

Задание 11-08 КОЛЕБАНИЯ. Свободные механические колебания

^o - задачи с рисунком, * - задачи для решения дома

Задачи простые

- A1*. Материальная точка совершает незатухающие гармонические колебания. Какие из величин, характеризующих это движение (смещение, амплитуда, период, частота, циклическая частота, фаза, скорость, ускорение), являются постоянными, а какие переменными?
- A2*. Амплитуда незатухающих колебаний точки 1 м , частота 1 кГц . Какой путь пройдет точка за 0.2 с ?
- A3*. Маятник совершил 50 колебаний за $1\text{ мин } 40\text{ с}$. Найдите период, частоту и циклическую частоту колебаний.
- A4*. Уравнение движения имеет вид: $x = 0.06\cos(100\pi t)$. Каковы амплитуда, частота и период колебаний?
- A5*. Уравнение движения гармонического колебания имеет вид: $x(t) = 0.02\cos(\pi t)$. Постройте график $x(t)$. Найдите смещение через 0.25 с и 1.25 с . Ответы поясните с помощью графика.
- A6*. Составьте уравнение гармонического колебания, если амплитуда колебания равна 4 см , период - 0.01 с , $x_0 = 0$.
- A7*. Какое значение ускорения свободного падения получил учащийся при выполнении лабораторной работы, если маятник длиной 80 м совершил за $3\text{ мин } 100$ колебаний?
- A8*. Как относятся длины математических маятников, если за одно и то же время одни из них совершает 10 , а второй - 30 колебаний?
- A9*. Как изменится ход часов с маятником на металлическом стержне: а) при повышении температуры; б) при поднятии на гору; в) при перемещении от полюса к экватору?
- A10*. Математический маятник длиной 2.5 м совершает колебания с амплитудой 10 см . Напишите уравнение движения маятника $x(t)$.
- A11*. Найдите частоту колебаний груза массой 400 г , подвешенного к пружине жёсткостью 160 Н/м .
- A12*. Найдите массу груза, который на пружине с жёсткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 с .
- A13*. Материальная точка массой m колеблется с частотой ν и амплитудой A . Найдите зависимости потенциальной и кинетической энергий точки от времени: $K(t)$ и $P(t)$. Какова полная механическая энергия колебаний E ?

Задачи средние

- B1. Для пружинного и математического маятников с известными параметрами, совершающих малые свободные колебания, найдите и сравните время прохождения первой и второй половины амплитуды.
- B2*. Какую часть периода груз пружинного маятника находится в пределах 1 см от положения равновесия, если амплитуда его колебаний равна 2 см ?
- B3*. При каких значениях фазы свободных гармонических колебаний смещение по модулю равно половине амплитуды?
- B4*. При фазе $\pi/3\text{ рад}$ смещение было равно 1 см . Найдите амплитуду колебаний и смещение при фазе $3\pi/4\text{ рад}$.
- B5. Колебательное движение точки описывается уравнением $x = 0.05\cos(20\pi t)$. Вычислив первую и вторую производные, напишите уравнения зависимостей скорости и ускорения от времени. Найдите координату, скорость и ускорение спустя $1/60\text{ с}$ после момента $t = 0$.
- B6*. Амплитуда колебаний конца ножки камертона 1 мм , а частота колебаний 500 Гц . Напишите уравнения $x(t)$, $V_x(t)$ и $a_x(t)$. Каковы наибольшие значения скорости и ускорения? В каких положениях достигаются эти значения?
- B7*. Груз массой 1 кг , подвешенный к пружине с жёсткостью 100 Н/м , совершает свободные колебания с амплитудой 10 см . Напишите формулу зависимости силы

- упругости от времени $F_x(t)$. Найдите наибольшее значение силы упругости через $1/6$ периода.
- B8*. Один из маятников за некоторое время совершил 10 свободных колебаний. Другой за то же время совершил 6 свободных колебаний. Разность длин маятников 16 см . Найдите длины маятников.
- B9. Математический маятник длиной 1 м совершает свободные колебания с амплитудой 2 см . Найдите полное, нормальное и тангенциальное ускорения маятника в крайних положениях и в положении равновесия.
- B10. Во сколько раз изменится период малых колебаний маятника в ракете, стартующей с поверхности Земли вертикально вверх с ускорением 30 м/с^2 ?
- B11*. Часы с секундным маятником, имеющие период колебаний $T_0 = 1\text{ с}$, на поверхности Земли идут точно. На сколько будут отставать эти часы за сутки, если их поднять на высоту $h = 200\text{ м}$ над поверхностью Земли?
- B12. Масса Луны в 81 раз меньше массы Земли, а радиус Земли в 3.7 раза больше радиуса Луны. Как изменится период колебаний маятника при перенесении его с Земли на Луну?
- B13*. При температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$ период колебаний маятника $T_1 = 2\text{ с}$. Как изменится период колебаний, если температура возрастет до $t_2 = 30^\circ\text{C}$? Коэффициент линейного расширения материала маятника $\alpha = 1.85 \cdot 10^{-3}\text{ К}^{-1}$.
- B14*. Шарик массой m , подвешенный на идеальной нити, совершает малые свободные колебания. Как изменится частота колебаний, если шарик сообщить положительный заряд Q и поместить его в однородное электрическое поле напряженностью E , направленное вертикально вниз?
- B15*. Как изменятся малые колебания стального шарика, подвешенного на идеальной нити, если под ним поместить сильный цилиндрический магнит? Рассмотрите случаи вертикальной и горизонтальной ориентации магнитного поля, а также случаи когда диаметр шарика соизмерим с диаметром магнита и, когда много меньше диаметра магнита.
- B16. Математический маятник длиной 0.5 м , совершает малые свободные колебания. Напишите формулу зависимости ускорения от смещения $a_x(x)$, считая движение прямолинейным. Чему равно ускорение маятника при смещениях 0.5 и -1 см ?
- B17*. Горизонтальный пружинный маятник массой 200 г , закрепленный на пружине жесткостью 200 Н/м , совершает малые свободные колебания. Напишите формулу зависимости ускорения от смещения $a_x(x)$. Каково наибольшее ускорение, если амплитуда колебаний равна 1 см ?
- B18. Груз, подвешенный на длинном резиновом жгуте, совершает вертикальные малые колебания. Во сколько раз изменится период колебаний, если отрезать $3/4$ длины жгута и подвесить на оставшуюся часть тот же груз?
- B19*. Во сколько раз изменилась полная механическая энергия колеблющегося маятника при уменьшении его длины в 3 раза и увеличении амплитуды в 2 раза?
- B20. Пружинный маятник вывели из положения равновесия и отпустили. Через какое время (в долях периода) кинетическая энергия колеблющегося тела будет равна потенциальной энергии пружины?
- B21. Найти потенциальную энергию математического маятника массы m в положении, соответствующем углу отклонения нити от вертикали α , если частота колебаний маятника ν .
- B22*. Человек массой 80 кг качается на качелях. Амплитуда его колебания 1 м . За 1 мин он совершает 15

