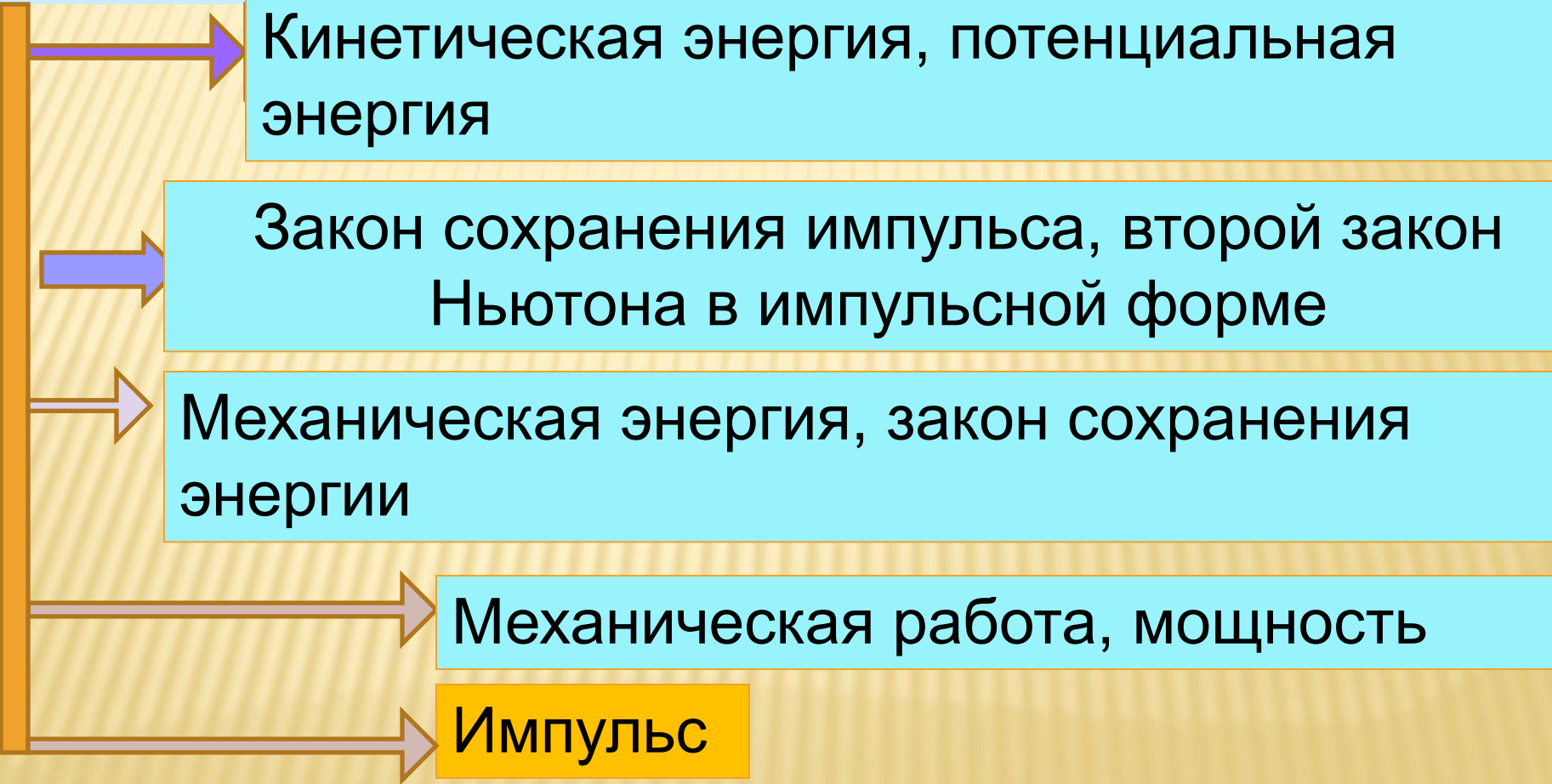


Импульс, энергия, законы сохранения



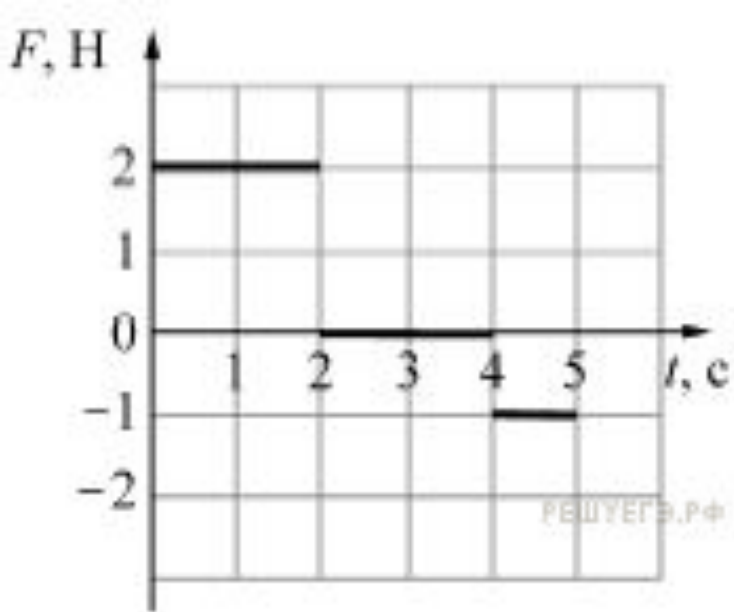
Кинетическая энергия, потенциальная энергия

Закон сохранения импульса, второй закон Ньютона в импульсной форме

Механическая энергия, закон сохранения энергии

Механическая работа, мощность

Импульс



3.4.1 Материальная точка массой 2 кг движется вдоль горизонтальной оси под действием горизонтальной силы. В начальный момент времени тело покоилось. График зависимости силы от времени изображён на рисунке. Чему равен импульс материальной точки в конце третьей секунды?

Если сила постоянна, то импульс, переданный телу за некоторый промежуток времени, равен произведению этой силы на время действия этой силы.

$$p = F_1(t_2 - t_1) + F_2(t_3 - t_2) = 2 \cdot (2 - 0) + 0 \cdot (3 - 2) = 4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

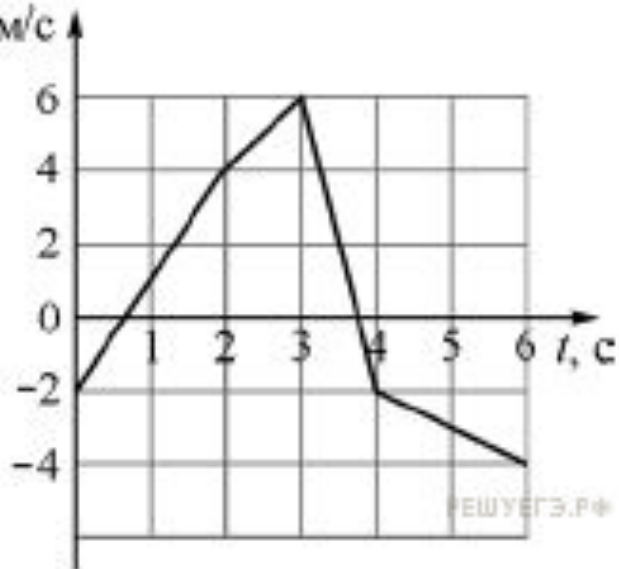
3.4.2 Небольшое тело массой 2 кг, движущееся по гладкой горизонтальной поверхности, имеет кинетическую энергию 400 Дж. Через некоторый промежуток времени его кинетическая энергия увеличилась до 900 Дж. На какую величину изменился за указанный промежуток времени модуль импульса этого тела?

Кинетическая энергия и скорость тела связаны соотношением

$$E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2E_{\text{кин}}}{m}}.$$

Импульс тела изменился на

$$\Delta p = m(v_2 - v_1) = \sqrt{2m} \left(\sqrt{E_{\text{кин}2}} - \sqrt{E_{\text{кин}1}} \right) = 20 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$



3.4.3 Точечное тело массой 5 кг начинает прямолинейное движение вдоль оси Ox . На рисунке показана зависимость проекции V скорости этого тела на ось Ox от времени t . Чему равна проекция на ось Ox изменения импульса этого тела в интервале времени от 4 до 6 секунд?

