

Тема 1. Кинематика

1.1. Движение материальной точки задано уравнением $x=At+Bt^2$, где $A = 2 \text{ м/с}$, $B = -0,5 \text{ м/с}^2$. Определить среднюю путевую скорость в интервале от $t_1 = 1 \text{ с}$ до $t_2 = 3 \text{ с}$.

1.2. Две материальные точки движутся согласно уравнениям: $x_1=A_1t+B_1t^2+C_1t^3$, $x_2=A_2t+B_2t^2+C_2t^3$ где $A_1=-1 \text{ м/с}$, $B_1=3 \text{ м/с}^2$, $C_1= 2,5 \text{ м/с}^3$, $A_2=1 \text{ м/с}$, $B_2= 9 \text{ м/с}^2$, $C_2=2 \text{ м/с}^3$. Определить скорости тел в тот момент времени, когда ускорения этих точек будут одинаковы.

1.3. Движение точки по кривой задано уравнением $\vec{r} = \vec{i}A_1t^3 + \vec{j}(A_2t^2 + B_2t)$, где $A_1 = 1 \text{ м/с}^3$, $A_2 = -1 \text{ м/с}^2$ и $B_2 = 4 \text{ м/с}$. Найти скорость и ускорение материальной точки в тот момент времени, когда ее скорость параллельна оси OX .

1.4. Камень брошен с вышки в горизонтальном направлении с начальной скоростью $v_0=30 \text{ м/с}$. Определить тангенциальное a_τ ускорение камня в конце четвертой секунды после начала движения.

1.5. Диск, находившийся в состоянии покоя, начал вращаться с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 0,25 \text{ рад/с}^2$. Через сколько времени угол между векторами скорости и ускорения составит $\alpha = 45^\circ$?

1.6. Тело брошено с балкона вертикально вверх со скоростью $v_0 = 10 \text{ м/с}$. Высота балкона над поверхностью земли $h = 12,5 \text{ м}$. Определить среднюю путевую скорость от момента бросания до падения на землю.

1.7. Материальная точка начала движение по прямой с начальной скоростью 1 м/с и ускорением 2 м/с^2 . Через две секунды из того же места и в том же направлении начала движение вторая материальная точка с начальной скоростью 10 м/с и ускорением 1 м/с^2 . Через сколько времени и на каком расстоянии от исходного положения вторая материальная точка догонит первую?

1.8. Движение точки по кривой задано уравнением $\vec{r} = \vec{i}A_1t^3 + \vec{j}A_2t$, где $A_1 = 1 \text{ м/с}^3$, $A_2 = 16 \text{ м/с}$. В какой момент времени скорость равна 20 м/с ?

1.9. Пуля пущена с начальной скоростью $v_0 = 200 \text{ м/с}$ под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Определить радиус R кривизны траектории пули в ее наивысшей точке. Сопротивлением воздуха пренебречь.

1.10. Диск вращается с угловым ускорением $\varepsilon = -2 \text{ рад/с}^2$. Сколько оборотов N сделает диск при изменении частоты вращения от $n_1 = 240 \text{ мин}^{-1}$ до $n_2 = 90 \text{ мин}^{-1}$?

Тема 2. Динамика материальной точки

- 2.1. Через невесомый блок, подвешенный к динамометру, перекинут шнур, на концах которого укреплены грузы с массами 2 и 8 кг. Что показывает динамометр при движении грузов?
- 2.2. Вертолет массой 3,5 т, диаметр ротора которого равен 18 м, «висит» в воздухе. С какой скоростью ротор отбрасывает вниз струю воздуха? Диаметр струи считать равным диаметру ротора.
- 2.3. Два конькобежца массами 80 и 50 кг, держась за концы длинного натянутого шнура, неподвижно стоят на льду один напротив другого. С какими скоростями будут двигаться по льду конькобежца, если один из них начнет укорачивать шнур со скоростью 1 м/с?
- 2.4. Конькобежец массой 60 кг, стоя на льду, бросил вперед гирю массой 5 кг и вследствие отдачи покатился назад со скоростью 1 м/с. Определить работу, совершенную конькобежцем при бросании гири.
- 2.5. Частица массой m имеет кинетическую энергию 9 нДж. В результате упругого соударения с покоящейся частицей массой $4m$ она сообщает ей кинетическую энергию 5 нДж. На какой угол отклонится частица от своего первоначального направления?
- 2.6. На гладкой горизонтальной поверхности лежит доска массой 10 кг, а на доске брускок массой 1 кг. Какую минимальную силу нужно приложить к доске, чтобы брускок с нее соскользнул? Коэффициент трения между доской и бруском равен 0,1.
- 2.7. Ракета массой 1 т, запущенная с поверхности Земли вертикально вверх, поднимается с ускорением $a = 2g$. Найти расход горючего, если скорость струи газа, вырывающихся из сопла равна 1200 м/с.
- 2.8. В лодке массой 240 кг стоит человек массой 60 кг. Лодка плывет со скоростью 2 м/с. Человек прыгает с лодки горизонтально со скоростью 4 м/с относительно лодки. С какой скоростью будет двигаться лодка, если человек прыгает: а) вперед по ходу движения лодки, б) в сторону, противоположную движению лодки?
- 2.9. При выстреле из пушки в горизонтальном направлении снаряд массой 10 кг получает кинетическую энергию 1,8 МДж. Определить работу пороховых газов и кинетическую энергию ствола орудия в результате отдачи, если масса ствола 600 кг.
- 2.10. Определить максимальную часть кинетической энергии, которую может передать частица массой m , сталкиваясь упруго с частицей массой $3m$, которая до столкновения покоялась.

