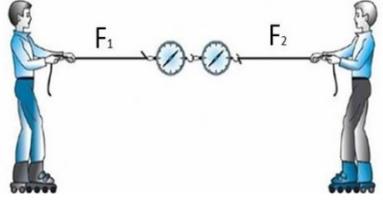
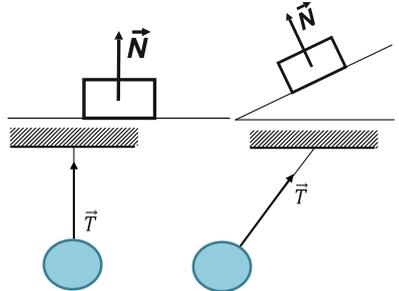
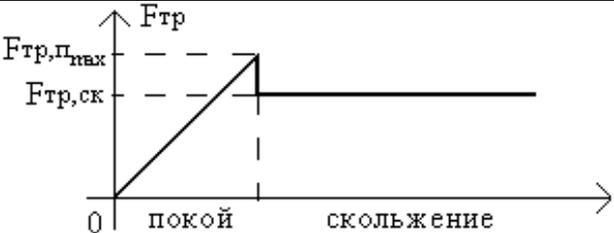
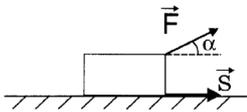


ПЗ №1. Механика. УК5-20-1

ПЛАН: Законы Ньютона. Импульс. Закон всемирного тяготения. Силы в природе. Работа. Мощность. Энергия. КПД.

1. Механика. Формулы

ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ		
Формула	Определение	Единицы измерения
$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$	2-й закон Ньютона: ускорение тела прямо пропорционально действующей на него силе и обратно пропорционально массе тела.	F – сила, мера воздействия одного тела на другое. Единица измерения силы в СИ – ньютон (Н) .
$m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N$	В случае действия нескольких сил на данное тело, необходимо находить векторную сумму всех сил, действующих на тело	
$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$	Третий закон Ньютона: всякое действие материальных точек (тел) друг на друга носит характер взаимодействия; силы, с которыми действуют друг на друга материальные точки, равны по модулю, противоположны по направлению и действуют вдоль прямой, соединяющей эти точки.	
$\vec{F}_{\text{тяг}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	Закон всемирного тяготения: между двумя любыми материальными точками действует сила взаимного притяжения, прямо пропорциональная произведению масс этих точек, обратно пропорциональная квадрату расстояния между ними, направленная вдоль прямой, соединяющей эти точки	G – гравитационная постоянная, фундаментальная константа. $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$.
$g = \frac{GM_3}{(R_3 + h)^2}$	Ускорение свободного падения	h – высота над поверхностью Земли $R_3 = 6370 \text{ км}$ $M_3 = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
$\vec{F}_{\text{тяж}} = m\vec{g}$	Сила тяжести <div style="text-align: center;">  </div>	
N T	Сила реакции опоры N всегда направлена перпендикулярно опоре от нее в сторону действующего на нее тела. Сила натяжения (Т) – сила упругости, действующая на тело со стороны нити или пружины. Сила натяжения направлена от тела вдоль нити.	
$\vec{F}_{\text{тр.п.}} = -\vec{F}$ $\vec{F}_{\text{тр}} = \mu\vec{N}$	Сила трения покоя равна по модулю и противоположна по направлению силе, приложенной к телу параллельно поверхности соприкосновения его с другим телом. Сила трения скольжения всегда направлена противоположно относительной скорости соприкасающихся тел. Модуль этой силы зависит от силы нормального давления тела на поверхность, а следовательно, от силы реакции опоры. Также сила трения зависит от материала трущихся тел и состояния их поверхностей. Также сила трения зависит от скорости движения тел, но при малых скоростях движения этой зависимостью обычно пренебрегают.	

