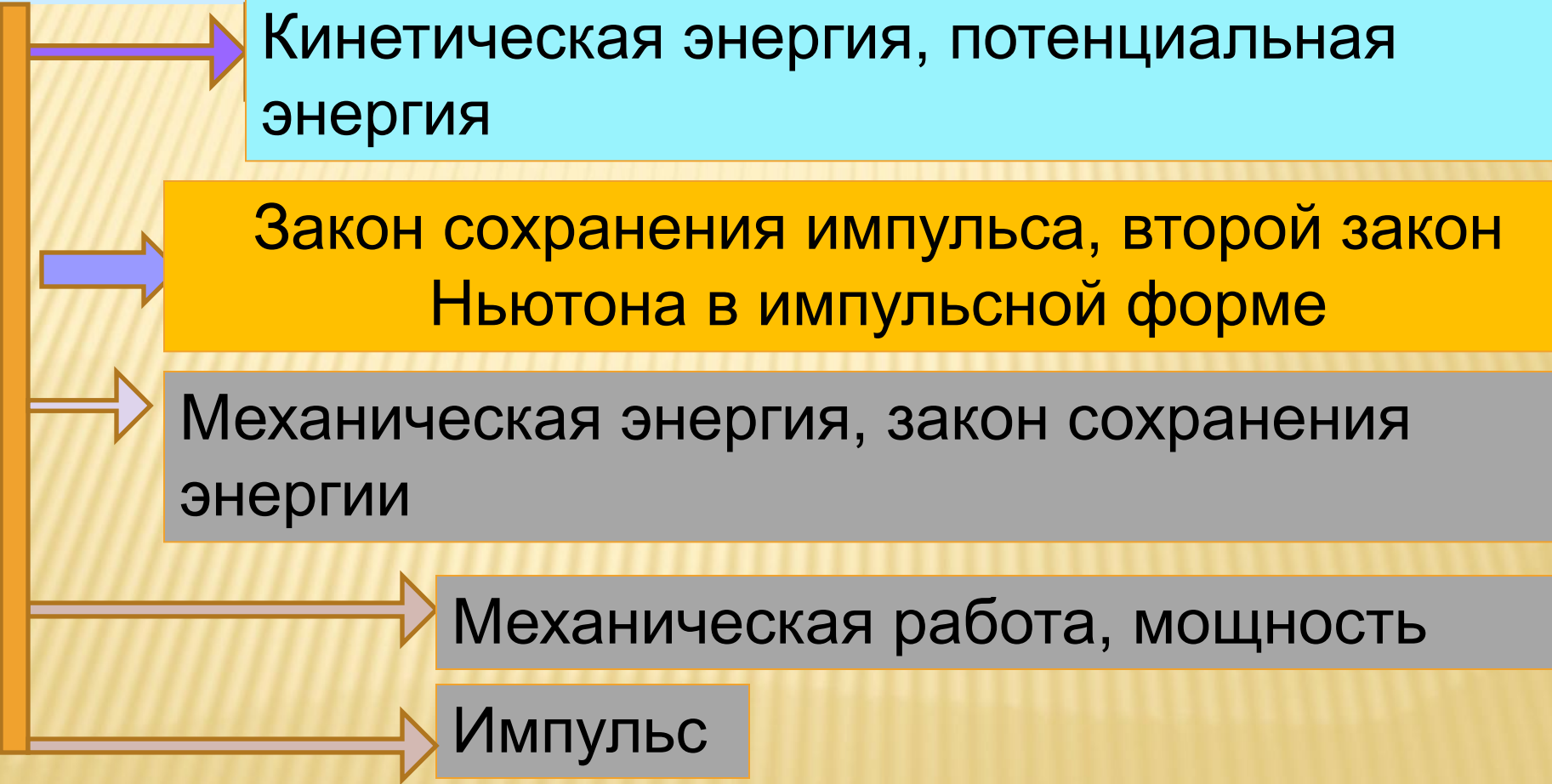


# Импульс, энергия, законы сохранения



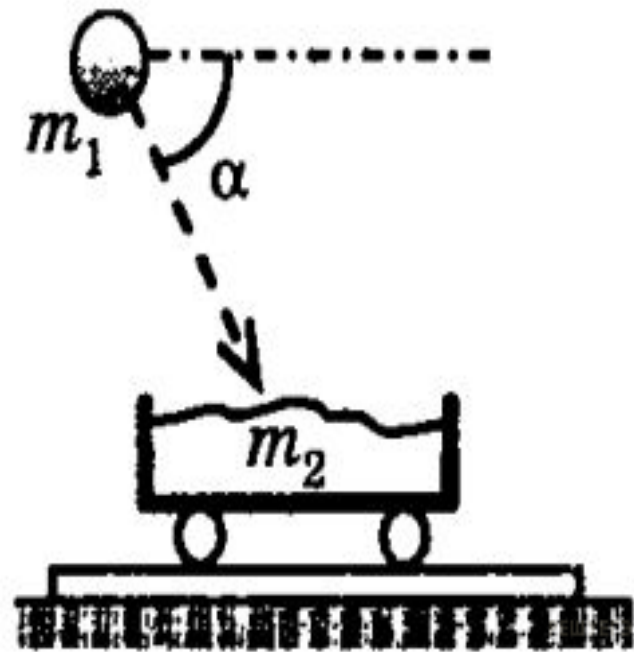
Кинетическая энергия, потенциальная энергия

Закон сохранения импульса, второй закон Ньютона в импульсной форме

Механическая энергия, закон сохранения энергии

Механическая работа, мощность

Импульс



3.2.5 Камень массой падает под углом  $60^\circ$  к горизонту со скоростью  $10 \text{ м/с}$  в тележку с песком, покоящуюся на горизонтальных рельсах. Чему равен импульс тележки с песком и камнем после падения камня?

Полный горизонтальный импульс системы до столкновения должен быть равен полному горизонтальному импульсу системы после столкновения.

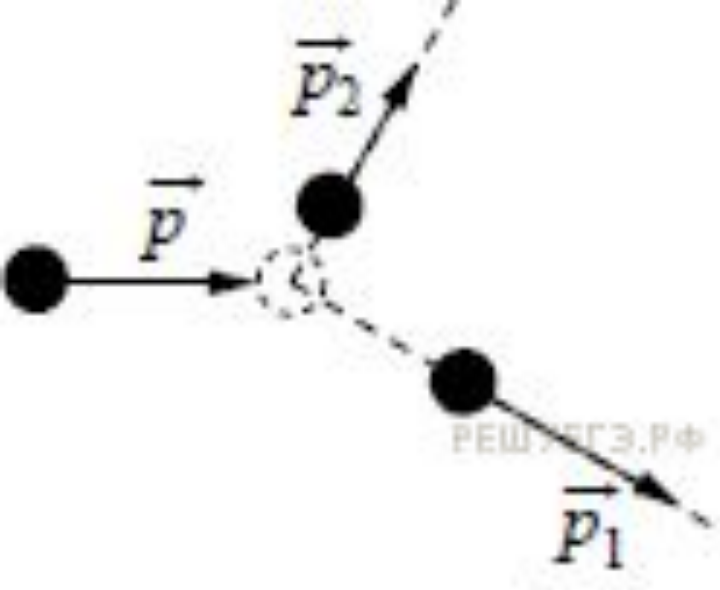
$$p = m_1 v_{\text{камень}} \cos \alpha = 4 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с} \cdot \cos 60^\circ = 20 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

