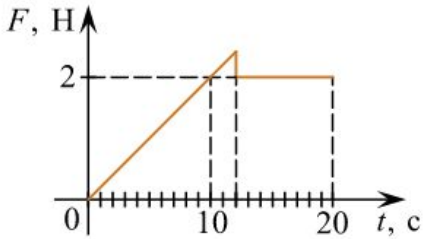
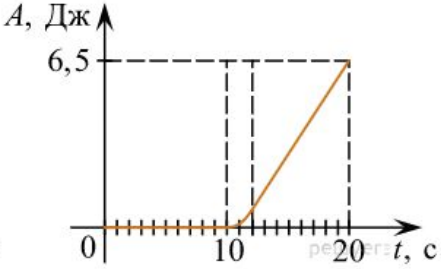
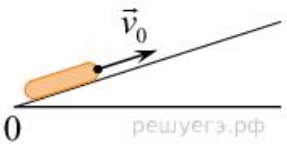
На шероховатой поверхности лежит брусок массой 1 кг. На него начинает действовать горизонтальная сила $\vec{F}$, направленная вдоль поверхности и зависящая от времени так, как показано на графике слева. Зависимость работы этой силы от времени представлена на графике справа. Выберите два верных утверждения на основании анализа представленных графиков.





1) Первые 10 с брусок двигался с постоянной скоростью.
2) За первые 10 с брусок переместился на 20 м.
3) Сила трения скольжения равна 2 Н.
4) В интервале времени от 12 до 20 с брусок двигался с постоянным ускорением.
5) В интервале времени от 12 до 20 с брусок двигался с постоянной скоростью.

После удара шайба начала скользить вверх по шероховатой наклонной плоскости с начальной скоростью $\vec{v}_0$, как показано на рисунке, и после остановки соскользнула обратно. Выберите из предложенного перечня два утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.



1) Время движения шайбы вверх равно времени движения вниз.

2) Модуль максимальной скорости шайбы при движении вниз меньше v_0.

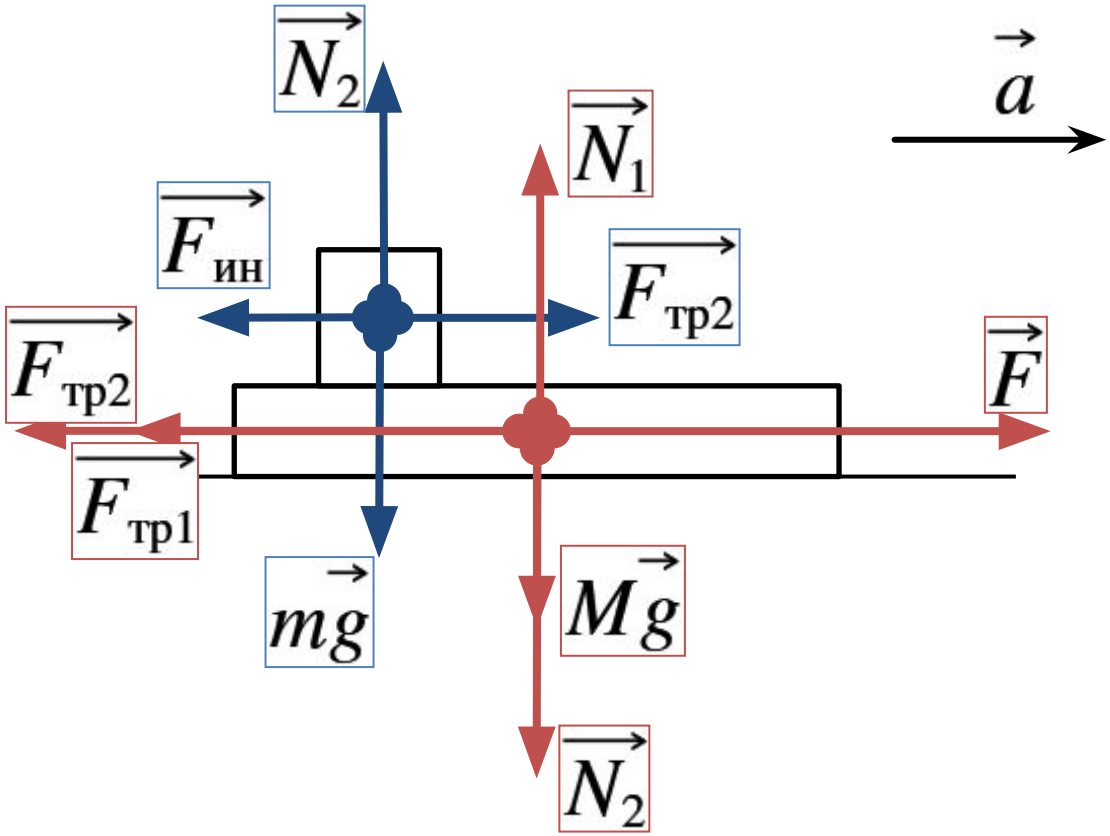
3) При движении вверх и вниз работа силы трения шайбы о плоскость одинакова.

4) Изменение потенциальной энергии шайбы при движении до верхней точки равно кинетической энергии шайбы сразу после удара

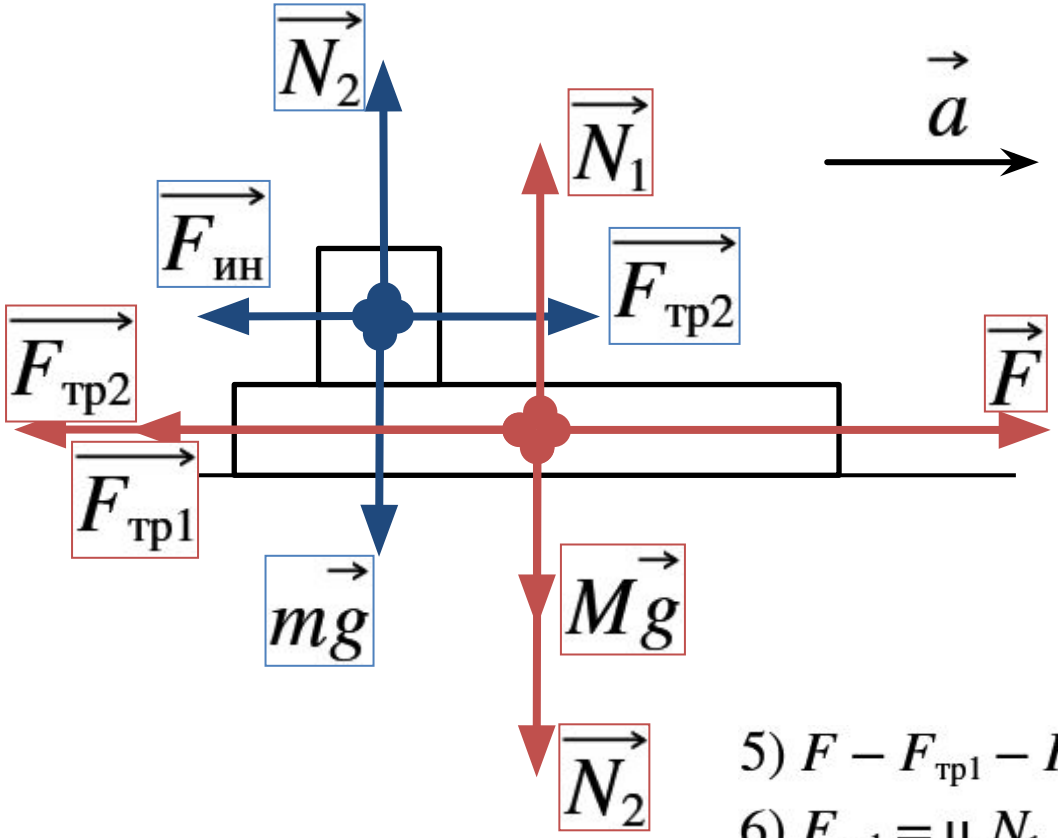
5) Модуль ускорения шайбы при движении вверх меньше, чем модуль ускорения при движении вниз.

