

## Тема 1. Кинематика

1.1. Движение материальной точки задано уравнением  $x=At+Bt^2$ , где  $A = 2$  м/с,  $B=-0,5$  м/с<sup>2</sup>. Определить среднюю путевую скорость в интервале от  $t_1 = 1$  с до  $t_2 = 3$  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  $A_1=-1$  м/с,  $B_1=3$  м/с<sup>2</sup>,  $C_1= 2,5$  м/с<sup>3</sup>,  $A_2=1$  м/с,  $B_2= 9$  м/с<sup>2</sup>,  $C_2=2$  м/с<sup>3</sup>. 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  $A_1 = 1$  м/с<sup>3</sup>,  $A_2 = -1$  м/с<sup>2</sup> и  $B_2 = 4$  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  $v_0=30$  м/с. Определить тангенциальное  $a_\tau$  ускорение камня в конце четвертой секунды после начала движения.

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

1.6. Тело брошено с балкона вертикально вверх со скоростью  $v_0 = 10$  м/с. Высота балкона над поверхностью земли  $h = 12,5$  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<sup>2</sup>. 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<sup>2</sup>. 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  $A_1 = 1$  м/с<sup>3</sup>,  $A_2 = 16$  м/с. В какой момент времени скорость равна 20 м/с?

1.9. Пуля пущена с начальной скоростью  $v_0 = 200$  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  $\varepsilon = -2$  рад/с<sup>2</sup>. Сколько оборотов  $N$  сделает диск при изменении частоты вращения от  $n_1 = 240$  мин<sup>-1</sup> до  $n_2 = 90$  мин<sup>-1</sup>?

## 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 гирию 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 брусок массой 1 кг. Какую минимальную силу нужно приложить к доске, чтобы брусок 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 покоилась.

### 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  $45^\circ$  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 подвешена 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/с<sup>2</sup>. 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/см<sup>3</sup>, плотность воды – 1 г/см<sup>3</sup>.
- 4.10. Гиря массой 1 кг подвешена 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  $\eta_0$  – отношение концентрации молекул водорода к концентрации молекул азота вблизи поверхности Земли, а  $\eta$  – соответствующее отношение на высоте  $h = 3$  км. Найти отношение  $\eta/\eta_0$  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  $v_{СК}$  до  $v_{СК} + \Delta v$ ?

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  $\gamma$  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.