

**федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации
(Сеченовский Университет)**

Методические материалы по дисциплине:

Физика

Основная профессиональная образовательная программа высшего образования – программа специалитета.

12.05.01 Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения

№ 1. Два велосипедиста едут навстречу друг другу. Один, имея скорость 18 км/ч, движется равнозамедленно с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$; другой, имея скорость 5,4 км/ч, движется равноускоренно с тем же ускорением. Через какое время велосипедисты встретятся и какой путь проедет каждый из них до встречи, если расстояние между ними в начальный момент времени 130 м?

Ответ: $S_1 = 60 \text{ м}$, $S_2 = 70 \text{ м}$.

№ 2. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $j = 10 + 20t - 2t^2$. Найти полное ускорение точки (величину и направление), находящейся на расстоянии 0,1 м от оси вращения, для момента времени $t = 4 \text{ с}$.

Ответ: $a = R(\varepsilon^2 + \omega^4)^{1/2}$, $\omega = 20 - 4t$, $\varepsilon = -4 \text{ рад/с}^2$.

№ 3. Вагонетку массой 3 т поднимают по рельсам в гору, наклон которой 30° . Какую работу совершает сила тяги на пути в 50 м, если известно, что вагонетка двигалась с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$? Коэффициент трения принять равным 0,1.

Ответ: $A = 900 \text{ кДж}$.

№ 4. Трамвайный вагон массой 16 т движется по горизонтальному пути со скоростью 6 м/с. Какова должна быть тормозящая сила, чтобы остановить вагон на расстоянии 10 м?

Ответ: $F_{\text{тр}} = 28,8 \text{ кН}$.

№ 5. Люстра весом 98 Н висит на цепи, которая выдерживает нагрузку 196 Н. На какой максимальный угол α можно отклонить люстру от положения равновесия, чтобы при последующих колебаниях цепь не оборвалась?

Ответ: $\cos \alpha = 0,5$; $\alpha = 60^\circ$.

№ 6. Маховик, выполненный в виде диска радиусом 0,4 м и имеющий массу 100 кг, был раскручен до скорости вращения 480 об/мин и предоставлен самому себе. Под действием трения вала о подшипники маховик остановился через 1 мин 20 с. Определить момент силы трения вала о подшипники.

Ответ: $M = -5 \text{ Нм}$.

№ 7. Платформа в виде диска радиусом $R = 1,5 \text{ м}$ и массой $m_1 = 150 \text{ кг}$ вращается по инерции около вертикальной оси, делая $n = 10 \text{ об/мин}$. В центре платформы стоит человек массой $m_2 = 60 \text{ кг}$. Какую линейную скорость относительно пола будет иметь человек, если он перейдет на край платформы?

Ответ: $v = 1 \text{ м/с}$

№ 8. На краю диска, масса которого m и радиус R , стоит человек массой M . Диск совершает вращательное движение с частотой n об/с. Чему равна кинетическая энергия системы? Чему равна работа внешних сил, в результате действия которых частота вращения увеличивается вдвое?

Ответ: $A = 3\pi^2 n^2 R^2 (m + 2M)$.

№ 9. Материальная точка массой $m = 0,01$ кг совершает гармонические колебания по закону синуса с периодом $T = 2$ с и начальной фазой φ_0 , равной нулю. Полная энергия колеблющейся точки $W = 0,1$ мДж. Найти амплитуду A колебаний; написать закон данных колебаний $x = f(t)$; найти наибольшее значение силы F_{\max} , действующей на точку.

Ответ: $A = 0,045$ м, $F_{\max} = 4,44 \cdot 10^{-3}$ Н. $x_1 = \cos(t + 1/6)$, $x_2 = 2\cos(t + 1/2)$

№ 10. Материальная точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных гармонических колебаниях, уравнения которых имеют вид $x = \cos \pi t$, $y = 2\cos(\pi/2t)$. Определить траекторию точки.

Ответ: $y^2 = 2 + 2x$.

№ 11. Физический маятник представляет собой стержень длиной $l = 1$ м и массой $3m_1$ с прикрепленным к одному из его концов обручем диаметром $D = l/2$ и массой m_1 . Горизонтальная ось маятника проходит через середину стержня перпендикулярно ему. Определить период T колебаний этого маятника.

Ответ: $T = 2,17$ с.

№ 12. Наклонная плоскость (см. рис. 1.11) составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. Отношение масс тел $m_2/m_1 = \eta = 2/3$. Коэффициент трения между телом m_1 и наклонной плоскостью $k = 0,10$. Массы блока и нитей пренебрежимо малы. Найти модуль и направление ускорения тела m_2 , если система пришла в движение из состояния покоя.

