

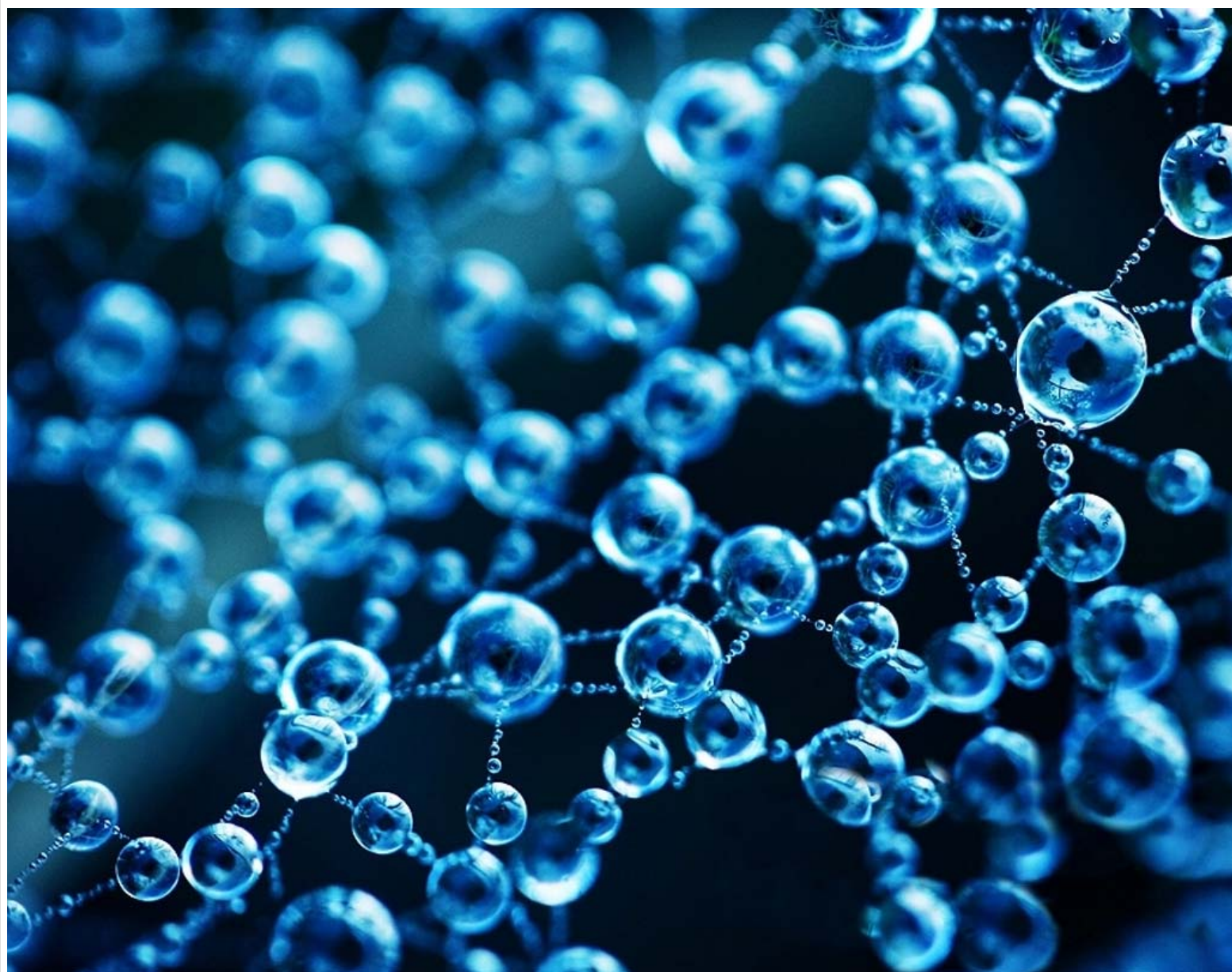
Виртуальный курс физики

МОЛЕКУЛЯРНАЯ

ФИЗИКА

И ТЕРМОДИНАМИКА

**Взаимные превращения газов, жидкостей
и твердых тел. Задачи для
самостоятельного решения**



МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Взаимные превращения газов, жидкостей и твердых тел

Рекомендации по решению задач

Решение задач, в которых рассматриваются взаимные превращения твердых, жидких и газообразных тел, проводятся с учетом вида агрегатного превращения и уравнения теплового баланса.

Порядок решения задач, в которых рассматривается влажность, может быть следующим:

- а) установить, какой пар рассматривается в задаче (чистый или смешанный с сухим воздухом);
- б) выяснить, в каком состоянии находится пар, и для каждого состояния записать уравнения Менделеева–Клапейрона и формулу для абсолютной и относительной влажности. Если в задаче рассматривается смесь газа и пара, то следует использовать закон Дальтона;
- в) использовать таблицы для определения плотности насыщенного пара при данной температуре.

