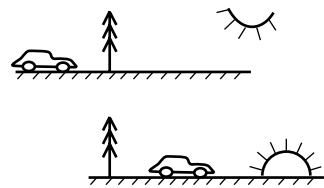
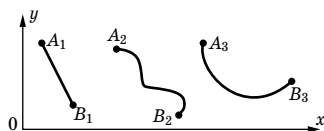
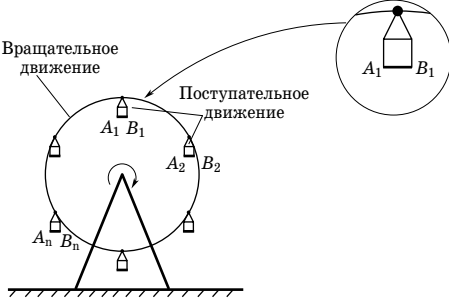

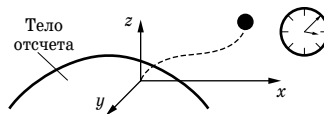
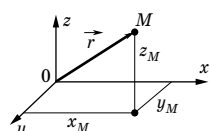
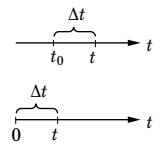
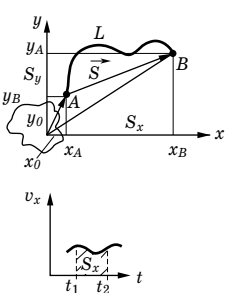
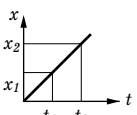


# I. МЕХАНИКА

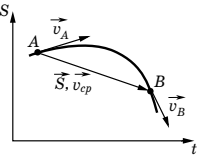
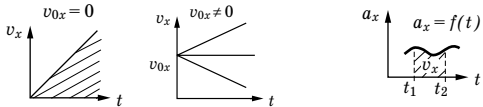
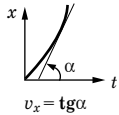
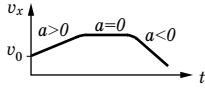
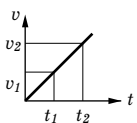
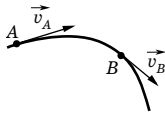
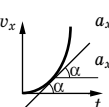
## 1. Общие понятия

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<p><b>1 Механическое движение</b> — изменение положения тела в пространстве и во времени относительно других тел (движется тело или находится в состоянии покоя — невозможно определить до тех пор, пока не будет указано <i>тело отсчета</i>)</p>	
<p><b>2 Траектория</b> — линия, которую описывает каждая точка тела при движении относительно выбранной системы отсчета</p>	
<p><b>3 Поступательное движение</b> — движение тела, при котором все точки тела описывают одинаковые траектории одинаковой длины</p> <p><b>4 Вращательное движение</b> — движение тела, при котором все точки тела описывают окружности или дуги в плоскостях, перпендикулярных оси вращения</p>	
<p><b>5 Материальная точка</b> — тело, размерами которого можно пренебречь в условиях данной задачи (размеры тела малы по сравнению с расстояниями, которые оно проходит, или тело движется поступательно; в иных случаях тело рассматривают как совокупность материальных точек)</p>	
<p><b>6 Система отсчета</b> — тело отсчета, связанная с ним система координат и указание начала отсчета времени</p>	
<p><b>7 Положение материальной точки</b> в принятой системе отсчета определяют заданием радиус-вектора <math>\vec{r}</math> или координат <math>x, y, z</math></p>	

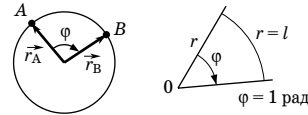
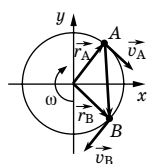
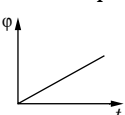
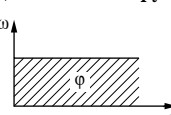
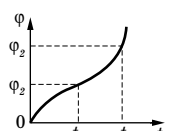
## 2. Кинематика поступательного движения

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<b>Время</b>	
<p><b>1</b> <b>Время</b> — физическая величина, характеризующая длительность процессов</p>	<p>В основу измерения времени положены периодические процессы, например колебания (маятниковые часы, кварцевые часы, атомные часы)</p>
<p><b>2</b> <b>Момент времени, <math>t</math> [с]</b> — положение события во времени (аналогично положению геометрической точки на прямой)</p> <p><b>3</b> <b>Начальный момент, <math>t_0</math> [с]</b> — условное начало отсчета времени</p> <p><b>4</b> <b>Интервал времени, <math>\Delta t</math> [с]</b> — время, истекшее между двумя событиями</p>	 $\Delta t = t - t_0$ <p>если <math>t_0 = 0</math>, то <math>\Delta t = t</math></p>
<b>Перемещение, путь</b>	
<p><b>5</b> <b>Перемещение, <math>S</math> [м]</b> — векторная физическая величина, характеризующая изменение положения материальной точки. Вектор перемещения соединяет начальную и конечную точки траектории</p> <p><b>6</b> <b>Путь, <math>L</math> [м]</b> — длина траектории</p>	$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2};$ $S_x = x_B - x_A, \quad S_y = y_B - y_A$ <p><b>Уравнение движения:</b>  <math>x = x_0 + S_x</math>, где:</p> $S_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \quad (a = \text{const})$ <p>или: <math>S_x = \frac{v_x + v_{0x}}{2} t</math></p> <p>или: <math>S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a}</math></p> $S_x = \int_{t_1}^{t_2} v_x dt \quad (a = f(t))$  <ul style="list-style-type: none"> <li>• При криволинейном движении путь определяют с помощью курвиметра</li> <li>• <math>L = S</math> при прямолинейном однонаправленном движении; при криволинейном — <math>L &gt; S</math></li> </ul>
<b>Скорость</b>	
<p><b>7</b> <b>Скорость, <math>v</math> [м/с]</b> — векторная физическая величина, характеризующая быстроту движения</p>	$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ <p><b>Равномерное движение (<math>a = 0</math>)</b></p> $v_x = \frac{S_x}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$ 

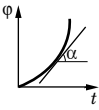
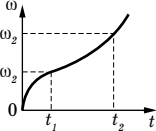
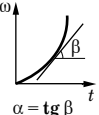
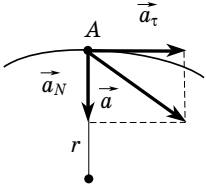
2. Кинематика поступательного движения (окончание)

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<p><b>8 Средняя скорость, <math>v_{cp}</math> [м/с]</b> — отношение перемещения к интервалу времени, за который это перемещение произошло (по направлению совпадает с направлением вектора перемещения)</p>	 $\vec{v}_{cp} = \frac{\vec{S}}{t} = \frac{\sum_{k=1}^N \vec{S}_k}{\sum_{k=1}^N t_k}$
<p><b>9 Мгновенная скорость, <math>v</math> [м/с]</b> — скорость в данный момент времени, средняя скорость за бесконечно малый интервал времени</p>	<p><b>Равномерно ускоренное движение (<math>a = const</math>)</b></p> $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$  $v_x = at$ $v_x = v_{0x} + a_x t$ $v_x = \sqrt{2a_x S_x}$ $v_x = \int_t a_x dt$  $v_x = x'$  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вектор мгновенной скорости направлен по касательной к траектории (<math>\vec{v}_A, \vec{v}_B</math>)</li> </ul>
<b>Ускорение</b>	
<p><b>10 Ускорение, <math>a</math> [м/с<sup>2</sup>]</b> — векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости</p>	$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \quad \vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ <p><b>Равномерно ускоренное движение</b></p>  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$
<p><b>11 Среднее ускорение, <math>a_{cp}</math> [м/с<sup>2</sup>]</b> — отношение изменения скорости к интервалу времени, за который это изменение произошло</p>	 $\vec{a}_{cp} = \frac{\vec{v}_B - \vec{v}_A}{t_B - t_A}$
<p><b>12 Мгновенное ускорение, <math>a</math> [м/с<sup>2</sup>]</b> — ускорение в данный момент времени, среднее ускорение за бесконечно малый интервал времени</p>	$a_x = v_x' = x''; a_y = v_y' = y''$  $a_x = \frac{dv_x}{dt}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>a &gt; 0</math> — ускорение</li> <li>• <math>a &lt; 0</math> — замедление</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• При свободном падении тел <math>\vec{a} = \vec{g}</math></li> </ul>

