

# КИНЕМАТИКА

## 9.I. Равномерное прямолинейное движение

Название формулы (закона, правила)	Формулировка закона (правила)	Формула	Единица измерения (в СИ)
1. Скорость	Скоростью равномерного прямолинейного движения называют постоянную векторную величину ( $\vec{v}$ ), численно равную перемещению ( $\vec{s}$ ), которое совершает тело за единицу времени ( $t$ ).	$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$	$\frac{м}{с}$
2. Проекция скорости на координатную ось	Проекция скорости ( $v_x$ ) на координатную ось равна изменению координаты ( $x - x_0$ ) в единицу времени ( $t$ ).	$v_x = \frac{x - x_0}{t}$	$\frac{м}{с}$
3. Перемещение	Перемещение ( $\vec{s}$ ) при равномерном прямолинейном движении равно произведению скорости ( $\vec{v}$ ) на время ( $t$ ) этого перемещения.	$\vec{s} = \vec{v} \cdot t$	м
4. Проекция перемещения на координатную ось	Проекция перемещения ( $s_x$ ) при равномерном прямолинейном перемещении равна изменению координаты ( $x - x_0$ ).	$s_x = x - x_0$	м

## 9.II. Равноускоренное прямолинейное движение

5. Средняя скорость при неравномерном прямолинейном движении	Средняя скорость ( $\vec{v}_{cp}$ ) при неравномерном прямолинейном движении равна отношению перемещения ( $\vec{s}$ ) на время ( $t$ ), в течение которого оно совершено.	$\vec{v}_{cp} = \frac{\vec{s}}{t}$	м
6. Ускорение	Ускорение тела ( $\vec{a}$ ) при его равноускоренном движении – величина, равная отношению изменения скорости ( $\vec{v} - \vec{v}_0$ ) к промежутку времени ( $t$ ), в течение которого это изменение произошло.	$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$	$\frac{м}{с^2}$
7. Скорость	Скорость ( $\vec{v}$ ) тела в любой момент времени ( $t$ ) равноускоренного прямолинейного движения определяется начальной скоростью ( $\vec{v}_0$ ) тела и его ускорением ( $\vec{a}$ ).	$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot t$ $\vec{v} = \vec{a} \cdot t$ (при $\vec{v}_0 = 0$ )	$\frac{м}{с}$
8. Перемещение	Перемещение ( $s$ ) тела в любой момент времени ( $t$ ) равноускоренного прямолинейного движения определяется начальной скоростью ( $v_0$ ) тела и его конечной скоростью ( $v = v_0 + a \cdot t$ ).	$a) s = v_0 t + \frac{a \cdot t^2}{2}$ $s = \frac{a \cdot t^2}{2}$ (при $\vec{v}_0 = 0$ ) $б) s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ $s = \frac{v^2}{2a}$ (при $\vec{v}_0 = 0$ )	м
9. Координата тела	Координата ( $x$ ) тела в любой момент времени ( $t$ ), определяется начальной координатой ( $x_0$ ), начальной скоростью ( $v_0$ ) и ускорением ( $a$ )	$x = x_0 + v_0 t + \frac{a \cdot t^2}{2}$	м

Название формулы (закона, правила)	Формулировка закона (правила)	Формула	Единица измерения (в СИ)
10. Ускорение свободного падения	Ускорение свободного падения ( $g$ ) одинаково для всех тел на данной широте Земного шара.	$g = 9,81$	$\frac{м}{с^2}$

