

Импульс

ОГЛАВЛЕНИЕ

*Урок
№1.*

ИМПУЛЬС ТЕЛА

*Урок
№2.*

*ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ
ИМПУЛЬСА ТЕЛА*

*Урок
№3.*

*ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА
СОХРАНЕНИЯ
ИМПУЛЬСА ТЕЛА*

*ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ
ЗАДАЧ*

Урок №1.

ИМПУЛЬС ТЕЛА

Причиной изменения скорости тела является действие на него силы F , при этом тело не может изменить свою скорость мгновенно.

Следовательно, изменение скорости зависит не только от силы но и от времени ее действия

Выясним зависимость изменения скорости тела от силы действующей на него и времени действия этой силы при равноускоренном движении тела из состояния покоя :

Согласно второму закону Ньютона:

$$F = ma$$

Ускорение тела при
равноускоренном движении из
состояния покоя равно:

$$a = \frac{v}{t}$$

подставим вместо ускорения его
значение и получим:

$$F = m \cdot \frac{v}{t}$$

Преобразуем данное выражение

$$t \cdot F = m \cdot v$$

Рассмотрим полученное выражение

$$t \cdot F = m \cdot v$$



Физическая величина,
равная произведению силы,
действующей на тело, и
времени ее действия
называется

ИМПУЛЬС СИЛЫ



Физическая величина,
равная произведению
массы тела и его скорости
называется

импульс тела

$$p = m v$$

Импульс тела – векторная физическая величина характеризующая количество движения.

Направление вектора импульса тела совпадает с направлением скорости тела.

Если скорость тела равна нулю,

$$v = 0$$

то его импульс
равен нулю,

$$p = m \cdot v = m \cdot 0 = 0$$



Если тело обладает скоростью, то его импульс
не равен нулю,



Единицей измерения импульса в СИ
является

килограмм-метр в секунду

$$[p] = [m \cdot v] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} = \text{кг} \cdot \text{м/с}$$

Понятие импульса было введено в физику французским ученым Рене Декартом (1596-1650).



пример

*Урок
№2.*

Закон сохранения импульса

“Я принимаю, что во Вселенной, во всей созданной материи есть известное количество движения, которое никогда не увеличивается, не уменьшается, и, таким образом, если одно тело приводит в движение другое, то теряет столько своего движения, сколько его сообщает”.

Рене Декарт.

С другой стороны мы знаем третий закон Ньютона:

Сила с которой взаимодействуют два любые тела, всегда равны по величине и противоположны по направлению.

Два этих утверждения не могут быть не взаимосвязаны так, как описывают одно и тоже взаимодействие.

Докажем эту взаимосвязь.

Согласно третьему закону Ньютона, силы взаимодействия между двумя телами равны:

$$F_1 = F_2$$

Умножим правую и левую части равенства на время взаимодействия.

$$t \cdot F_1 = F_2 \cdot t$$

Получим в правой и левой части равенства импульсы сил которые сообщаются этим телам, а импульсы сил равны импульсам тел полученных во время их взаимодействия.

$$p_1 = p_2$$

В более общем виде данное выражение выглядит следующим образом:

$$p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$$

При взаимодействии двух тел их общий импульс остается неизменным (т.е. сохраняется)

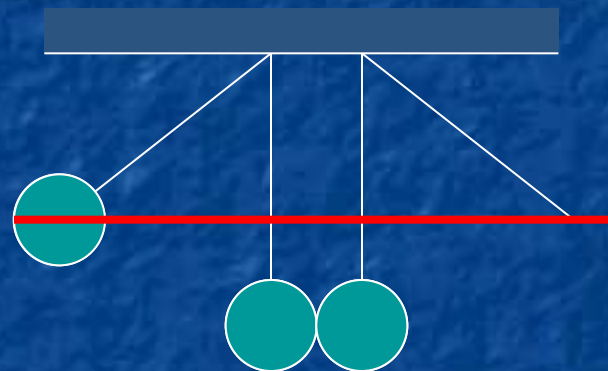
Данный закон является фундаментальным законом природы.