3.2.6 Мальчик массой 50 кг находится на тележке массой 50 кг, движущейся слева направо по гладкой горизонтальной дороге со скоростью 1 м/с. Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик прыгнет с неё в направлении первоначальной скорости тележки со скоростью 3 м/с относительно дороги?

по закону сохранения импульса импульс системы вдоль горизонтальной оси сохраняется

$$p_0 = p_1 + p_2 \Leftrightarrow (M + m)v_0 = mv + MV,$$

$$V = \frac{(M + m)v_0 - mv}{M} \Leftrightarrow V = \frac{100 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с} - 50 \text{ кг} \cdot 3 \text{ м/с}}{50 \text{ кг}} = -1 \text{ м/с.}$$

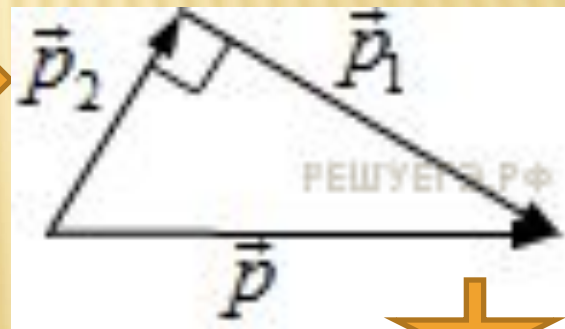



3.2.7 На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же шар. Налетевший шар имел до удара импульс  $p = 0,5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ . После удара шары разлетелись под углом  $90^\circ$  так, что импульс одного

$p_1 = 0,4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$  Каков импульс второго шара после соударения?

