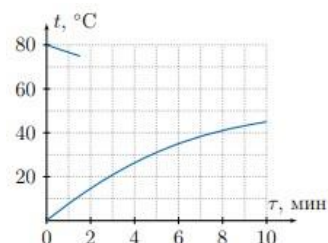




Энергия. Уравнение теплового баланса без фазовых переходов. Переход от механической к внутренней энергии.

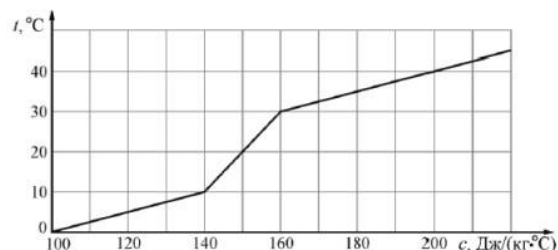
1. Базовая задача. Два тела привели в тепловое взаимодействие. Масса, удельная теплоемкость и температура каждого тела известна. Найти установившуюся температуру. Рассмотреть случай с большим количеством тел. Случай, когда дана полная теплоемкость тела.
2. В электрическом чайнике 1 литр воды нагревается на 10 градусов за 1 минуту. За какое время нагреются до кипения 500 г воды, взятые из ведра со смесью воды и льда? Потерями теплоты можно пренебречь. Плотность воды 1000 кг/м^3 .
3. В термос с водой, имеющей температуру 40°C , опускают бутылочку с детским питанием. Там бутылочка нагревается до температуры $t_1 = 36^\circ\text{C}$, затем ее вынимают и в термос опускают другую точно такую же бутылочку. До какой температуры она нагреется? Перед погружением в термос каждая бутылочка имела температуру $t_0 = 18^\circ\text{C}$.
4. Брусok, нагретый до $t_1 = 100^\circ\text{C}$, опускают в калориметр с водой. При этом ее температура повышается от $t_2 = 30^\circ\text{C}$ до $t_3 = 40^\circ\text{C}$. Какой станет температура воды в калориметре, если, не вынимая первого бруска, в нее опустить еще один такой же брусок, нагретый до 70°C ?
5. Петя поставил чайник с водой при температуре $t_0 = 20^\circ\text{C}$ на газовую горелку. Через $\tau_1 = 2$ мин чайник нагрелся до $t_1 = 40^\circ\text{C}$. Желая ускорить нагрев, Петя вылил половину воды, и еще через $\tau_2 = 1$ мин температура воды достигла $t_2 = 55^\circ\text{C}$. «Медленно», — подумал Петя, и снова вылил половину оставшейся воды. При этом случайно задев рукоятку, он убавил мощность горелки вдвое. Через какое время τ_3 чайник все-таки нагреется до $t_3 = 100^\circ\text{C}$?
6. В лаборатории по работе с одарёнными детьми экспериментатор Глюк обнаружил два одинаковых теплоизолированных сосуда. В каждый из них было налито одинаковое количество неизвестной жидкости. В первый сосуд он налил почти доверху из стоящего рядом кувшина воды и насыпал немного разогретых металлических опилок. Сосуд оказался заполненным доверху. После установления теплового равновесия температура в сосуде увеличилась на $\Delta t_1 = 2^\circ\text{C}$, а опилки остыли на $\Delta t_2 = 60^\circ\text{C}$. Затем он проделал опыт со вторым сосудом. В него Глюк насыпал опилок в 10 раз больше, чем в первом опыте, и сосуд вновь оказался заполненным. Ко времени установления теплового равновесия температура в сосуде повысилась на столько же градусов, на сколько понизилась температура опилок. Определите удельную теплоёмкость опилок, если их плотность $\rho_m = 1,72 \text{ г/см}^3$, а удельная теплоёмкость воды $c_v = 4,20 \text{ Дж/(г} \cdot ^\circ\text{C)}$.

7. В калориметр помещают два тела с разными температурами. На рисунке приведен график зависимости температуры от времени для одного из тел и начало графика аналогичной зависимости для другого. Постройте его продолжение. Определите, какая температура тел установится после завершения теплообмена.