Неинерциальные СО

2.67. На доске массой 4 кг, лежащей на горизонтальном полу, находится брусок массой 1 кг. Коэффициент трения между бруском и доской 0,2, а между доской и полом 0,4. Какую наименьшую горизонтальную силу надо приложить к доске, чтобы брусок с нее соскользнул? $g = 10$ м/с^2.



Неинерциальные СО



1) $F_{ин} - F_{тр2} = 0$

2) $F_{тр2} = \mu_2 N_2$

3) $N_2 = mg$

4) $F_{ин} = ma$

2),3),4) $\rightarrow$ 1) = 1') $ma - \mu_2 mg = 0$

$\rightarrow a = \mu_2 g$

5) $F - F_{тр1} - F_{тр2} = Ma$

6) $F_{тр1} = \mu_1 N_1$

7) $N_1 = Mg + N_2$

2),3),6),7) $\rightarrow$ 5) = 5') $F - \mu_1 g(M+m) - \mu_2 mg = Ma$

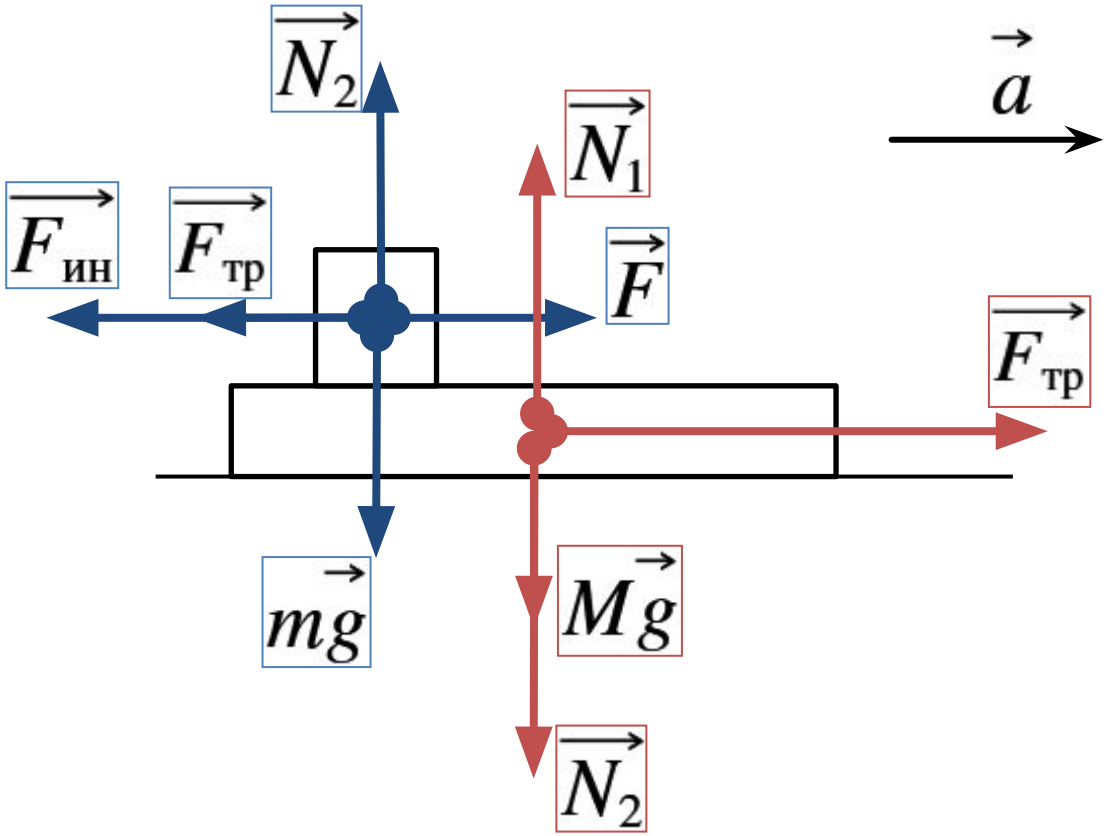
1') $\rightarrow$ 5') = 5'') $F = \mu_1 g(M+m) + \mu_2 mg + \mu_2 Mg$

$\rightarrow F = \mu_1 g(M+m) + \mu_2 g(M+m)$

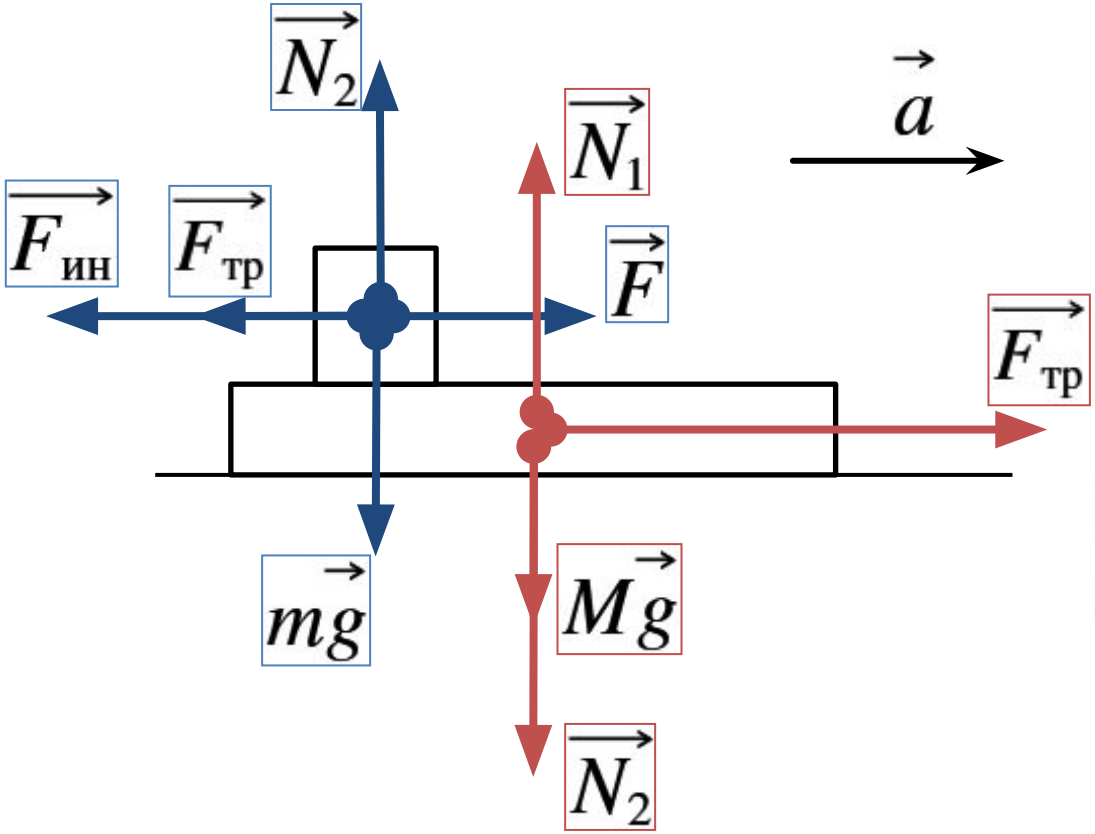
$\rightarrow F = (M+m)g(\mu_1 + \mu_2)$

Неинерциальные СО

2.68. На доске массой 2 кг, лежащей на гладкой горизонтальной поверхности, находится брусок массой 1 кг. Коэффициент трения между бруском и доской 0,4. Какую наименьшую горизонтальную силу надо приложить к бруску, чтобы стащить его с доски? $g = 10$ м/с^2.