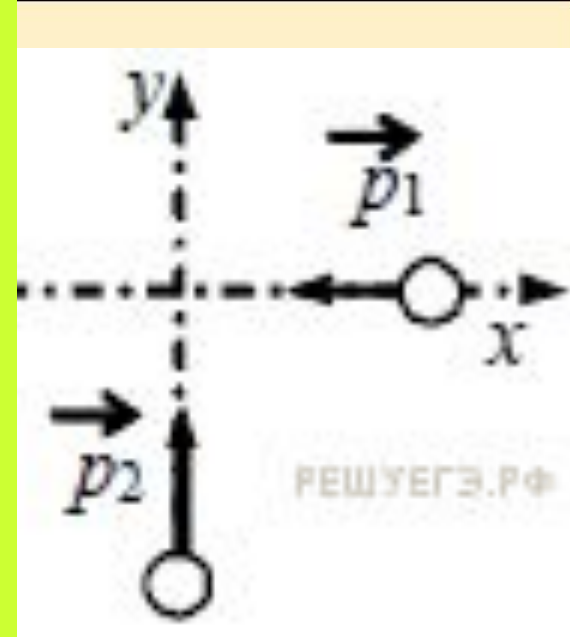
По закону сохранения импульса, импульс системы до соударения шаров и после должен быть одинаков:

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$



$$p_2 = \sqrt{p^2 - p_1^2} = \sqrt{(0,5 \text{ кг} \cdot \text{м/с})^2 - (0,4 \text{ кг} \cdot \text{м/с})^2} = 0,3 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

3.2.8. По гладкой горизонтальной плоскости по осям  $x$  и  $y$  движутся две шайбы с импульсами, равными по модулю  $p_1 = 1,5$  кг·м/с и  $p_2 = 3,5$  кг·м/с, как показано на рисунке. После соударения вторая шайба продолжает двигаться по оси  $y$  в прежнем направлении с импульсом, равным по модулю  $p_3 = 1,5$  кг·м/с. Определите модуль импульса первой шайбы после удара.




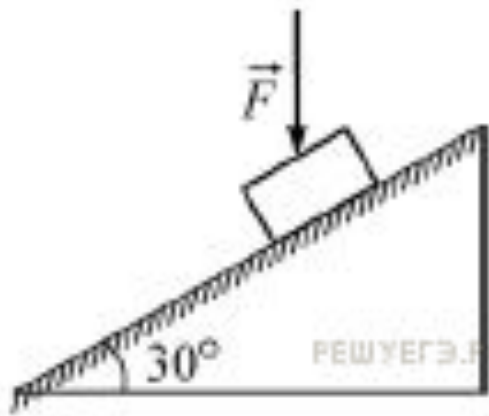
Импульс второй шайбы уменьшился на 2 кг·м/с, по закону сохранения импульса суммарный импульс системы должен сохраняться. Следовательно, первая шайба получит импульс 2 кг·м/с в направлении оси  $x$ . По теореме Пифагора находим величину импульса первой шайбы:

$$\sqrt{2^2 + 1,5^2} = 2,5 \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$$

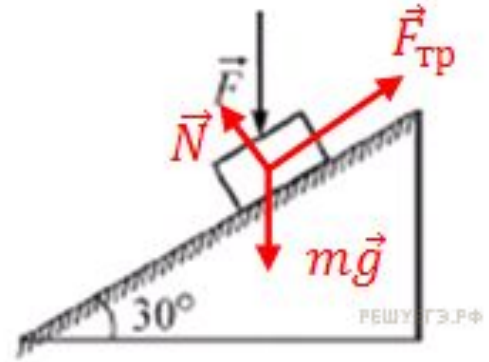
3.2.9. Тело массой 0,2 кг свободно падает без начальной скорости. За некоторый промежуток времени изменение модуля импульса тела равно 8 кг·м/с. Чему равен этот промежуток времени? Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Так как тело свободно падает и сопротивления воздуха нет, то второй закон Ньютона может быть записан в следующей форме:

$$ma = mg = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta p}{mg} = \frac{8 \text{ кг} \cdot \text{м/с}}{0,2 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 4 \text{ с.}$$