В интервале времени от 4 до 6 секунд скорость тела изменяется на -2 м/с, следовательно, проекция изменения импульса на этом интервале равна -10 кг·м/с.

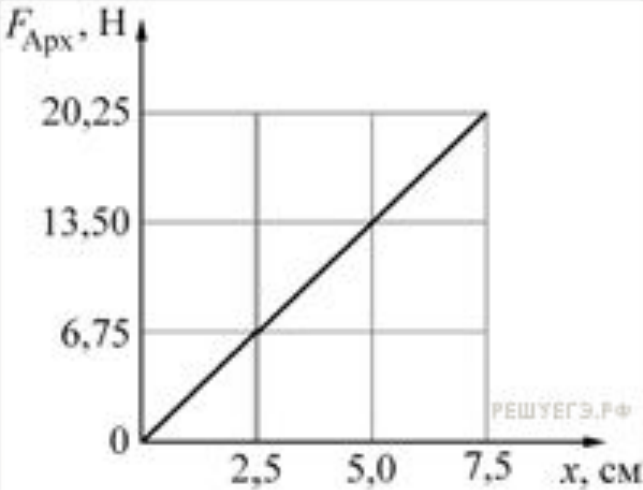
Механическое равновесие, механические колебания и волны

Сила Архимеда, закон Паскаля

Волны

Пружинный и математический маятники,
колебания

Механическое равновесие



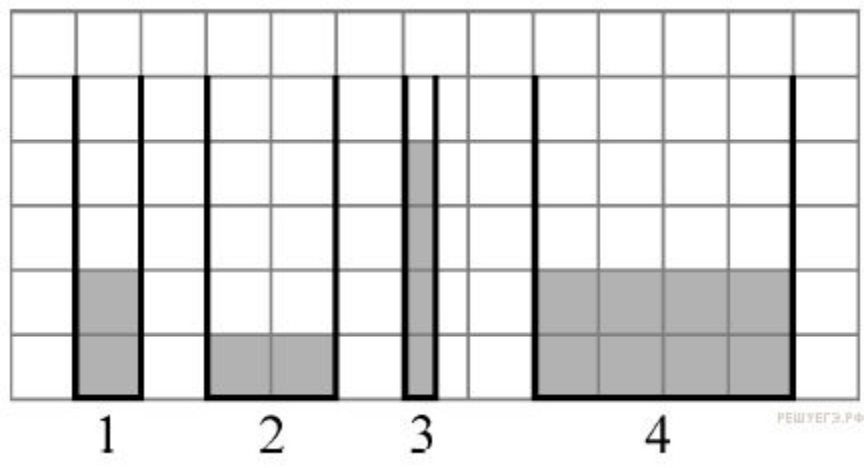
4.1.1 На графике показана зависимость модуля силы Архимеда $F_{\text{Арх}}$, действующей на медленно погружаемый в жидкость кубик, от глубины погружения x . Длина ребра кубика равна 10 см, его нижнее основание всё время параллельно поверхности жидкости. Определите плотность жидкости. Ответ приведите в $\text{кг}/\text{м}^3$.

Сила Архимеда, действующая на кубик равна

$$F_{\text{Арх}} = \rho g V, \rightarrow F_{\text{Арх}} = \rho g V = \rho g a^2 x,$$

$$\rho = \frac{F_{\text{Арх}}}{g a^2 x}.$$

$$\rho = \frac{20,25 \text{ Н}}{10 \text{ м}/\text{с}^2 \cdot (0,1 \text{ м})^2 \cdot 7,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 2700 \text{ кг}/\text{м}^3.$$



4.1.2 В четыре сосуда, вертикальные сечения которых показаны на рисунке, налита вода. Одна клеточка на рисунке соответствует 10 см. В одном из этих сосудов гидростатическое давление на дно максимально. Чему оно равно? (Ответ дайте в паскалях.)