Закон сохранения импульса используется в случаях когда взаимодействие тел нельзя описать с помощью законов Ньютона, т. е. при долговременных или кратковременных взаимодействиях.

Для демонстрации закона сохранения импульса тела рассмотрим опыт.

Подвесим на тонких нитях два одинаковых шарика

Отведем один из шариков в сторону



Мы видим что после столкновения левый шар остановился, а правый пришел в движение.

Высота подъема правого шара, равна высоте на которую отклонили левый шар.

Это говорит о том, что левый шар отдал весь свой импульс правому шару.

пример

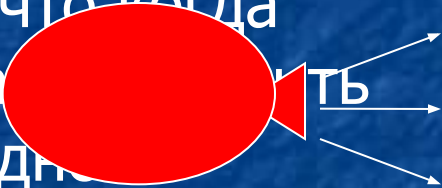
**Урок
№3.**

**Применение
закона
сохранения
импульса**

Закон сохранения импульса используется в случаях когда взаимодействие тел нельзя описать с помощью законов Ньютона, т. е. при долговременных или кратковременных взаимодействиях.

Рассмотрим простой пример: возьмем детский резиновый шарик, надуем его и отпустим.

Мы видим что когда воздух начинает вылетать из шарика в одном направлении, то сам шарик полетит в другую сторону



Движение тела, возникающее при отделении от тела его части с некоторой скоростью, называется

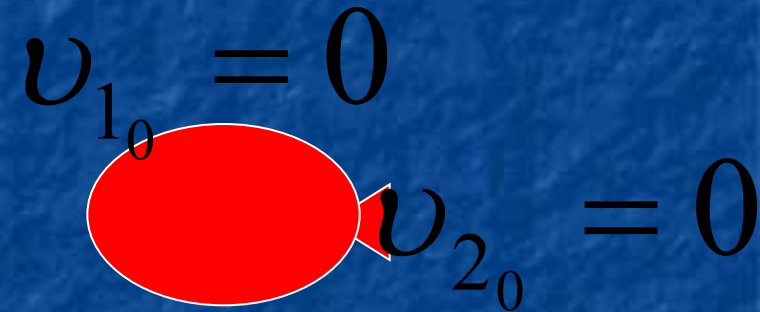
реактивным движением.

Рассмотрим реактивное движение с помощью закона сохранения импульса

Скорость шарика в начальный момент времени была равна нулю

И скорость воздуха в начальный момент времени была равна нулю

Следовательно импульсы тел, до взаимодействия, тоже равны нулю



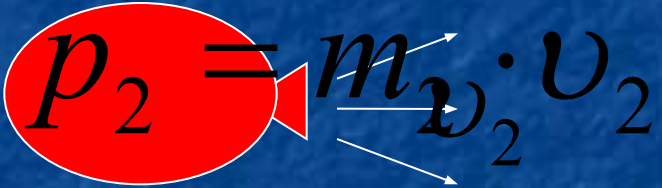
$$p_1 = m_1 \cdot v_{1_0} = m_1 \cdot 0 = 0$$

$$p_2 = m_2 \cdot v_{2_0} = m_2 \cdot 0 = 0$$

Предположим, что воздух выходит из шарика с одинаковой скоростью v_2

После выхода всего газа массой m_2 , шар приобретет скорость v_1

Тогда импульсы тел после взаимодействия будут равны:

$$v_1 \quad p_1' = m_1 \cdot v_1; \quad p_2' = m_2 \cdot v_2$$
A diagram illustrating momentum vectors. A red oval highlights the term p_2' in the equation. To the right of the oval, there are two arrows pointing away from each other, representing the direction of the gas velocity v_2 . The arrows are labeled with v_2 .