Брусок массой 2 кг, к которому приложена сила 4 Н, направленная вертикально вниз, равномерно движется вниз по шероховатой наклонной плоскости с углом при основании 30°. Чему равен модуль работы, которую совершит над бруском сила трения при перемещении бруска на 1 м?



$$\vec{N} + \vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} = 0.$$

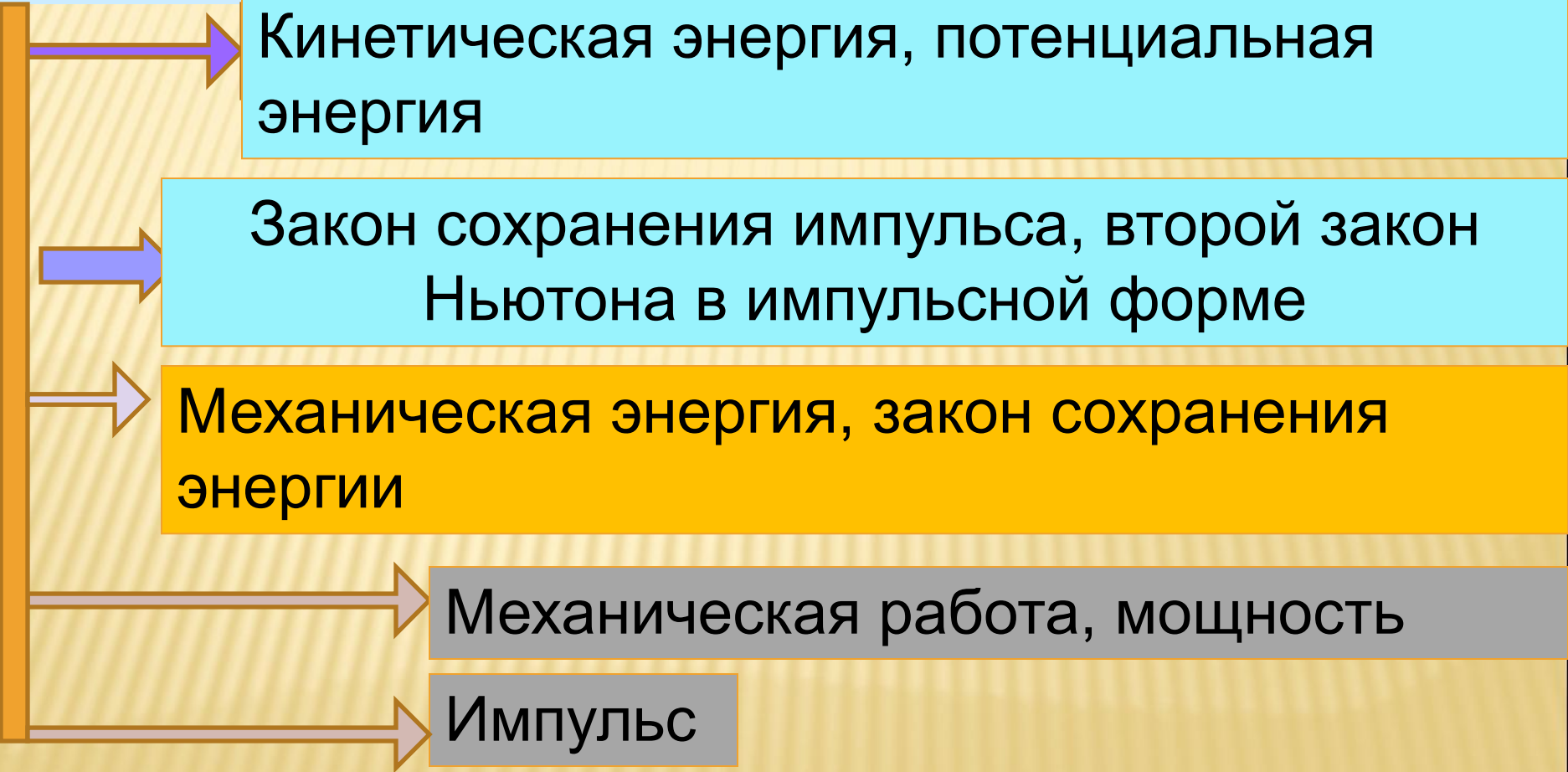
$$x: F_{\text{тр}} \cos \alpha - N \sin \alpha = 0,$$