Ответ: $a = g(\eta - \sin \alpha - k \cos \alpha) / (\eta + 1)$

№ 13. Небольшое тело A начинает скользить с вершины клина, основание которого $l = 2,10$ м (рис. 1.12). Коэффициенты трения между телом и поверхностью клина $k = 0,140$. При каком значении угла α время соскальзывания будет наименьшим? Чему оно равно?

Ответ: $k = 1/\tan(2\alpha)$

№ 14. Небольшой шарик массы m , подвешенный на нити, отвели в сторону так, что нить образовала прямой угол с вертикалью, и затем отпустили. Найти: а) полное ускорение шарика и натяжение нити в зависимости от ϑ — угла отклонения нити от вертикали; б) натяжение нити в момент, когда

вертикальная составляющая скорости шарика максимальна; в) угол ϑ между нитью и вертикалью в момент, когда вектор полного ускорения шарика направлен горизонтально.

Ответ: а) $a = g(1 + 3\cos \alpha)^{1/2}$, б) $T = 3^{0.5}mg$

№ 15. Велосипедист едет по круглой горизонтальной площадке, радиус которой R , а коэффициент трения зависит только от расстояния r до центра O площадки по закону $k = k_0(1 - r/R)$, где k_0 — постоянная. Найти радиус окружности с центром в точке O , по которой велосипедист может ехать с максимальной скоростью. Какова эта скорость?

Ответ: $v = 0.5(k_0kg)^{0.5}$

№ 16. Найти модуль и направление вектора силы, действующей на частицу массы m при ее движении в плоскости xu по закону $x = a \sin \omega t$, $y = b \cos \omega t$, где a , b , ω — постоянные.

Ответ: $|F| = -m\omega^2|r|$

№ 17. На покоившуюся частицу массы m в момент $t = 0$ начала действовать сила, меняющаяся со временем по закону $F = at(\tau - t)$, где a — постоянный вектор, τ — время, в течение которого действует данная сила. Найти: а) импульс частицы после окончания действия силы; б) путь, пройденный частицей за время действия силы.

Ответ: а) $p = a\tau^3/6$, б) $s = a\tau^4/12$.

№ 18. Небольшую шайбу A положили на наклонную плоскость, составляющую угол α с горизонтом, и сообщили начальную скорость v_0 (рис. 1.27). Найти зависимость скорости шайбы от угла φ , если коэффициент трения $k = \tan \alpha$ и в начальный момент $\varphi_0 = \pi/2$.

Ответ: $v = v_0/(1 + \cos \varphi)$

№ 19. Цепочку длины l поместили на гладкую сферическую поверхность радиуса R так, что один ее конец закреплен на вершине сферы. С каким ускорением w начнет двигаться каждый элемент цепочки, если ее верхний конец освободить? Предполагается, что длина цепочки $l < 1/2 \pi R$.

Ответ: $w = gR(1 - \cos(l/R))/l$.

№ 20. Горизонтальный диск вращают с постоянной угловой скоростью $\omega = 6,0$ рад/с вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр. По одному из диаметров диска движется небольшое тело массы $m = 0,50$ кг с постоянной относительно диска скоростью $v' = 50$ см/с. Найти силу, с которой диск действует на это тело в момент, когда оно находится на расстоянии $r = 30$ см от оси вращения.

Ответ: $F = 7,9 \text{ Н}$.

№ 21. Частица совершила перемещение по некоторой траектории в плоскости xy из точки 1 с радиус-вектором $r_1 = i + 2j$ в точку 2 с радиус-вектором $r_2 = 2i - 3j$. При этом на нее действовали некоторые силы, одна из которых $F = 3i + 4j$. Найти работу, которую совершила сила F . Здесь r_1 , r_2 и F — в СИ.

Ответ: $A = -17$

№ 22. Кинетическая энергия частицы, движущейся по окружности радиуса R , зависит от пройденного пути s по закону $T = as^2$, где a — постоянная. Найти силу, действующую на частицу, в зависимости от s .

Ответ: $F = 2as(s^2/R^2 + 1)^{0.5}$

№ 23. Шайба массы $m = 50 \text{ г}$ соскальзывает без начальной скорости по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, и, пройдя по горизонтальной плоскости расстояние $l = 50 \text{ см}$, останавливается. Найти работу сил трения на всем пути, считая всюду коэффициент трения $k = 0,15$.

Ответ: $A = -0,05 \text{ Дж}$.

№ 24. Частица массы m движется по окружности радиуса R с нормальным ускорением, которое меняется со временем по закону $w_n = at^2$, где a — постоянная. Найти зависимость от времени мощности всех сил, действующих на частицу, а также среднее значение этой мощности за первые t секунд после начала движения.

Ответ: $\langle N \rangle = 0.5maRt$.

