

1. Связь между потенциальной энергией и силой. Потенциальная энергия тяготения и упругих деформаций

Пространство, в котором действуют консервативные силы, называется потенциальным полем. Каждой точке потенциального поля соответствует некоторое значение силы F , действующей на тело, и некоторое значение потенциальной энергии U . Значит, между силой F и U должна быть связь, с другой стороны, $dA = -dU$, следовательно $Fdr = -dU$, отсюда:

$$\vec{F} = - \frac{dU}{d\vec{r}}$$

Проекция вектора силы на оси координат:

$$F_x = - \frac{\partial U}{\partial x}; F_y = - \frac{\partial U}{\partial y}; F_z = - \frac{\partial U}{\partial z}$$

Вектор силы можно записать через проекции:

$$\vec{F} = - \left(\frac{\partial U}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial U}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial U}{\partial z} \vec{k} \right), F = - \text{grad } U, \text{ где } \text{grad} = \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k}$$

Градиент – это вектор, показывающий направление наибольшего изменения функции. Следовательно, вектор направлен в сторону наибольшего уменьшения U .

Потенциальная энергия упругой деформации (пружины)

Найдём работу, совершаемую при деформации упругой пружины.

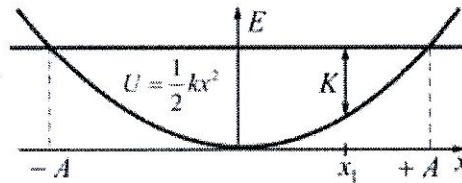
Сила упругости $F_{\text{упр}} = -kx$, где k – коэффициент упругости. Сила непостоянна, поэтому элементарная работа $dA = Fdx = -kx dx$.

(Знак минус говорит о том, что работа совершена над пружиной). Тогда

$$A = \int dA = - \int_{x_1}^{x_2} kx dx = - \frac{kx_1^2}{2} + \frac{kx_2^2}{2}$$

т.е. $A = U_1 - U_2$. Примем: $U_2 = 0$, $U = U_1$, тогда . $U = \frac{kx^2}{2}$

На рис. 5.5 показана диаграмма потенциальной энергии пружины.



Здесь $E = K + U$ – полная механическая энергия системы, K – кинетическая энергия в точке x_1 .

Потенциальная энергия при гравитационном взаимодействии

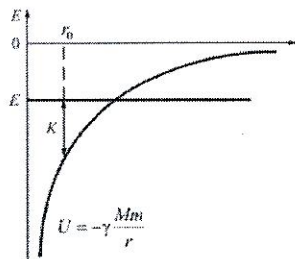
Работа тела при падении $A = mgh$, или $A = U - U_0$.

Условились считать, что на поверхности Земли $h = 0$, $U_0 = 0$. Тогда $A = U$, т.е. $A = mgh$.

Для случая гравитационного взаимодействия между массами M и m , находящимися на расстоянии r друг от друга, потенциальную энергию можно найти по формуле:

$$U = - \gamma \frac{Mm}{r}$$

На рис. 5.4 изображена диаграмма потенциальной энергии гравитационного притяжения масс M и m .



Здесь полная энергия $E = K + U$. Отсюда легко найти кинетическую энергию: $K = E - U$

2. Цикл Карно. Теорема Карно.

Цикл Карно

Реальные процессы в тепловых машинах являются необратимыми (всегда есть потери). Максимальный КПД имеет тепловая машина, у которой цикл состоит только из равновесных состояний.

Замечание. Для возникновения теплопередачи необходима разность температур. Однако, возникающие тепловые потоки вызывают неравновесность процессов. В идеальном случае процесс

должен протекать (при постоянной температуре) бесконечно долго.

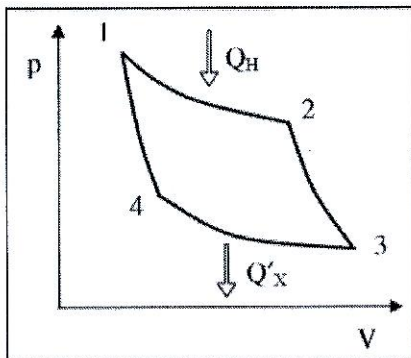
Цикл Карно состоит из:

процесс 1-2 – изотермический. В этом процессе газ получает тепло от нагревателя-термостата, расширяясь при постоянной температуре T_H .

Процесс 2-3 – адиабатический – газ расширяется без теплообмена.

Процесс 3-4 – газ отдает тепло холодильнику-термостату, сжимаясь при постоянной температуре T_X .

Процесс 4-1 – адиабатический – газ сжимается без теплообмена. Цикл в последовательности 1-2-3-4-1 является



прямым циклом. Обратный цикл осуществляется в холодильной машине. Найдем КПД цикла Карно.

I-я теорема Карно:

– КПД любой машины, работающей по обратимому циклу Карно, не зависит от природы рабочего тела и устройства машины, а является функцией только температур нагревателя и холодильника.

II-я теорема Карно:

– КПД любой тепловой машины, работающей по необратимому циклу, меньше КПД тепловой машины с обратимым циклом Карно при условии равенства температур их нагревателей и холодильников.

$$\eta_{\text{необр.}} < \eta_{\text{обр.}}$$

20

- ③ Определите относительную скорость движения, при которой релятивистское сокращение линейных размеров тела составляет 10%

Решо

$$\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 0,9$$

$v = ?$

$$1. \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 0,9$$

$$1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2 = 0,81$$

$$\left(\frac{v}{c}\right)^2 = 0,19$$

$$\frac{v}{c} = 0,44 \Rightarrow v = 0,44 \cdot c$$

$$2. v = 0,44 \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с} = 132 000 \frac{км}{с}$$

Ответ: $132 000 \frac{км}{с}$

// поучила в интернете

④ Определить массу атмосфер Земли при условии, что температура атмосферы не изменяется по высоте, т.е. $T = \text{const}$, а давление на поверхности Земли $p_0 = 1 \text{ атм}$. Радиус Земли 6400 км (R_z)

Дано:

см

Решение:

$$T = \text{const}$$

$$p_0 = 1 \text{ атм} \quad 10^5 \text{ Па}$$

$$R_z = 6400 \text{ км}$$

$M_{\text{атм}} = ?$

1. По определению

$$p_0 = \frac{F_0}{S} = \frac{M_{\text{атм}} g}{4\pi R_z^2}$$

$$\Rightarrow M_{\text{атм}} = \frac{4\pi R_z^2 \cdot p_0}{g}$$

$$2. M_{\text{атм}} = \frac{4\pi \cdot 6400^2 \cdot 10^5}{10} = 515 \cdot 10^6 \cdot 10^4 \text{ кг} \approx \\ \approx 52 \cdot 10^{11} \text{ кг}$$

Ответ: $52 \cdot 10^{11} \text{ кг}$