

A photograph of a physics classroom with students at desks. The background wall is blue and decorated with white physics-related icons and formulas. The text is overlaid on a semi-transparent grey rectangle in the upper half of the image.

ЕГЭ-2023 по физике

Метод размерностей

Преподаватель: Бегунов Михаил Игоревич



vk.com/ege_phys

Физические величины. Единицы их измерения

Физическая величина – это физическое понятие, выраженное числом в процессе измерения и характеризующее то или иное свойство физического тела или явления.

Физическая величина = Значение $\cdot$ Единица измерения $v = 2 \cdot \frac{м}{с}$

[Физическая величина] = Единица измерения $[v] = \frac{м}{с}$

Система СИ:

Действия с единицами измерения ф.в.:

l – длина

$[l] = м$ – метр

m – масса

$[m] = кг$ – килограмм

t – время

$[t] = с$ – секунда

1) умножение / деление:

$$3 \underline{м} \cdot 5 \underline{м} = 15 \underline{м}^2 \quad \frac{\underline{м}}{\underline{м}} = 1$$

2) сложение / вычитание:

$$2 \underline{кг} + 7 \underline{кг} = 9 \underline{кг}$$

$$(2 + 7) \cdot \underline{кг} = 9 \underline{кг}$$

$$\underline{кг} \pm \underline{кг} = \underline{кг}$$

+ моль, кельвин (K), ампер (A), кандела (кд) – основные единицы СИ

Проверка с помощью метода размерностей

Плотность тела:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad [\rho] = \frac{[m]}{[V]} = \frac{кг}{м^3}$$

Плотность		подсолнечного масла	900 кг/м ³
воды	1000 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	ртути	13600 кг/м ³

$$m = \frac{\rho}{V} \quad [m] = \frac{[\rho]}{[V]} = \frac{кг/м^3}{м^3} = \frac{кг}{м^3} \cdot \frac{1}{м^3} = \frac{кг}{м^6} \neq кг$$

$$\underline{m = \rho \cdot V} \quad [m] = [\rho] \cdot [V] = \frac{кг}{м^3} \cdot м^3 = кг !!!$$

$$^2 \rho = \frac{m}{V} ^6$$

$$^6 = 2 \cdot 3$$

$$m = \rho \cdot V$$

$$^{2+3} a + \underline{b} = ^5 c$$

$$^3 = 5 - 2$$

$$b = c - a$$

Справочные данные

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10 ⁹	санти	с	10 ⁻²
мега	М	10 ⁶	милли	м	10 ⁻³
кило	к	10 ³	микро	мк	10 ⁻⁶
гекто	г	10 ²	нано	н	10 ⁻⁹
деци	д	10 ⁻¹	пико	п	10 ⁻¹²

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
(элементарный электрический заряд)	
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

температура	0 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66 · 10 ⁻²⁷ кг
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ Дж
1 астрономическая единица	1 а.е. ≈ 150 000 000 км
1 световой год	1 св. год ≈ 9,46 · 10 ¹⁵ м
1 парсек	1 пк ≈ 3,26 св. года

Масса частиц	
электрона	9,1 · 10 ⁻³¹ кг ≈ 5,5 · 10 ⁻⁴ а.е.м.
протона	1,673 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,007 а.е.м.
нейтрона	1,675 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,008 а.е.м.

Астрономические величины	
средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$
температура поверхности Солнца	$T = 6000 \text{ К}$

Плотность	
подсолнечного масла	900 кг/м ³
воды	1000 кг/м ³
алюминия	2700 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³
железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³
ртути	13 600 кг/м ³

Удельная теплоёмкость	
воды	4,2 · 10 ³ Дж/(кг · К)
алюминия	900 Дж/(кг · К)
льда	2,1 · 10 ³ Дж/(кг · К)
меди	380 Дж/(кг · К)
железа	460 Дж/(кг · К)
чугуна	500 Дж/(кг · К)
свинца	130 Дж/(кг · К)

Удельная теплота	
парообразования воды	2,3 · 10 ⁶ Дж/кг
плавления свинца	2,5 · 10 ⁴ Дж/кг
плавления льда	3,3 · 10 ⁵ Дж/кг

Нормальные условия:	давление – 10 ⁵ Па, температура – 0 °С
----------------------------	---