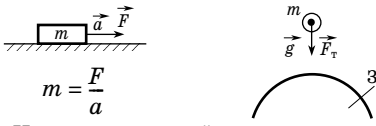
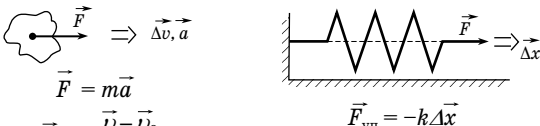
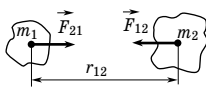
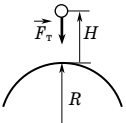
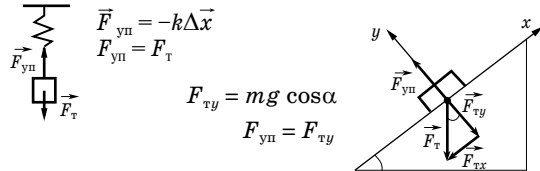
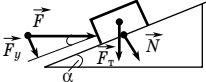
### 3. Кинематика вращательного и криволинейного движения

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<b>Движение тела по окружности</b>	
<p><b>1</b> Угол поворота (угловое перемещение), <math>\varphi</math> [рад] — угол между радиус-векторами, определяющими местоположение тела при его движении по окружности</p>	<div style="text-align: center;"> <math display="block">\varphi = \frac{L_{\cup AB}}{r}</math>  </div> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\alpha t^2}{2}</math> </div> <p>Угол полного оборота: <math>\varphi_{\ominus} = \frac{L_{\ominus}}{r} = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi</math></p>
<p><b>2</b> Период, <math>T</math> [с] — время полного оборота тела при движении по окружности</p> <p><b>3</b> Число оборотов (частота вращения), <math>n</math> [1/с] — физическая величина, определяющая быстроту вращения тела</p>	<div style="text-align: center;"> <math display="block">T = 2\pi/\omega \quad T = 2\pi r/v \quad T = 1/n</math>  </div> <div style="text-align: center;"> <math display="block">n = 1/T \quad n = \frac{\omega}{2\pi}</math> </div> <p>• <math>n</math>, вопреки названию, — не число, а физическая величина, на практике измеряемая <i>тахометром</i></p>
<p><b>4</b> Линейная скорость, <math>v</math> [м/с] — мгновенная скорость тела при движении по окружности</p>	<div style="text-align: center;"> <math display="block">v = 2\pi r/T, \quad v = 2\pi r n, \quad v = \omega r</math> </div> <p>• Направление вектора линейной скорости вращающегося тела определяется касательной к окружности вращения</p>
<p><b>5</b> Угловая скорость, <math>\omega</math> [рад/с] — количественная характеристика быстроты вращения</p>	<p style="text-align: center;"><b>Равномерное движение по окружности (<math>\omega = \text{const}</math>)</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <div style="text-align: right;"> <math display="block">\omega = \varphi/t</math> <math display="block">\omega = v/r</math> <math display="block">\omega = 2\pi n</math> <math display="block">\omega = 2\pi/T</math> </div>
<p><b>6</b> Средняя угловая скорость, <math>\omega_{\text{ср}}</math> [рад/с] — отношение углового перемещения к интервалу времени, за который оно произошло</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: right;"> <math display="block">\omega_{\text{ср}} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{t_2 - t_1}</math> </div>
<p><b>7</b> Мгновенная угловая скорость, <math>\omega</math> [рад/с] — средняя угловая скорость за бесконечно малый промежуток времени</p>	<p style="text-align: center;"><b>Равноускоренное движение по окружности (<math>\alpha = \text{const}</math>)</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><i>Движение без начальной скорости</i></p> <math display="block">\omega = \alpha t</math> <math display="block">\omega = \sqrt{2\alpha\varphi}</math> </div> <div style="width: 45%;"> <p><i>Движение с начальной скоростью</i></p> <math display="block">\omega = \omega_0 + \alpha t</math> <math display="block">\omega = \sqrt{\omega_0^2 + 2\alpha\varphi}</math> </div> </div>

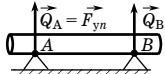
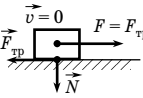
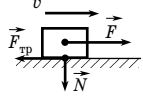
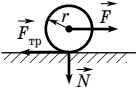
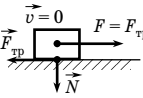
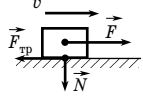
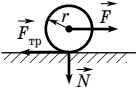
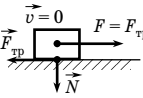
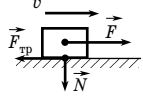
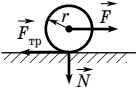
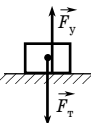
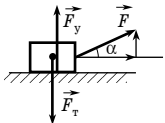
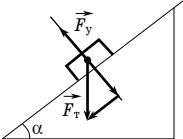
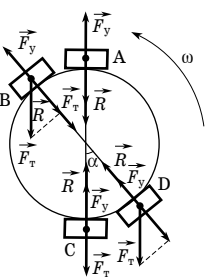
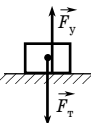
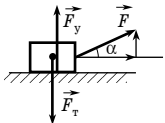
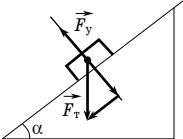
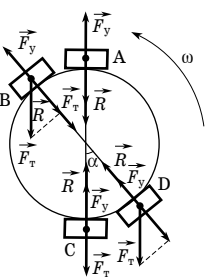
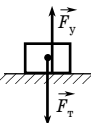
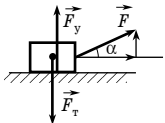
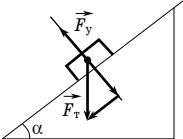
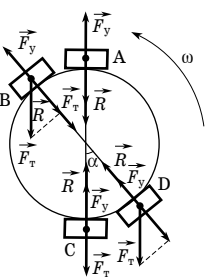
### 3. Кинематика вращательного и криволинейного движения (окончание)