	 <p>Коэффициент трения покоя и скольжения для некоторых пар материалов</p> <table border="1" data-bbox="391 344 1428 672"> <thead> <tr> <th>Материал</th> <th>μ_n</th> <th>μ</th> <th>Материал</th> <th>μ_n</th> <th>μ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Лёд — лёд</td> <td>0,05—0,15</td> <td>0,02</td> <td>Сталь — сталь</td> <td>0,6</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>Кожаная обувь — лёд</td> <td>0,1</td> <td>0,05</td> <td>Кожаная обувь — ковёр</td> <td>0,6</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Сталь — лёд</td> <td>0,1</td> <td>0,05</td> <td>Автошина — мокрый бетон</td> <td>0,7</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Автошина — лёд</td> <td>0,3</td> <td>0,02</td> <td>Стекло — стекло</td> <td>0,9</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <td>Кожаная обувь — дерево</td> <td>0,3</td> <td>0,2</td> <td>Резиновая обувь — дерево</td> <td>0,9</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <td>Дерево — дерево</td> <td>0,5</td> <td>0,5</td> <td>Автошина — сухой бетон</td> <td>1,0</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Резина — асфальт</td> <td>0,6</td> <td>0,4</td> <td>Обувь альпиниста — скала</td> <td>1,0</td> <td>0,8</td> </tr> </tbody> </table>		Материал	μ_n	μ	Материал	μ_n	μ	Лёд — лёд	0,05—0,15	0,02	Сталь — сталь	0,6	0,4	Кожаная обувь — лёд	0,1	0,05	Кожаная обувь — ковёр	0,6	0,5	Сталь — лёд	0,1	0,05	Автошина — мокрый бетон	0,7	0,5	Автошина — лёд	0,3	0,02	Стекло — стекло	0,9	0,7	Кожаная обувь — дерево	0,3	0,2	Резиновая обувь — дерево	0,9	0,7	Дерево — дерево	0,5	0,5	Автошина — сухой бетон	1,0	0,8	Резина — асфальт	0,6	0,4	Обувь альпиниста — скала	1,0	0,8
Материал	μ_n	μ	Материал	μ_n	μ																																													
Лёд — лёд	0,05—0,15	0,02	Сталь — сталь	0,6	0,4																																													
Кожаная обувь — лёд	0,1	0,05	Кожаная обувь — ковёр	0,6	0,5																																													
Сталь — лёд	0,1	0,05	Автошина — мокрый бетон	0,7	0,5																																													
Автошина — лёд	0,3	0,02	Стекло — стекло	0,9	0,7																																													
Кожаная обувь — дерево	0,3	0,2	Резиновая обувь — дерево	0,9	0,7																																													
Дерево — дерево	0,5	0,5	Автошина — сухой бетон	1,0	0,8																																													
Резина — асфальт	0,6	0,4	Обувь альпиниста — скала	1,0	0,8																																													
$p = mv$	Импульс тела , векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость.	Единица измерения импульса в СИ – кг·м/с.																																																
$A = \vec{F} \cdot \vec{S} \cdot \cos \alpha$	Механическая работа – скалярная ф.в., мера действия силы на тело	[A] = джоуль (Дж) 																																																
$N = \frac{dA}{dt}$ $N = A / t$	Скалярная физическая величина, характеризующая скорость совершения работы либо скорость передачи, выработки либо передачи энергии, называется мощностью	[N] = ватт (Вт)																																																
$W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$	Кинетическая энергия поступательно движущегося тела	[Wк] = джоуль (Дж)																																																
$W_{II} = mgh$ $W_{II} = \frac{kx^2}{2}$	Потенциальная энергия тела в поле тяжести Земли Потенциальная энергия упругодеформированного тела (пружины)																																																	
$\eta = A_{II}/A_3 = P_{II}/P_3$	КПД (коэффициент полезного действия) – отношение полезной работы (энергии, мощности) к затраченной работе (энергии, мощности).	« η » - «эта»																																																
$W = W_k + W_{II}$	Полная механическая энергия тела – равна сумме кинетической и потенциальной энергий																																																	
<p>Закон сохранения полной механической энергии: в системе тел, между которыми действуют только консервативные силы, полная механическая энергия не изменяется со временем. То есть полная механическая энергия сохраняется только в консервативных системах.</p>																																																		
<p>В общем случае, механическая энергия может переходить в другие формы, например, в теплоту. Но сумма энергий всех форм всегда должна оставаться постоянной: <i>Энергия в природе не исчезает бесследно и не возникает из ниоткуда, она лишь превращается из одних форм в другие.</i> В этом и есть смысл фундаментального закона сохранения энергии.</p>																																																		