$$y: F_{\text{тр}} \sin \alpha - mg - F + N \cos \alpha = 0.$$

$$N = \frac{F_{\text{тр}} \cos \alpha}{\sin \alpha} \rightarrow F_{\text{тр}} \sin \alpha - mg - F + \frac{F_{\text{тр}} \cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha = 0.$$

$$F_{\text{тр}} = (mg + F) \sin \alpha. \rightarrow F_{\text{тр}} = (2 \cdot 10 + 4) \cdot \frac{1}{2} = 12 \text{ Н.}$$

# Импульс, энергия, законы сохранения



Кинетическая энергия, потенциальная энергия

Закон сохранения импульса, второй закон Ньютона в импульсной форме

Механическая энергия, закон сохранения энергии

Механическая работа, мощность

Импульс



3.3.1 Мальчик толкнул санки с вершины горки. Сразу после толчка санки имели скорость 5 м/с. Высота горки 10 м. Трение санок о снег пренебрежимо мало. Какова скорость санок у подножия горки? (Ответ дайте в метрах в секунду.) Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с<sup>2</sup>.

$$\frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{mu^2}{2} \Leftrightarrow \frac{v^2}{2} + gh = \frac{u^2}{2} \Leftrightarrow u = \sqrt{v^2 + 2gh} = \sqrt{5^2 + 2 \cdot 10 \cdot 10} = 15 \text{ м/с.}$$

3.3.2 Автомобиль, двигаясь с выключенным двигателем, на горизонтальном участке дороги имеет скорость 20 м/с. Какое расстояние он проедет до полной остановки вверх по склону горы под углом  $30^\circ$  к горизонту? (Ответ дайте в метрах.) Трением пренебречь. Ускорение свободного падения считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

Высота, на которую автомобиль успеет подняться до полной остановки определяется из условия

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(20 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 20 \text{ м.}$$

$\frac{mv^2}{2} = mgh.$

$$S = \frac{h}{\sin 30^\circ} = \frac{20 \text{ м}}{1/2} = 40 \text{ м.}$$

3.3.3 Тела 1 и 2 взаимодействуют только друг с другом. Изменение кинетической энергии тела 2 за некоторый промежуток времени равно 10 Дж. Работа, которую совершили за этот же промежуток времени силы взаимодействия тел 1 и 2, равна 30 Дж. Чему равно изменение кинетической энергии тела 1 за это время? (Ответ дайте в джоулях.)

Поскольку тела 1 и 2 взаимодействуют только друг с другом, они образуют замкнутую систему.

$$E_{\text{к}} = E_{\text{к1}} + E_{\text{к2}}, \rightarrow \delta E_{\text{к}} = \delta E_{\text{к1}} + \delta E_{\text{к2}}$$

$$\delta E_{\text{к1}} = \delta E_{\text{к}} - \delta E_{\text{к2}} = A - \delta E_{\text{к2}} = 30 \text{ Дж} - 10 \text{ Дж} = 20 \text{ Дж.}$$

3.3.4 Человек стоит на гладком льду и держит в руках снежок.

Масса снежка в 50 раз меньше массы человека. При горизонтальном бросании снежка человек совершил работу 76,5 Дж. Какова кинетическая энергия человека после броска?  
(Ответ дайте в джоулях.)

По закону сохранения импульса импульсы снежка и человека после броска равны:

$$p_{\text{ч}} = p_{\text{с}} \Leftrightarrow mv_{\text{ч}} = m/50 \cdot v_{\text{с}} \Leftrightarrow v_{\text{с}} = 50v_{\text{ч}}.$$

Выразим кинетическую энергию снежка через кинетическую энергию человека:

$$E_{\text{кс}} = \frac{m/50 \cdot (v_{\text{с}})^2}{2} = \frac{m/50 \cdot (50v_{\text{ч}})^2}{2} = 50 \frac{mv_{\text{ч}}^2}{2} = 50E_{\text{кч}}.$$

$$A = E_{\text{кч}} + E_{\text{кс}} \Leftrightarrow A = 51E_{\text{кч}}$$

$$E_{\text{кч}} = \frac{A}{51} = 1,5 \text{ Дж.}$$