

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические рекомендации для
самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Б1.Б.08 Физика

Направление подготовки 06.03.01 Биология

Профиль образовательной программы Микробиология

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Организация самостоятельной работы.....	с. 3
2. Методические рекомендации по выполнению индивидуальных домашних заданий.....	с. 3
2.1 Темы индивидуальных домашних заданий.....	с. 3
2.2 Содержание индивидуальных домашних заданий.....	с. 4
2.3 Порядок выполнения заданий.....	с. 5
2.4 Пример выполнения задания.....	с.6
3. Методические рекомендации по самостоятельному изучению вопросов...	с. 14
4. Методические рекомендации по подготовке к занятиям.....	с. 15

1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1.1. Организационно-методические данные дисциплины

№ п.п.	Наименование темы	Общий объем часов по видам самостоятельной работы				
		подготовка курсового проекта (работы)	подготовка реферата/эссе	индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	самостоятельное изучение вопросов (СИВ)	подготовка к занятиям (ПкЗ)
1	2	3	4	5	6	7
1	Кинематика	-	-	-	1	-
2	Динамика	-	-	0,5	0,5	-
3	Законы сохранения	-	-	0,5	-	-
4	Механика сплошных сред	-	-	0,5	-	-
5	Молекулярная физика	-	-	0,5	0,5	-
6	Элементы физической кинетики			0,5	-	-
7	Термодинамика	-	-	0,5	1	-
8	Постоянный электрический ток	-	-	3	3	-
9	Колебания	-	-	2	-	-
10	Волны	-	-	2	4	-
11	Квантовая физика	-	-	3	3	-
12	Ядерная физика	-	-	3	3	-
13	Физическая картина мира	-	-	3	3	-

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ

Индивидуальные домашние задания выполняются в форме контрольной работы.

2.1 Темы индивидуальных домашних заданий

1. Динамика поступательного движения.
2. Динамика вращательного движения.
3. Законы сохранения.
4. Движение жидкости.
5. Деформации твердого тела.
6. Распределение Максвелла.
7. Теплопроводность.
8. Диффузия.
9. Внутреннее трение.
10. Уравнение состояния.
11. Первое начало термодинамики.
12. Изопроцессы.
13. Закон Ома
14. Правила Кирхгофа
15. Колебания
16. Волны
17. Квантовые свойства электромагнитного излучения.
18. Тепловое излучение и люминесценция.

19. Спектральные характеристики теплового излучения.
20. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и закон смещения Вина.
21. Абсолютно черное тело.
22. Формула Релея-Джинса и «ультрафиолетовая катастрофа». Гипотеза квантов. Формула Планка.
23. Квантовое объяснение законов теплового излучения.
24. Корпускулярно-волновой дуализм света.
25. Состав атомного ядра.
26. Характеристики ядра: заряд, масса, энергия связи нуклонов.
27. Радиоактивность. Виды и законы радиоактивного излучения. Ядерные реакции.
28. Деление ядер. Синтез ядер.
29. Детектирование ядерных излучений. Понятие о дозиметрии и защите.
30. Особенности классической и неклассической физики.
31. Методология современных научно-исследовательских программ в области физики.
32. Основные достижения и проблемы субъядерной физики.
33. Попытки объединения фундаментальных взаимодействий и создания «теории всего».
34. Современные космологические представления. Достижения наблюдательной астрономии. Теоретические космологические модели.
35. Антропный принцип.
36. Революционные изменения в технике и технологиях как следствие научных достижений в области физики.
37. Физическая картина мира как философская категория.