Решение задач, в которых рассматривается тепловое расширение тел, можно проводить по следующей схеме:

- а) записать для каждого изучаемого в задаче тела формулу, описывающую тепловое расширение;
- б) добавить к этим формулам другие, описывающие процессы, сопутствующие расширению, – теплообмен, взаимодействие нагревающегося тела с другими телами и т. д.;
- в) помнить, что в формулы для теплового расширения значения величин l_0 , S_0 , V_0 берутся при 0°C , а не при начальной температуре тела;
- г) формулы для теплового расширения тел справедливы не только для сплошных тел, но и для тех тел, в которых имеются полости и отверстия.

Решение задач, связанных с поверхностным натяжением жидкости и капиллярными явлениями, основано, как правило, на применении соответствующих формул этого раздела физики и необходимых формул из механики.

Основные законы и соотношения

$$Q = cm\Delta T$$

– количество теплоты, необходимое для нагревания вещества массой m с удельной теплоемкостью c на ΔT ; $\Delta T = T_2 - T_1$ – изменение температуры.

$Q = rm$	– количество теплоты, необходимое для перевода в пар жидкости массой m с удельной теплотой парообразования r .
$r = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{н.п}}} \cdot 100 \%$	– относительная влажность воздуха; $p_{\text{п}}$ – давление пара, находящегося в воздухе; $p_{\text{н.п}}$ – давление насыщенного пара при данной температуре воздуха.
$l = l_0(1 + \alpha t)$	– длина тела при температуре t ; l_0 – длина тела при $0 \text{ }^\circ\text{C}$; α – коэффициент линейного теплового расширения l .
$Q = \lambda m$	– количество теплоты, необходимое для перевода твердого вещества массой m с удельной теплотой плавления λ в жидкое состояние.
$Q = qm$	– количество теплоты, выделяющееся при полном сгорании топлива массой m с удельной теплотой сгорания q .
$\sigma = \frac{F_{\text{п}}}{l}$	– коэффициент поверхностного натяжения жидкости; $F_{\text{п}}$ – сила поверхностного натяжения; l – длина периметра смачивания.
$\Delta p = \frac{2\sigma}{r}$	– избыточное давление в жидкости с искривленной поверхностью; σ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости; r – радиус кривизны изогнутой поверхности.
$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$	– высота поднятия (опускания) жидкости плотностью ρ в капилляре радиусом r ; g – ускорение свободного падения.

Задачи для самостоятельного решения

1. При $0 \text{ }^\circ\text{C}$ почва покрыта слоем снега толщиной 10 см и плотностью 500 кг/м^3 . При каком слое дождевой воды, имеющей температуру $4 \text{ }^\circ\text{C}$, весь слой снега растает?

Ответ: 0,982 м.

2. Какое количество теплоты необходимо сообщить куску свинца массой 1 кг, имеющему температуру $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, чтобы расплавить его наполовину? Удельная теплота плавления свинца $2,4 \cdot 10^4\text{ Дж/кг}$, его удельная теплоемкость $130\text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$, а температура плавления 600 К .

Ответ: 51 кДж.

3. Для охлаждения воды от 278 до 273 К холодильник работал 210 с . Сколько времени должен работать холодильник, чтобы всю эту воду превратить в лед, если удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$, а удельная теплоемкость воды $4,2\text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$?

Ответ: 55 мин.

4. Для приготовления ванны емкостью 250 л смешали холодную воду с температурой $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ с горячей, имеющей температуру $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сколько литров горячей воды необходимо налить в ванну, чтобы в ней установилась температура $40\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Ответ: 150 л.

5. В стакан с водой массой 200 г и температурой $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ опустили ложку, имевшую температуру $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура воды при этом понизилась до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найти теплоемкость ложки, если удельная теплоемкость воды равна $4,2\text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$. Теплоемкостью стакана следует пренебречь.

Ответ: 70 Дж/К .

6. Удельная теплоемкость масла в три раза больше удельной теплоемкости стали. При закалке стальную деталь массой $0,2\text{ кг}$ опустили в 2 кг масла с температурой $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. До какой температуры была нагрета деталь, если температура масла поднялась до $35\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Ответ: до $785\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7. В кастрюлю налили холодную воду с температурой $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ и поставили на плиту, не накрыв крышкой. Вода закипела через 10 мин . Через какое время вода полностью испарится, если известно, что удельная теплота парообразования $2,3\text{ Дж/кг}$, а удельная теплоемкость воды $4,2\text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$?

Ответ: 60 мин.

8. В вертикальном цилиндре с высоты 10 м начинает скользить без трения поршень массой $8,3\text{ кг}$, сжимая 20 г гелия. Насколько изменилась температура газа, если на высоте 4 м поршень остановился? Теплообменом и изменением потенциальной энергии газа следует пренебречь, атмосферное давление не учитывать.

Ответ: 8 К .

9. Металлический баллон теплоемкостью 580 Дж/К наполнили гелием. Сколько килоджоулей теплоты необходимо затратить для нагревания баллона с гелием на 80 К, если масса гелия равна 70 г?

Ответ: 63,48 кДж.

10. Определить длину алюминиевого стержня при 0 °С, если при температуре 10 °С его длина составляет 1000,24 мм. Коэффициент линейного расширения алюминия равен $2,4 \cdot 10^{-5}$ град⁻¹.