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<p><b>9</b> Мгновенная угловая скорость (продолжение)</p>	<p style="text-align: center;"><b>Ускоренное движение по окружности (<math>\alpha = f(t)</math>)</b></p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad \omega = \varphi' \quad \omega = \int \alpha dt</math> <p>• Для вычисления <math>\omega</math> необходимо знать зависимость <math>\alpha = f(t)</math>.</p> </div> </div>
<p><b>9</b> Угловое ускорение, <math>\alpha</math> [рад/с] — количественная характеристика быстроты изменения угловой скорости</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Движение без начальной скорости:</p> <math display="block">\alpha = \frac{\omega}{t}</math> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Движение с начальной скоростью:</p> <math display="block">\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{t}</math> </div> </div>
<p><b>10</b> Среднее угловое ускорение, <math>\alpha_{cp}</math> [рад/с] — отношение углового перемещения к интервалу времени, за который оно произошло</p>	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">\alpha_{cp} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1}</math> </div> </div>
<p><b>11</b> Мгновенное угловое ускорение, <math>\alpha</math> [рад/с] — средняя угловая скорость за бесконечно малый промежуток времени</p>	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">\alpha = \omega' = \varphi''</math> </div> </div>
<b>Криволинейное движение</b>	
<p><b>12</b> Криволинейное движение — движение тела, у которого изменяется и величина и направление скорости</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• При криволинейном движении тело обладает тангенциальным <math>a_\tau</math> и нормальным (центростремительным) <math>a_N</math> ускорением</li> <li>• Любое криволинейное движение можно представить как последовательность движений, происходящих по дугам окружностей</li> </ul>
<p><b>13</b> Нормальное (центростремительное) ускорение, <math>a_N</math> [м/с<sup>2</sup>] — составляющая ускорения тела, направленная по нормали к траектории его движения, характеризует быстроту изменения скорости <i>по направлению</i></p> <p><b>14</b> Тангенциальное ускорение, <math>a_\tau</math> [м/с<sup>2</sup>] — составляющая ускорения тела, направленная по касательной к траектории его движения, характеризует быстроту изменения скорости <i>по модулю</i></p>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <math display="block">a_N = \frac{v^2}{r}</math> <math display="block">a_N = \omega^2 r</math> <math display="block">a_\tau = \alpha r</math> <p>• Равномерное движение по окружности — частный случай криволинейного движения (<math>a_\tau = 0</math>; <math>a_N = \frac{v^2}{r}</math>)</p> </div> <div style="margin-right: 20px;"> <math display="block">\vec{a} = \vec{a}_N + \vec{a}_\tau</math> <math display="block">a = \sqrt{a_N^2 + a_\tau^2}</math> </div> <div>  </div> </div>

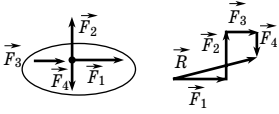
#### 4. Динамика поступательного движения

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<b>Масса, сила и импульс тела</b>	
<p><b>1</b> <b>Масса, <math>m</math> [кг]</b> — физическая величина, характеризующая инерционные и гравитационные свойства тела</p>	 <p style="text-align: right;"><math>m = \frac{F_T}{g}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Инертность — свойство тела оказывать сопротивление изменению его скорости</li> <li>• Масса составного тела равна сумме масс его частей</li> </ul>
<p><b>2</b> <b>Сила, <math>F</math> [Н]</b> — векторная физическая величина, характеризующая воздействие материальных тел друг на друга при их механическом контакте или посредством создаваемых ими полей</p>	 <p style="text-align: center;"><math>\vec{F} = m\vec{a}</math> <math>\vec{F} = m \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}</math> <math>\vec{F}_{\text{уп}} = -k\Delta x</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Принято векторное обозначение для сил использовать в случаях, когда существенно их направление. Во всех остальных случаях принимают во внимание только величину силы.</li> </ul>
<p><b>3</b> <b>Сила тяготения, <math>F</math> [Н]</b> — сила гравитационного воздействия тел друг на друга</p>	 <p style="text-align: center;"><math>F_{12} = F_{21} = G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>G</math> — гравитационная постоянная <math>G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2</math></p>
<p><b>4</b> <b>Сила тяжести, <math>F_T</math> [Н]</b> — сила действующая на любое тело вблизи поверхности небесного тела (частный случай силы тяготения)</p>	 <p style="text-align: center;"><math>F_T = mg</math> <math>g = G \frac{M}{(R+H)^2}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>g</math> — ускорение свободного падения тел</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• У поверхности Земли <math>g \approx 9,8 \text{ м/с}^2</math></li> </ul>
<p><b>5</b> <b>Сила упругости, <math>F_{\text{уп}}</math> [Н]</b> — сила сопротивления тела при деформации</p>	 <p style="text-align: center;"><math>\vec{F}_{\text{уп}} = -k\Delta \vec{x}</math> <math>F_{\text{уп}} = F_T</math> <math>F_{\text{ту}} = mg \cos \alpha</math> <math>F_{\text{уп}} = F_{\text{ту}}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Сила упругости направлена навстречу деформирующей силе со стороны опоры</li> </ul>
<p><b>6</b> <b>Сила нормального давления, <math>N</math> [Н]</b> — сила давления тела на опору</p>	 <p style="text-align: center;"><math>N = F_{\text{уп}} = F_{\text{ту}} + F_y = F_T \cos \alpha + F \sin \alpha</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Сила нормального давления численно равна силе упругости</li> </ul>

4. Динамика поступательного движения (продолжение)

<p>Основные определения</p>	<p>Рисунки, формулы, пояснения, величины</p>												
<p><b>7</b> Реакция опоры, <math>Q</math> [Н] — сила воздействия опоры на лежащее на ней тело</p>	 <p style="text-align: right;"><math>Q = F_{yn}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Реакция опоры численно равна силе упругости</li> </ul>												
<p><b>8</b> Сила трения, <math>F_{тр}</math> [Н] — сила, возникающая при соприкосновении поверхностей тел и препятствующая их относительному перемещению</p>	<p style="text-align: center;"><b>Виды трения</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; width: 33%;"> <p><i>Трение покоя</i></p> <p>(трение в отсутствие перемещения соприкасающихся тел)</p>  <p><math>F_{тр0(max)} = \mu_0 N</math></p> </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; width: 33%;"> <p><i>Трение скольжения</i></p> <p>(тело скользит по поверхности опоры)</p>  <p><math>F_{трск} = \mu N</math></p> </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; width: 33%;"> <p><i>Трение качения</i></p> <p>(тело катится по поверхности опоры)</p>  <p><math>F_{трк} = \mu_k \frac{N}{r}</math></p> </td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Сила трения направлена против движения</li> <li>• Относительное движение возникает, если <math>F &gt; F_{тр0(max)}</math></li> </ul>	<p><i>Трение покоя</i></p> <p>(трение в отсутствие перемещения соприкасающихся тел)</p>  <p><math>F_{тр0(max)} = \mu_0 N</math></p>	<p><i>Трение скольжения</i></p> <p>(тело скользит по поверхности опоры)</p>  <p><math>F_{трск} = \mu N</math></p>	<p><i>Трение качения</i></p> <p>(тело катится по поверхности опоры)</p>  <p><math>F_{трк} = \mu_k \frac{N}{r}</math></p>									
<p><i>Трение покоя</i></p> <p>(трение в отсутствие перемещения соприкасающихся тел)</p>  <p><math>F_{тр0(max)} = \mu_0 N</math></p>	<p><i>Трение скольжения</i></p> <p>(тело скользит по поверхности опоры)</p>  <p><math>F_{трск} = \mu N</math></p>	<p><i>Трение качения</i></p> <p>(тело катится по поверхности опоры)</p>  <p><math>F_{трк} = \mu_k \frac{N}{r}</math></p>											
<p><b>9</b> Вес тела, <math>P</math> [Н] — сила воздействия тела на горизонтальную опору (или подвес) вследствие его притяжения к Земле</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; width: 33%;"> <p><i>Вес тела, находящегося на горизонтальной плоскости</i></p>  <p><math>P = F_T</math></p> </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; width: 33%;"> <p><i>Вес тела, находящегося на наклонной плоскости</i></p>  <p><math>P = F_T - F \sin \alpha</math></p> </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; width: 33%;">  <p><math>P = F_T \cos \alpha</math></p> </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"> <p><i>Вес тела, вращающегося по окружности</i></p>  </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;"> <p><math>R = ma_{цс} = m\omega^2 r = \frac{mv^2}{r}</math></p> <p>Вес тела в точке А</p> <p><math>P_A = R - F_T = m(a - g)</math> (при <math>a = g</math> — невесомость)</p> <p>Вес тела в точке В</p> <p><math>P_B = R - F_T \cos \alpha = m(a - g \cos \alpha)</math></p> <p>Вес тела в точке С</p> <p><math>P_C = R + F_T = m(a + g)</math> (при <math>a = g</math> — перегрузка)</p> <p>Вес тела в точке D</p> <p><math>P_D = R + F_T \cos \alpha = m(a + g \cos \alpha)</math></p> </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вес тела численно равен силе упругости</li> </ul> </td> </tr> </table>	<p><i>Вес тела, находящегося на горизонтальной плоскости</i></p>  <p><math>P = F_T</math></p>	<p><i>Вес тела, находящегося на наклонной плоскости</i></p>  <p><math>P = F_T - F \sin \alpha</math></p>	 <p><math>P = F_T \cos \alpha</math></p>	<p><i>Вес тела, вращающегося по окружности</i></p> 			<p><math>R = ma_{цс} = m\omega^2 r = \frac{mv^2}{r}</math></p> <p>Вес тела в точке А</p> <p><math>P_A = R - F_T = m(a - g)</math> (при <math>a = g</math> — невесомость)</p> <p>Вес тела в точке В</p> <p><math>P_B = R - F_T \cos \alpha = m(a - g \cos \alpha)</math></p> <p>Вес тела в точке С</p> <p><math>P_C = R + F_T = m(a + g)</math> (при <math>a = g</math> — перегрузка)</p> <p>Вес тела в точке D</p> <p><math>P_D = R + F_T \cos \alpha = m(a + g \cos \alpha)</math></p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вес тела численно равен силе упругости</li> </ul>		
<p><i>Вес тела, находящегося на горизонтальной плоскости</i></p>  <p><math>P = F_T</math></p>	<p><i>Вес тела, находящегося на наклонной плоскости</i></p>  <p><math>P = F_T - F \sin \alpha</math></p>	 <p><math>P = F_T \cos \alpha</math></p>											
<p><i>Вес тела, вращающегося по окружности</i></p> 													
<p><math>R = ma_{цс} = m\omega^2 r = \frac{mv^2}{r}</math></p> <p>Вес тела в точке А</p> <p><math>P_A = R - F_T = m(a - g)</math> (при <math>a = g</math> — невесомость)</p> <p>Вес тела в точке В</p> <p><math>P_B = R - F_T \cos \alpha = m(a - g \cos \alpha)</math></p> <p>Вес тела в точке С</p> <p><math>P_C = R + F_T = m(a + g)</math> (при <math>a = g</math> — перегрузка)</p> <p>Вес тела в точке D</p> <p><math>P_D = R + F_T \cos \alpha = m(a + g \cos \alpha)</math></p>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вес тела численно равен силе упругости</li> </ul>													