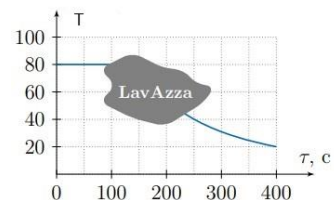


8. Теплоёмкость некоторых материалов может зависеть от температуры. Рассмотрим брусок массы $m_1 = 1$ кг, изготовленный из материала, удельная теплоёмкость которого зависит от температуры t по закону $c = c_1(1 + \alpha t)$, где $c_1 = 1,4 \cdot 10^3$ Дж/(кг · °C) и $\alpha = 0,014$ °C⁻¹. Такой брусок, нагретый до температуры $t_1 = 100$ °C, опускают в калориметр, в котором находится некоторая масса m_2 воды при температуре $t_2 = 20$ °C. После установления теплового равновесия температура в калориметре оказалась равной $t_0 = 60$ °C. Пренебрегая теплоёмкостью калориметра и тепловыми потерями, определите массу m_2 воды в калориметре.

9. В некой лаборатории было получено новое вещество неополитропен с удельной теплоёмкостью c , изменяющейся в зависимости от его температуры t так, как показано на графике. Какая температура установится в калориметре, если в нём смешать равные массы неополитропена, взятые при температурах 0 °C и +40 °C? Удельная теплоёмкость калориметра мала, потерями теплоты можно пренебречь.



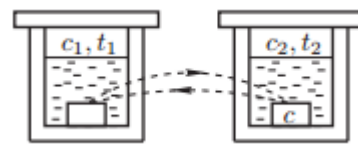
10. В пустой калориметр тонкой струйкой с постоянным массовым расходом наливают водный раствор глицерина: сначала горячий с температурой t_1 , а затем холодный с температурой t_2 . График зависимости температуры глицерина t в калориметре от времени τ приведен на рисунке. К сожалению, часть графика оказалась утрачена. Определите температуры t_1 и t_2 поступающего раствора.



Через какое время после начала заполнения калориметра в него начал поступать холодный глицерин? Какой будет температура содержимого калориметра через 800 с после начала заполнения?

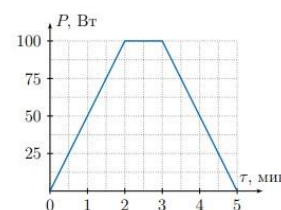
11. В калориметр наливают ложку горячей воды, в результате чего температура его содержимого возрастает на $\Delta t_1 = 5$ °C. После добавления еще одной ложки той же горячей воды температура увеличивается еще на $\Delta t_2 = 3$ °C. На сколько градусов возрастет температура содержимого, если добавить третью ложку горячей воды? На сколько градусов возрастет температура содержимого, если после третьей ложки добавить еще 97 ложек той же горячей воды?

12. Имеется два теплоизолированных сосуда с водой. Теплоемкость всей массы воды в первом сосуде c_1 , ее температура t_1 . Теплоемкость и температура воды во втором сосуде равны соответственно c_2 и t_2 . Во втором сосуде кроме воды находится брусок, теплоемкость которого равна c . Брусок вынимают из второго сосуда и погружают в первый сосуд. После установления теплового равновесия брусок возвращают во второй сосуд. Соотношение между теплоемкостями: $c_1 : c_2 : c = 4 : 5 : 1$. Пренебрегая теплообменом с окружающими телами, определите:



- Какое минимальное количество n таких циклов нужно сделать, чтобы разность температур $(t_2 - t_1)_n$ уменьшилась не менее, чем в $N = 25$ раз?
- Какая температура воды установится в сосудах после очень большого числа циклов?

13. В самоваре включают внутренний нагреватель, график зависимости мощности которого от времени приведен на рисунке. В результате самовар нагревается до максимальной температуры $t_{max} = 80^\circ\text{C}$. Максимальная скорость роста температуры самовара в процессе нагрева достигала значения $\gamma_m = 0,2^\circ\text{C}/\text{с}$. Найдите общее количество теплоты, выделившееся на нагревателе, и начальную температуру самовара.



14. В калориметр, содержащий $m_b = 1,5$ кг воды при температуре $t_b = 20^\circ\text{C}$ положили $m_l = 1,0$ кг льда, имеющего температуру $t_l = -10^\circ\text{C}$. Какая температура θ установится в калориметре? Решить эту же задачу для $m_l = 0,1$ кг; $m_l = 8,0$ кг.

15. Смесь, состоящую из $m_l = 5,0$ кг льда и $m_b = 15$ кг воды при общей температуре $t = 0^\circ\text{C}$, нужно нагреть до температуры $\theta = 80^\circ\text{C}$, пропуская водяной пар с температурой $t_2 = 100^\circ\text{C}$. Определите необходимую массу пара m_p .