2.2 Содержание индивидуальных домашних заданий

Таблица 1. Распределение заданий

Последняя Цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10, 28, 50, 70, 101, 116, 148, 161, 180, 192	10, 28, 50, 70, 101, 108, 127, 161, 181, 191	20, 27, 60, 74, 100, 121, 130, 142, 176, 196	10, 24, 51, 72, 91, 118, 139, 157, 173, 199	1, 19, 27, 49, 69, 88, 118, 125, 156, 165, 184	10, 23, 47, 76, 88, 115, 125, 156, 167, 188	10, 22, 51, 69, 72, 101, 129, 160, 177, 192	20, 32, 57, 78, 99, 109, 138, 157, 175, 199	10, 31, 53, 62, 98, 124, 129, 154, 173, 190	20, 32, 55, 80, 90, 124, 139, 155, 178, 196
1	1, 24, 42, 61, 83, 102, 122, 148, 162, 182	11, 31, 51, 71, 89, 109, 128, 145, 169, 192	1, 25, 49, 63, 86, 115, 126, 160, 181, 192	20, 31, 52, 73, 92, 112, 140, 143, 174, 200	3, 20, 47, 65, 86, 114, 124, 150, 163, 183	11, 26, 54, 77, 99, 102, 124, 149, 166, 185	21, 49, 64, 87, 108, 149, 165, 184, 193, 200	1, 30, 45, 76, 94, 122, 133, 146, 179, 190	11, 22, 30, 48, 70, 92, 130, 142, 171, 198	1, 23, 32, 52, 63, 84, 103, 150, 164, 184
2	2, 25, 41, 77, 81, 103, 123, 149, 163, 183	12, 33, 52, 72, 90, 117, 137, 153, 170, 193	2, 26, 42, 64, 85, 105, 135, 159, 180, 194	22, 32, 53, 66, 93, 119, 132, 155, 175, 196	2, 24, 50, 67, 87, 105, 134, 151, 164, 182	12, 31, 53, 72, 92, 110, 139, 144, 178, 196	22, 43, 69, 94, 107, 135, 148, 161, 180, 192	2, 30, 46, 67, 101, 107, 135, 134, 147, 173, 185, 191	12, 29, 47, 77, 91, 132, 145, 172, 181, 197	2, 25, 34, 58, 78, 97, 119, 140, 168, 189
3	3, 26, 43, 63, 84, 113, 133, 150, 164, 184	13, 35, 53, 73, 91, 110, 129, 158, 177, 194	3, 30, 45, 75, 87, 107, 136, 161, 183, 191	13, 38, 57, 62, 97, 120, 131, 142, 170, 194	13, 33, 51, 70, 94, 107, 135, 146, 166, 185	13, 39, 55, 73, 93, 118, 140, 154, 173, 197	23, 32, 48, 76, 87, 105, 126, 163, 183, 194	3, 29, 48, 69, 83, 104, 125, 157, 175, 186, 196	13, 21, 43, 63, 112, 131, 140, 153, 178, 196	3, 26, 49, 74, 100, 124, 136, 162, 175, 200
4	4, 30, 44, 64, 82, 104, 124, 151, 165,	14, 38, 55, 66, 92, 118, 138, 144,	4, 29, 46, 76, 88, 108, 148, 163, 184,	24, 39, 55, 78, 98, 111, 136, 145,	4, 26, 41, 61, 80, 98, 106, 140, 154,	14, 36, 57, 78, 95, 120, 132, 156,	24, 41, 77, 83, 102, 122, 149, 160,	4, 21, 47, 70, 84, 114, 139, 149, 160, 157, 174,	14, 32, 50, 72, 119, 127, 136, 144, 164, 184,	4, 30, 42, 63, 84, 103, 150, 136, 144, 164, 184,

	185	171, 195	193	177, 195	171, 194	174, 196	179, 191	196	173, 192	191
5	5, 29, 45, 65, 85, 114, 134, 156, 166, 187	15, 39, 57, 68, 93, 112, 139, 154, 172, 196	5, 21, 48, 67, 94, 116, 149, 164, 185, 194	21, 36, 58, 79, 99, 124, 137, 153, 171, 196	5, 30, 43, 77, 83, 100, 111, 141, 178, 195	15, 35, 56, 66, 97, 112, 141, 157, 175, 198	25, 30, 42, 63, 85, 107, 141, 157, 175, 199	5, 32, 43, 77, 82, 118, 143, 148, 164, 187, 199	15, 22, 41, 92, 120, 137, 155, 170, 195	5, 29, 45, 64, 86, 119, 140, 147, 168, 186
6	6, 21, 46, 75, 80, 105, 125, 146, 167, 186	16, 36, 56, 62, 95, 119, 140, 157, 178, 197	6, 32, 47, 69, 101, 122, 150, 165, 187, 195	15, 34, 59, 80, 100, 109, 129, 144, 172, 197	6, 29, 44, 63, 81, 102, 121, 131, 155, 173	16, 38, 58, 68, 98, 119, 131, 143, 176, 199	26, 31, 41, 77, 83, 122, 149, 163, 183, 194	6, 22, 50, 63, 91, 140, 153, 177, 186, 196	16, 23, 35, 51, 93, 111, 129, 157, 184, 195	6, 21, 46, 75, 85, 115, 132, 143, 157, 179
7	7, 32, 48, 76, 87, 115, 135, 147, 168, 188	17, 34, 58, 78, 97, 106, 132, 143, 173, 198	8, 23, 50, 77, 84, 104, 134, 146, 168, 189	17, 40, 54, 74, 89, 117, 138, 154, 178, 198	7, 21, 45, 64, 84, 103, 122, 142, 175, 199	17, 39, 59, 62, 99, 106, 130, 155, 162, 200	27, 37, 60, 74, 100, 124, 136, 142, 175, 200	7, 23, 41, 72, 84, 112, 132, 142, 171, 188	17, 28, 46, 73, 97, 124, 138, 155, 172, 188	7, 32, 48, 76, 87, 105, 126, 161, 183, 194
8	8, 22, 47, 67, 88, 107, 126, 159, 179, 189	18, 40, 59, 79, 98, 120, 141, 155, 174, 199	8, 23, 50, 77, 84, 104, 134, 146, 168, 189	25, 37, 60, 71, 90, 110, 139, 157, 173, 199	8, 32, 46, 65, 82, 113, 123, 148, 176, 200	18, 36, 54, 78, 97, 121, 141, 148, 165, 183	28, 50, 70, 101, 116, 148, 161, 180, 192, 200	8, 28, 51, 92, 119, 131, 145, 171, 187, 197	18, 24, 53, 78, 100, 110, 135, 163, 187, 192	8, 22, 47, 67, 88, 107, 135, 160, 184, 191
9	9, 23, 49, 69, 94, 116, 136, 160, 180, 190	37, 54, 80, 99, 111, 131, 156, 175, 200	9, 28, 41, 63, 82, 114, 125, 147, 179, 190	18, 27, 51, 72, 91, 118, 140, 155, 175, 196	9, 22, 48, 75, 85, 104, 133, 149, 162, 196	19, 34, 60, 79, 102, 111, 133, 142, 164, 184	29, 45, 64, 85, 105, 136, 149, 163, 185, 195	9, 24, 42, 73, 93, 120, 136, 153, 172, 198	19, 31, 57, 79, 89, 118, 138, 153, 170, 200	9, 23, 43, 69, 94, 108, 136, 159, 181, 193

2.3 Порядок выполнения заданий

При решении задач необходимо выполнить следующее:

1. Указать основные законы и формулы, на которых базируется решение задачи, дать словесную формулировку этих законов, разъяснить буквенные обозначения, употребляемые при написании формул.