Согласно закону сохранения импульса, получим:

$$p_1' + p_2' = p_1 + p_2$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0 + 0$$

Найдем скорость шарика v_1

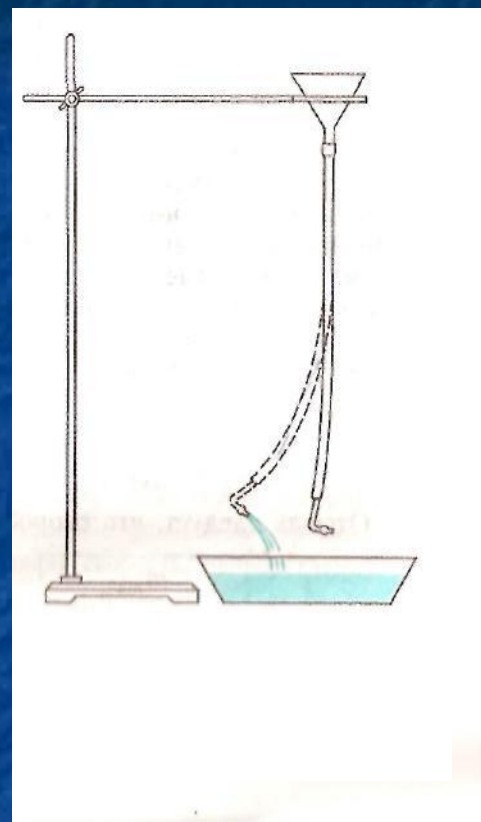
$$m_1 v_1 = -m_2 v_2$$

$$v_1 = -\frac{m_2}{m_1} v_2$$

Знак «-» показывает, что скорость шарика имеет противоположное направление скорости вырывающегося из него воздуха.

Реактивное движение, возникающее при выбросе воды, можно наблюдать на следующем опыте. Налейм воду в стеклянную воронку, соединенную с резиновой трубкой, имеющей Г-образный наконечник.

Мы увидим, что, когда вода начнет выливаться из трубки, сама трубка придет в движение и отклонится в сторону, противоположную направлению вытекания воды.



По принципу реактивного движения передвигаются некоторые представители животного мира, например кальмары и осьминоги. Периодически выбрасывая в себя воду, они способны развивать скорость до 60—70 км/ч. Аналогичным образом перемещаются медузы, каракатицы и некоторые другие животные.

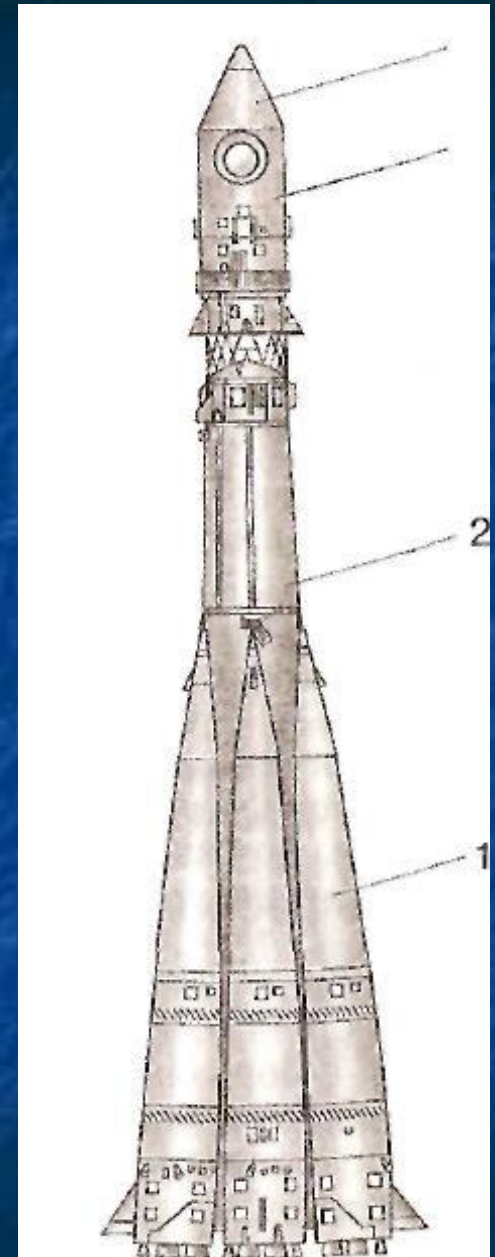


Примеры реактивного движения можно обнаружить и в мире растений. Например, созревшие плоды «бешеного» огурца при самом легком прикосновении отскакивают от плодоножки и из отверстия, образовавшегося на месте отделившейся ножки, с силой выбрасывается горькая жидкость с семенами; сами огурцы при этом отлетают в противоположном направлении.