Молярная масса	
азота	28 · 10 ⁻³ кг/моль
гелия	4 · 10 ⁻³ кг/моль
аргона	40 · 10 ⁻³ кг/моль
кислорода	32 · 10 ⁻³ кг/моль
водорода	2 · 10 ⁻³ кг/моль
лития	6 · 10 ⁻³ кг/моль
воздуха	29 · 10 ⁻³ кг/моль
неона	20 · 10 ⁻³ кг/моль
воды	18 · 10 ⁻³ кг/моль
углекислого газа	44 · 10 ⁻³ кг/моль

Кратные и дольные величины

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	<u>м</u>	10^{-3}
кило	<u>к</u>	<u>10^3</u>	микро	мк	<u>10^{-6}</u>
гекто	<u>г</u> _ _ _	<u>10^2</u>	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

$$2000 \text{ м} = 2 \cdot \underbrace{10^3}_{\text{к}} \text{ м} = 2 \text{ км}$$

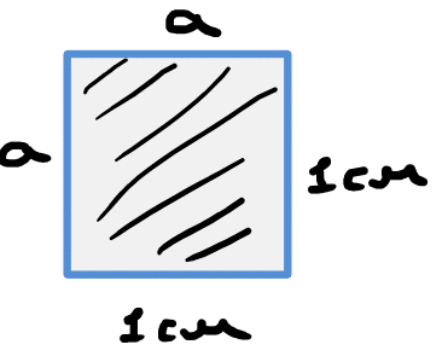
$$0,5 \text{ кг} = 0,5 \cdot 10^3 \text{ г} = 500 \text{ г}$$

$$3,5 \text{ гПа} = 3,5 \cdot 10^2 \text{ Па} = 350 \text{ Па}$$

$$\begin{aligned}
 0,004 \text{ с} &= 4 \cdot \underbrace{10^{-3}}_{\text{м}} \text{ с} = 4 \text{ мс} \\
 &= \underbrace{4}_{\text{м}} \cdot \underbrace{10^{-3}}_{\text{с}} \cdot \underbrace{10^3}_{\text{м}} \cdot \underbrace{10^{-3}}_{\text{с}} \text{ с} = \\
 &= 4000 \text{ мкс.}
 \end{aligned}$$

$$S = a^2$$

Единицы измерения площади и объема

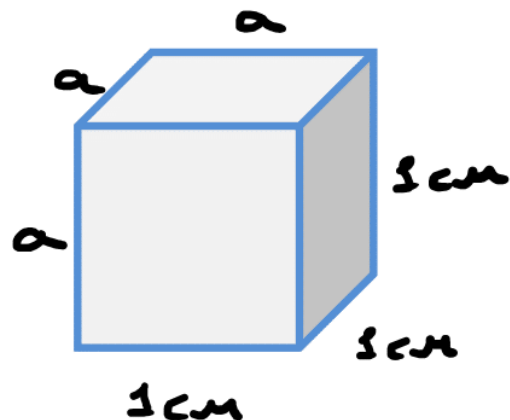


$$5 \text{ см}^2 = 5 \cdot 1 \text{ см}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$1 \text{ см}^2 = (1 \text{ см})^2 = (10^{-2} \text{ м})^2 = 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$1 \text{ м}^2 = (1 \text{ м})^2 = (10^3 \text{ мм})^2 = 10^6 \text{ мм}^2$$

$$V = a^3$$



$$1 \text{ см}^3 = (1 \text{ см})^3 = (10^{-2} \text{ м})^3 = 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$1 \text{ дм}^3 = (1 \text{ дм})^3 = (0,1 \text{ м})^3 = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\underline{1 \text{ л} = 1 \text{ дм}^3 = 10^{-3} \text{ м}^3}$$

Проверка с помощью метода размерностей

1

Грузовик массой m , движущийся по прямолинейному горизонтальному участку дороги со скоростью v , совершает торможение до полной остановки. При торможении колёса грузовика не вращаются. Коэффициент трения между колёсами и дорогой равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль силы трения, действующей на грузовик $\rightarrow$ Н
- Б) тормозной путь грузовика $\rightarrow$ м

ФОРМУЛЫ

- 1) μmg
- 2) μg
- 3) $\frac{v}{\mu g}$
- 4) $\frac{v^2}{2\mu g}$

Ответ:

А	Б
1	4

$[\mu \cdot g] = 1 \cdot \text{Н}$

$[\mu \cdot g] = 1 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

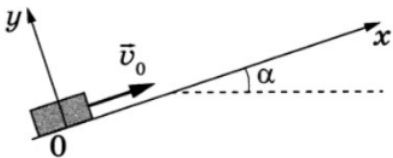
$[\frac{v}{\mu g}] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}}{1 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\text{с}^2}{\text{м}} = \text{с}$

$[\frac{v^2}{2\mu g}] = \frac{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{1 \cdot 1 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{\text{м}^2}{\cancel{\text{с}^2}} \cdot \frac{\cancel{\text{с}^2}}{\text{м}} = \text{м}$

Проверка с помощью метода размерностей

2

После удара шайба массой m начала скользить со скоростью $\vec{v}_0$ вверх по плоскости, установленной под углом α к горизонту (см. рисунок). Переместившись вдоль оси Ox на некоторое расстояние, шайба соскользнула в исходное положение. Коэффициент трения шайбы о плоскость равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль ускорения шайбы при её движении вниз $\rightarrow \frac{\mu}{c^2}$
Б) модуль проекции силы тяжести на ось Ox

ФОРМУЛЫ

- 1) $g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$
2) $\mu mg \cos \alpha$
3) $\underline{mg} \sin \alpha$
4) $g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

Ответ:

А	Б

$\downarrow$
H

не масса, а
eq. ученик.
 $\downarrow$

$[g \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)] = \frac{\mu}{c^2} \cdot \underbrace{(1 - 1 \cdot 1)}_1 = \frac{\mu}{c^2}$

$[\underline{\mu mg} \cdot \cos \alpha] = 1 \cdot H \cdot 1 = H$

$[\underline{mg} \cdot \sin \alpha] = H \cdot 1 = H$

$[g \cdot (\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)] = \frac{\mu}{c^2} \cdot (1 \cdot 1 + 1) = \frac{\mu}{c^2}$

Проверка с помощью метода размерностей

3

С высоты h по наклонной плоскости из состояния покоя соскальзывает брусок массой m . Длина наклонной плоскости равна S , а коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно определить.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) сила трения, действующая на брусок $\rightarrow H$
- Б) время движения бруска $\rightarrow c$

$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$

Ответ:

А	Б
4	3

ФОРМУЛЫ

- 1) $\sqrt{2g(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})}$
- 2) $\frac{mg}{S}(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})$
- 3) $\sqrt{\frac{2S^2}{g(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})}}$
- 4) $\frac{\mu mg}{S}\sqrt{S^2 - h^2}$

$[1)] = \sqrt{1 \cdot \frac{H}{c^2} \cdot H} = \frac{H}{c} - \text{скорость}$

$[2)] = \frac{H}{H} \cdot H = H - \text{сила}$

$[3)] = \sqrt{\frac{H^2}{\frac{H}{c^2} \cdot H}} = \sqrt{\frac{H^2 \cdot c^2}{H^2}} = c - \text{время}$

$[4)] = \frac{1 \cdot H}{H} \cdot H = H - \text{сила}$

$[h - \mu\sqrt{S^2 - h^2}] = H - 1 \cdot \sqrt{H^2 - H^2} = H - \sqrt{H^2} = H - H = 0$

Проверка с помощью метода размерностей

4

Искусственный спутник Земли массой m движется по круговой орбите радиусом R . Масса Земли равна M , G — гравитационная постоянная. Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) центростремительное ускорение спутника
- Б) угловая скорость вращения спутника

ФОРМУЛЫ

- 1) $G \frac{Mm}{R^2}$
- 2) $\sqrt{G \frac{M}{R}}$
- 3) $G \frac{M}{R^2}$
- 4) $\sqrt{G \frac{M}{R^3}}$

$\frac{m}{c^2}$

$\frac{R\omega}{c} = \frac{1}{c}$

$R\omega = 1$

Ответ:

А	Б
3	4

$F = ma \Rightarrow H = \omega \cdot \frac{m}{c^2}$

$[3] = \frac{H \cdot m^2}{\omega^2} \cdot \frac{\omega}{m^2} = \frac{H}{\omega} = \frac{m}{c^2}$ — ускор.