16. Калориметр содержит 250 гр воды при температуре 15°C . В воду бросили 20 г мокрого снега. В результате температура в калориметре понизилась на 5°C . Сколько воды было в снеге?

17. Цилиндрическое ведро с кипятком поставили на лед, температура которого 0°C . Оцените, на какую глубину погрузится ведро в лед к моменту остывания в нем воды. Высота ведра $H = 40$ см.

18. Один известный экспериментатор проводил опыты по растворимости веществ. Для этого он брал 1 кг воды при температуре $t_1 = 30^\circ\text{C}$ и, помешивая, досыпал в нее вещество до тех пор, пока оно не переставало растворяться. В одном из опытов в качестве вещества экспериментатор взял снег при температуре $t_2 = -10^\circ\text{C}$. Найдите значение «растворимости» снега в данном эксперименте. Примечание: растворимость — это отношение максимальной массы растворенного вещества к исходной массе растворителя.

19. Найти высоту, на которую необходимо поднять кусочек снега для того, чтобы при падении он расплавился. Какая должна быть скорость перед ударом, для того, чтобы снег испарился.

20. Какая должна быть высота цилиндрического столба льда, чтобы он начал плавиться под собственным весом?

21. В трёх калориметрах находится по $M = 20$ г воды одинаковой температуры. В калориметры погружают льдинки, также имевшие одинаковые температуры (но другие): в первый — льдинку массой $m_1 = 10$ г, во второй — массой $m_2 = 20$ г, в третий — массой $m_3 = 40$ г. Когда в калориметрах установилось равновесие, оказалось, что масса первой льдинки стала равной $m_1' = 9$ г, а масса второй льдинки осталась прежней. Какой стала масса третьей льдинки m_3' ?

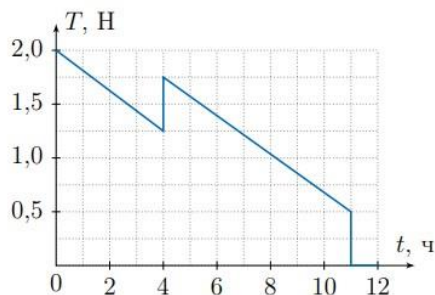
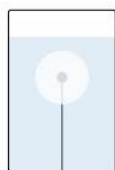
22. Плоская льдинка плавает в сосуде с водой. Вся система находится при температуре $t_0 = 0$ °С. Минимальная масса груза, который необходимо положить на льдинку, чтобы она полностью погрузилась в воду, равна $m_1 = 100$ г. Если эту льдинку охладить до температуры t_1 и снова положить в тот же сосуд с водой, по-прежнему находящимися при температуре t_0 , то после установления теплового равновесия для полного погружения льдинки в воду на нее необходимо положить груз массой $m_2 = 110$ г. До какой температуры t_1 охладили льдинку?

23. К свинцовому грузу, имеющему температуру $t_0 = 0$ °С, привязали кусок льда массой $m_{\text{л}} = 1$ кг и температурой $t = -30$ °С, после чего его опустили в большую бочку с водой при температуре 0 °С. Лед и груз сначала утонули, а через некоторое время всплыли. В каких пределах может находиться масса груза m ?

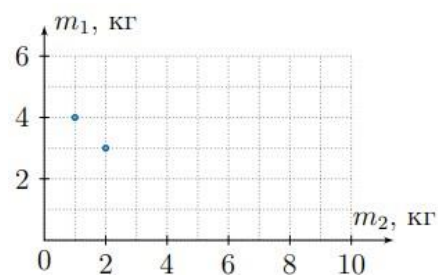
24. В сосуд, наполненный до краев водой с температурой $t_0 = 44$ °С, аккуратно опускают кубик льда. После завершения теплообмена в сосуде устанавливается температура $t_1 = 33$ °С. До какой величины t_2 изменится температура воды в сосуде, если в него опустить не один, а сразу два таких кубика? При плавлении кубики льда не касаются дна сосуда.