2. Примеры решения задач

Пример №1. Автомобиль массой $m = 1,5$ т, трогаясь с места, за $t = 20$ с развил скорость в $V = 36$ км/ч. Считая движение автомобиля равноускоренным, определите силу тяги F_t , развиваемую двигателем автомобиля. (Трением пренебечь).

Решение:

1) Переведем все величины в систему СИ: $m = 1,5 \text{ т} = 1500 \text{ кг}$; $V = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$.

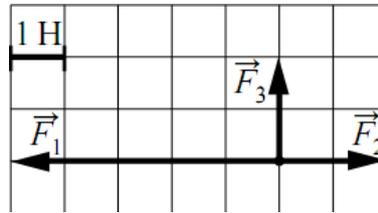
2) Определим ускорение автомобиля:

$$a = (V - V_0)/t = (10 - 0):20 = 0,5 \text{ м/с}^2.$$

3) Определим силу тяги F_T :

$$F_T = m \cdot a = 1500 \cdot 0,5 = 750 \text{ Н}.$$

Пример №2. На рисунке показаны силы, действующие на материальную точку массой 2 кг. Определите 1) модуль равнодействующей силы (в заданном масштабе); 2) ускорение тела.



Решение:

1) Равнодействующая всех сил, приложенных к телу, равна векторной сумме этих сил. В заданном масштабе длины векторов равны: $F_1 = 5 \text{ Н}$, $F_2 = 2 \text{ Н}$, $F_3 = 2 \text{ Н}$. Складывать векторы мы можем в любом порядке (см. приложение). Сложим векторы F_1 и F_2 – получим вектор $F_{12} = 3 \text{ Н}$, который направлен влево. Теперь сложим векторы F_{12} и F_3 . Поскольку эти векторы направлены под прямым углом друг к другу, их сумму мы найдем по теореме Пифагора:

$$F_{\text{равн}} = \sqrt{[F_{12}^2 + F_3^2]} = \sqrt{[3^2 + 2^2]} = \sqrt{[9+4]} = \sqrt{13} \approx 3,6 \text{ Н}$$

2) Ускорение найдем с помощью формулы 2-го закона Ньютона:

$$a = F_{\text{равн}}/m = 3,6:2 = 1,8 \text{ м/с}^2$$

Пример №3. Сила гравитационного притяжения между двумя шарами с массами $m_1 = m$ и $m_2 = m$, находящимися на расстоянии друг от друга R , равна 16 нН. С какой силой будут притягиваться два других шара с массами m и $2m$, находящиеся на расстоянии $2R$ друг от друга?

Решение:

1) Воспользуемся формулой закона всемирного тяготения. В первом случае сила притяжения F_1 описывается формулой:

$$F_1 = G \cdot m \cdot m / R^2$$

Во втором случае получим:

$$F_2 = G \cdot m \cdot 2m / (2R)^2.$$

2) Преобразуем второе выражение, вынеся численные коэффициенты перед формулой:

$$F_2 = G \cdot m \cdot 2m / (2R)^2 = 2 \cdot G \cdot m \cdot m / (4R^2) = (2/4) \cdot G \cdot m \cdot m / R^2 = 0,5 \cdot G \cdot m \cdot m / R^2 = 0,5 \cdot F_1 = 0,5 \cdot 16 = 8 \text{ нН}.$$

Пример №4. Автомобиль массой 1 т движется под действием силы тяги в 2 кН. Как будет двигаться автомобиль, если сила сопротивления движению равна а) 500 Н; б) 2000 Н?

Решение:

1) Переведем все величины в единицы СИ: $m = 1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}$; $F_T = 2 \text{ кН} = 2000 \text{ Н}$.