4. Динамика поступательного движения (продолжение)

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<p><b>10</b> <b>Равнодействующая приложенных к телу сил, <math>R</math> [Н]</b> — геометрическая сумма сил, приложенных к телу</p>	 $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$ $\vec{R} = m\vec{a}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Несколько сил, действующих на тело, можно заменить равнодействующей силой</li> </ul>
<p><b>11</b> <b>Сила инерции, <math>F_{\text{и}}</math> [Н]</b> — сила, являющаяся следствием ускорения</p>	 $\vec{F}_{\text{и}} = -\vec{R} = -m\vec{a}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Сила инерции возникает только в системе отсчета, движущейся с ускорением, т.е. это <i>кажущаяся сила</i></li> <li>• Сила, сообщающая телу ускорение, и сила инерции всегда равны по величине и противоположно направлены</li> </ul>
<p><b>12</b> <b>Импульс тела, <math>p</math> [кг·м/с] или [Н·с]</b> — векторная физическая величина, характеризующая интенсивность направленного движения тела</p>	$\vec{p} = m\vec{v}$ <p>при <math>F = f(t) \quad p_x = \int F dt</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Импульс тела определяют как произведение массы тела и его скорости</li> <li>• Направление вектора импульса совпадает с направлением скорости тела</li> </ul>
<p><b>13</b> <b>Импульс силы, <math>F\Delta t</math> [Н·с] или [кг·м/с]</b> — векторная физическая величина, характеризующая механическое действие одного тела на другое</p>	$\vec{F}\Delta t = m\Delta\vec{v} = \Delta\vec{p}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Импульс силы равен произведению силы на время ее действия</li> <li>• Импульс силы определяют как изменение импульса тела постоянной массы в результате изменения скорости, обусловленной действием силы</li> <li>• Формула справедлива только в случае, когда сила постоянна в течение времени <math>\Delta t</math></li> </ul>
<b>Работа, энергия, мощность</b>	
<p><b>14</b> <b>Работа, <math>A</math> [Дж]</b> — физическая величина, характеризующая действие силы по конечному перемещению тела</p>	 $A = \int F ds = \int N dt$ $A = FS \cos\alpha$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Величина силы (или мощности) изменяется во время перемещения (например, растяжение пружины)</li> <li>• Величина силы должна оставаться постоянной во время перемещения</li> <li>▶ Работа равнодействующей силы, приложенной к телу, равна изменению кинетической энергии тела и изменению потенциальной энергии с обратным знаком</li> </ul> $A = \Delta E_{\text{к}} = -\Delta E_{\text{п}}$



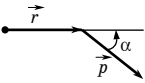
4. Динамика поступательного движения (окончание)

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<p><b>15</b> Коэффициент полезного действия (КПД), <math>\eta</math> [%] — характеристика эффективности превращения энергии в работу</p>	<p>► КПД определяют:</p> <p>1) как отношение полезной работы к затраченной работе <math>\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} 100\%</math></p> <p>2) как отношение полезной (эффективной) мощности к подводимой мощности <math>\eta = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{под}}} 100\%</math></p> <p>• КПД по мощности и КПД по работе совпадают только в случае, когда время подвода и время выделения энергии одинаково</p>
<p><b>16</b> Механическая энергия, <math>E</math> [Дж] — энергия механического движения и взаимодействия тел системы, способность тела совершать работу</p>	<p><math>E = E_{\text{к}} + E_{\text{п}}</math></p> <p>► Механическая энергия системы равна сумме кинетической и потенциальной энергии этой системы</p> <p>• Механическая энергия — одна из возможных форм универсальной физической величины — энергии</p>
<p><b>17</b> Потенциальная энергия, <math>E_{\text{п}}</math> [Дж] — энергия системы тел, определяемая их взаимным расположением и характером сил взаимодействия между ними</p>	<p><math>E_{\text{п}} = mgh</math></p> <p><math>E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}</math></p> 
<p><b>18</b> Кинетическая энергия, <math>E_{\text{к}}</math> [Дж] — энергия механического движения тела</p>	<p><math>E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}</math></p> 
<p><b>19</b> Мощность, <math>N</math> [Вт] — физическая величина, характеризующая скорость совершения работы</p>	<p><i>Прямолинейное равномерное движение</i></p> <p><math>N = \frac{A}{t}</math>      <math>N = \frac{FS}{t}</math>      <math>N = Fv</math></p> <p>► Мощность равна отношению произведенной работы ко времени ее выполнения</p> <p>► Мощность равна произведению силы, приложенной к телу, и скорости, с которой движется это тело</p>
<p><b>20</b> Средняя мощность, <math>N</math> [Вт] — отношение произведенной работы ко времени ее выполнения</p>	 <p><math>N_{\text{ср}} = \frac{A}{t_2 - t_1}</math></p>
<p><b>21</b> Мгновенная мощность, <math>N</math> [Вт] — средняя мощность за бесконечно малый промежуток времени</p>	<p><math>N = \text{tg}\alpha</math></p>  <p><math>N = \frac{dA}{dt} = A'</math></p>