Неинерциальные СО



1) $F - F_{тр} - F_{ин} = 0$

2) $F_{тр} = \mu N_2$

3) $N_2 = mg$

4) $F_{ин} = ma$

2),3),4) $\rightarrow$ 1) $=$ 1') $F = \mu mg + ma$

5) $F_{тр} = Ma$

2),3) $\rightarrow$ 5) $=$ 5') $\mu mg = Ma$

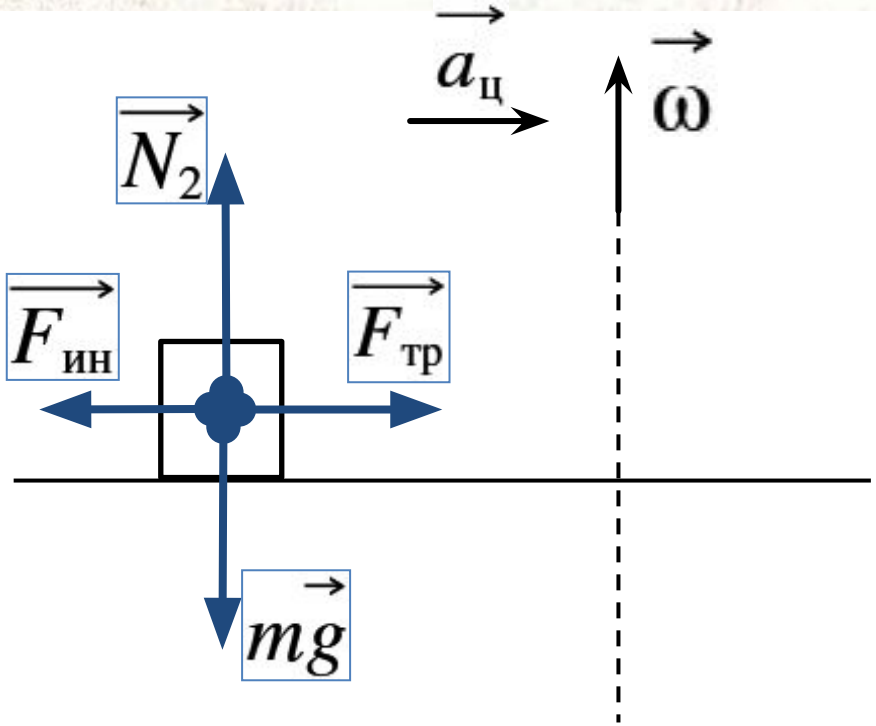
$$\rightarrow a = \frac{\mu mg}{M}$$

5') $\rightarrow$ 1') $=$ 1) $F = \mu mg + \dfrac{\mu m^2 g}{M}$

$$\rightarrow F = \mu mg(1 + \frac{m}{M})$$

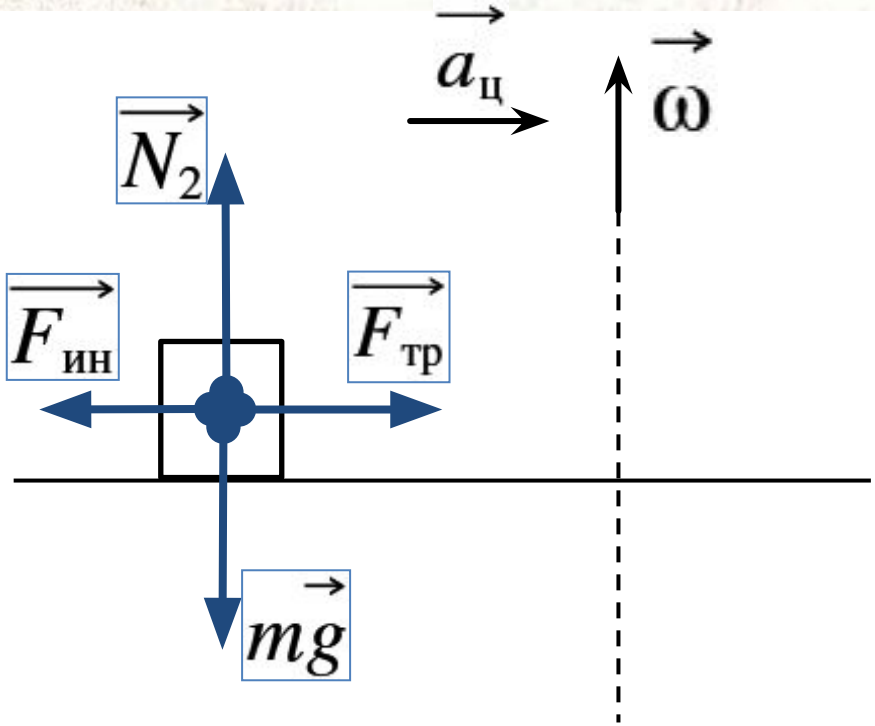
Неинерциальные СО

2.116. На горизонтальной вращающейся платформе на расстоянии 10 см от оси вращения лежит груз. Коэффициент трения между грузом и платформой 0,01. При какой угловой скорости вращения платформы груз начнет скользить? $g = 10$ м/с^2.



Неинерциальные СО

2.116. На горизонтальной вращающейся платформе на расстоянии 10 см от оси вращения лежит груз. Коэффициент трения между грузом и платформой 0,01. При какой угловой скорости вращения платформы груз начнет скользить? $g = 10$ м/с^2.