### 9. III. Равномерное движение по окружности

11. Угловая скорость	<p>Угловая скорость (<math>\omega</math>) тела при равномерном движении по окружности характеризует быстроту изменения угла поворота и:</p> <p>а) равна отношению изменения угла поворота (<math>\Delta\varphi</math>) к промежутку времени (<math>\Delta t</math>), за которое это изменение произошло;</p> <p>б) определяется отношением линейной скорости (<math>v</math>) к радиусу окружности (<math>r</math>);</p> <p>в) пропорциональна частоте обращения (<math>n</math>);</p> <p>г) обратно пропорциональна периоду обращения (<math>T</math>)</p>	$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ $\omega = \frac{v}{r}$ $a = 2\pi \cdot n$ $\omega = \frac{2\pi}{T}$	$\frac{рад}{с}$
12. Частота обращения	Частота обращения ( $n$ ) – число оборотов по окружности в единицу времени – величина, обратная периоду обращения ( $T$ )	$n = \frac{1}{T}$	$\frac{1}{с}$
13. Период обращения	Период обращения ( $T$ ) – время совершения телом одного полного оборота, определяемое формулами:	$T = \frac{1}{n}$ $T = \frac{2\pi}{a}$	$с$
14. Линейная скорость	<p>Скорость тела при равномерном движении по окружности (<math>v</math>):</p> <p>а) пропорциональна длине окружности (<math>2\pi \cdot r</math>) и обратно пропорциональна периоду обращения (<math>T</math>);</p> <p>б) пропорциональна длине окружности (<math>2\pi \cdot r</math>) и частоте обращения (<math>n</math>).</p>	$v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$ $v = 2\pi \cdot r \cdot n$	$\frac{м}{с}$
15. Центробежное ускорение	<p>Ускорение (<math>a</math>) тела, равномерно движущегося по окружности, направлено по радиусу окружности к её центру и:</p> <p>а) пропорционально квадрату скорости (<math>v</math>) и обратно пропорционально радиусу окружности (<math>r</math>);</p> <p>б) связано с периодом обращения (<math>T</math>) и частотой обращения (<math>n</math>) формулами:</p>	$a = \frac{v^2}{r}$ $a = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ $a = 4\pi^2 n^2 r$	$\frac{м}{с^2}$

Название формулы (закона, правила)	Формулировка закона (правила)	Формула	Единица измерения (в СИ)
------------------------------------	-------------------------------	---------	--------------------------

**ДИНАМИКА**  
**9.IV. Законы Ньютона**

16. Первый закон Ньютона	Существуют такие системы отсчета, относительно которых тело сохраняет состояния покоя или равномерного прямолинейного движения, если на него не действуют другие тела или равнодействующая всех приложенных к телу сил равна нулю.	$\vec{v} = const$ (при $\vec{F} = 0$ )	
17. Второй закон Ньютона	Равнодействующая всех сил ( $\vec{F}$ ), приложенных к телу, равна произведению массы ( $m$ ) тела на его ускорение ( $\vec{a}$ ), сообщенное этими силами.	$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$	H
18. Третий закон Ньютона	Тела действуют друг на друга с силами ( $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ ), равными по модулю и противоположными по направлению.	$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$	H

**9.V. Силы в природе**

19. Закон Гука	Сила упругости ( $F_{упр}$ ), возникающая при деформации тела, пропорциональна удлинению тела ( $x$ ) и направлена противоположно направлению перемещения частиц тела при деформации.	$F_{упр} = -kx$ ( $k$ – жесткость тела при деформации)	H
20. Закон всемирного тяготения	Тела притягиваются друг к другу с силой ( $F$ ), модуль которой пропорционален произведению их масс ( $m_1$ и $m_2$ ) и обратно пропорционален квадрату расстояния между их центрами масс ( $R$ ).	$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$ ( $G$ – гравитационная постоянная)	H
21. Гравитационная постоянная	Гравитационная постоянная ( $G$ ) численно равна силе притяжения двух точечных тел массой 1 кг каждое при расстоянии между ними 1 м.	$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$	$\frac{H \cdot m^2}{кг^2}$
22. Сила тяжести	Сила тяжести ( $F_T$ ) равна произведению массы тела ( $m$ ) на ускорение свободного падения ( $g$ ).	$F_T = mg$	H
23. Ускорение свободного падения	1) вблизи поверхности Земли: 2) на высоте ( $h$ ) от поверхности Земли: $G$ – гравитационная постоянная; $M_{Земли}$ – масса Земли; $R$ – радиус Земли	$g_0 = \frac{G \cdot M_{Земли}}{R^2}$ $g_h = \frac{G \cdot M_{Земли}}{(R + h)^2}$	$\frac{m}{с^2}$

Название формулы (закона, правила)	Формулировка закона (правила)	Формула	Единица измерения (в СИ)
24. Вес покоящихся и движущихся тел.	<p>Вес тела (<math>P</math>):</p> <p>а) в состоянии покоя или движущегося равномерно и прямолинейно:</p> <p>б) движущегося вверх с ускорением (<math>a</math>):</p> <p>в) движущегося вниз с ускорением (<math>a</math>):</p> <p>г) движущегося со скоростью (<math>v</math>) на выпуклой поверхности радиусом (<math>R</math>) в верхней точке:</p> <p>д) движущегося со скоростью (<math>v</math>) на вогнутой поверхности радиусом (<math>R</math>) в нижней точке:</p> <p>е) в невесомости:</p>	$P = mg$ $P = m(g+a)$ $P = m(g-a)$ $P = m\left(g - \frac{v^2}{R}\right)$ $P = m\left(g + \frac{v^2}{R}\right)$ $P = 0$	$H$