Тема 3. Динамика твердого тела

- 3.1. Найти момент инерции куба массой 3 кг и длиной ребра 10 см относительно оси, совпадающей с ребром.
- 3.2. Сплошной цилиндр массой 10 кг катится по горизонтальной поверхности (коэффициент трения равен 0,2) под действием горизонтальной силы, проложенной к оси цилиндра. При какой максимальной величине силы цилиндр будет катиться без проскальзывания?
- 3.3. Через блок массой 0,2 кг перекинут шнур, к концам которого подвесили грузы массами 0,3 и 0,5 кг. Определить силы натяжения шнура по обе стороны блока при движении грузов, если масса блока равномерно распределена по ободу.
- 3.4. Стержень массой 100 г и длиной 40 см может свободно вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через центр стержня. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 5,2 м/с горизонтально и перпендикулярно к стержню, попадает в край стержня и застревает в нем. Найти угловую скорость системы после удара.
- 3.5. Определить линейную скорость центра полого цилиндра, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости с высоты 1,6 м.
- 3.6. Найти момент инерции сплошного цилиндра массой 5 кг и радиусом 8 см относительно оси, совпадающей с его образующей.
- 3.7. По наклонной плоскости, составляющей угол 45° к горизонту, без проскальзывания скатывается сплошной цилиндр. Найти ускорение центра масс цилиндра.
- 3.8. Вал в виде сплошного цилиндра массой 6 кг насажен на горизонтальную ось. На цилиндр намотан шнур, к свободному концу которого подвешена гиря массой 1 кг. С каким линейным ускорением будет опускаться гиря, если ее предоставить самой себе?
- 3.9. Платформа в виде диска массой 4 кг и радиусом 12 см вращается по инерции вокруг вертикальной оси. Во сколько раз уменьшится частота вращения, если на нее положить кольцо массой 1 кг и радиусом 10 см?
- 3.10. Однородный цилиндр катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности со скоростью 2 м/с. На какую высоту он сможет подняться по наклонной плоскости?

Тема 4. Механические колебания

- 4.1. Определить максимальную скорость и максимальное ускорение точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой 3 см и периодом 0,1 с.
- 4.2. Складываются два гармонических колебания одинаковой частоты и одинакового направления: $x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$ и $x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$, где $A_1 = 1$ см, $\varphi_1 = \pi/3$; $A_2 = 2$ см, $\varphi_2 = 5\pi/6$. Определить амплитуду результирующего колебания.
- 4.3. Найти период колебаний физического маятника, представляющий собой стержень длиной 40 см, точка подвеса которого расположена на расстоянии $1/3$ его длины от конца стержня.
- 4.4. Секундный маятник находится в поезде, идущем со скоростью 72 км/ч по дуге радиусом 50 м. Определить период колебаний маятника.
- 4.5. Гиря массой 500 г подвешено на пружине жесткостью 20 Н/м и совершает затухающие колебания в некоторой среде. Логарифмический декремент колебаний равен 0,004. За какое время амплитуда колебаний уменьшится вдвое?
- 4.6. Максимальная скорость точки, совершающей гармонические колебания, равна 0,1 м/с, а максимальное ускорение – 1 м/с². Определить циклическую частоту колебаний, их период и амплитуду.
- 4.7. Два одинаково направленных гармонических колебания одного периода с амплитудами $A_1 = 10$ см и $A_2 = 6$ см складываются в одно колебание с амплитудой $A = 14$ см. Найти разность фаз складываемых колебаний.
- 4.8. Найти период физического маятника, представляющего собой тонкое кольцо радиусом 25 см, по диаметру которого закреплен невесомый стержень. Ось вращения проходит на расстоянии, равном половине радиуса от центра кольца.
- 4.9. Математический маятник с периодом колебаний 1 с представляет собой маленький алюминиевый шарик, подвешенный на нити. Всю систему помещают в воду. Пренебрегая вязкостью, определить период колебаний. Плотность алюминия равна 2,7 г/см³, плотность воды – 1 г/см³
- 4.10. Гиря массой 1 кг подвешено на пружине жесткостью 20 Н/м и совершает затухающие колебания в некоторой среде с коэффициентом сопротивления 4 кг/с. Определить период затухающих колебаний.