№ 25. Тело массы m начинают поднимать с поверхности Земли, приложив к нему силу F , которую изменяют с высотой подъема y по закону $F = 2(a y - 1)mg$, где a — положительная постоянная. Найти работу этой силы и приращение потенциальной энергии тела в поле тяжести Земли на первой половине пути подъема.

Ответ: $U = mg/2a$, $A = 3mg/4a$

№ 26. Потенциальная энергия частицы в некотором поле имеет вид $U = a/r^2 - b/r$, где a и b — положительные постоянные, r — расстояние от центра поля. Найти значение r_0 , соответствующее равновесному положению частицы; выяснить, устойчиво ли это положение.

Ответ: $r_0 = 2a/b$.

№ 27. Имеются два стационарных силовых поля: $F = ayi$ и $F = axi + byj$, где i , j — орты осей x и y , a и b — постоянные. Выяснить, являются ли эти поля

потенциальными.

Ответ: первое поле не потенциальное, второе – потенциальное.

№ 28. На нити длины l подвешен шарик массы m . С какой наименьшей скоростью надо начать перемещать точку подвеса в горизонтальном направлении, чтобы шарик стал двигаться по окружности вокруг этой точки? Каково при этом натяжение нити в момент, когда она будет проходить горизонтальное положение?

Ответ: $v = (5gl)^{0.5}$, $T = 3mg$.

№ 29. Две одинаковые тележки движутся друг за другом по инерции (без трения) с одной и той же скоростью v_0 . На задней тележке находится человек массы m . В некоторый момент человек прыгнул в переднюю тележку со скоростью u относительно своей тележки. Имея в виду, что масса каждой тележки равна M , найти скорости, с которыми будут двигаться обе тележки после этого.

Ответ: $v = v_0 + mMu/(m+M)^2$

№ 30. Цепочка массы $m = 1,00$ кг и длины $l = 1,40$ м висит на нити, касаясь поверхности стола своим нижним концом. После пережигания нити цепочка упала на стол. Найти полный импульс, который она передала столу.

Ответ: $p = 3.5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

№ 31. Шар, двигавшийся поступательно, испытал упругое соударение с другим, покоившимся, шаром той же массы. При соударении угол между прямой, проходящей через центры шаров, и направлением первоначального движения налетающего шара оказался равным $\alpha = 45^\circ$. Считая шары гладкими, найти долю η кинетической энергии налетающего шара, которая перешла в потенциальную энергию в момент наибольшей деформации.

Ответ: $\eta = 0,25$

№ 32. Снаряд, летящий со скоростью $v = 500$ м/с, разрывается на три одинаковые осколка так, что кинетическая энергия системы увеличивается в $\eta = 1,5$ раза. Какую максимальную скорость может иметь один из осколков?

Ответ: $v_{\max} = v(1+(2\eta-1)^{0.5})$

№ 33. Частица массы m_1 испытала абсолютно упругое соударение с покоившейся частицей массы m_2 , причем $m_1 > m_2$. Найти максимальный угол, на который может отклониться налетающая частица в результате соударения.

Ответ: $\sin O = m_2/m_1$

№ 34. Ракета движется в отсутствие внешних сил, выпуская непрерывную струю газа со скоростью u , постоянной относительно ракеты. Найти скорость ракеты v в момент, когда ее масса равна m , если в начальный момент она имела массу m_0 и ее скорость была равна нулю. Воспользоваться формулой, приведенной в предыдущей задаче.

Ответ: $v = -u \ln(m/m_0)$

№ 35. Найти закон изменения массы ракеты со временем, если ракета движется в отсутствие внешних сил с постоянным ускорением w , скорость истечения газа относительно ракеты постоянна и равна u , а ее масса в начальный момент равна m_0 .

Ответ: $m = m_0 \exp[-wt/u]$

№ 36. Период обращения Юпитера вокруг Солнца в 12 раз больше соответствующего периода для Земли. Считая орбиты планет круговыми, найти: а) во сколько раз расстояние от Юпитера до Солнца превышает расстояние от Земли до Солнца; б) скорость и ускорение Юпитера в гелиоцентрической системе отсчета.

Ответ: $v = 1.298 \cdot 10^4$ м/с, $a = 2.149 \cdot 10^{-4}$ м/с²

№ 37. Тонкий однородный стержень АВ массы $m = 1,0$ кг движется поступательно с ускорением $w = 2,0$ м/с² под действием двух антипараллельных сил F_1 и F_2 (рис. 1.52). Расстояние между точками приложения этих сил $a = 20$ см. Кроме того, известно, что $F_2 = 5,0$ Н. Найти длину стержня.

Ответ: $l = 2F_2a/mw$

№ 38. Исходя из формулы для момента инерции однородного шара, найти момент инерции тонкого сферического слоя массы m и радиуса R относительно оси, проходящей через его центр.