На принципе реактивного движения основаны полеты ракет. Современная космическая ракета представляет собой очень сложный летательный аппарат, состоящий из сотен тысяч и миллионов деталей.

Масса ракеты огромна. Она складывается из массы рабочего тела (т. е. раскаленных газов, образующихся в результате сгорания топлива и выбрасываемых в виде реактивной струи) и конечной или, как говорят, «сухой» массы ракеты, остающейся после выброса из ракеты рабочего тела.



Обозначим «сухую»
массу ракета

 m_p

Скорость ракеты

 v_p

а массу вырывающихся
газов

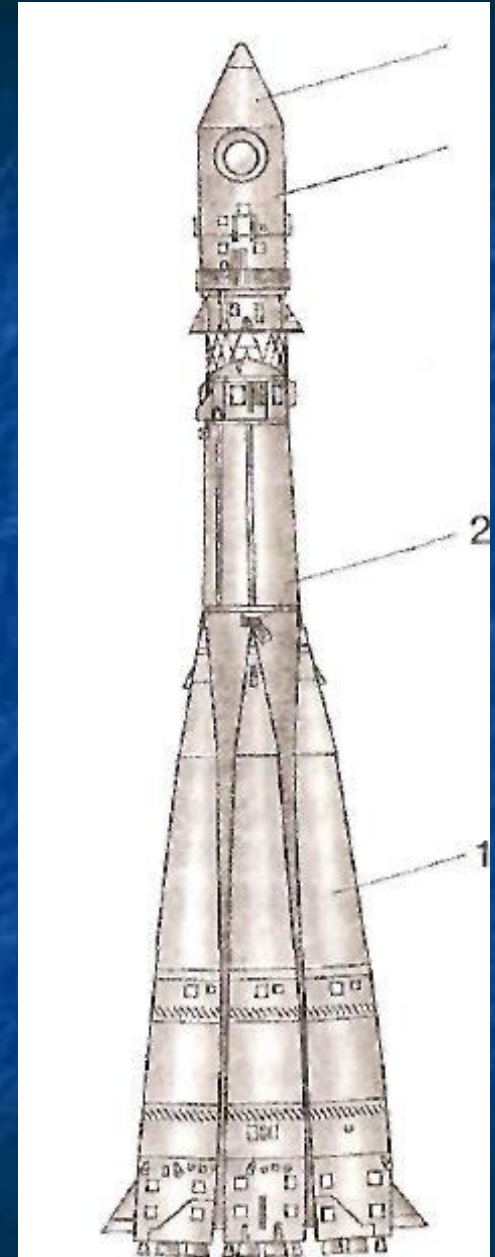
 $m_{газ}$

Скорость
вырывающихся газов

 $v_{газ}$

То уравнение полученное нами для
резинового шарика примет следующий вид

$$w_p = \frac{m_{газ}}{m_p} w_{газ}$$



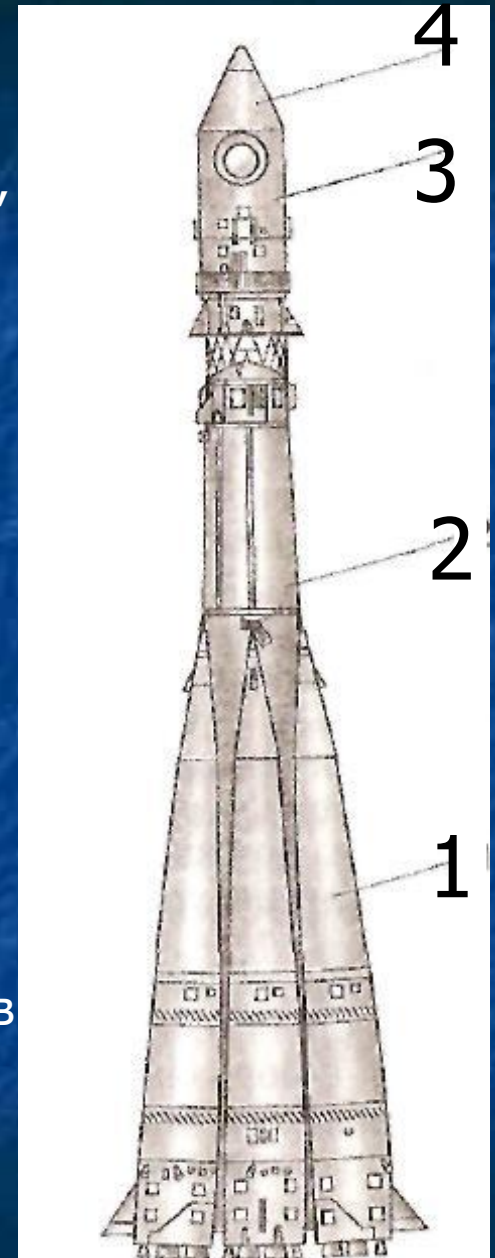
Мы видим, что чем больше масса ракеты тем меньше ее скорость.

По мере истечения рабочего тела освободившиеся баки, лишние части оболочки и т. д. начинают обременять ракету ненужным грузом, затрудняя ее разгон. Поэтому для достижения космических скоростей применяют составные (или многоступенчатые) ракеты.

Сначала в таких ракетах работают лишь блоки первой ступени **1**. Когда запасы топлива в них кончаются, они отделяются и включается вторая ступень **2**; после исчерпания в ней топлива она также отделяется и включается третья ступень **3**.

Находящийся в головной части ракеты спутник или какой-либо другой космический аппарат укрыт головным обтекателем **4**, обтекаемая форма которого способствует уменьшению сопротивления воздуха при полете ракеты в атмосфере Земли.