Если при решении задачи применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физический закон или не являющаяся определением какой-нибудь физической величины, то ее следует вывести.

2. Дать чертеж, поясняющий содержание задачи (в тех случаях, когда это возможно); выполнять его надо аккуратно при помощи чертежных принадлежностей.

3. Сопровождать решение задачи краткими, но исчерпывающими пояснениями.

4. Выразить все величины, входящие в условие задачи, в единицах одной системы и выписать их для наглядности столбиком. Как уже указывалось, преимущественно следует пользоваться Международной системой единиц (СИ).

5. Подставить в окончательную формулу, полученную в результате решения задачи в общем виде, числовые значения, выраженные в единицах одной системы. Несоблюдение этого правила приводит к неверному результату. Исключение из этого правила допускается только для тех величин, которые входят в числитель и знаменатель формулы с одинаковыми показателями степени. Такие величины не обязательно выражать в единицах этой системы, в которой ведется решение задачи. Их можно выразить в любых, но только одинаковых единицах.

6. Проверить, дает ли рабочая формула правильную размерность искомой величины. Для этого в рабочую формулу следует подставить размерность всех величин и произвести необходимые действия. Если полученная таким путем размерность не совпадает с размерностью искомой величины, то задача решена неверно.

7. Произвести вычисление величин, подставленных в формулу, руководствуясь правилами приближенных вычислений, записать в ответе числовое значение и сокращенное наименование или размерность единицы измерения искомой величины в той системе, в которой производилось вычисление.

При выполнении контрольных работ студенту необходимо руководствоваться следующим:

1. Для замечаний преподавателя на страницах тетради оставляются поля. Каждая следующая задача должна начинаться с новой страницы. Условия задач переписываются полностью без сокращений.

2. Решения задач должны сопровождаться исчерпывающими, но краткими объяснениями, раскрываемых физический смысл употребляемых формул.

3. В конце контрольной работы необходимо указать, каким учебником или учебным пособием студент пользовался при изучении физики (название учебника, автор, год издания).

4. В случае, если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, решения которых оказались неверными. Повторная работа представляется вместе с незачтенной работой.

5. Студент должен быть готов во время защиты работыдать пояснения по существу решения задач.

2.4 Пример выполнения задания

ПРИМЕР №1. Уравнение движения материальной точки вдоль оси имеет вид $x = A + Bt + Ct^3$, где $A = 2\text{м}$, $B = 1\text{м/с}$, $C = -0,5\text{м/с}^3$.

Найти координату x , скорость и ускорение точки в момент времени $t = 2\text{с}$.

РЕШЕНИЕ. Координату x найдём, поставив в уравнение движения числовые значения коэффициентов А, В и С и времени t :

$$x = (2 + 1 \cdot 2 - 0,5 \cdot 2^3)\text{м} = 0.$$

Мгновенная скорость есть первая производная от координаты по времени:

$$v = \frac{dx}{dt} = B + 3Ct^2.$$

Ускорение точки найдём, взяв первую производную от скорости по времени:

$$a = \frac{du}{dt} = 6Ct.$$

В момент времени $t = 2\text{с}$:

$$v = (1 - 3 \cdot 0,5 \cdot 2^2)\text{м/с} = -5\text{м/с},$$

$$a = 6 \cdot (-0,5) \cdot 2\text{м/с}^2 = -6\text{ м/с}^2.$$

ПРИМЕР №2. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi = A + Bt + Ct^2$, где $A = 10\text{ рад}$, $B = 20\text{ рад/с}$, $C = -2\text{ рад/с}^2$.

Найти полное ускорение точки, находящейся на расстоянии $r = 0,1\text{м}$ от оси вращения для момента времени $t = 4\text{с}$.

РЕШЕНИЕ. Полное ускорение \bar{a} точки, движущейся по кривой линии, может быть найдено как геометрическая сумма тангенциального ускорения \bar{a}_τ , направленного по касательной к траектории, и нормального ускорения \bar{a}_n , направленного к центру кривизны траектории (рис.1): $\bar{a} = \bar{a}_\tau + \bar{a}_n$

Так как векторы a_τ и a_n взаимно перпендикулярны, то модуль ускорения:

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}. \quad (1)$$

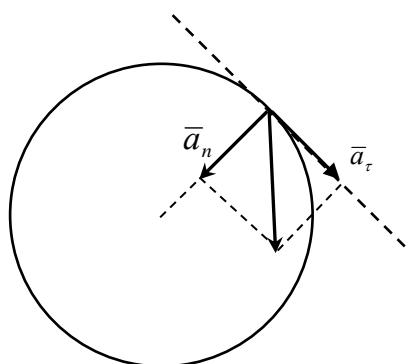


Рис.1

Тангенциальное и нормальное ускорение точки вращающегося тела выражается формулами:

$$a_t = \varepsilon r, \quad a_n = \omega^2 r, \quad (2)$$

где ω – угловая скорость тела, ε – его угловое ускорение.