2) Найдем равнодействующую сил, приложенных к автомобилю в горизонтальном направлении, и ускорение автомобиля:

$$F_{\text{равн}} = F_T - F_{\text{сопр}}; \quad a = F_{\text{равн}}/m.$$

3) Для случая а) получим:

$$F_{\text{равн}} = 2000 - 500 = 1500 \text{ Н}; \quad a = 1500/1000 = 1,5 \text{ м/с}^2.$$

4) Для случая б) получим:

$$F_{\text{равн}} = 2000 - 2000 = 0 \text{ Н}; \quad a = 0/1000 = 0 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: а) автомобиль движется равноускоренно с ускорением $a = 1,5 \text{ м/с}^2$; б) автомобиль движется равномерно.

Пример №5. Какой кинетической энергией и каким импульсом обладает автомобиль, имеющий массу 1,5 т и скорость 20 км/ч?

Решение:

1) Переведем все величины в единицы СИ: $m = 1,5 \text{ т} = 1500 \text{ кг}$; $V = 20 \text{ км/ч} = 5 \text{ м/с}$.

2) Вычислим импульс автомобиля:

$$p = m \cdot V = 1500 \cdot 5 = 7500 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

3) Вычислим кинетическую энергию:

$$W_k = m \cdot V^2/2 = 1500 \cdot 5^2/2 = 18750 \text{ Дж} = 18,75 \text{ кДж}.$$

3. Задачи для самостоятельного решения

6. На мячик, имеющий массу 1 кг, начали действовать две силы $F_1 = 10 \text{ Н}$ и $F_2 = 15 \text{ Н}$. Определите ускорение мячика, если силы: а) однонаправленны; б) противоположно направленны; в) направлены под углом 90° друг к другу.

7. Тело массой 20 кг свободно падает под действием силы тяжести. Как будет двигаться тело, если сила сопротивления воздуха, действующая на него, равна а) 200 Н б) 180 Н?

8. Автобус массой 3 т приводится в движение двигателем с максимальной силой тяги 5 кН. За какое время автобус достигнет скорости 36 км/ч? 100 км/ч? Какую работу совершит двигатель за это время? Какую мощность будет развивать в этот момент?

9. Определите, с какой силой тяготения притягиваются друг к другу два тела массой по 100 кг каждое, находящиеся на расстоянии 1 м друг от друга. Сравните полученный результат с другими действующими на эти тела силами.

10. Посчитать ускорение свободного падения на высоте 500 км над поверхностью Земли.

11. Какой кинетической энергией и каким импульсом обладает тело, имеющее массу 1,5 т и скорость 20 км/ч?

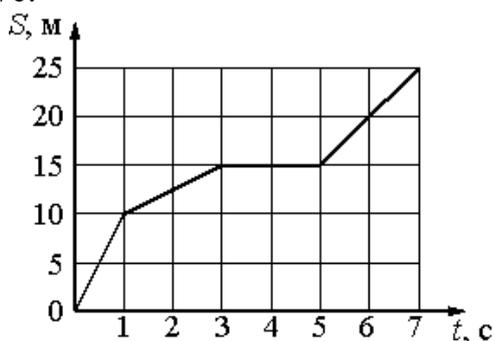
12. На какую максимальную высоту поднимется тело массой 2 кг, брошенное вертикально вверх с начальной скоростью 15 м/с? Сопротивлением воздуха пренебречь.

13. Автобус массой 3 т двигался с начальной скоростью 36 км/ч. В некоторый момент времени автобус начал тормозить и, проехав 100 м, полностью остановился. Найдите работу силы трения при торможении. Найдите силу трения.

14. С высоты 20 м с начальной скоростью 5 м/с бросают мяч. Какую скорость будет иметь мяч в момент падения на землю?