### *9. VI. Движение тела под действием силы тяжести*

25. Движение тела под углом к горизонту.	<p>Если начальная скорость тела (<math>v_0</math>) направлена под углом (<math>\alpha</math>) к горизонту, то:</p> <p>а) проекция вектора скорости (<math>\vec{v}_0</math>) на горизонтальную ось (<math>v_{0x}</math>) и вертикальную ось (<math>v_{0y}</math>):</p> <p>б) вертикальная координата (<math>y</math>) траектории движения тела в произвольный момент времени (<math>t</math>):</p> <p>в) максимальная высота (<math>h_{\max}</math>) подъёма:</p> <p>г) время подъёма (<math>t_{\text{подъёма}}</math>) на максимальную высоту (<math>h_{\max}</math>):</p> <p>е) время полёта (<math>t_{\text{полёта}}</math>) над горизонтальной поверхностью:</p> <p>ж) дальность полёта (<math>l</math>) над горизонтальной поверхностью:</p> <p>з) наибольшая дальность (<math>l_{\max}</math>) полёта над горизонтальной поверхностью (при <math>\alpha = 45^\circ</math>):</p>	$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$ $y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$ $h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ $t_{\text{подъёма}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$ $t_{\text{полёта}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$ $l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ $l_{\max} = \frac{v_0^2}{g}$	$\frac{M}{c}$  $M$  $M$  $c$  $c$  $M$  $M$
26. Горизонтально брошенное тело.	<p>Если тело брошено горизонтально с высоты (<math>h</math>) с начальной скоростью (<math>v_0</math>), то:</p> <p>а) время падения (<math>t</math>):</p> <p>б) дальность падения (<math>l</math>):</p> <p>в) высота полёта (<math>h</math>):</p>	$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ $l = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$ $h = \frac{gt^2}{2}$	$c$  $M$  $M$

Название формулы (закона, правила)	Формулировка закона (правила)	Формула	Единица измерения (в СИ)
27. Скорость искусственно-го спутника Земли.	Скорость тела ( $v$ ) в горизонтальном направлении, при которой оно движется по окружности вокруг Земли (радиус Земли $R$ , масса Земли $M$ ): а) вблизи поверхности Земли (первая космическая скорость): б) на высоте ( $h$ ) над Землей:	$v = \sqrt{gR}$ $v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R + h}}$ ( $G$ – гравитационная постоянная)	$\frac{m}{c}$

**9. VII. Силы трения**

28. Трение покоя.	Максимальная сила трения покоя ( $F_{тр})_{max}$ пропорциональна силе нормального давления ( $N$ ) и зависит от характера взаимодействия соприкасающихся поверхностей тел, определяемого коэффициентом трения ( $\mu$ )	$(F_{тр})_{max} = \mu N$	$H$
29. Трение скольжения.	Сила трения скольжения ( $F_{тр}$ ) пропорциональна силе давления ( $N$ ), коэффициенту трения ( $\mu$ ) и направлена противоположно направлению движения тела.	$F_{тр} = \mu N$	$H$
30. Коэффициент трения.	Коэффициент трения ( $\mu$ ) вычисляют как отношение модулей силы трения ( $F_{тр}$ ) и силы давления ( $N$ )	$\mu = \frac{F_{мп}}{N}$	--
31. Движение тела под действием силы трения.	а) Путь ( $l$ ), пройденный движущимся телом под действием силы трения до полной остановки (тормозной путь), прямо пропорционален квадрату начальной скорости ( $v_0$ ) и обратно пропорционален коэффициенту трения ( $\mu$ ). б) Время ( $t$ ) движения тела под действием силы трения до момента полной остановки (время торможения) прямо пропорционально начальной скорости ( $v_0$ ) и обратно пропорционально коэффициенту трения ( $\mu$ ).	$l = \frac{v_0^2}{2\mu \cdot g}$ ( $g$ – ускорение свободного падения) $t = \frac{v_0}{2\mu \cdot g}$	$m$  $c$

**9. VIII. Движение тела под действием нескольких сил**

32. Условие равновесия тела (как материальной точки).	Тело находится в равновесии (в покое или движется равномерно и прямолинейно), если сумма проекций всех сил ( $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ ), действующих на тело, на любую ось ( $Ox, Oy, Oz, \dots$ ) равна нулю.	$\sum_{i=1}^n (\vec{F}_i)_x = 0$ $\sum_{i=1}^n (\vec{F}_i)_y = 0$ $\sum_{i=1}^n (\vec{F}_i)_z = 0$ ... ..	$H$
---	--	--	-----