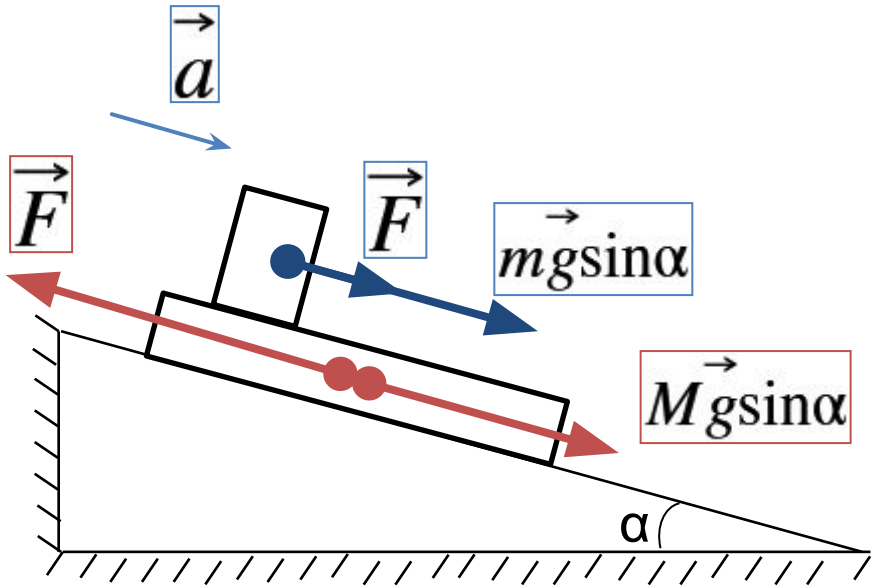
1) $F_{ин} = F_{тр}$

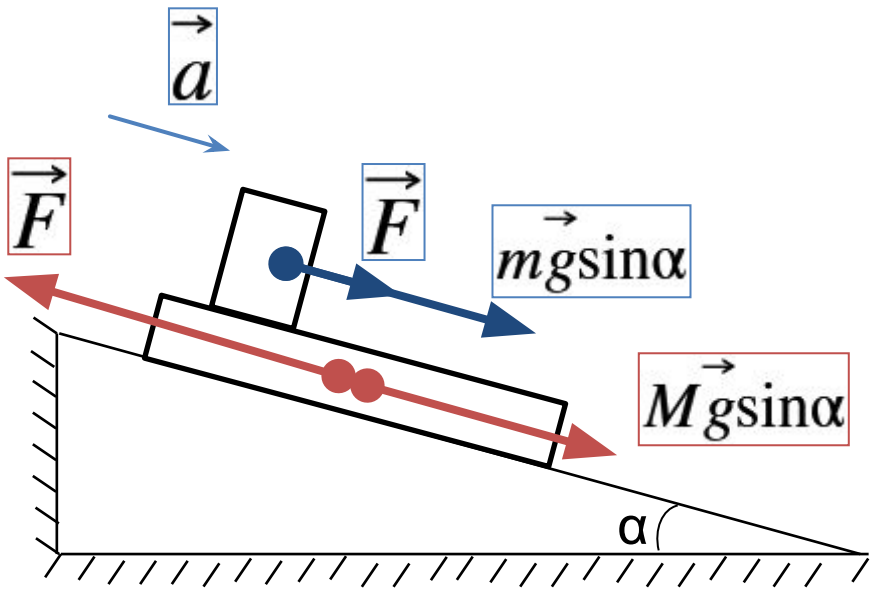
$$ma_ц = \mu mg$$

$$m\omega^2 r = \mu mg$$

$$\rightarrow \omega = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$$

2.69. Доска массой 8 кг может двигаться без трения по наклонной плоскости с углом наклона 30° к горизонту. С каким по величине ускорением (в см/с^2) должен бежать по доске человек массой 80 кг, чтобы доска не соскальзывала с наклонной плоскости? $g = 10$ м/с^2.



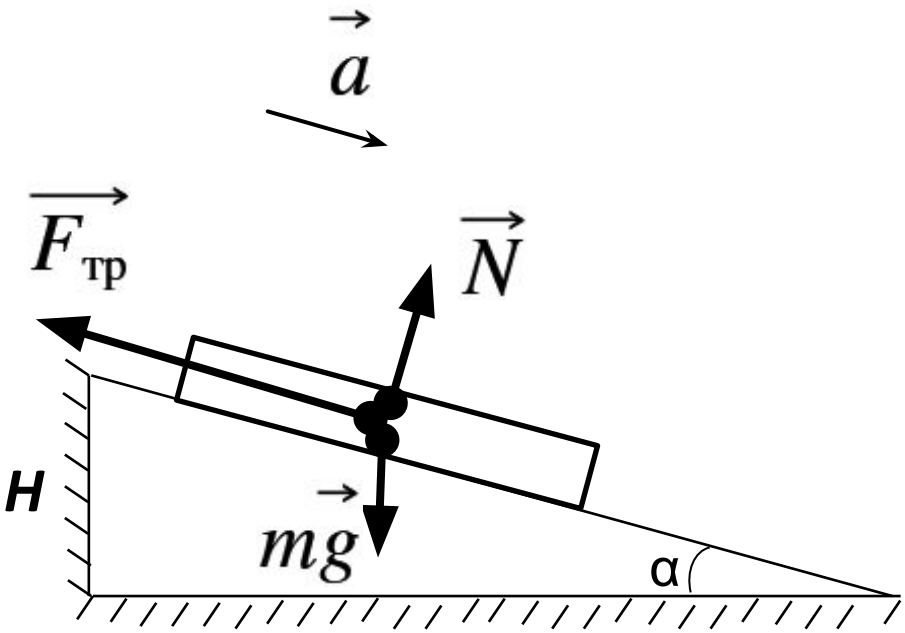


$$1)\ F + mg\sin\alpha = ma$$

$$2)\ Mg\sin\alpha - F = 0$$

$$2) \rightarrow 1) = 1')\ g\sin\alpha(M + m) = ma$$

$$\rightarrow a = g\sin\alpha(1 + \frac{M}{m})$$

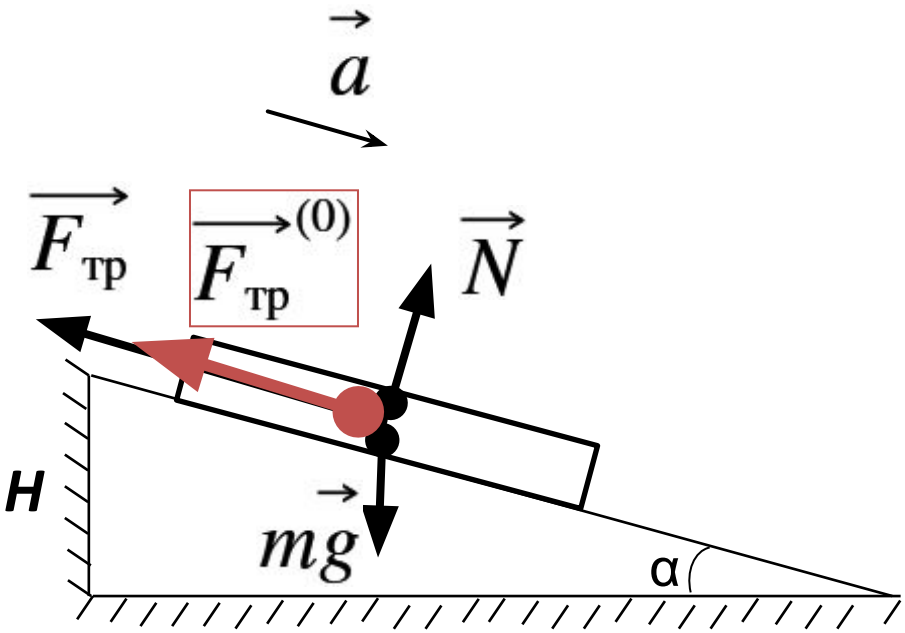


1) $mg\sin(\alpha) - \mu mg\cos(\alpha) = ma$

$\rightarrow a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

2) $-mgH + \dfrac{m\upsilon^2}{2} = -\mu mg\cos(\alpha)S$

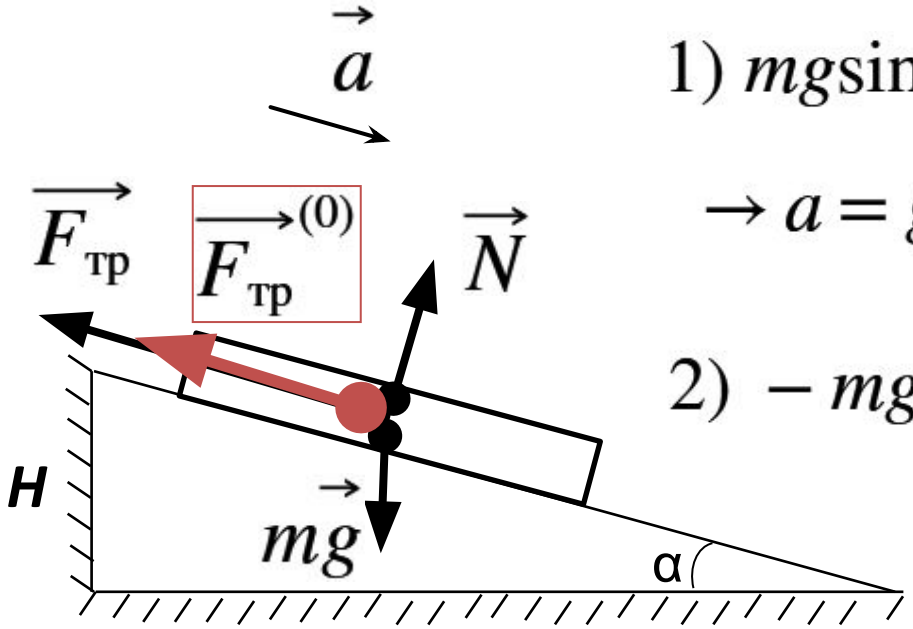
$\rightarrow \upsilon = 2g(H - \mu S\cos\alpha)$