Подставляя выражения a_t и a_n в формулу (1), находим:

$$a = \sqrt{\varepsilon^2 r^2 + \omega^4 r^2} = r \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}. \quad (3)$$

Угловую скорость ω найдём, взяв первую производную угла поворота по времени:

$$\omega = d\varphi / dt = B + 2Ct.$$

В момент времени $t=4$ с угловая скорость

$$\omega = [20 + 2(-2)4] \text{рад/с.}$$

Угловое ускорение найдём, взяв первую производную от угловой скорости по времени:

$$\varepsilon = d\omega / dt = 2C = -4 \text{рад/с}^2.$$

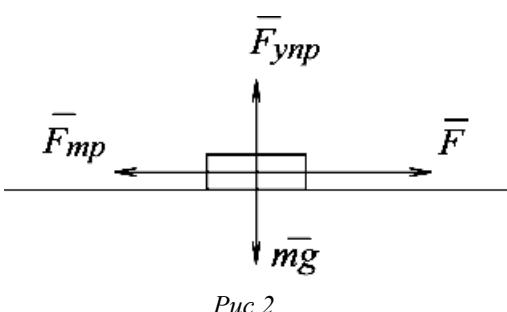
Подставляя значения ω , ε и r в формулу (2), получаем:

$$a = 0,1 \sqrt{(-4)^2 + 4^4} \text{ м/с}^2 = 1,65 \text{ м/с}^2.$$

ПРИМЕР №3. Какую мощность развивает двигатель автомобиля массой 1 т, если известно, что автомобиль едет с постоянной скоростью 36 км/ч:

1. по горизонтальной дороге,
2. в гору с уклоном 5 м на каждые 100 м пути,
3. под гору с тем же уклоном.

Коэффициент трения равен 0,07.



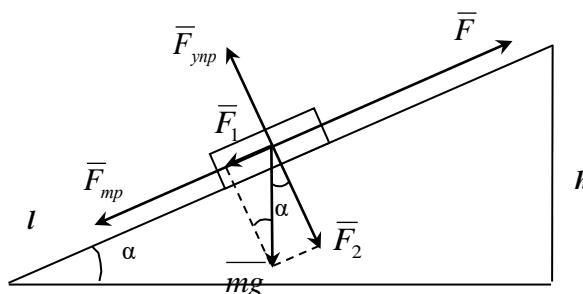
РЕШЕНИЕ. Мощность, развиваемая двигателем автомобиля, связана со скоростью движения автомобиля соотношением $N = Fv$, где F – сила тяги, развиваемая двигателем автомобиля; v – скорость движения. Следовательно, решение задачи сводится к определению силы тяги в каждом из трёх случаев.

1) Сила тяжести mg и сила реакции опоры F_{yupr} уравновешиваются друг друга. По второму закону Ньютона $ma = F - F_{mp}$. Т.к. автомобиль движется с постоянной скоростью $a = 0$ и, следовательно, $F = F_{tp} = \mu mg$.

Тогда $N = \mu \cdot mgv$

$$m = 1 \text{ т} = 10^3 \text{ кг}; \quad v = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}; \quad g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$N = 0,07 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 10 = 6,9 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 6,9 \text{ кВт}$$



2) При движении в гору автомобилю приходится преодолевать силу трения и составляющую силы тяжести F_1 , параллельную пути:

$$F = F_{tp} + F_1, F_{tp} = \mu F_2 = \mu mg \cos \alpha, F_1 = mg \sin \alpha.$$

Таким образом, сила тяги $F = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$ или $F = mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$.

Учитывая, что $\sin \alpha = h/l = 0,05$ и $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \approx 1$,

получим $F = 10^3 \cdot 9,8 \cdot (0,07 + 0,05) = 1,98 \text{ кН}$,

$$N = F \cdot v = 1,98 \cdot 10^3 \cdot 10 = 19,8 \cdot 10^3 = 19,8 \text{ кВт}.$$

3) При равномерном движении автомобиля под гору сила трения должна

уравновешивать силу тяги и составляющую силу тяжести, параллельную пути:

$$F + F_1 = F_{tp} = F_{tp} - F_1$$

Если сила трения меньше F_1 , то $F < 0$. Это означает, что для осуществления равномерного движения автомобиля под гору необходимо приложить задерживающую (тормозную) силу, направленную вверх вдоль наклонной

плоскости.

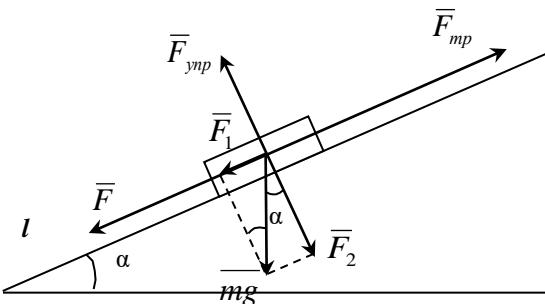


Рис.4

h

h

$$\begin{aligned} F_1 &= mg \sin \alpha = 10^3 \cdot 9,8 \cdot 0,05 = 490 \text{ Н} \\ F_{tp} &= \mu mg \cos \alpha = 0,07 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 1 = 686 \text{ Н} \\ F &= F_{tp} - F_1 = 686 - 490 = 196 \text{ Н} \\ N &= F \cdot v = 196 \cdot 10 = 1,96 \text{ кВт} \end{aligned}$$

ПРИМЕР №4. При выстреле из пружинного пистолета вертикально вверх пуля массой $m = 20 \text{ г}$ поднялась на высоту $h = 5 \text{ м}$. Определить k жёсткость пружины пистолета, если она была сжата на $x = 10 \text{ см}$. Массой пружины пренебречь.