Ответ: $J = \frac{2}{3} mR^2$

№ 39. Горизонтальный тонкий однородный стержень АВ массы m и длины l может свободно вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец А. В некоторый момент на конец В начала действовать постоянная сила F , которая все время перпендикулярна к первоначальному положению покоившегося стержня и направлена в горизонтальной плоскости. Найти угловую скорость стержня как функцию его угла поворота φ из начального положения.

Ответ: $w = (6F \sin \varphi / ml)^{0.5}$

№ 40. Конический маятник — тонкий однородный стержень длины l и массы

m — вращается равномерно вокруг вертикальной оси с угловой скоростью ω (верхний конец стержня укреплен шарнирно). Найти угол ϑ между стержнем и вертикалью.

Ответ: $\cos \vartheta = 1.5 g/\omega^2 l$

№ 41. На гладкой горизонтальной поверхности лежит однородный стержень массы $m = 5,0$ кг и длины $l = 90$ см. По одному из концов стержня произвели удар в горизонтальном направлении, перпендикулярном к стержню, в результате которого стержню был передан импульс $p = 3,0$ Н*с. Найти силу, с которой одна половина стержня будет действовать на другую в процессе движения.

Ответ: $F = 9$ Н.

№ 42. На гладкой горизонтальной плоскости лежат небольшая шайба и тонкий однородный стержень длины l , масса которого в η раз больше массы шайбы. Шайбе сообщили скорость v — в горизонтальном направлении перпендикулярно к стержню, после чего она испытала упругое соударение с концом стержня. Найти скорость шайбы и угловую скорость стержня после столкновения. При каком значении η скорость шайбы после столкновения будет равна нулю; изменит направление на противоположное?

Ответ: $\omega = 12v/((4 + \eta)l)$

№ 43. Какое давление необходимо приложить к торцам стального цилиндра, чтобы длина его не изменилась при повышении температуры на 100°C ?

Ответ: $P = 2,4 \cdot 10^8$ Па.

№ 44. Горизонтально расположенный медный стержень длины $l = 1,0$ м вращают вокруг вертикальной оси, проходящей через его середину. При какой частоте оборотов он может разорваться?

Ответ: $n = 80$ об/с

№ 45. Стальная проволока диаметра $d = 1,0$ мм натянута в горизонтальном положении между двумя зажимами, находящимися на расстоянии $l = 2,0$ м друг от друга. К середине проволоки — точке O — подвесили груз массы $m = 0,25$ кг. На сколько сантиметров опустится точка O ?

Ответ: $h = 2.5$ см

№ 46. Тонкий однородный медный стержень длины l и массы m равномерно вращается с угловой скоростью ω в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов. Найти силу натяжения в стержне в зависимости от расстояния r до оси вращения, а также удлинение стержня.

Ответ: $l = mw^2L^2/3E$

№ 47. На столе стоит широкий цилиндрический сосуд высотой 50 см. Сосуд наполнен водой. Пренебрегая вязкостью, найти, на какой высоте от дна сосуда следует сделать небольшое отверстие, чтобы струя из него била в поверхность стола на максимальное расстояние $l_{\text{макс}}$ от сосуда. Чему равно $l_{\text{макс}}$?

Ответ: $l_{\text{макс}} = 0,5 \text{ м}$, $h = 0,25 \text{ м}$.

№ 48. Стальной шарик диаметра $d = 3,0 \text{ мм}$ опускается с нулевой начальной скоростью в прованском масле, вязкость которого $\eta = 0,90 \text{ П}$. Через сколько времени после начала движения скорость шарика будет отличаться от установившегося значения на $n = 1,0\%$?

Ответ: $t = 0.2 \text{ с}$

№ 49. Корабль движется со скоростью $v = 36 \text{ км/ч}$ по дуге окружности радиуса $R = 200 \text{ м}$. Найти момент гироскопических сил, действующих на подшипники со стороны вала с маховиком, которые имеют момент инерции относительно оси вращения $I = 3,8 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ и делают $n = 300 \text{ об/мин}$. Ось вращения расположена вдоль корабля.

Ответ: $M = 2\pi n J v / R$

№ 50. Однородный шар массы $m = 5,0 \text{ кг}$ и радиуса $R = 6,0 \text{ см}$ вращается с угловой скоростью $\omega = 1250 \text{ рад/с}$ вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр и укрепленной в подшипниках подставки. Расстояние между подшипниками $l = 15 \text{ см}$. Подставку поворачивают вокруг вертикальной оси с угловой скоростью $\omega' = 5,0 \text{ рад/с}$. Найти модуль и направление гироскопических сил.

Ответ: $F = 3 \cdot 10^2 \text{ Н}$