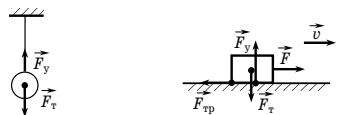
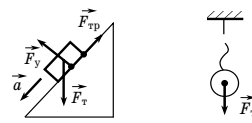
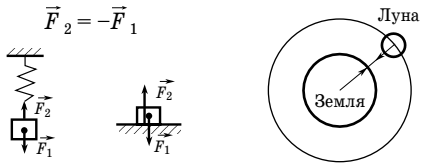
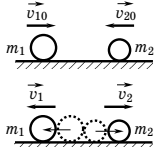
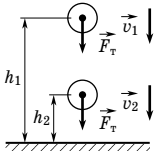
## 5. Динамика вращательного движения

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<b>Силы, инертность</b>	
<p><b>❶</b> <b>Центростремительная сила, <math>F_{цс}</math> [Н]</b> — сила, сообщающая телу нормальное (центростремительное) ускорение</p> <p><b>❷</b> <b>Центробежная сила, <math>F_{цб}</math> [Н]</b> — сила инерции, противодействующая изменению состояния движения, направлена от центра вращения</p>	 $F_{цс} = \frac{m v^2}{r}$ $F_{цс} = m \omega^2 r$ $F_{цс} = p \omega$ $F_{цс} = -F_{цб}$ <p>• Центростремительная и центробежная силы равны по величине и противоположны по направлению</p>
<p><b>❸</b> <b>Сила Кориолиса, <math>F_k</math> [Н]</b> — сила, сообщающая телу тангенциальное ускорение при его движении по радиусу во вращательной системе</p>	 $F_k = 2m v \omega$ <p>или в векторной форме:</p> $\vec{F}_k = 2m[\vec{v} \vec{\omega}]$ <p><b>Ускорение Кориолиса:</b> <math>a_k = 2v\omega</math></p>
<p><b>❹</b> <b>Момент силы, <math>M</math> [Н·м]</b> — векторная физическая величина, характеризующая внешнее воздействие на тело, закрепленное на оси вращения</p>	 $M = Fd$ $M = F_2 d_2 - F_1 d_1$ <p><math>d_1 = OA</math>; <math>d_2 = OC = OB \sin \alpha</math></p> <p>► Момент силы равен произведению модуля силы и кратчайшего расстояния от оси до линии действия силы</p>
<p><b>❺</b> <b>Момент инерции тела, <math>J</math> [кг·м<sup>2</sup>]</b> — физическая величина, характеризующая инертность тела при вращательном движении</p>	 $J = M/\alpha$ $J = \Delta m_1 r_1^2 + \Delta m_2 r_2^2 + \dots + \Delta m_k r_k^2 = \sum \Delta m_k r_k^2$ <p>► Момент инерции тела равен отношению момента силы к вызываемому им угловому ускорению</p> <p>• Момент инерции тел некоторых видов относительно оси вращения, проходящей через центр масс <math>J_0</math>, табулирован</p> <p><b>Момент инерции тела относительно произвольной точки:</b> <math>J_A = J_0 + (OA)^2 m</math></p>
<p><b>❻</b> <b>Приведенная масса, <math>m_{пр}</math> [кг]</b> — точечная масса, находящаяся на расстоянии <math>r</math> от оси вращения и создающая такой же момент инерции, что и все тело относительно этой же оси</p>	$m_{пр} = \frac{J}{r^2}$ <p>► Приведенная масса равна отношению момента инерции тела к квадрату расстояния от точки приложения силы до оси вращения</p>

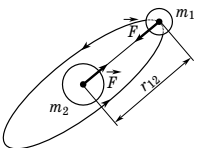
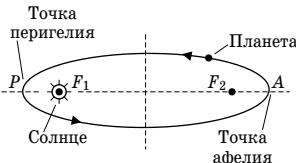
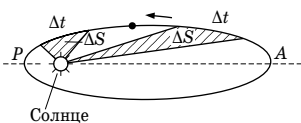
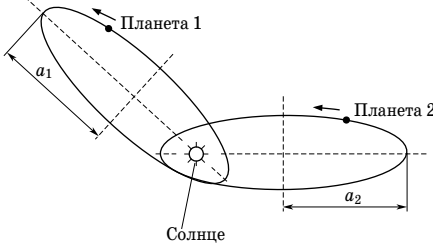
5. Динамика вращательного движения (окончание)

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины		
<p><b>7 Момент импульса (момент количества движения, угловой момент),</b>  <math>L</math> [кг·м<sup>2</sup>/с] — векторная физическая величина, характеризующая интенсивность вращательного движения</p>	 $\vec{L} = J\vec{\omega} = [\vec{r} \vec{p}]$ <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Момент импульса равен произведению момента инерции тела и его угловой скорости вращения</li> <li>• Направление вектора момента импульса совпадает с направлением вектора угловой скорости</li> </ul>		
<p><b>8 Импульс момента силы (движущий момент),</b>  <math>\Delta L</math> [кг·м<sup>2</sup>/с] — изменение момента импульса</p>	$\Delta \vec{L} = \vec{J} \Delta \omega \quad \Delta \vec{L} = \vec{M} \Delta t$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Формулы справедливы при условии, что момент силы <math>M</math> не меняется в течение времени <math>\Delta t</math></li> </ul>		
<b>Работа, энергия, мощность</b>			
<p><b>9 Работа, совершаемая при вращательном движении,</b>  <math>A</math> [Дж] — физическая величина, характеризующая количество переданного движение вращающегося тела</p>	$A = M\varphi$ <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Работа, совершаемая при вращательном движении, равна произведению момента силы и углового перемещения</li> </ul> $A = \int_{\varphi_2}^{\varphi_1} M d\varphi$ <p>если момент силы зависит от угла поворота</p>		
<p><b>10 Мгновенная мощность при вращательном движении,</b>  <math>N</math> [Вт] — физическая величина, характеризующая быстроту передачи движения</p>	$N = A' = M\varphi' = M\omega$ <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Мгновенная мощность равна произведению мгновенного момента силы и мгновенной угловой скорости</li> </ul>		
<p><b>11 Энергия вращения,</b>  <math>E_{вр}</math> [Дж] — кинетическая энергия, которой обладают элементы вращающегося тела</p>	$E_{вр} = E_1 + E_2 + \dots + E_n \quad E = J\omega^2/2$ <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Полная энергия тела равна сумме энергий отдельных элементов тела</li> </ul>		
<b>Сравнение величин поступательного и вращательного движений</b>			
Масса	$m$	Момент инерции	$J$
Скорость	$\vec{v}$	Угловая скорость	$\vec{\omega}$
Ускорение	$\vec{a}$	Угловое ускорение	$\vec{\alpha}$
Сила	$\vec{F}$	Момент силы	$\vec{M}$
Импульс	$\vec{p} = m\vec{v}$	Момент импульса	$L = I\vec{\omega}$
Работа	$A = FS$	Работа	$A = M\varphi$
Кинетическая энергия	$\frac{mv^2}{2}$	Кинетическая энергия	$\frac{I\omega^2}{2}$

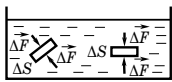

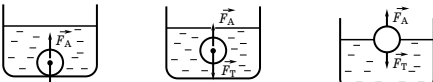
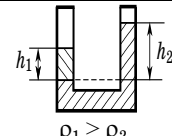