Ответ: 1 м.

11. Железнодорожный мост имеет длину 1000 м при температуре 10 °С. Температура летом поднимается до 40 °С. Насколько увеличивается длина моста летом, если температурный коэффициент линейного теплового расширения стали составляет $1,1 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹.

Ответ: 0,33 м.

12. При температуре 0 °С стержень имеет длину 1000 мм, а при температуре 100 °С его длина составляет 1002 мм. При какой температуре стержень будет иметь длину 1011,6 мм?

Ответ: 833 °С.

13. Плотность керосина при 0 °С равна $0,8 \cdot 10^3$ кг/м³, а коэффициент объемного расширения составляет 10^{-3} К⁻¹. Найти массу керосина объемом 500 см³ при температуре 30 °С.

Ответ: 0,388 кг.

14. Два сообщающихся сосуда наполнены жидкостью до уровня 10 см при температуре 10 °С. В одном из сосудов поднимают температуру жидкости на 6 °С. Определить разность уровней, которая возникает в результате теплового расширения жидкости, если объемный коэффициент расширения жидкости $0,0026$ К⁻¹.

Ответ: 1,6 мм.

15. Капилляр радиусом 2 мм опущен одним концом в спирт. Определить массу спирта, попавшего в капиллярную трубку. Коэффициент поверхностного натяжения спирта 0,02 Н/м. Ответ дать в миллиграммах.

Ответ: 25,12 мг.

16. В капиллярной трубке радиусом 0,5 мм жидкость поднялась на 11 мм. Найти плотность данной жидкости, если коэффициент поверхностного натяжения равен 0,022 Н/м.

Ответ: 800 кг/м³.

17. В двух капиллярных трубках разного диаметра, опущенных вертикально в воду, разность уровней составляет 2,4 см. При опускании тех же трубок в спирт разность уровней 1 см. Найти коэффициент поверхностного натяжения спирта, если для воды он равен 0,072 Н/м. Плотность спирта $0,8 \text{ г/см}^3$.

Ответ: 0,024 Н/м.

18. Из вертикальной трубки с внутренним радиусом 0,8 мм вытекает керосин, плотность которого 800 кг/м^3 , а коэффициент поверхностного натяжения 22,5 мН/м. Считая каплю сферической, а диаметр ее шейки в момент отрыва равным внутреннему диаметру трубки, найти радиус капли в момент отрыва.

Ответ: 1,5 мм.

19. В капиллярной трубке жидкость поднялась на 1 см. Найти радиус трубки, если плотность жидкости $0,8 \text{ г/см}^3$, а коэффициент поверхностного натяжения 0,024 Н/м. Ответ привести в миллиметрах.

Ответ: 0,6 мм.

20. В воду опущена вертикально капиллярная трубка. Определить высоту подъема воды в капилляре, если диаметр трубки 1 мм, коэффициент поверхностного натяжения 0,07 Н/м. Ответ привести в миллиметрах.

Ответ: 28 мм.

21. Какое количество теплоты выделится при поднятии воды по капиллярной трубке? Коэффициент поверхностного натяжения воды принять равным 0,07 Н/м. Ответ привести в микроджоулях, округлив до целого.

Ответ: 3 мкДж.

22. Каким должен быть объем сосуда, чтобы при смешивании в нем двух порций воздуха объемом 2 и 5 л и относительной влажностью 40 и 20 % соответственно влажность получившейся смеси равнялась 30 %? Температура постоянна. Ответ привести в литрах.

Ответ: 6 л.

23. В салоне самолета объемом 830 м^3 при полете поддерживались температура $17 \text{ }^\circ\text{C}$ и относительная влажность 60 %. При посадке самолета температура в салоне повысилась до $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Какую массу воды необходимо испарить, чтобы влажность воздуха осталась прежней, если давление насыщенных паров при указанных температурах составляло 2030 и 3600 Па соответственно? Молярная масса воды 18 г/моль.

Ответ: 5,4 кг.

24. Сосуд объемом 83 л при температуре 27 °С наполнен воздухом с относительной влажностью 30 %. Какой будет относительная влажность при той же температуре, если дополнительно испарить 540 мг воды? Давление насыщенных паров при 27 °С принять равным 3,6 кПа, молярная масса воды 18 г/моль. Ответ привести в процентах.

Ответ: 55 %.

25. В закрытом помещении объемом 415 м³ относительная влажность воздуха составляет 50 % при температуре 27 °С. Какую массу воды необходимо испарить в этом помещении, чтобы водяные пары стали насыщенными? Давление насыщенного пара при 27 °С считать равным 3,6 кПа, молярная масса воды 18 г/моль.

Ответ: 5,4 кг.

26. Определить отношение 1 м³ сухого воздуха к 1 м³ воздуха с влажностью 50 %. Обе порции взяты при атмосферном давлении и температуре 20 °С. Отношение молекулярной массы воды к молекулярной массе воздуха принять равным 0,6. Давление насыщающих водяных паров при температуре 20 °С равно 17,5 мм рт. ст.

Ответ: 1,005.