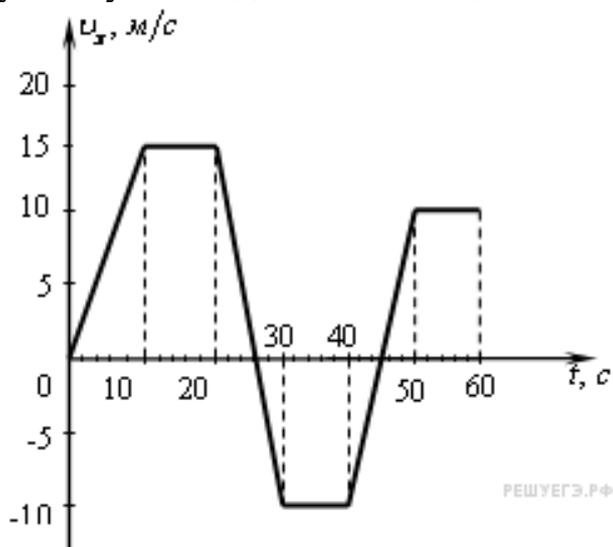
15. Электрический подъемник, потребляя электрическую мощность 4 кВт, поднимает груз массой 200 кг на высоту 10 м за 30 с. Определите КПД подъемника, если: 1) груз поднимается равномерно; 2) груз поднимается с ускорением 2 м/с².

16. На рисунке представлен график зависимости пути S , пройденного материальной точкой, от времени t . Определите интервал времени после начала движения, когда точка двигалась со скоростью 2,5 м/с.

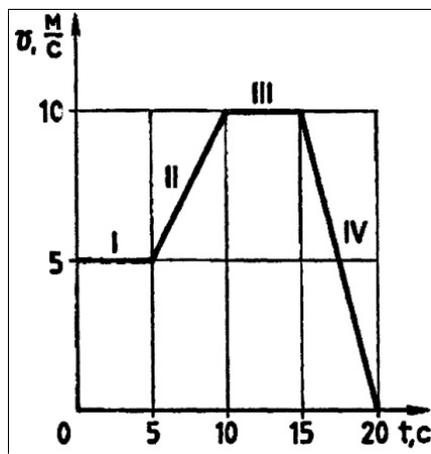


17. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени. Выполните следующие задания:

- 1) Найдите ускорение тела в моменты времени $t = 8$ с; 15 с; 22 с;
- 2) Найдите пройденный путь на участке движения от 0 до 20 с.

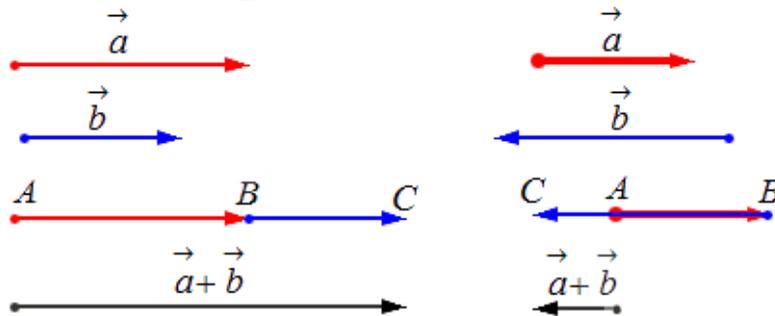


18. Скорость тела массой 2 кг изменяется со временем так, как представлено на графике. Найдите силу, действующую на каждом этапе этого движения. Постройте график зависимости силы от времени.