Тема 5. Молекулярная физика

5.1. Определить плотность насыщенного водяного пара в воздухе при температуре 300 К. Давление насыщенного водяного пара при этой температуре равно 3,55 кПа.

5.2. Газовая смесь, состоящая из кислорода и азота, находится в баллоне под давлением 1 МПа. Определить парциальное давление кислорода, если массовая доля кислорода в смеси равна 0,2.

5.3. Пусть η_0 – отношение концентрации молекул водорода к концентрации молекул азота вблизи поверхности Земли, а η – соответствующее отношение на высоте $h = 3$ км. Найти отношение η/η_0 при $T = 280$ К, полагая, что температура и ускорение свободного падения не зависят от высоты.

5.4. Какова вероятность того, что данная молекула идеального газа имеет скорость, отличную от $v_B/2$ не более, чем на 1%?

5.5. Определить среднюю продолжительность $\langle\tau\rangle$ свободного пробега молекул водорода при температуре 27 °С и давлении 5 кПа. Эффективный диаметр молекулы водорода равен 0,28 нм.

5.6. Открытую пробирку с воздухом при давлении p_1 нагрели до температуры t_1 . Затем пробирку герметично закрыли и охладили до температуры $t_2 = 10$ °С. Давление при этом упало до $p_2 = 0,7p_1$. До какой температуры t_1 была нагрета пробирка?

5.7. Определить молярную массу газовой смеси, состоящей из 20 г водорода и 40 г гелия.

5.8. Каково давление воздуха в шахте на глубине 1 км, если считать, что температура на всей высоте постоянна и равна 22 °С, а ускорение свободного падения не зависит от высоты? Давление воздуха у поверхности $p_0 = 0,1$ МПа.

5.9. Во сколько раз число молекул, скорости которых лежат в интервале от v_B до $v_B + \Delta v$, больше числа молекул, скорости которых лежат в интервале от v_{CK} до $v_{CK} + \Delta v$?

5.10. Сосуд с воздухом, находящийся при температуре 17 °С, откачен до давления $1,33 \cdot 10^{-4}$ Па. Эффективный диаметр молекул воздуха равен 0,3 нм, молярная масса 29 г/моль. Найти среднюю длину свободного пробега молекул.

Тема 6. Термодинамика

- 6.1. Найти удельную теплоемкость при постоянном объеме газовой смеси, состоящей из 3 кмоль гелия и 2 кмоль азота.
- 6.2. Горючая смесь в дизельном двигателе сжимается адиабатически так, что она воспламеняется. Найти температуру воспламенения смеси, если на сжатие 1 моля затрачена работа 20 кДж, а начальная температура смеси 300 К.
- 6.3. Во сколько раз увеличился объем 3 кмоль газа, если на его изотермическое расширение при температуре 400 К было затрачено количество теплоты равное 5 МДж?
- 6.4. При изохорном нагреве 10 моль некоторого газа с 273 до 742 К энтропия увеличилась на 125 Дж/К. Найти число степеней свободы газа.
- 6.5. Найти термический КПД цикла, состоящего из двух изохор и двух адиабат, если в пределах цикла объем идеального газа меняется в 8 раз. Рабочим веществом является одноатомный газ.
- 6.6. Смесь состоит из гелия, азота и водяного пара, взятых при одинаковых условиях и в одинаковых объемах. Определить показатель адиабаты γ такой смеси.
- 6.7. Кислород, занимавший объем 1 л при давлении 1.2 кПа, адиабатно расширился до объема 10 л. Какую работу он при этом совершил?
- 6.8. При какой температуре происходило расширение 20 моль газа, если на увеличение его объема в 5 раз было затрачено количество теплоты равное 80 кДж?
- 6.9. Газ расширился изотермически так, что его объем возрос в 5 раз, а энтропия увеличилась на 150 Дж/К. Найти количество вещества.
- 6.10. Найти термический КПД цикла, состоящего из двух изобар и двух адиабат, если в пределах цикла давление идеального газа меняется в 5 раз. Рабочим веществом является многоатомный газ.