$[4] = \sqrt{\frac{H \cdot m^2}{\omega^2} \cdot \frac{\omega}{m^3}} = \sqrt{\frac{H}{\omega \cdot m}} = \sqrt{\frac{\omega \cdot \frac{m}{c^2}}{\omega \cdot m}} = \frac{1}{c}$

$[G] = \frac{H \cdot m^2}{\omega^2}$

$[1] = \frac{H \cdot m^2}{\omega^2} \cdot \frac{\omega \cdot \omega}{m^2} = H$ — сила

$[2] = \sqrt{\frac{H \cdot m^2}{\omega^2} \cdot \frac{\omega}{m}} = \sqrt{\frac{H \cdot m}{\omega}} = \sqrt{\omega \cdot \frac{m}{c^2} \cdot \frac{m}{\omega}} = \sqrt{\frac{m^2}{c^2}} = \frac{m}{c}$ — скор.

Проверка с помощью метода размерностей

5

В инерциальной системе отсчёта (ИСО) за время Δt под действием постоянной силы импульс тела массой m изменился на $\Delta \vec{p}$.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) сила, действующая на тело
- Б) ускорение тела в ИСО
- $\rightarrow \begin{matrix} \text{Н} \\ \text{м} \\ \text{с}^2 \end{matrix}$

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{m\Delta \vec{p}}{\Delta t}$
- 2) $\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$
- 3) $\frac{\Delta \vec{p}}{m\Delta t}$
- 4) $\frac{m\Delta t}{\Delta \vec{p}}$

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

$[1] = \frac{\text{кг} \cdot \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{с}} =$
 $= \frac{\text{кг}^2 \cdot \text{м}}{\text{с}^2}$

$[2] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{с}} = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} =$

$= \text{Н} - \text{сила}$

$[3] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{кг} \cdot \text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2} -$
 $- \text{ускорение}$

Ответ:

А	Б
2	3

$F = m \cdot a : \text{Н} = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$[1] = \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2}{\text{кг} \cdot \text{м}} = \frac{\text{с}^2}{\text{м}}$

Проверка с помощью метода размерностей

6

Шайба массой m съезжает с горки без трения из состояния покоя. Ускорение свободного падения равно g . У подножия горки кинетическая энергия шайбы равна E_k . Чему равны высота горки и модуль импульса шайбы у подножия горки?

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) высота горки → h
- Б) модуль импульса шайбы у подножия горки

$h \propto \frac{E_k}{g}$

$A = F \cdot s \cdot \cos \alpha$

Ответ:

А	Б
4	2

$E_k = H \cdot m$

$[3] = \sqrt{\frac{H \cdot m}{h}} = \sqrt{m}$

ФОРМУЛЫ

- 1) $E_k \sqrt{\frac{2m}{g}}$
- 2) $\sqrt{2mE_k}$
- 3) $\sqrt{\frac{2E_k}{gm}}$
- 4) $\frac{E_k}{gm}$

$[E_k] = m$
 $[\frac{mv^2}{2}] = m \cdot \frac{L^2}{C^2}$
 $[1] = m \cdot \frac{L^2}{C^2} \cdot \sqrt{\frac{m \cdot C^2}{m}} = m \cdot \frac{L^2}{C}$
 $[2] = \sqrt{m \cdot m \cdot \frac{L^2}{C^2}} = m \cdot \frac{L}{C}$
 $[4] = \frac{H \cdot m}{H} = m$

Проверка с помощью метода размерностей

7 Материальная точка движется по оси x . Её скорость меняется по закону:
 $v = A \cos(\omega t + \varphi_0)$.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) период колебаний материальной точки $T \rightarrow$
- Б) амплитуда ускорения точки $a_{\max}$

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{2\pi}{\omega}$
- 2) $2\pi\omega^2$
- 3) ωA
- 4) $\omega^2 A$

Ответ:

А	Б
1	3

$[A] = \frac{m}{c}$

$[\omega] = \frac{1}{c} = \frac{1}{c}$

$[1] = \frac{m}{\frac{1}{c}} = c$

$[2] = 1 \cdot \left(\frac{1}{c}\right)^2 = \frac{1}{c^2}$

$[3] = \frac{1}{c} \cdot \frac{m}{c} = \frac{m}{c^2}$

$[4] = \frac{1}{c^2} \cdot \frac{m}{c} = \frac{m}{c^3}$

$\rightarrow \frac{m}{c^2}$

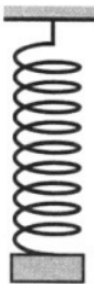
Проверка с помощью метода размерностей

8

Верхний конец пружины идеального пружинного маятника неподвижно закреплён. Масса груза маятника равна m , жёсткость пружины равна k . Груз оттянули вниз на расстояние x от положения равновесия и отпустили с начальной скоростью, равной нулю. Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих возникшие свободные колебания маятника.

Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



$F_{\text{уп}} = k \cdot \Delta l$

$k = \frac{F_{\text{уп}}}{\Delta l}$

$[k] = \frac{H}{m}$

ФОРМУЛЫ

- A) $x \sqrt{\frac{k}{m}}$
- Б) $2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) максимальная скорость груза $\rightarrow \frac{m}{c^2}$
- 2) частота колебаний $\rightarrow \frac{1}{c}$
- 3) максимальная кинетическая энергия груза $\rightarrow H$
- 4) период колебаний $\rightarrow c$

$H = m \cdot \frac{1}{c^2}$

Ответ:

А	Б
1	4

A) $[x \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}] = m \cdot \sqrt{\frac{\frac{H}{m}}{\frac{m}{c^2}}} = m \cdot \sqrt{\frac{1}{c^2}} = m \cdot \frac{1}{c} = \frac{m}{c}$

Б) $[2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}] = \sqrt{\frac{m}{\frac{H}{m}}} = \sqrt{m \cdot \frac{m}{H}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{c^2}}} = \sqrt{c^2} = c$

Проверка с помощью метода размерностей

9

В цилиндре под поршнем находится идеальный одноатомный газ. Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих состояние газа. Обозначения: p — давление; T — абсолютная температура; N — число атомов газа; k — постоянная Больцмана, V — объём газа.

Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФОРМУЛЫ

А) $\frac{pV}{Nk}$

Б) $\frac{3}{2}NkT$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) концентрация молекул $\rightarrow \text{м}^{-3}$
- 2) давление $\rightarrow \text{Па}$
- 3) внутренняя энергия $\rightarrow \text{Дж}$
- 4) абсолютная температура $\rightarrow \text{К}$

Ответ:

А	Б
4	3

$[k] = \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

$p = \frac{F}{S}$

$[p] = \frac{\text{К}}{\text{м}^2} = \text{Па}$

$k = \omega \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$A = F \cdot S \cdot \omega \cdot \alpha$

$\text{Дж} = \text{Н} \cdot \text{м}$

Б) $[\frac{3}{2} N k T] = 1 \cdot 1 \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot \text{К} = \text{Дж}$

А) $[\frac{pV}{Nk}] = \frac{\frac{\text{К}}{\text{м}^2} \cdot \text{м}^3}{\frac{\text{Дж}}{\text{К}}} = \frac{\text{К} \cdot \text{м} \cdot \text{К}}{\text{Дж}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{К}}{\text{Дж}} = \text{К}$

Проверка с помощью метода размерностей

10

α -частица массой m и зарядом q движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля $\vec{B}$ по окружности со скоростью v . Действием силы тяжести пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) период обращения α -частицы в магнитном поле $\rightarrow c$	1) $\frac{2\pi B}{v}$
Б) радиус окружности, по которой движется α -частица $\rightarrow \mu$	2) $\frac{2\pi m}{qB}$
	3) qvB
	4) $\frac{mv}{qB}$

Ответ:

А	Б
2	4

$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = I \cdot t : R_A = A \cdot c$

$F_A = B \cdot l \cdot \sin \alpha : H = T_A \cdot A \cdot \mu$

$T_A = \frac{h}{A \cdot \mu}$

$h = \mu \cdot \frac{\mu}{c^2}$

$[3] = H$
 $[4] = \frac{\mu \cdot (\frac{\mu}{c})^2}{\mu \cdot \frac{\mu^2 H}{c^2}} = \mu$

$F_A = \frac{qBv \cdot \sin \alpha}{\downarrow}$
 $qB = \frac{F_A}{v \cdot \sin \alpha}$