$$v_p = \frac{m_{\text{заж}} v_{\text{заж}}}{m_p}$$



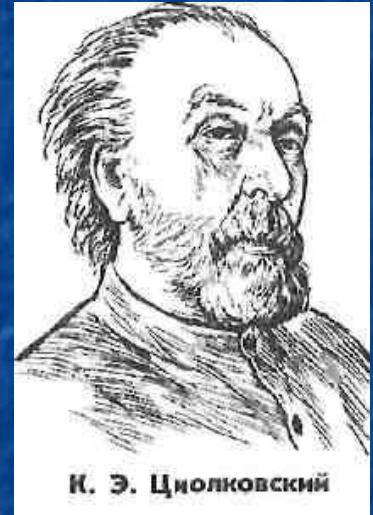
Формула выведенная нами является приближенной.

В ней не учитывается, что по мере сгорания топлива масса летящей ракеты становится все меньше и меньше. Точная формула для скорости ракеты впервые была получена в 1897 г. К. Э. Циолковским.

В таблице приведены отношения начальной массы ракеты m_0 к ее конечной массе m , соответствующие разным скоростям ракеты при скорости газовой струи (относительно ракеты)

$$v = 4 \text{ км/с}$$

$$v_p = \frac{m_{\text{газ}}}{m_p} v_{\text{газ}}$$



| $v_p, \text{км/с}$ | m_0/m | $v_p, \text{км/с}$ | m_0/m | $v_p, \text{км/с}$ | m_0/m |
|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|
| 4 | 2,7 | 16 | 55 | 28 | 1100 |
| 8 | 7,4 | 20 | 148 | 32 | 2980 |
| 12 | 20,1 | 24 | 403 | 36 | 8100 |

Например, для сообщения ракете скорости, превышающей скорость истечения газов в 4 раза ($v=16$ км/с), необходимо, чтобы начальная масса ракеты (вместе с топливом) превосходила конечную («сухую») массу ракеты в 55 раз ($m_0/m = 55$). Это означает, что львиную долю от всей массы ракеты на старте должна составлять именно масса топлива. Полезная же нагрузка по сравнению с ней должна иметь очень малую массу.

| $v_p, \text{км/с}$ | m_0/m | $v_p, \text{км/с}$ | m_0/m | $v_p, \text{км/с}$ | m_0/m |
|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|
| 4 | 2,7 | 16 | 55 | 28 | 1100 |
| 8 | 7,4 | 20 | 148 | 32 | 2980 |
| 12 | 20,1 | 24 | 403 | 36 | 8100 |

пример

Примеры решения задач.