Название формулы (закона, правила)	Формулировка закона (правила)	Формула	Единица измерения (в СИ)
33. Движение тела по наклонной плоскости.	Ускорение тела, скользящего вниз по наклонной плоскости с углом наклона ( $\alpha$ ) и коэффициентом трения тела о плоскость ( $\mu$ ), не зависит от массы тела и равно:	$a = g(\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha)$ ( $g$ – ускорение свободного падения)	$\frac{м}{с^2}$
34. Движение связанных тел через неподвижный блок.	Ускорение двух тел, массами $m_1$ и $m_2$ , связанных нитью, перекинутой через неподвижный блок, равно:	$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g$ ( $g$ – ускорение свободного падения)	$\frac{м}{с^2}$

### 9. IX. Законы сохранения в механике

36. Импульс тела	Импульс тела ( $\vec{p}$ ) – векторная величина, равная произведению массы ( $m$ ) тела на его скорость ( $\vec{v}$ ).	$\vec{p} = m\vec{v}$	$\frac{кг \cdot м}{с}$
37. Импульс силы	Импульс силы ( $\vec{F} \cdot t$ – произведение силы $\vec{F}$ на время $t$ её действия) равен изменению импульса тела.	$\vec{F}t = m\vec{v} + m\vec{v}_0$	$Н \cdot с$
38. Закон сохранения импульса	Геометрическая сумма импульсов тел ( $m_1\vec{v}_1, m_2\vec{v}_2$ ), составляющих замкнутую систему, остается постоянной при любых движениях и взаимодействиях тел системы.	$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2$	$Н \cdot с$
39. Механическая работа силы	Работа ( $A$ ) постоянной силы равна произведению модулей векторов силы ( $\vec{F}$ ) и перемещения ( $\vec{s}$ ) на косинус угла между этими векторами.	$A = F \cdot s \cdot \cos\alpha$ ( $\alpha$ – угол между векторами силы и перемещения)	Дж
40. Теорема о кинетической энергии	Работа ( $A$ ) силы (или равнодействующей сил) равна изменению кинетической энергии ( $E_{k1}$ и $E_{k2}$ ) движущегося тела.	$A = E_{k2} - E_{k1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$ ( $m$ – масса тела; $v_1, v_2$ – начальная и конечная скорости тела)	Дж
41. Потенциальная энергия поднятого тела	Потенциальная энергия ( $E_{п}$ ) тела, поднятого на некоторую высоту ( $h$ ) над нулевым уровнем, равна работе ( $A$ ) силы тяжести ( $mg$ ) при падении тела с этой высоты до нулевого уровня.	$A = E_{п} = mgh$	Дж

Название формулы (закона, правила)	Формулировка закона (правила)	Формула	Единица измерения (в СИ)
42. Работа силы тяжести	Работа ( $A$ ) силы тяжести ( $mg$ ) не зависит от пути, пройденного телом, а определяется разностью высот ( $\Delta h = h_2 - h_1$ ) положения тела в конце и в начале пути и равна разности его потенциальных энергий ( $E_{п2}$ и $E_{п1}$ ).	$A = -(E_{п2} - E_{п1}) = -mg \cdot \Delta h$	Дж
40. Потенциальная энергия деформированного тела	Потенциальная энергия ( $E_{п}$ ) деформированного тела (пружины) равна работе силы упругости при переходе тела (пружины) в состояние, в котором его деформация равна нулю.	$E_{п} = \frac{k \cdot x^2}{2},$ ( $k$ – жесткость, $x$ – деформация пружины)	Дж
41. Закон сохранения полной механической энергии	Полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения или силами упругости, остается неизменной при любых движениях тел системы.	$E_{к2} + E_{п2} = E_{к1} + E_{п1} = const$	Дж

### 9. X. Движение жидкостей и газов по трубам

42. Закон Бернулли	Давление жидкости, текущей в трубе, больше в тех частях трубы, где скорость её движения меньше, и наоборот, в тех частях, где скорость больше, давление меньше.	$p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} =$ $= p_2 + \rho g h_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} =$ $= const$ <p>(<math>p_1, v_1, h_1</math> – давление, скорость и вертикальная координата жидкости в одном сечении трубы;  <math>p_2, v_2, h_2</math> – то же для другого сечения трубы;  <math>\rho</math> – плотность жидкости;  <math>g</math> – ускорение свободного падения)</p>	Па
--------------------	---	---	----