$[1] = \frac{1 \cdot T_A}{\frac{\mu}{c}} = \frac{T_A \cdot c}{\mu}$
 $[2] = \frac{\mu}{K_A \cdot T_A} = \frac{\mu}{A \cdot c \cdot \frac{h}{A \cdot \mu}} = \frac{\mu \cdot \mu}{h \cdot c} = \frac{\mu \cdot \mu c^2}{\mu \cdot \mu \cdot c} = c$

Проверка с помощью метода размерностей

11

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (E — энергия фотона; h — постоянная Планка; p — импульс фотона).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) длина волны фотона $\rightarrow \lambda$

Б) частота фотона $\rightarrow \frac{1}{c} = c^{-1}$

ФОРМУЛЫ

1) $\frac{p}{h}$

2) $\frac{h}{p}$

3) $\frac{p^2}{E}$

4) $\frac{E}{h}$

Ответ:

А	Б
2	4

$$D_m = h \cdot \nu = h \cdot \frac{1}{c} \cdot \nu$$

$$[3] = \frac{\nu^2 \cdot \frac{\lambda^2}{c^2}}{\nu \cdot \frac{\lambda^2}{c^2}} = \nu$$

$$[h] = D_m \cdot c$$

$$[1] = \frac{\nu \cdot \frac{\lambda}{c}}{D_m \cdot c} =$$

$$= \frac{\nu \cdot \frac{\lambda}{c}}{\nu \cdot \frac{\lambda}{c^2} \cdot \lambda \cdot c} = \frac{c}{\lambda c \lambda} = \frac{1}{\lambda^2}$$

$$[2] = \frac{1}{[1]} = \lambda$$

$$[4] = \frac{D_m}{D_m \cdot c} = \frac{1}{c}$$

Проверка с помощью метода размерностей

12 Верна ли указанная ниже формула с точки зрения метода размерностей?

$$m = \frac{M \sqrt{2g \sin \alpha} (\sqrt{x} + \sqrt{S})}{v - \sqrt{2gS \sin \alpha}}$$

$$[m] = \frac{kg \cdot \sqrt{1 \cdot \frac{m}{c^2} \cdot 1} \cdot (\sqrt{m} + \sqrt{m})}{\frac{m}{c} - \sqrt{1 \cdot \frac{m}{c^2} \cdot m \cdot 1}} = \frac{kg \cdot \sqrt{\frac{m}{c^2}} \cdot \sqrt{m}}{\frac{m}{c} - \frac{m}{c}} =$$

$$= \frac{kg \cdot \sqrt{\frac{m^2}{c^2}}}{\frac{m}{c}} = kg \cdot \frac{\frac{m}{c}}{\frac{m}{c}} = kg !!!$$

Проверка с помощью метода размерностей

13 Верна ли указанная ниже формула с точки зрения метода размерностей?

$$\mu = \frac{(Bl)^2(v_1 - v_2)}{2mg}$$

$$[\mu] = 1$$

Т.е. в указанное нет эл.-дип. величин, но
ед. не сократятся.

$$\mu = \frac{(Bl)^2(v_1 - v_2)}{2mgR}$$

$$B = \frac{F_A}{Il} \Rightarrow [B] = \frac{K}{A \cdot m} = \frac{кг \cdot \frac{м}{с^2}}{A \cdot m} =$$

$$= \frac{кг}{A \cdot c^2}$$

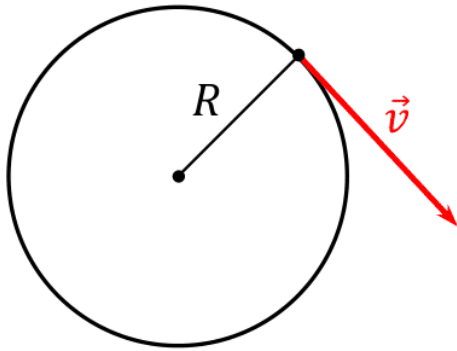
$$R = \frac{U}{I} \Rightarrow [R] = \frac{B}{A} = \frac{кг \cdot м}{A^2 \cdot c} = \frac{кг \cdot \frac{м}{с^2} \cdot м}{A^2 \cdot c} =$$