25. В теплоизолированном сосуде в тепловом равновесии с водой находится лед с замороженными в него стальным шариком и тонкой нитью. Лед погружен в воду полностью и прикреплен нитью ко дну сосуда, в котором находится нагреватель постоянной мощности. На графике представлена зависимость силы натяжения нити T от времени t с момента включения нагревателя. Найдите:

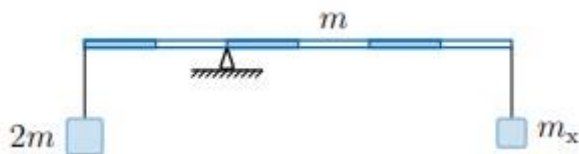
- мощность N нагревателя;
- массу m_0 льда в начале эксперимента;
- изменение ΔV объема системы за время от начала эксперимента до момента, когда нить провиснет.



26. В сосуд поместили лед массой 4 кг и добавили воды. Фрагменты графика зависимости массы m_1 оставшегося льда от массы m_2 добавленной воды приведены на рисунке. Восстановите график. При какой массе m_2 масса m_1 будет максимальной, и чему она будет равна? При каких значениях массы m_2 масса m_1 обратится в ноль? Чему равны начальные температуры льдинки и воды?



27. На рычаге массой m висят две льдинки (см. рисунок). Точка опоры делит рычаг в соотношении 1:2. К короткому плечу рычага подвешена льдинка массой $2m$. Какую массу должна иметь льдинка, подвешенная к длинному плечу, для равновесия системы? Льдинки начинают одновременно нагревать. Во сколько раз должны отличаться мощности подводимого к ним тепла, чтобы равновесие некоторое время сохранялось? Льдинки находятся при температуре плавления.



Закон Ньютона-Рихмана. Теплопроводность

28. Кипятильник мощностью 800 Вт нагрел тонкое ведро с водой лишь до 95°C . За какое время после выключения кипятильника ведро остынет до 94°C ? Масса воды 10 кг.

29. В сосуд с горячей водой массой $m = 0,5$ кг опустили работающий нагреватель. В результате температура воды повысилась на $\Delta T = 1^\circ\text{C}$ за время $t_1 = 100$ с. Если бы воду не нагревали, то её температура понизилась бы на ту же величину ΔT за время $t_2 = 200$ с. Какова мощность нагревателя? Теплоёмкостью сосуда пренебречь.

30. В кастрюлю поместили воду и лед при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$ и закрыли ее крышкой. Массы воды и льда одинаковы. Через время $\tau = 2$ ч 40 мин весь лед растаял.

1) Через какое время температура воды повысится на 1°C ?

2) Какое время потребуется, чтобы вода нагрелась от 20°C до 21°C ?

Температура воздуха в комнате 25°C .

31. Имеются три цилиндрических сосуда, отличающиеся только высотой. Емкости сосудов равны 1 л, 2 л и 4 л. Все сосуды заполнены водой до краев. Воду в сосудах греют с помощью кипятильника. Мощности кипятильника не хватает для того, чтобы вскипятить воду. В первом сосуде воду можно нагреть до 80°C , во втором - до 60°C . До какой температуры можно нагреть воду в третьем сосуде, если комнатная температура 20°C ? Считайте, что теплоотдача пропорциональна разности температур воды и окружающей среды, а также полной площади цилиндров. Вода в сосуде прогревается равномерно.

32. В некотором доме стенки, крыша и пол изготовлены из полностью теплоизолирующих материалов.

Теплопроводящими являются только двери. В комнате установлена печь (см. рис.), выделяющая постоянную мощность P . Если дверь между комнатой и прихожей открыта, а на улицу закрыта, то по всему дому

устанавливается температура $T = 8^\circ\text{C}$. Какая температура установится в комнате и прихожей, если закрыть обе двери? Температура воздуха на улице $T_0 = -10^\circ\text{C}$.



33. Два литра воды нагревают на плитке мощностью 500 Вт. Зависимость мощности тепловых потерь от времени приведена на графике. Начальная температура воды равна 20°C . За какое время вода нагреется до 30°C ?

34. На поверхности озера Байкал намерзает толстый слой льда. Предположим, что где-то в декабре толщина льда составляет $x = 80$ см. Температура воздуха $t = -40^\circ\text{C}$. С какой скоростью v (в мм/час) увеличивается в этот период толщина слоя льда? Плотность льда $0,92 \text{ г/см}^3$, коэффициент теплопроводности $k = 2,2 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$. *Примечание.* Количество теплоты, проходящее в единицу времени через слой вещества площадью S и толщиной h при разнице температур Δt между поверхностями, определяется соотношением $q = kS\Delta t/h$. Теплоемкость воды и льда не учитывать.