$\vec{F}_{тр}^{(0)}$ – сила вязкого трения

- действует на тела в жидкостях или газах
- действует только на движущиеся тела
- при малых скоростях $\boxed{F_{тр}^{(0)} = k\upsilon}$

  где k – коэффициент вязкого трения (зависит от формы и размеров тела)
- при больших скоростях $\boxed{F_{тр}^{(0)} = k\upsilon^2}$



$$1)\ mg\sin(\alpha) - \mu mg\cos(\alpha) - k\upsilon = ma$$

$$\rightarrow a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) - \frac{k\upsilon}{m}$$

$$2)\ -mgH + \frac{m\upsilon^2}{2} = -\mu mg\cos(\alpha)S - k\upsilon S$$

$$\frac{m\upsilon^2}{2} + \upsilon \cdot kS + mg(\mu\cos(\alpha)S - H) = 0$$

$$\upsilon = \frac{-kS \pm \sqrt{(kS)^2 - 2m^2 g(\mu\cos(\alpha)S - H)}}{m}$$

$$\upsilon = -\frac{kS}{m} \pm \sqrt{(\frac{kS}{m})^2 - 2g(\mu\cos(\alpha)S - H)}$$

$$\upsilon = \sqrt{(\frac{kS}{m})^2 - 2g(\mu\cos(\alpha)S - H)} - \frac{kS}{m}$$

Основные положения МКТ

Параметры системы

Микроскопические (отдельные элементы системы)

Макроскопические (система как целое)

Идеальный газ - это физическая модель газа, взаимодействие между молекулами которого пренебрежительно мало.

- взаимодействие между молекулами пренебрежительно мало
- расстояние между молекулами много больше размеров молекул
- молекулы - это упругие шары
- отталкивание молекул возможно только при соударении
- движение молекул - по законам Ньютона
- давление газа на стенки сосуда - за счет ударов молекул

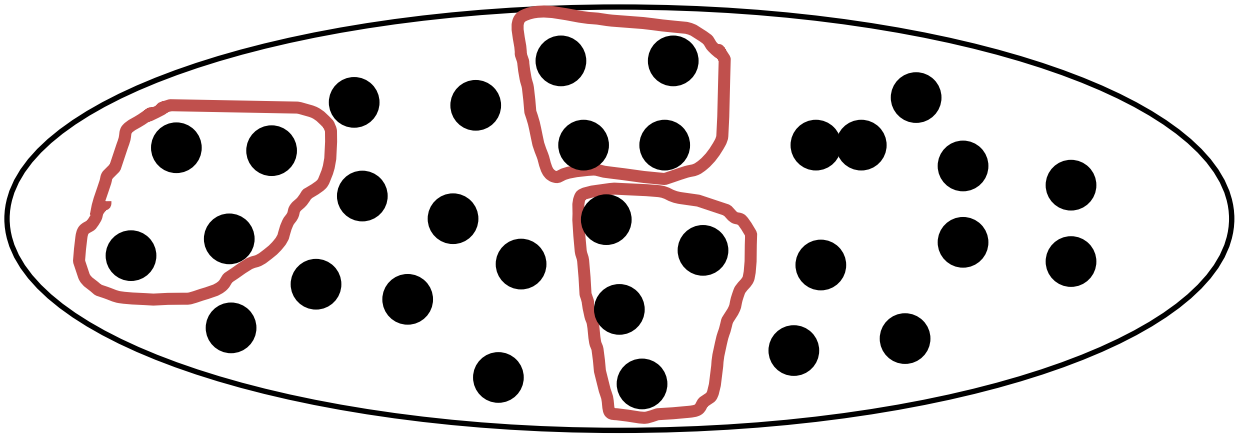
Микроскопические параметры

Число молекул:

$$\boxed{N = \frac{V}{V_0} = \frac{m}{m_0}}$$, где V, m – объем и масса газа
V_0 , m_0 – объем и масса одной молекулы

Количество вещества [моль]:

$$\boxed{\nu = \frac{N}{N_A}}$$, где $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$ – число Авогадро
(число молекул в одном моле вещества)



Микроскопические параметры

Молярная масса $\left[\frac{\text{кг}}{\text{моль}}\right]$:

$$\boxed{\mu = \frac{m}{\nu}}$$

Относительная атомная масса (а.е.м.):

–величина, указанная в таблице Менделеева

("относительно" $\frac{1}{12}$ массы углерода)

$$\boxed{M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0c}} = \frac{m_0}{1{,}66 \cdot 10^{-27}}}$$

7.5. Считая, что атмосферный воздух состоит только из кислорода и азота и что молярная масса воздуха 29,12 кг/кмоль, определите процентное содержание молекул кислорода в смеси. Молярная масса кислорода 32 кг/кмоль, азота — 28 кг/кмоль.

1) $m = \nu \cdot \mu \ \rightarrow m_1 + m_2 = (\nu_1 + \nu_2)\mu$

$$m_1 + m_2 = (\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2})\mu$$

$$m_{01}N_1 + m_{02}N_2 = (\frac{m_{01}N_1}{\mu_1} + \frac{m_{02}N_2}{\mu_2})\mu$$

$$m_{01}N_1(1 - \frac{\mu}{\mu_1}) = m_{02}N_2(\frac{\mu}{\mu_2} - 1)$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{N - N_1}{N_1} = \frac{N}{N_1} - 1 = \frac{m_{01}}{m_{02}} \cdot \frac{1 - \frac{\mu}{\mu_1}}{\frac{\mu}{\mu_2} - 1}$$

.4. Во сколько раз в 3 г водорода больше молекул, чем в 9 г воды
асса водорода 2 кг/кмоль, воды 18 кг/кмоль.

Связь микро- и макро-параметров

Средняя кинетическая энергия одной(!) молекулы:

$$\boxed{\overline{E_к} = \frac{m_0 \upsilon_{ср.кв.}^2}{2}}, \text{ где } \upsilon_{ср.кв.} = \sqrt{\frac{\upsilon_1^2 + \upsilon_2^2 + \ldots + \upsilon_n^2}{n}}$$

Средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы:

$$\boxed{\overline{E_к} = \frac{3}{2}kT}$$

Основное уравнение МКТ:

$$\boxed{p = \frac{2}{3}n\overline{E_к} = \frac{1}{3}m_0 n \upsilon_{ср.кв.}^2}$$

Макроскопические параметры

Уравнение состояния идеального газа:

$$\boxed{p = nkT}$$

$$p = nkT = \frac{N}{V}kT = \frac{\nu N_A}{V}kT$$

$$pV = \nu(N_A k)T = \nu RT$$

$\boxed{pV = \nu RT}$, где $R = N_A k$

Средняя квадратичная скорость молекул газа равна 1000 м/с. Чему будет равна средняя квадратичная скорость после увеличения давления и объема газа в 1,2 раза?

Какова полная кинетическая энергия (в кДж) поступательного движения молекул газа, находящихся в баллоне емкостью 5 л при давлении 800 кПа?

Газ находится в вертикальном цилиндре под поршнем массой 5 кг. Какой массы груз надо положить на поршень, чтобы он остался в прежнем положении, когда абсолютная температура газа будет увеличена вдвое? Атмосферное давление 100 кПа, площадь поршня 0,001 м^2. g = 10 м/с^2.