Задание 11-08 КОЛЕБАНИЯ. Свободные механические колебания

колебаний. Найдите его кинетическую и потенциальную энергию через $1/12$ периода.

B23*. Груз массой 400 г совершает свободные малые колебания на пружине с жёсткостью 250 Н/м . Амплитуда колебаний 15 см . Найдите полную механическую энергию колебаний и наибольшую скорость движения груза.

B24*. Груз свободно колеблется с амплитудой 2 см на идеальной пружине жёсткостью 1 кН/м . Найдите кинетическую и потенциальную энергии при фазе $\pi/3$?

Задачи сложные

B1°. Точечный груз на длинной идеальной нити может совершать колебания в вертикальной плоскости, отклоняясь на угол α от вертикали (математический маятник). Этот же груз может вращаться по окружности так, что описывает конус (конический маятник). В каком случае натяжение нити, отклоненной на угол α от вертикали, будет больше?

B2°. Рассмотрите движение конического маятника и выразите период движения по окружности через длину нити l и угол α отклонения от вертикали. Докажите, что при малых углах α периоды конического и математического маятников с той же длиной нити равны.

B3*. На какую часть длины надо уменьшить длину математического маятника, чтобы период его свободных малых колебаний на высоте 10 км был равен периоду его колебаний на поверхности Земли?

B4*. В неподвижном лифте период колебаний математического маятника равен 1 с . С каким ускорением движется лифт, если период колебаний этого маятника стал равным 1.1 с ? В каком направлении движется лифт?

B5. Математический маятник прикреплен к потолку автомобиля, движущегося с постоянной скоростью V по а) выпуклому мосту; б) вогнутому мосту. Сравните периоды колебаний маятника в обоих случаях, если радиуса кривизны мостов одинаков и равен R .

B6*. Часы, маятник которых состоит из груза малых размеров и лёгкой латунной нити, идут правильно при 0°C . Найти коэффициент линейного расширения латуни, если при повышении температуры до $+20^\circ \text{C}$ часы начинают отставать за сутки на 16 с .

B7. Докажите, что период колебаний математического маятника увеличивается с увеличением максимального угла отклонения от положения равновесия.

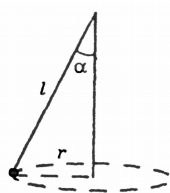
B8°. Найдите период T колебаний систем, изображённых на рисунках а) - в). Коэффициенты жёсткости пружин k_1 и k_2 , масса груза m . Трение отсутствует.

B9. Найдите период колебаний жидкости в U -образном сосуде постоянного сечения. Длина всего столба жидкости равна $2H$.

B10. Пружинный маятник массы M и жёсткости k совершает малые колебания на горизонтальной гладкой поверхности. На него вертикально сверху падает пластилиновый шарик массы m и прилипает. Определите, как изменится энергия колебаний, если соударение произошло: а) при прохождении маятником положения равновесия; б) при максимальном отклонении маятника от положения равновесия.

B11*. Два одинаковых кубика, сделанных из разных материалов, погружают в воду так, что их верхняя грань совпадает с поверхностью воды, и отпускают. Плотности материалов кубиков равны ρ_1 и ρ_2 , плотность воды $\rho_{\text{в}}$. Определите отношения частот и полных энергий малых вертикальных колебаний кубиков.

° - задачи с рисунком, * - задачи для решения дома
B12°. Определите период малых колебаний системы, изображённой на рисунке. Масса тела m , жёсткость пружины k .



К задачам B1 и B2

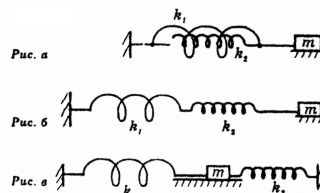
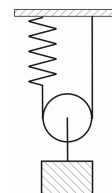


Рис. а

Рис. б

Рис. в

К задаче B8



К задаче B12

Теория

1. Г.Я. Мякишев – Механика. §§ 1.26-1.28, 4.1-4.5. Колебания и волны. §§ 1.1-1.7.
2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский – Основы физики Т.2. §§ 49.1-49.4, 51.1-51.4.
3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.1. Механика. §§ 41.
4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.3. §§ 1-10.
5. Д. Джанколи - Физика. Т.1. §§ 14.1-14.6.