РЕШЕНИЕ. Система пуля-Земля (вместе с пистолетом) является замкнутой системой, в которой действуют консервативные силы, – силы упругости и силы тяготения. Поэтому для решения задачи можно применить закон сохранения энергии в механике. Согласно ему, полная механическая энергия E_1 системы в начальном состоянии (в данном случае перед выстрелом) равна полной энергии E_2 в конечном состоянии (когда пуля поднялась на высоту h), т.е.

$$E_1 = E_2 \quad \text{или} \quad T_1 + P_1 = T_2 + P_2, \quad (1)$$

где T_1 , T_2 , P_1 и P_2 – кинетические и потенциальные энергии системы в начальном и конечном состояниях.

Т.к. кинетические энергии пули в начальном и конечном состояниях равны нулю, то равенство (1) примет вид: $P_1 = P_2$. (2)

Если потенциальную энергию в поле сил тяготения Земли на её поверхности принять равной нулю, то энергия системы в начальном состоянии будет равна потенциальной энергии сжатой пружины:

$$P_1 = 1/2 k x^2,$$

а в конечном состоянии – потенциальной энергии пули на высоте h :

$$P_2 = mgh.$$

Подставив выражения P_1 и P_2 в формулу (2), найдём:

$$1/2kx^2 = mgh \text{ откуда } k = 2mgh/x^2. \quad (3)$$

Проверим, даст ли полученная формула единицу жёсткости k . Для этого в первую часть формулы (3) вместо величин подставим их единицы:

$$\frac{[m][g][h]}{[x]^2} = \frac{1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 1 \text{ м}}{1 \text{ м}^2} = \frac{1 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}}{1 \text{ м}} = 1 \text{ Н/м.}$$

Убедившись, что полученная единица является единицей жёсткости (1Н/м), подставим в формулу (3) значения величин и произведём вычисления:

$$k = 2 \cdot 0,02 \cdot 9,81 \cdot 5 / (0,1)^2 \text{ Н/м} = 196 \text{ Н/м.}$$

ПРИМЕР №5. Шар массой m_1 , движущийся горизонтально с некоторой скоростью v_1 , столкнулся с неподвижным шаром массой m_2 . Шары абсолютно упругие, удар прямой, центральный. Какую долю в своей кинетической энергии первый шар передал второму?

РЕШЕНИЕ. Доля энергии, переданной первым шаром второму, выразится соотношением

$$E = \frac{T_2}{T_1} = \frac{m_2 U_2^2}{m_1 v_1^2} = \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{U_2}{v_1} \right)^2, \quad (1)$$

где T_1 – кинетическая энергия первого шара до удара;

U_2 и T_2 – скорость и кинетическая энергия второго шара после удара.

Как видно из формулы (1), для определения E надо найти U_2 . При ударе абсолютно упругих тел одновременно выполняются законы сохранения импульса и механической энергии. Пользуясь этими законами, найдём:

$$m_1 v_1 = m_1 U_1 + m_2 U_2; \quad (2)$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 U_1^2}{2} + \frac{m_2 U_2^2}{2}. \quad (3)$$

Решим совместно уравнения (2) и (3):

$$U_2 = \frac{2m_1 v_1}{m_1 + m_2}.$$

Подставив это выражение в формулу (1) и сократив на v_1 и m_1 , получим:

$$E = \frac{m_2}{m_1} \left[\frac{2m_1 v_1}{v_1 (m_1 + m_2)} \right]^2 = \frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2}.$$

Из найденного соотношения видно, что доля переданной энергии зависит только от масс сталкивающихся шаров. Доля передаваемой энергии не изменится, если шары поменять местами.

ПРИМЕР №6. Через блок в виде сплошного диска, имеющего массу $m = 80\text{г}$ (рис.5), перекинута тонкая гибкая нить к концам которой подвешены грузы с массами $m_1 = 100\text{г}$ и $m_2 = 200\text{г}$. Определить ускорение, с которым будут двигаться грузы, если их предоставить самим себе.

Трением и массой нити пренебречь.