Закон Дальтона

Давление смеси химически невзаимодействующих элементов равно сумме парциальных давлений

$$p_{\text{смеси}} = \sum_i (p_1 + p_2 + \ldots p_i)$$

Парциальное давление-давление, которое создавал бы один газ, если бы занимал весь объем смеси при той же температуре

7.54. Два баллона соединены между собой тонкой трубкой с краном. В
ном баллоне находится газ массой 2 г под давлением 400 кПа, в другом — т
же газ массой 4 г под давлением 200 кПа. Какое давление (в кПа) установи
баллонах, если открыть кран? Температура газа в баллонах одинакова.

7.53. Горизонтальный сосуд длиной 85 см разделен на две части тонкой
регородкой, которая может двигаться без трения. В левой части сосуда нахо
ся водород, в правой — такая же масса кислорода. Найдите длину (в см) л
части сосуда. Молярная масса водорода 2 кг/кмоль, кислорода — 32 кг/км
Температуры газов одинаковы.

7.64. В баллоне находится газ массой 2 кг при температуре 27°С и давле
^{5} Па. Когда часть газа была выпущена, а оставшаяся часть нагрета до 627
авление возросло до $3 \cdot 10^5$ Па. Какова будет плотность оставшейся части г
объем баллона 1 м^3?

7.40. Два сосуда соединены тонкой трубкой с краном. Один из сосудов объ
м 3 л заполнен газом при давлении 10 кПа, в другом сосуде объемом 6 л да
ние пренебрежимо мало. Температура газа в первом сосуде 27°С. Какое да
ние (в кПа) установится в сосудах, если открыть кран, а температуру га
высить до 177°С?

7.46. Во сколько раз уменьшится радиус тонкого резинового шара, за
воздухом, если его опустить в воду на глубину 65,2 м? Давление у
и воды 100 кПа. Температура воды у поверхности 27°С, а на глуби
10 м/с^2.

ерическая оболочка аэростата сделана из материала, квадрат
еет массу 900 г. Шар наполнен водородом при температур
0 кПа, равными температуре и давлению окружающего воз
мальном радиусе (в см) шар поднимет сам себя? Универса
нная 8300 Дж/(кмоль·К). Молярная масса воздуха 29 кг/км
оль.

В цилиндре под невесомым поршнем находится 50 моль газа, с
1 м^3, а температура 500 К. С какой силой надо действовать на пор
кулярно к его поверхности, чтобы он оставался неподвижным? А
давление 100 кПа, площадь поршня 0,002 м^2, универсальная га
ая 8300 Дж/(кмоль·К).

оздух находится в вертикальном цилиндре под поршнем масс
,2 кг и сечением 20 см^2. После того, как цилиндр стали перем
ать вертикально вверх с ускорением 5 м/с^2, высота столба возд
в цилиндре уменьшилась на 20%. Считая температуру п
оянной, найдите атмосферное давление (в кПа). g = 10 м/с^2.

Фазовые превращения.

Удельная темплоемкость вещества *c* – количество теплоты, которое надо сообщить телу массой 1 кг, чтобы изменить его температуру на 1 градус

$$\boxed{c = \frac{Q}{m\Delta t}} \Rightarrow \boxed{Q = cm\Delta t}$$

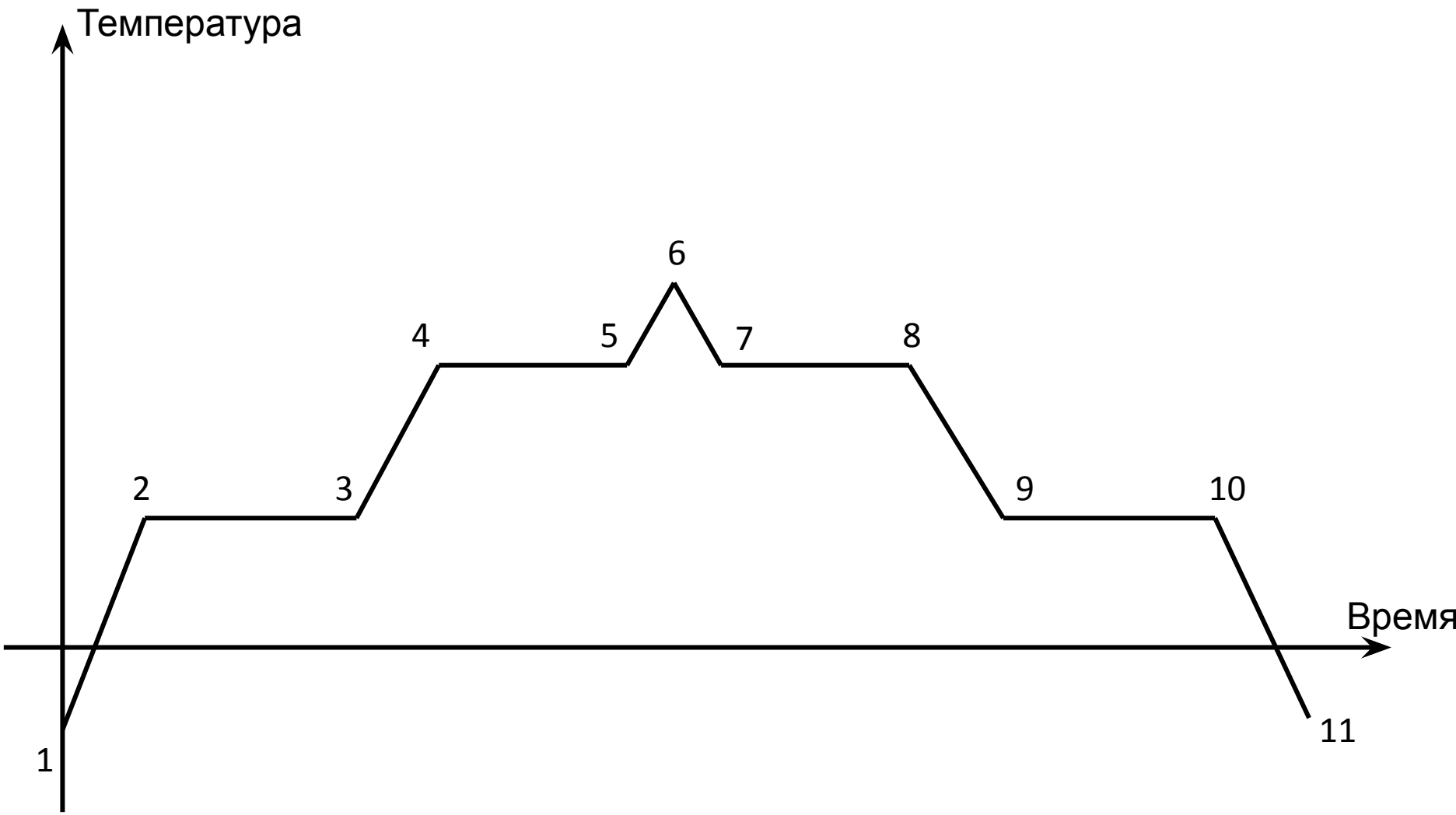
Теплоемкость вещества *C* – произведение массы тела на удельную теплоемкость вещества, из которого оно изготовлено.