## 6. Основные законы механики

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<b>Динамика поступательного движения</b>	
<p><b>1 Первый закон Ньютона (закон инерции):</b> существуют такие системы отсчета, относительно которых тело находится в состоянии покоя или движется равномерно пока и поскольку действие на него других тел скомпенсировано или равнодействующая приложенных к телу сил равна нулю</p>	 <p><math>\vec{R} = \vec{F}_T + \vec{F}_y = 0</math>     <math>\vec{R} = \vec{F} + \vec{F}_T + \vec{F}_{тр} + \vec{F}_y</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Если <math>R = 0</math>, то тело находится в состоянии покоя или движется равномерно</li> </ul>
<p><b>2 Второй закон Ньютона (основной закон динамики):</b> если равнодействующая приложенных к телу сил не равна нулю, то тело движется с ускорением, величина которого прямо пропорциональна силе и обратно пропорциональна массе этого тела</p>	 <p><math>\vec{R} = m\vec{a}</math>     <math>\vec{R} = m\vec{g}</math></p> <p><math>\vec{a} = \frac{\vec{R}}{m}</math>;     <math>\vec{a} = \frac{\vec{F}_T}{m} + \frac{\vec{F}_y}{m} + \frac{\vec{F}_{тр}}{m}</math></p>
<p><b>3 Третий закон Ньютона:</b> при взаимодействии двух тел сила противодействия равна силе действия с обратным знаком</p>	<p><math>\vec{F}_2 = -\vec{F}_1</math></p>  <p><math>m_1\vec{a}_1 = -m_2\vec{a}_2</math></p>
<p><b>4 Закон сохранения импульса:</b> в замкнутой механической системе суммарный импульс взаимодействующих тел не изменяется</p>	 <p><math>\vec{p}_{10} + \vec{p}_{20} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2</math> или <math>m_1\vec{v}_{10} + m_2\vec{v}_{20} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2</math></p>
<b>Энергия</b>	
<p><b>5 Закон сохранения энергии:</b> в замкнутой механической системе полная механическая энергия не изменяется</p>	 <p><math>E_{1к} + E_{1п} = E_{2к} + E_{2п}</math></p> <p><math>\frac{m v_1^2}{2} + mgh_1 = \frac{m v_2^2}{2} + mgh_2</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• При наличии трения часть энергии из механической формы переходит в тепловую</li> </ul>

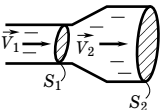
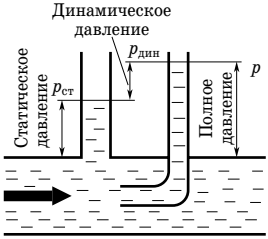
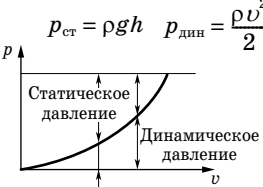
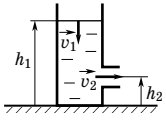
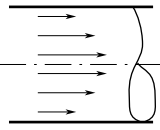
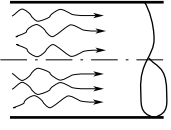
6. Основные законы механики (окончание)

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<b>Тяготение</b>	
<p><b>6 Закон всемирного тяготения:</b> между любыми двумя телами действует сила взаимного притяжения, прямо пропорциональная произведению масс этих тел и обратно пропорциональная квадрату расстояния между ними</p>	 $F = G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2}$ <p><math>G</math> — гравитационная постоянная  <math>G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Силы тяготения <i>всегда</i> являются силами притяжения (в отличие от кулоновских) и направлены вдоль прямой, проходящей через центры масс взаимодействующих тел</li> </ul>
<p><b>7 Первый закон Кеплера:</b> каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>F_1</math> и <math>F_2</math> — фокусы эллипса</li> </ul> <p><b>Перигелий и афелий</b> — соответственно ближайшая и наиболее удаленная от Солнца точки орбиты вращающегося вокруг него небесного тела</p>
<p><b>8 Второй закон Кеплера:</b> отрезок, соединяющий Солнце с планетой, заметает за равные интервалы времени равные площади</p>	 $\frac{\Delta S}{\Delta t} = \text{const}$
<p><b>9 Третий закон Кеплера:</b> квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы больших полуосей их орбит</p>	 $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$

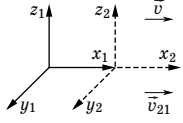
## 7. Механика жидкостей и газов

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<b>Сила и давление в жидкостях и газах</b>	
<p>❶ <b>Газ</b> — агрегатное состояние вещества, в котором частицы слабо связаны между собой силами взаимодействия, движутся хаотично и заполняют весь предоставленный им объем</p> <p>❷ <b>Жидкость</b> — агрегатное состояние вещества, состоящее из слабо связанных друг с другом частиц и сохраняющих в то же время расстояние между собой постоянным, что обеспечивает изменчивость формы и постоянство объема</p>	<p>• В ряде явлений механики жидкости и газы характеризуются <i>одинаковыми параметрами</i> и их поведение определяется <i>идентичными уравнениями</i>. Поэтому часто (в том числе и здесь) <i>при описании физических явлений, пользуясь термином «жидкость», имеют в виду не только собственно жидкость, но и газ</i></p>
<p>❸ <b>Давление, <math>p</math> [Па]</b> — векторная физическая величина, характеризующая интенсивность воздействия силы на поверхность тела</p>	 <p>► Давление равно отношению модуля силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности</p>
<p>❹ <b>Закон Паскаля:</b> давление, производимое на жидкость внешними силами, передается ею одинаково по всем направлениям</p>	 $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad p_1 = p_0 + \rho g h_1$ $p_2 = p_0 + \rho g h_2 = p_1 + \rho g (h_1 - h_2)$
<p>❺ <b>Закон Архимеда:</b> на всякое тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила (<math>F_A</math>), направленная вверх и равная силе тяжести вытесненной им жидкости</p>	<p style="text-align: center;"><math>F_A = \rho g V</math></p> <p>Тело тонет    Тело всплывает    Тело плавает</p>  $F_A < F_T \quad F_A > F_T \quad F_A = F_T$
<p>❻ <b>Закон сообщающихся сосудов:</b> высоты столбов разнородных жидкостей <math>h_1, h_2</math> обратно пропорциональны плотностям этих жидкостей <math>\rho_1, \rho_2</math></p>	 $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ $h_1 \rho_1 = h_2 \rho_2$ <p style="text-align: center;"><math>\rho_1 &gt; \rho_2</math></p>
<p>❼ <b>Поток</b> — пространство, заполненное частицами движущейся жидкости</p> <p>❽ <b>Стационарное течение</b> — течение жидкости, при котором форма и расположение линий тока, а также значение скоростей в каждой ее точке со временем не изменяются</p>	 <p>• Для определения направления скоростей частиц в потоке используют <i>линии тока</i>. Густота линий характеризует скорость течения жидкости. По линиям тока можно судить о направлении и модуле скорости в разных точках потока, т. е. о состоянии движения жидкости</p>

7. Механика жидкостей и газов (окончание)

