СПб.: С.-Петербург. ун-т, 2006.