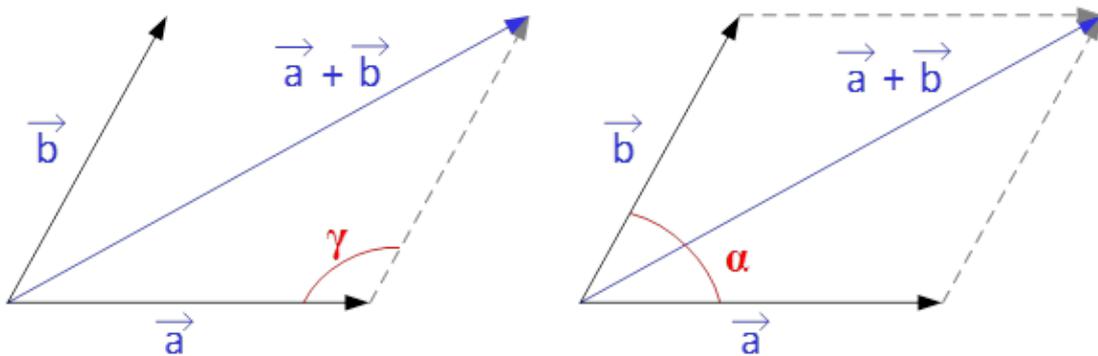


4. Приложение. Сложение векторов

Сложение параллельных векторов

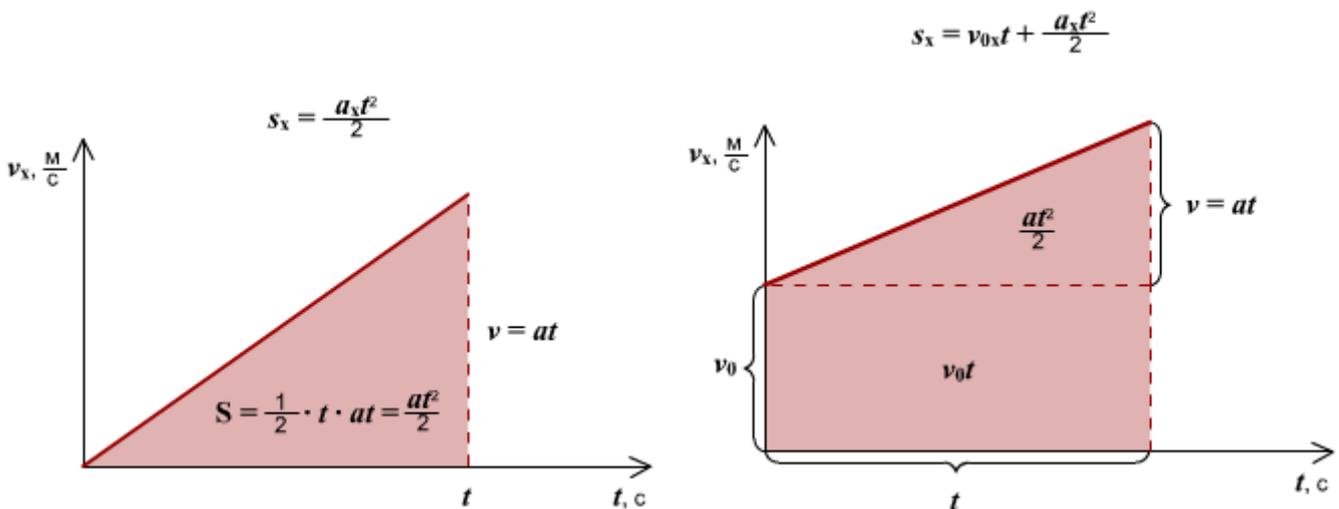


Сложение произвольно направленных векторов



5. Графическое представление движения

Правило определения пути по графику $v(t)$: Путь тела — это площадь треугольника (или трапеции) под графиком скорости.



	Покой $a_x = 0$ $\sum F_x = 0$ $v_x = 0$ $s_x = 0$ $x = x_0$	Равномерное прямолиней- ное движение $a_x = 0$ $\sum F_x = 0$ $v_x = const$ $s_x = v_x t$ $x = x_0 + v_x t$ $\vec{v}_1 \uparrow \uparrow OX$ $\vec{v}_2 \uparrow \downarrow OX$	Равноускорен- ное прямолинейное движение $a_x = const,$ $\sum F_x = ma_x$ $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{v}_0 \uparrow \uparrow OX$ $v_x = v_0 + at$ $s_x = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$	Равнозамедлен- ное прямолинейное движение $a_x = const,$ $\sum F_x = ma_x$ $\vec{a} \uparrow \downarrow \vec{v}_0, \vec{v}_0 \uparrow \uparrow OX$ $v_x = v_0 - at$ $s_x = v_0 t - \frac{at^2}{2}$ $x = x_0 + v_0 t - \frac{at^2}{2}$
$a_x(t)$				
$v_x(t)$				
$s_x(t)$				
$l(t)$ Всегда возрастаю- щая функция				
$x(t)$				