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<p><b>9</b> <b>Закон постоянства потока</b> — при стационарном течении жидкости в трубах через любое сечение проходит одинаковое количество жидкости за одинаковые интервалы времени</p>	 $Q = \rho S_1 v_1 = \rho S_2 v_2$ $S_1 v_1 = S_2 v_2$ $Q = m/t = \text{const}$ <p><math>Q</math> [м<sup>3</sup>/с] — объемный расход жидкости</p>
<p><b>10</b> <b>Статическое давление в потоке</b>, <math>p_{\text{ст}}</math> [Па] — давление, обусловленное потенциальной энергией жидкости, находящейся под давлением столба жидкости</p> <p><b>11</b> <b>Динамическое давление в потоке</b>, <math>p_{\text{дин}}</math> [Па] — давление, обусловленное кинетической энергией движущейся жидкости</p> <p><b>12</b> <b>Полное давление в потоке</b>, <math>p</math> [Па] — давление, складывающееся из статического и динамического давления</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• В покоящейся жидкости динамическое давление равно нулю, а полное давление равно статическому</li> <li>• При увеличении скорости потока динамическое давление возрастает, а статическое уменьшается</li> </ul> $p_{\text{ст}} = \rho g h \quad p_{\text{дин}} = \frac{\rho v^2}{2}$  $p = p_{\text{ст}} + p_{\text{дин}}$
<p><b>13</b> <b>Закон Бернулли:</b> в стационарном потоке сумма статического и динамического давлений остается постоянной</p>	 $p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho g h_2 + \frac{\rho v_2^2}{2};$ <p>Если <math>p_1 = p_2</math>, <math>v_1 \ll v_2</math>; <math>v_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2)}</math></p>
<p><b>14</b> <b>Ламинарное (слоистое) течение</b> — упорядоченное течение, характеризующееся отсутствием перемешивания между соседними слоями</p> <p><b>15</b> <b>Турбулентное (вихревое) течение</b> — неупорядоченное, хаотическое течение, характеризующееся интенсивным перемешиванием, теплообменом, большими значениями коэффициента трения</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Ламинарное течение</b></p>  <math display="block">F_{\text{тр}} = \eta v_{12} S/a</math> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Турбулентное течение</b></p>  <math display="block">F_{\text{сопр}} = \frac{Sc \rho v^2}{2}</math> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Турбулентное течение возникает в результате потери устойчивости ламинарного течения</li> </ul>

## 8. Элементы релятивистской механики

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<p><b>1</b> Релятивистская механика — совокупность законов движения тел, движущихся со скоростями, сравнимыми со скоростью распространения света в вакууме</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Релятивистская механика основана на <i>специальной теории относительности</i>, разработанной Эйнштейном</li> <li>• Все формулы релятивистской механики совпадают с формулами классической механики, если <math>v \ll c</math> (<math>c = 3 \cdot 10^8</math> м/с)</li> </ul>
<p><b>Постулаты теории относительности (постулаты Эйнштейна)</b></p>	
<p><b>2</b> Первый постулат (принцип относительности)</p> <p><b>3</b> Второй постулат (принцип постоянства скорости света)</p>	<p>Все законы природы инвариантны (неизменны) по отношению к переходу от одной инерциальной системы отсчета к другой</p> <p>Скорость света в вакууме не зависит от скорости движения источника света или наблюдателя и одинакова во всех инерциальных системах отсчета</p>
<p><b>Движение в инерциальных системах</b></p>	
<p><b>4</b> Преобразование Галилея связывает движение в двух инерциальных системах, движущихся с малой относительной скоростью (<math>v \ll c</math>)</p> <p><b>5</b> Преобразование Лоренца связывает движение в двух инерциальных системах, движущихся с очень большой относительной скоростью (<math>v \rightarrow c</math>)</p>	<p><math>v_1, v_{x1}, S_1, a_1, x_1, \Delta t_1</math> — параметры движения системы «1»</p> <p><math>v_2, v_{x2}, S_2, a_2, x_2, \Delta t_2</math> — параметры движения системы «2»</p> <p><math>v_{21}, v_{x21}, S_{21}, a_{21}</math> — параметры движения системы «2» относительно системы «1»</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Длина <math>L</math>, интервал времени <math>\Delta t</math>, и ускорение <math>a</math> остаются неизменными при переходе к инерциальной системе, движущейся со скоростью <math>v \ll c</math></li> <li>• При переходе к инерциальной системе, движущейся со скоростью <math>v \rightarrow c</math> учитывается постоянство скорости света</li> <li>• Ускорения в обоих системах одинаковы, т.к. <math>v = \text{const}</math></li> </ul> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p><math>\Delta t_1 = \Delta t_2</math></p> <p><math>\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_{21}</math></p> <p><math>\vec{S}_1 = \vec{S}_2 + \vec{S}_{21}</math></p> </div> <div style="flex: 1;">  <p>Для инерциальных систем: <math>a_{x1} = a_{x2}</math></p> </div> </div> $x_1 = \frac{x_2 + v_{21}t_2}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad t_1 = \frac{t_2 + \frac{\beta x_2}{c}}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad v_{x1} = \frac{v_{x2} + v_{x21}}{1 + \frac{v_{x2}v_{x21}}{c^2}}$ <p><math>\beta = \frac{v}{c}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• При <math>v \ll c</math> уравнения переходят в классическое преобразование Галилея</li> </ul>



8. Элементы релятивистской механики (окончание)

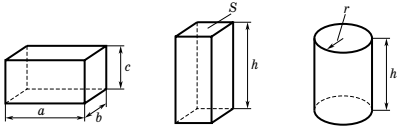
Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<b>Следствия теории относительности</b>	
<p><b>6</b> Замедление времени в «движущейся» системе для наблюдателя, находящегося в «неподвижной» системе (<math>v \rightarrow c</math>)</p>	$\Delta\tau = \frac{\Delta\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \geq \Delta\tau_0$ <p><math>\Delta\tau_0</math> и <math>\Delta\tau</math> — интервал времени в «неподвижной» и «движущейся» системах, соответственно</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Временной интервал между двумя событиями в «движущейся» системе отсчета <i>больше</i> для наблюдателя, находящегося в «неподвижной» системе (парадокс часов)</li> </ul>
<p><b>7</b> Сокращение длины в «движущейся» системе для наблюдателя, находящегося в «неподвижной» системе (<math>v \rightarrow c</math>)</p>	$L = L_0\sqrt{1-\beta^2} \leq L_0$ <p><math>L_0</math> и <math>L</math> — длина отрезка в «неподвижной» и «движущейся» системах, соответственно</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Длина отрезка в «движущейся» системе отсчета имеет <i>меньшую величину в направлении движения</i> для наблюдателя, находящегося в «неподвижной» системе. Размеры в перпендикулярном направлении остаются неизменными (тело «сплющивается»)</li> </ul>
<p><b>8</b> Увеличение массы в «движущейся» системе для наблюдателя, находящегося в «неподвижной» системе (<math>v \rightarrow c</math>)</p>	$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$ <p><math>m_0</math> и <math>m</math> — масса тела в «неподвижной» и «движущейся» системах, соответственно</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Масса тела в «движущейся» системе отсчета <i>больше</i> для наблюдателя, находящегося в «неподвижной» системе</li> </ul>
<p><b>9</b> Увеличение импульса в «движущейся» системе для наблюдателя, находящегося в «неподвижной» системе (<math>v \rightarrow c</math>)</p>	$\vec{p} = \frac{\vec{p}_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ <p><math>p_0</math> и <math>p</math> — импульс тела в «неподвижной» и «движущейся» системах, соответственно</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Импульс тела в «движущейся» системе отсчета <i>больше</i> для наблюдателя, находящегося в «неподвижной» системе</li> </ul>
<p><b>10</b> Эквивалентность массы и энергии</p>	$E = E_0 + E_k, \quad E = mc^2$ $E_0 = m_0c^2 \quad m = \frac{E}{c^2}$ <p>Массе покоя <math>m_0</math> соответствует энергия покоя <math>E_0</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Каждой массе (или изменению массы) соответствует определенная энергия (изменение энергии)</li> </ul>

## II. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

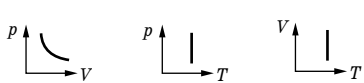
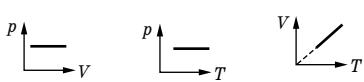
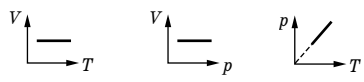
### 9. Общие понятия