Гидростатическое давление — давление столба воды над условным уровнем. Измеряется высотой столба воды

У сосуда под номером 3 наибольшая высота столбца

$$p = \rho gh.$$

Плотность воды 1000 кг/м³, высота столба жидкости в сосуде под номером 3 равна четырём клеточкам...

$$p = 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,4 \text{ м} = 4000 \text{ Па.}$$

4.1.3 Кубик из резины с ребром 10 см опускают в воду. Каково отношение объёма кубика, находящегося под водой, к объёму кубика, находящегося над водой? Плотность резины $0,8 \text{ г/см}^3$.

На кубик в воде действуют две силы: сила Архимеда и сила тяжести.

Второй закон Ньютона:

$$F_A = F_T$$

$$\rho_{\text{в}} \cdot g \cdot V_{\text{п}} = \rho_{\text{р}} \cdot g \cdot (V_{\text{п}} + V_{\text{н}}),$$

Поделим выражение на $V_{\text{п}}$

$$\frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{п}}} = \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{р}}} - 1 = \frac{1}{0,8} - 1 = 0,25. \Rightarrow \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{н}}} = 4.$$

4.1.4 Пустой цилиндрический стеклянный стакан плавает в воде, погрузившись на $\frac{3}{4}$ своей высоты. Дно стакана при плавании горизонтально, плотность стекла 2500 кг/м^3 . Чему равно отношение внутреннего объёма стакана к его наружному объёму?

Стакан давит вниз с силой

$$F_{\text{ТЯЖ}} = mg = V_1 \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot g,$$

с другой стороны, действует сила Архимеда

$$F_{\text{арх}} = \frac{3}{4} \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot (V_1 + V_2).$$

Условие плавания тел:

$$F_{\text{арх}} = F_{\text{тяж}}.$$

$$2500 \cdot g \cdot V_1 = \frac{3}{4} \cdot 1000 \cdot g \cdot (V_1 + V_2).$$

$$\frac{V_2}{(V_1 + V_2)}.$$

Нужно найти отношение внутреннего объёма к внешнему, т. е. отношение объёма воздуха ко всему объёму

$$\frac{V_2}{(V_1 + V_2)} = 1 - 0,3 = 0,7$$

4.1.5 В сосуде с водой, не касаясь стенок и дна, плавает деревянный (сосновый) кубик с длиной ребра 10 см. Кубик вынимают из воды, заменяют половину его объёма на материал, плотность которого в 5 раз больше плотности древесины, и помещают получившийся составной кубик обратно в сосуд с водой. На сколько увеличится модуль силы Архимеда, действующей на кубик? Ответ выразите в Н. (Плотность сосны — 400 кг/м^3 .)

В первом случае $\rightarrow F_{A1} = mg = \rho_T a^3 g = 400 \cdot 0,1^3 \cdot 10 = 4 \text{ Н.}$

После замены части кубика его средняя плотность станет:

$$0,5 \cdot 400 + 0,5 \cdot 2000 = 1200 \text{ кг/м}^3.$$

$$F_{A2} = \rho_B g V_T = 1000 \cdot 10 \cdot 0,1^3 = 10 \text{ Н.}$$

Она больше плотности воды и значит, во втором случае кубик полностью погрузится в воду

Отсюда получаем, что сила Архимеда увеличится на 6 Н.

4.1.6 На плавающем в воде теле объёмом 800 см^3 стоит кубик массой 300 г . При этом тело погружено в воду целиком, а кубик весь находится над водой. Чему станет равным объём погружённой в воду части тела, если снять с него кубик? В обоих случаях плавание тела является установившимся. Ответ выразите в кубических сантиметрах и округлите до целого числа.

Сила тяжести, которая действует на плавающее тело, уравнивается силой Архимеда.

$$F_T = F_A = g\rho_{\text{ж}} V_T \rightarrow \begin{cases} g\rho_{\text{ж}} V_1 = g(m_1 + m_2), \\ g\rho_{\text{ж}} V_2 = gm_1. \end{cases}$$

$$g\rho_{\text{ж}} V_1 - g\rho_{\text{ж}} V_2 = gm_2 \Leftrightarrow V_2 = \frac{g\rho_{\text{ж}} V_1 - gm_2}{g\rho_{\text{ж}}} = V_1 - \frac{m_2}{\rho_{\text{ж}}} = 500 \text{ см}^3.$$