Импульс тела

**Закон сохранения
импульса тела**

Реактивное движение

[В оглавление](#)

Чему равен импульс космического корабля, движущегося со скоростью 8 км/с? Масса корабля 6,6 т.

| Дано: | СИ |
|----------------------|--------------------|
| $v = 8 \text{ км/с}$ | 8000 м/с |
| $m = 6,6 \text{ т}$ | 6600 кг |
| <hr/> | |
| $p = ?$ | |

Решение:

$$p = mv =$$
$$= 6600 \text{ кг} \cdot 8000 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 52800000 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $52800000 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$



Когда человек подпрыгивает, то, отталкивается ногами от земного шара, он сообщает ему некоторую скорость. Определите эту скорость, если масса человека 60 кг и он отталкивается со скоростью 4,4 м/с. Масса земного шара $6 \cdot 10^{24}$ кг.

Дано:

$$m_1 = 60 \text{ кг}$$

$$v_1 = 4,4 \text{ м/с}$$

$$m_2 = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

$v - ?$

Решение:

Рассмотрим импульсы человека и земли до взаимодействия:

$$p_1 = m_1 \cdot v_{1_0} = m_1 \cdot 0 = 0$$

$$p_2 = m_2 \cdot v_{2_0} = m_2 \cdot 0 = 0$$

После взаимодействия импульсы человека и земли станут равны:

$$p'_1 = m_1 \cdot v_1 = 60 \text{ кг} \cdot 4,4 \text{ м/с} = 264 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

$$p'_2 = m_2 \cdot v_2$$

Согласно закону сохранения импульса, полный импульс системы остается неизменным:

$$p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2 \quad \text{следовательно:} \quad 0 + 0 = p'_1 + p'_2 \quad p'_2 = -p'_1$$

$$m_2 \cdot v_2 = -264 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \quad v_2 = -\frac{264 \text{ кг} \cdot \text{м}}{m_2 \text{ кг}} = -\frac{264 \text{ кг} \cdot \text{м}}{6 \cdot 10^{24} \text{ кг}} =$$

Ответ: $44 \cdot 10^{-24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$= -\frac{264 \text{ м}}{6 \cdot 10^{24} \text{ с}} = -44 \cdot 10^{-24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Знак «-» показывает, что скорость земного шара имеет противоположное направление скорости человека.



Чему равна скорость пороховой ракеты массой 1 кг после вылета из нее продуктов сгорания массой 0,1 кг со скоростью 500 м/с.

Дано:

$$m_1 = 0,1 \text{ кг}$$

$$v_1 = 500 \text{ м/с}$$

$$m_2 = 1 \text{ кг}$$

$$v = ?$$

Решение:

Рассмотрим импульсы ракеты и продуктов сгорания до взаимодействия:

$$p_1 = m_1 \cdot v_{1_0} = m_1 \cdot 0 = 0$$

$$p_2 = m_2 \cdot v_{2_0} = m_2 \cdot 0 = 0$$

После взаимодействия импульсы ракеты и продуктов сгорания станут равны:

$$p'_1 = m_1 \cdot v_1 = 0,1 \text{ кг} \cdot 500 \text{ м/с} = 50 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

$$p'_2 = m_2 \cdot v_2$$

Согласно закону сохранения импульса, полный импульс системы остается неизменным:

$$p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2 \quad \text{следовательно:} \quad 0 + 0 = p'_1 + p'_2 \quad p'_2 = -p'_1$$

$$m_2 \cdot v_2 = -50 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \quad v_2 = -\frac{50 \text{ кг} \cdot \text{м}}{m_2 \text{ кг}} = -\frac{50 \text{ кг} \cdot \text{м}}{1 \text{ кг}} = -50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Знак «-» показывает, что скорость земного шара имеет противоположное направление скорости человека.