$$\boxed{C = cm} \Rightarrow \boxed{Q = C\Delta t}$$

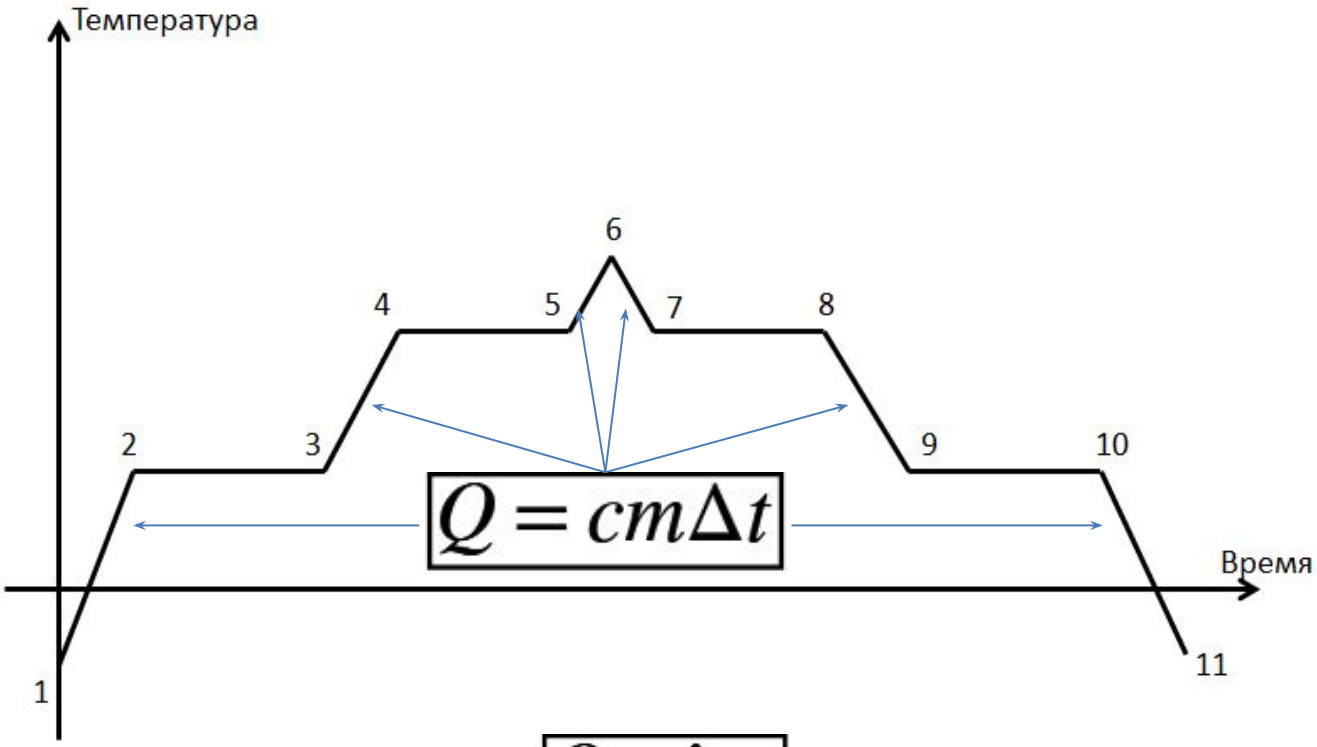
Количество теплоты, отданное источником:

$$\boxed{Q = P\tau}$$

Фазовые превращения.



Фазовые превращения.



2-3 (9-10) – плавление (кристаллизация)

$\boxed{Q = \lambda m}$, где

λ – удельная теплота плавления

4-5 (7-8) – парообразование (конденсация)

$\boxed{Q = rm}$, где

r – удельная теплота парообразования

Фазовые превращения.

Количество теплоты, выделяющееся при сгорании топлива :

$$\boxed{Q = mq}$$

где q – теплота сгорания топлива

Фазовые превращения.

Уравнение теплового баланса:

В замкнутой системе тел алгебраическая сумма количеств теплоты, отданных и полученных всеми телами, участвующими в теплообмене, равна нулю

$$\boxed{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots = 0}$$

Фазовые превращения.

8.13. Для нагревания воды, взятой при температуре 20°С, и обращения ее в пар израсходовано 2596 кДж энергии. Определите массу воды. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·К), удельная теплота парообразования воды 2,26 МДж/кг.

8.14. Для расплавления одной тонны стали используется электропечь мощностью 100 кВт. Сколько минут продолжается плавка, если слиток до начала плавления надо нагреть на 1500 К? Удельная теплоемкость стали 460 Дж/(кг·К), удельная теплота плавления стали 210 кДж/кг.

8.16. Для работы паровой машины расходуется 210 кг угля за 1 час. Охлаждение машины осуществляется водой, которая на входе имеет температуру 17°С, а на выходе 27°С. Определите расход воды (в кг) за 1 с, если на ее нагревание идет 24% общего количества теплоты. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·К), удельная теплота сгорания угля 30 МДж/кг.

Фазовые превращения.

8.22. Пластилиновый шар бросают со скоростью 10 м/с под углом 45° к горизонту по направлению к вертикальной стене, находящейся на расстоянии 8 м от точки бросания (по горизонтали). На сколько градусов (в мК) нагреется шар, если он прилипнет к стене? Считать, что вся кинетическая энергия шара пошла на его нагревание. Удельная теплоемкость пластилина 250 Дж/(кг·К). $g = 10$ м/с^2.

8.26. С какой скоростью должна лететь пуля, чтобы при ударе о стенку она расплавилась? Удельная теплоемкость материала пули 130 Дж/(кг·К), удельная теплота плавления 22,25 кДж/кг, температура плавления 327°С. Температура пули до удара 152°С. Считать, что на нагревание пули пошла вся выделившаяся при ударе теплота.

8.24. Пуля, летевшая горизонтально со скоростью 500 м/с, пробивает насквозь доску на высоте 20 см от земли. При этом температура пули увеличилась на 200°С. Считая, что на нагревание пули пошла вся выделившаяся при ударе теплота, найдите, на каком расстоянии (по горизонтали) от места удара пуля упала на землю. Удельная теплоемкость материала пули 400 Дж/(кг·К). $g = 10$ м/с^2.

Фазовые превращения.

8.35. Медное тело, нагретое до 100°С, опущено в воду, масса которой равна массе медного тела. Тепловое равновесие наступило при температуре 30°С. Определите начальную температуру (в °С) воды. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·К), меди 360 Дж/(кг·К).

8.42. В сосуд, содержащий 4,6 кг воды при 20°С, бросают кусок стали массой 10 кг, нагретый до 500°С. Вода нагревается до 100°С, и часть ее обращается в пар. Найдите массу (в г) образовавшегося пара. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·К), удельная теплота парообразования воды $2{,}3 \cdot 10^6$ Дж/кг, удельная теплоемкость стали 460 Дж/(кг·К).

8.46. Смесь, состоящую из 2,51 кг льда и 7,53 кг воды при общей температуре 0°С, нужно нагреть до температуры 50°С, пропуская пар при температуре 100°С. Определите необходимое для этого количество (в г) пара. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·К), удельная теплота парообразования воды 2,3 МДж/кг, удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг.

Термодинамика.

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа:

$$\boxed{U = \frac{3}{2}\nu RT = \frac{3}{2}pV}$$

Изменение внутренней энергии :

$$\boxed{\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T}$$

Термодинамика.

*Если газ не одноатомный:

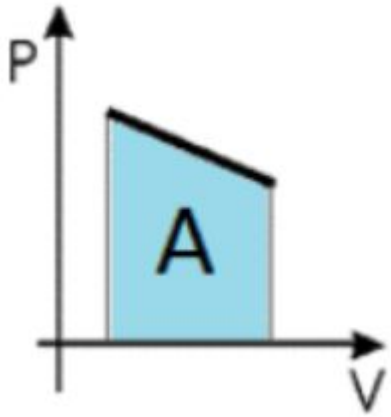
$U = \frac{i}{2}\nu RT$, где i – число степеней свободы молекул газа

$$\begin{pmatrix} \text{Одноатомный: } i = 3 \\ \text{Двухатомный: } i = 5 \\ \text{Многоатомный: } i = 6 \end{pmatrix}$$

Термодинамика.