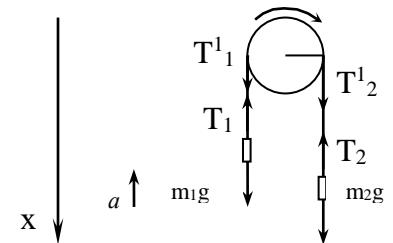


Рис.5

РЕШЕНИЕ. Воспользуемся основными уравнениями динамики поступательного и вращательного движения. Для этого рассмотрим силы, действующие на каждый груз в отдельности и на блок. На первый груз действуют две силы: сила тяжести m_1g и сила упругости (сила натяжения нити) T_1 . Спроектируем эти силы на ось x , которую направим вертикально вниз, и напишем уравнение движения (второй закон Ньютона):

$$m_1g - T_1 = -m_1a. \quad (1)$$

Уравнение движения для второго груза:

$$m_2g - T_2 = m_2a. \quad (2)$$

Под действием двух моментов сил T_1r и T_2r относительно оси, перпендикулярной плоскости чертежа, блок приобретает угловое ускорение ε . Согласно основному уравнению динамики вращательного движения:

$$T_2r - T_1r = J_z \varepsilon, \quad (3)$$

где $\varepsilon = a/r$,

$J_z = 1/2mr^2$ – момент инерции блока (сплошного диска) относительно оси z .

Согласно третьему закону Ньютона, $T_1 = T'_1$, $T_2 = T'_2$. Воспользуемся этим, подставив в уравнение (3) вместо T'_1 и T'_2 выражения T_1 и T_2 , получив их предварительно из уравнений (1) и (2):

$$(m_2g - m_2a)r - (m_1g + m_1a)r = mr^2a/(2r).$$

После сокращения на r и перегруппировки членов найдём:

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1 + \frac{m}{2}} g. \quad (4)$$

Отношение масс в правой части формулы (4) есть величина безмерная. Поэтому массы m_1, m_2 и m можно выразить в граммах, как они даны в условии задачи. Ускорение g надо выразить в единицах СИ. После подстановки получим:

$$a = [(200 - 100)g / (200 + 100 + 80/2)g] \cdot 9,81 \text{ м/с}^2 = 2,88 \text{ м/с}^2.$$

ПРИМЕР №7. Тело массой $m = 200 \text{ г}$ прикреплено к нити и вращается по окружности радиусом $R_1 = 80 \text{ см}$ с постоянной линейной скоростью $v_1 = 150 \text{ см/с}$. При вращении нить укорачивается на длину $l = 30 \text{ см}$. Определить: 1) установившуюся скорость вращения; 2) частоту вращения.

РЕШЕНИЕ 1. При равномерном вращении тела уменьшение длины нити создается силой F , направленной вдоль радиуса R_1 . Плечо этой силы равно нулю; следовательно, момент силы $M = FR$ также равен нулю. Вращение тела, свободного от действия моментов сил, подчиняется закону сохранения момента импульса:

$$J_1 \omega_1 = J_2 \omega_2, \quad (1)$$

где J_1 и ω_1 – момент инерции и угловая скорость тела в начальный момент времени; J_2 и ω_2 – то же, в конечный момент времени.

Следовательно, начальный момент импульса $J_1\omega_1$ равен моменту импульса $J_2\omega_2$ тела после укорачивания нити. Считая, что тело представляет собой материальную точку, определим его момент инерции:

$$J = m R^2, \quad (2)$$

где R - радиус окружности, по которой вращается тело.

Угловую скорость выразим через линейную:

$$\omega = \frac{v}{R}. \quad (3)$$

Для начального момента времени по формулам (2) и (3) получим

$$J_1 = m R_1^2, \quad \omega_1 = \frac{v_1}{R_1}.$$

После укорачивания нити

$$J_2 = m R_2^2, \quad \omega_2 = \frac{v_2}{R_2}. \quad (5)$$

Подставляя в (1) выражения (4) и (5), получаем

$$\frac{m R_1^2 v_1}{R_1} = \frac{m R_2^2 v_2}{R_2}.$$

После преобразований с учетом того, что $R_2 = R_1 - l$, окончательно имеем

$$v_1 R_1 = v (R_1 - l), \text{ откуда}$$

$$v_2 = \frac{v_1 R_1}{(R_1 - l)}. \quad (6)$$

Проверим расчетную формулу (6):

$$\frac{m}{c} = \frac{\frac{m}{c} \cdot m}{m} = \frac{m}{c}.$$

Выразим числовые значения величин в СИ: $v_1 = 150 \frac{m}{s}$, $R_1 = 0,80 \text{ м}$, $l = 0,30 \text{ м}$.

Вычислим искомую конечную скорость:

$$v_2 = \frac{1,50 \cdot 0,80}{0,80 - 0,30} \frac{m}{s} = 2,4 \frac{m}{s}.$$

2. Для определения частоты вращения n_2 после укорачивания нити воспользуемся формулами $\omega_2 = \frac{v_2}{R_2} = \frac{v_2}{(R_1 - l)}$ и $\omega_2 = 2\pi n_2$.

Приравнивая их правые части, получаем $2\pi n_2 = v_2 / (R_1 - l)$, откуда

$$n_2 = \frac{v_2}{2\pi (R_1 - l)}. \quad (7)$$

Проверим формулу (7):

$$c^{-1} = \frac{\frac{m}{c}}{m} = \frac{1}{c} = c^{-1}.$$

Вычислим искомую конечную частоту вращения:

$$n_2 = \frac{2,4}{2 \cdot 3,14 \cdot (0,80 - 0,30)} c^{-1} = 0,76 c^{-1}.$$

ПРИМЕР №8 Диск, катившийся со скоростью $v_1 = 3 \frac{m}{s}$, ударился о стену и покатился назад со скоростью $v_2 = 2 \frac{m}{s}$. Масса диска равна $m = 3$ кг.

Определить уменьшение кинетической энергии диска.