$$U = \frac{A}{q} \Rightarrow B = \frac{d\mu}{K_1} = \frac{кг \cdot м}{A \cdot c} = \frac{кг \cdot м^2}{A^2 \cdot c^2}$$

$$[\mu] = \frac{\frac{кг^2 \cdot м^2}{A^2 \cdot c^4} \cdot \frac{кг \cdot м}{c}}{кг \cdot \frac{м}{с^2} \cdot \frac{кг \cdot м^2}{A^2 \cdot c^2}} = \frac{\frac{кг^2 \cdot м^3}{A^2 \cdot c^5}}{\frac{кг^2 \cdot м^3}{A^2 \cdot c^5}} = 1.$$

Вывод формул с помощью метода размерностей

1) Центробежное ускорение



$$a_{\text{ц.}} = v^{\alpha} \cdot R^{\beta} \cdot \text{const}$$

$$[a_{\text{ц.}}] = \frac{m}{c^2}, [v] = \frac{1}{c}, [R] = m$$

$$\frac{m}{c^2} = \left(\frac{m}{c}\right)^{\alpha} \cdot m^{\beta} \cdot 1$$

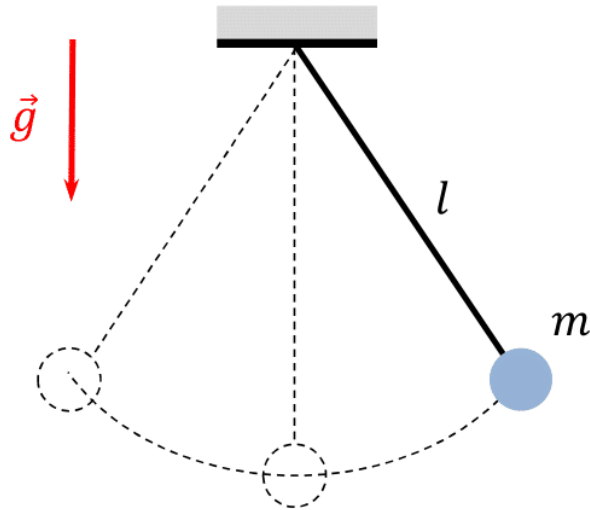
$$\frac{m}{c^2} = \frac{m^{\alpha}}{c^{\alpha}} \cdot m^{\beta} ; \quad \frac{m^1}{c^2} = \frac{m^{\alpha+\beta}}{c^{\alpha}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = 2, \quad 1 = \alpha + \beta \Rightarrow \beta = 1 - \alpha = 1 - 2 = -1$$

$$a_{\text{ц.}} = \text{const} \cdot v^2 \cdot R^{-1} = \underset{1}{\text{const}} \cdot \frac{v^2}{R}$$

Вывод формул с помощью метода размерностей

2) Период колебаний математического маятника



$$T = \text{const} \cdot m^{\alpha} \cdot l^{\beta} \cdot g^{\gamma}$$

$$[T] = c, [m] = \kappa, [l] = \mu, [g] = \frac{\kappa}{c^2}$$

$$c = 1 \cdot \kappa^{\alpha} \cdot \mu^{\beta} \cdot \left(\frac{\kappa}{c^2}\right)^{\gamma}$$

$$c^1 = \kappa^{\alpha} \cdot \mu^{\beta} \cdot \frac{\mu^{\gamma}}{c^{2\gamma}}$$

$$c^1 = \kappa^{\alpha} \cdot \frac{\mu^{\beta+\gamma}}{c^{2\gamma}}, \quad \kappa^0 \cdot \mu^0 \cdot c^1 = \kappa^{\alpha} \cdot \mu^{\beta+\gamma} \cdot c^{-2\gamma}$$

$$\alpha = 0, \quad \beta + \gamma = 0, \quad 1 = -2\gamma \Rightarrow \gamma = -\frac{1}{2}$$

$$\beta = -\gamma = \frac{1}{2}$$

$$T = \text{const} \cdot m^0 \cdot l^{\frac{1}{2}} \cdot g^{-\frac{1}{2}}$$

$$T = \text{const} \cdot \sqrt{l} \cdot \frac{1}{\sqrt{g}}$$

$$T = \underset{2\pi}{\text{const}} \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$