Работа идеального газа:

1. В общем случае: площадь фигуры под графиком в координатах *p-V*



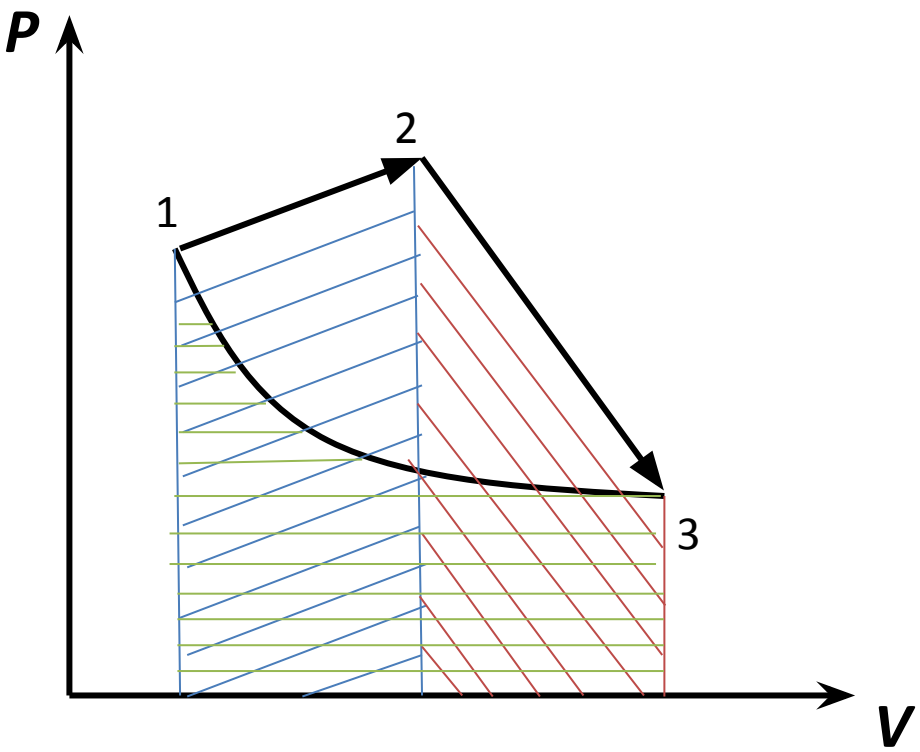
2. При изобарном процессе (*p=const*):

$$\boxed{A_г = p\Delta V}$$

Термодинамика.

Работа идеального газа:

3. В замкнутом процессе:



Термодинамика.

Первый закон термодинамики :

Количество теплоты, сообщаемое газу, идет на совершение газом работы и изменение его внутренней энергии

$$\boxed{Q = A_{\text{г}} + \Delta U}$$

Термодинамика.

Изобарный процесс (p=const):

$$A_г = p\Delta V = \nu R\Delta T$$

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = \frac{5}{2}p\Delta V = \frac{5}{2}\nu R\Delta T}$$

Изохорный процесс (V=const):

$$A_г = 0$$

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}V\Delta p}$$

Изотермический процесс (T=const):

$$A_г = S_{\text{под графиком}}$$

$$\Delta U = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = A_г = S_{\text{под графиком}}}$$

Термодинамика.

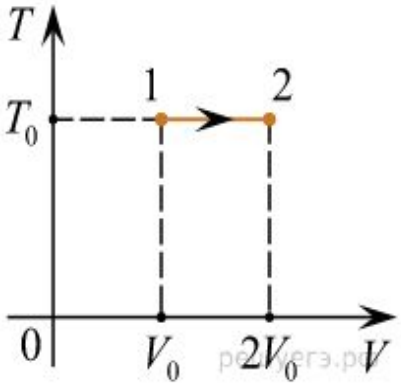
Адиабатический процесс (Q=0):

$$A_г = -\Delta U$$

$$A_г = -\frac{3}{2}\nu R\Delta T = -\frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)$$

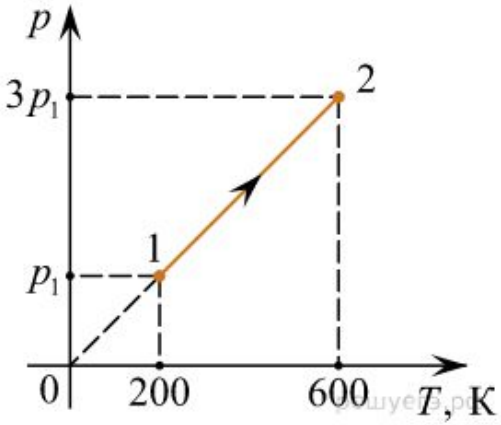
Задание 9 № 9309

На TV-диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ получил количество теплоты, равное 50 кДж. Какую работу совершил газ в этом процессе, если его масса не меняется? (Ответ дайте в кДж.)



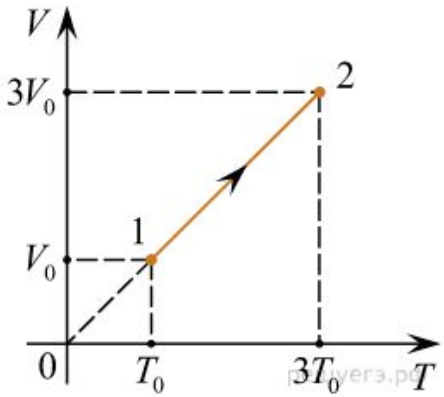
Задание 9 № 9502

Два моля идеального одноатомного газа совершают процесс, график которого изображён на рисунке. Определите, какое количество теплоты было передано газу в этом процессе. Ответ выразите в кДж и округлите до целого числа.



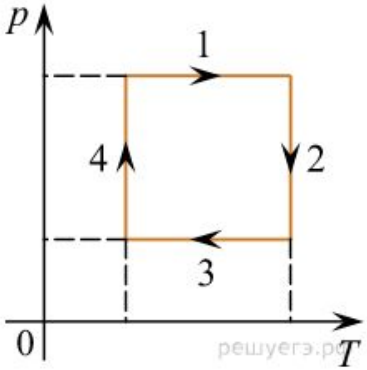
Задание 9 № 9736

Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1 — 2, график которого изображён на VT-диаграмме. Определите для этого процесса отношение изменения внутренней энергии газа к величине сообщённого газу количества теплоты.



Задание 9 № 10467

На рисунке показан циклический процесс изменения состояния постоянной массы одноатомного идеального газа. На каком участке работа внешних сил над газом положительна и равна отданному газом количеству теплоты?



12 № 4539

линдрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень может перемещаться в сосуде без На дне сосуда лежит стальной шарик (см. рисунок). Из сосуда выпускается половина газа при ой температуре. Как изменится в результате этого объём газа, его давление и действующая на химедова сила?

каждой величины определите соответствующий характер изменения:

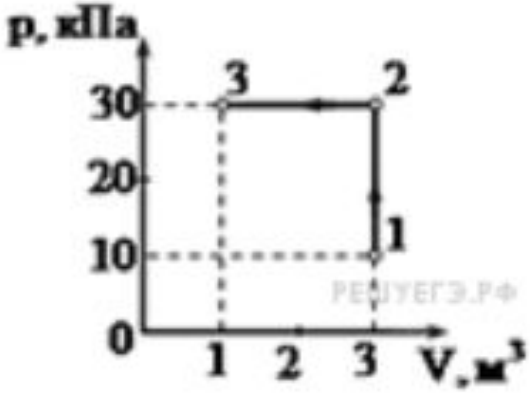
еличится
еньшится
изменится

шите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторять

Обьем газа	Давление газа	Архимедова сила

Задание 30 № 2971

На диаграмме представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Какое количество теплоты было получено или отдано газом при переходе из состояния 1 в состояние 3?



8.81. В двух теплоизолированных сосудах, соединенных тонкой трубкой с краном, находится гелий в количествах 2 моль и 3 моль и при температурах 300 К и 400 К соответственно. Какой станет температура (в кельвинах) после открывания крана и установления теплового равновесия?