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<b>Дискретные элементы, образующие вещество</b>	
<p><b>1</b> Атом — нейтральная частица, структурный элемент молекул</p> <p><b>2</b> Молекула — нейтральная, мельчайшая устойчивая частица вещества</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Размеры атомов <math>10^{-10}</math> м</li> <li>• Например, молекула воды (<math>\text{H}_2\text{O}</math>) состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода</li> <li>• Размеры молекул <math>10^{-10} \dots 10^{-7}</math> м</li> </ul>
<b>Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ)</b>	
<b>3</b> Все тела состоят из частиц (атомов, молекул, ионов и др.)	Пример: следы мела на доске, водяной пар
<b>4</b> Частицы хаотически движутся	Пример: броуновское движение, диффузия
<b>5</b> Частицы взаимодействуют друг с другом	Следствие взаимодействия: сжатие, растяжение, прилипание, сохранение формы тел
<b>6</b> Масса молекулы, $m_0$ [кг]	$m_0 = m/N = \mu/N_A$ Например, масса молекулы $\text{H}_2\text{O}$ : $m_0 \approx 2,7 \cdot 10^{-27}$ кг
<b>7</b> Относительная молекулярная масса, $m_R$ — масса молекулы, выраженная в атомных единицах массы (а.е.м.)	<p>► Молекулярная масса вычисляется как сумма относительных атомных масс атомов, входящих в состав молекулы.</p> <p>Например, относительная молекулярная масса молекулы <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>:</p> $m_R = 1 \times 2 + 32 \times 1 + 16 \times 4 = 98$ <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <p style="margin: 0;"> <math>\text{H}_2: m_R = 1 \times 2 = 3</math> <span style="margin-left: 100px;"><math>\text{O}_4: m_R = 16 \times 4 = 64</math></span> </p> <p style="margin: 0;"><math>\text{S}: m_R = 32 \times 1 = 32</math></p> </div> <p>• Относительные атомные массы приведены в периодической системе элементов</p>
<b>8</b> Количество молекул в данном теле, $N$	$N = \nu N_A = m/m_0 = nV$ Например, в одном грамме $\text{H}_2\text{O}$ $3,7 \cdot 10^{22}$ молекул
<b>9</b> Количество вещества, $\nu$ [моль] — физическая величина, оценивающая количество структурных элементов в теле или системе тел	$\nu = N/N_A = m/\mu$ <p>► Количество вещества определяют как отношение числа молекул в данном теле к числу атомов в 12 г углерода</p>
<b>10</b> Моль — единица количества вещества	<p>► Моль — количество вещества, в котором содержится столько же структурных элементов (молекул, атомов, ионов), сколько атомов содержится в 12 г углерода</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Один моль любого вещества содержит <math>6,023 \cdot 10^{23}</math> структурных элементов (<math>N_A</math>)</li> <li><math>N_A</math> — постоянная Авогадро</li> </ul>

9. Общие понятия (окончание)

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<p><b>11</b> Молярная масса, <math>\mu</math> [кг/моль] — масса одного моля вещества</p>	$\mu = m/\nu = m_0 N_A$ <p>▶ Молярная масса численно равна молекулярной массе, умноженной на <math>10^{-3}</math> Например, для <math>H_2SO_4</math>: <math>\mu = 98 \cdot 10^{-3}</math> кг/моль</p>
<p><b>12</b> Концентрация вещества, <math>n</math> [м<sup>-3</sup>] — число молекул в единице объема</p>	$n = N/V = \rho N_A / \mu$ <p>Например, концентрация воды: <math>n = 0,3 \cdot 10^{28}</math> м<sup>-3</sup></p>
<p><b>13</b> Плотность вещества, <math>\rho</math> [кг/м<sup>3</sup>] — масса вещества в единице объема</p>	$\rho = m/V = \mu \nu / V = \mu n / N_A$
<p><b>14</b> Давление газа, <math>p</math> [Па] — физическая величина, характеризующая интенсивность воздействия ударов молекул газа на поверхность тела (стенки сосуда)</p>	$p = nkT$ <p><math>k = 1,38 \cdot 10^{-23}</math> Дж/К <math>k</math> — постоянная Больцмана</p> <p>▶ В замкнутой системе давление газа пропорционально квадрату средней квадратичной скорости молекул или температуре</p>
<p><b>15</b> Объем, <math>V</math> [м<sup>3</sup>] — физическая величина, характеризующая часть пространства занятую телом</p>	 <p style="text-align: center;"> <math>V = abc</math>      <math>V = Sh</math>      <math>V = \pi r^2 h</math> </p>
<p><b>16</b> Температура, <math>T</math> [К] — физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия системы</p>	$T = 5E_{ко} \cdot 10^{22} \text{ К}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура характеризует энергию, с которой движутся молекулы газа</li> <li>• Температура всех частей изолированной системы, находящейся в равновесии, одинакова</li> <li>• С ростом температуры вещество из твердого переходит в жидкое, а затем в газообразное состояние</li> </ul>
<p><b>17</b> Температурные шкалы (шкала Кельвина, шкала Цельсия) — две шкалы, допустимые к применению в науке и технике</p>	<p><math>T</math> — температура в кельвинах (К) или абсолютная температура      <math>t</math> — температура в градусах Цельсия (°C)</p> <p><math>T_0 = 273,15</math> К — нулевая точка по шкале Цельсия (точка замерзания воды)</p> $t = T - T_0$ $T = t + T_0$
<p><b>18</b> Средняя квадратичная скорость молекул <math>\bar{v}</math></p>	$\bar{v} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Средняя квадратичная скорость вводится для случая, когда газ в объеме <math>V</math> содержит <math>N</math> молекул, движущихся со скоростями <math>v_1, v_2, v_3, \dots, v_N</math></li> </ul>

## 10. Свойства газов

Основные определения	Рисунки, формулы, пояснения, величины
<p><b>1</b> Идеальный газ — теоретическая модель реального газа, в соответствии с которой между молекулами газа отсутствуют силы взаимодействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• На практике свойства многих газов (например, кислород и гелий) в нормальных условиях близки к свойствам идеального газа</li> <li>• Свойства всех газов при низких давлениях и высокой температуре близки к свойствам идеального газа</li> </ul>
<p><b>2</b> Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа</p>	$p = \frac{F}{S} = \frac{F_0 N}{S} = \frac{1}{3} n m_0 v^2 = \frac{2}{3} n E_{k0}$ <p>► Давление идеального газа пропорционально концентрации молекул и средней кинетической энергии их поступательного движения</p>
<p><b>3</b> Уравнение Менделеева-Клапейрона</p>	$pV = \nu RT = \frac{m}{\mu} RT$ <p><math>R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{К}\cdot\text{моль})</math>  <math>R</math> — молярная газовая постоянная</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Уравнение Менделеева-Клапейрона устанавливает взаимосвязь между давлением <math>p</math>, объемом <math>V</math> и температурой <math>T</math> произвольной массы газа <math>m</math></li> </ul>
<p><b>4</b> Уравнение Клапейрона</p>	$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \text{const}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Уравнение Клапейрона устанавливает взаимосвязь между давлением <math>p</math>, объемом <math>V</math> и температурой <math>T</math> данной массы газа <math>m</math></li> </ul>
<p><b>5</b> Закон Бойля-Мариотта: для газа данной массы при неизменной температуре (<math>T = \text{const}</math>) произведение давления на его объем постоянно</p>	$p_1 V_1 = p_2 V_2$  <p>► Процесс, протекающий при постоянной температуре, называют изотермическим</p>
<p><b>6</b> Закон Гей-Люссака: для газа данной массы при неизменном давлении (<math>p = \text{const}</math>) отношение объема к температуре постоянно</p>	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$  <p>► Процесс, протекающий при постоянном давлении, называют изобарическим</p>
<p><b>7</b> Закон Шарля: для газа данной массы при неизменном объеме (<math>V = \text{const}</math>) отношение давления к температуре постоянно</p>	$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$  <p>► Процесс, протекающий при постоянном объеме, называют изохорическим</p>

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)