Решение. Кинетическая энергия диска равна сумме кинетических энергий поступательного и вращательного движений:

$$T = T_{\text{пост}} + T_{\text{вр}}. \quad (1)$$

Здесь $T_{\text{пост}} = \frac{m v^2}{2}$; $T_{\text{вр}} = \frac{J \omega^2}{2}$, где m - масса диска; v - скорость поступательного движения; $J = \frac{m R^2}{2}$ - момент инерции диска; $\omega = \frac{v}{R}$ - угловая скорость диска; R - радиус окружности диска.

Подставив в (1) выражение для $E_{\text{пост}}$, $E_{\text{вр}}$, J и ω , получим

$$T = \frac{m v^2}{2} + \frac{1}{2} \frac{m R^2}{2} \left(\frac{v}{R} \right)^2 = \frac{m v^2}{2} + \frac{m v^2}{4} = \frac{3 m v^2}{4}. \quad (2)$$

Выражение (2) можно использовать для записи полной кинетической энергии E_1 до удара о стену и полной кинетической энергии E_2 после взаимодействия со стеной:

$$T_1 = \frac{3}{4} m v_1^2, \quad T_2 = \frac{3}{4} m v_2^2.$$

Разность кинетических энергий

$$T = T_2 - T_1 = \frac{3}{4} m v_2^2 - \frac{3}{4} m v_1^2 = \frac{3}{4} m (v_2^2 - v_1^2).$$

Подставив данные задачи, вычислим искомую разность энергий:

$$T = \frac{3}{4} 3 (2^2 - 3^2) = -11,25 \text{ Дж.}$$

Знак минус показывает, что произошло уменьшение кинетической энергии диска.

ПРИМЕР №9 Материальная точка с массой $0,01 \text{ кг}$ совершает гармонические колебания с периодом 2 с . Полная энергия колеблющейся точки равна 10^{-4} дж . 1. Найти амплитуду колебаний. 2. Написать уравнение данных колебаний. 3. Найти наибольшее значение силы, действующей на точку.

РЕШЕНИЕ

1. Запишем уравнение гармонических колебаний в общем виде:

$$x = A \sin \omega t.$$

Взяв первую производную смещения x по времени, найдем скорость колеблющейся точки:

$$v = \frac{dx}{dt} = A \omega \cos \omega t.$$

Кинетическая энергия колеблющейся точки:

$$T = \frac{mv^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2 \cos^2 \omega t}{2}.$$

Полная энергия колеблющейся точки равна максимальному значению кинетической энергии точки:

$$T_{\max} = \frac{mA^2\omega^2}{2}.$$

Отсюда находим следующее выражение для амплитуды колебаний:

$$A = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{2T_{\max}}{m}}.$$

Циклическая частота ω связана с периодом колебаний соотношением

$$\omega = \frac{2\pi}{\tau}.$$

Подставим это соотношение в предыдущее выражение

$$A = \frac{\tau}{2\pi} \sqrt{\frac{2T_{\max}}{m}}.$$

и произведем вычисления:

$$A = \frac{2}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-4}}{10^{-2}}} \text{ м} = 0,0448 \text{ м.}$$

Найдем числовое значение циклической частоты:

$$\omega = \frac{2\pi}{2} = \pi.$$

2. Запишем уравнение гармонических колебаний для данной точки:

$$x = 0,0448 \sin \pi t.$$

3. Ускорение колеблющейся точки найдем, взяв производную от скорости по времени:

$$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \sin \omega t.$$

Отсюда максимальное ускорение

$$a_{\max} = A\omega^2.$$

Подставив это выражение максимального ускорения в формулу второго закона динамики, найдем максимальную силу, действующую на точку:

$$F_{\max} = mA\omega^2.$$

Произведем вычисления:

$$F_{\max} = 0,01 \cdot 0,0448 \cdot 3,14^2 \text{ Н} = 4,42 \cdot 10^{-3} \text{ Н.}$$

ПРИМЕР №10. Два килограмма льда, находящегося при температуре -13°C , нагрели и расплавили при 0°C . Определить изменение энтропии.

$$m = 2 \text{ кг};$$

$$t_1 = -13^{\circ}\text{C};$$

$$\text{Дано: } t_2 = 0^{\circ}\text{C};$$

$$c_1 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К});$$

$$\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг.}$$

Найти: ΔS .

Решение. Изменение энтропии

$$\Delta S = S_1 - S_2 = \int_1^2 \frac{dQ}{T},$$

Где dQ - количество тепла, сообщенное телу;

T - термодинамическая температура тела;

S_1 и S_2 - соответственно значения энтропии в начальном и конечном состояниях системы.

Общее изменение энтропии равно сумме $\sum \Delta S_i$, где ΔS_i - изменение энтропии, происходящее на отдельных этапах процесса, $\Delta S = \sum_{i=1}^n \Delta S_i$.

Разделим этот процесс на два этапа. На первом - происходит нагревание льда от начальной температуры $T_1 = 260K$ до температуры плавления льда $T_2 = 273K$ и $\Delta S_1 = \int_1^2 \frac{dQ_1}{T}$.

Так как $dQ_1 = mc_1 dT$, то $\Delta S_1 = mc_1 \ln \frac{T_2}{T_1}$, где c_1 - удельная теплоёмкость льда.

На втором этапе имеет место плавления льда. В этом случае $\Delta Q_2 = m\lambda$. Тогда

$$\Delta S_2 = \frac{m\lambda}{T_2},$$

где T_2 - температура плавления льда; λ - удельная теплота плавления.

Общее изменение энтропии

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = m \left(c_1 \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{\lambda}{T_2} \right).$$

Проводим вычисления в единицах СИ.

$$\Delta S = 2 \left(2,1 \cdot 10^3 \ln \frac{273}{260} + \frac{3,35 \cdot 10^5}{273} \right) = 2,66 \cdot 10^3 \left(\frac{\text{Дж}}{K} \right).$$

Наименование искомой величины:

$$[\Delta S] = \left[\frac{\kappa g \cdot \text{Дж}}{\kappa g \cdot K} \right] = \left[\frac{\text{Дж}}{K} \right].$$

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ

3.1 Релятивистская механика

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на предельный переход законов релятивистской механики к законам механики Галилея-Ньютона при малых скоростях движения.

3.2 Закон всемирного тяготения

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на эквивалентность гравитационной и инертной масс.

3.3 Распределение Больцмана и барометрическая формула

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на применимость распределения Больцмана к различным силовым полям.

3.4 Изохорический, изобарический, изотермический, адиабатический процессы в идеальных газах

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на зависимости между термодинамическими параметрами в изопроцессах.

3.5 Электрический ток в газах и жидкостях

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на условия возникновения газового разряда.

3.6 Акустика

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на эффект Доплера.

3.7 Модель атома Томсона. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц.

Ядерная модель атома

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на строение атома.

3.8 Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия и основные классы элементарных частиц. Частицы и античастицы. Лептоны и адроны. Кварки. Электрослабое взаимодействие.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на виды взаимодействий в природе.

3.9 Парадигма Ньютона и эволюционная парадигма

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на основные исторические моменты в изменении взглядов людей на физические процессы.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ

4.1. Практическое занятие 1 (ПЗ-1) Физические величины, их измерение и оценка погрешностей

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Скалярные и векторные физические величины
2. Способы определения значения физической величины
3. Виды погрешностей

4.2. Практическое занятие 2 (ПЗ-2) Кинематика поступательного и вращательного движения

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Виды систем отсчета
2. Скалярные и векторные величины

3. Аналогия кинематики поступательного и вращательного движения

4.3. Практическое занятие 3 (ПЗ-3) Динамика поступательного и вращательного движения

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Границы применимости механики Ньютона

2. Инертная и гравитационная массы

3. Аналогия динамики поступательного и вращательного движения

4.4. Практическое занятие 4 (ПЗ-4) Законы сохранения

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Фундаментальность законов сохранения

2. Консервативные и диссипативные силы

3. Доказательность законов сохранения

4.5. Практическое занятие 5 (ПЗ-5) Элементы механики сплошных сред

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Модель идеальной жидкости

2. Уравнение Бернулли как частный случай закона сохранения энергии

3. Диаграмма напряжения

4.6. Практическое занятие 6 (ПЗ-6) Молекулярно-кинетическая теория (МКТ)

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Ограничения в применимости МКТ

2. Статистические распределения

3. Связь микропараметров и макропараметров

4.7 Практическое занятие 7 (ПЗ-7) Элементы физической кинетики

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Условия возникновений явлений переноса

2. Идентичность закономерностей для явлений переноса в различных системах

3. Зависимость значений коэффициентов в уравнениях физической кинетики от температуры

4.8. Практическое занятие 8 (ПЗ-8) Феноменологическая термодинамика

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Феноменологическая термодинамика

2. Первое начало термодинамики как следствие закона сохранения энергии

3. Идентичность различных формулировок второго начала термодинамики

4.9. Практическое занятие 9 (ПЗ-9) Электростатика

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Закон сохранения заряда

2. Дискретность заряда

3. Принцип суперпозиции электростатического поля

4.10. Практическое занятие 10 (ПЗ-10) Постоянный электрический ток

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Условия существования электрического тока

2. Электрическое сопротивление

3. Первое правило Кирхгофа как следствие закона сохранения заряда

4.11. Практическое занятие 11 (ПЗ-11) Магнитостатика

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Магнитное поле

2. Вихревой характер магнитного поля

4.12. Практическое занятие 12 (ПЗ-12) Электромагнитная индукция

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Самоиндукция

2. Практическое использование соленоидов

3. Аналогия электромагнитной индукции и инерции

4.13. Практическое занятие 13 (ПЗ-13) Гармонические колебания

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Закон сохранения энергии для колебательных систем
2. Резонанс колебаний
3. Практическое применение колебательных систем

4.14. Практическое занятие 14 (ПЗ-14) Волны

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Физический смысл волнового уравнения
2. Виды и характеристики волнового движения
3. Применение эффекта Доплера

4.15. Практическое занятие 15 (ПЗ-15) Волновая оптика

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Применение интерференции
2. Применение дифракции
3. Применение поляризованных волн

4.16. Практическое занятие 16 (ПЗ-16) Квантовая физика

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Абсолютно белое тело
2. Серое тело
3. Практическое применение законов теплового излучения

4.17. Практическое занятие 17 (ПЗ-17) Ядерная физика

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Радиоактивный распад
2. Свойства ядерных реакций
3. Применение ядерных реакций