

УТВЕРЖДЕНО  
Проректор по учебной работе  
А. А. Воронов  
17 января 2023 года

## ПРОГРАММА

по дисциплине: **Общая физика: механика**  
по направлениям подготовки: **19.03.01 «Биотехнология»**  
физтех-школа: **ФБМФ**  
кафедра: **общей физики**  
курс: 1  
семестр: 2

лекции – 30 часов

практические (семинарские)

занятия – 30 часов

лабораторные занятия – 45 часов

Диф. зачёт – 2 семестр

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ – 105

Самостоятельная работа:

теор. курс – 75 часов

физ. практикум – 90 часов

Программу и задание составили:

к.ф.-м.н., доц. Лапушкин Г. И.  
к.ф.-м.н., доц. Лилиенберг И. В.  
к.ф.-м.н., доц. Попов П. В.  
к.ф.-м.н., доц. Извекова Ю. Н.  
к.ф.-м.н., доц. Юдин И. С.

Программа принята на заседании кафедры общей физики 15 декабря 2022 г.

Заведующий кафедрой  
д.ф.-м.н., профессор

А. В. Максимычев

# 1 МЕХАНИКА

1. Предмет физики. Физические величины, единицы измерений СИ и СГС, внесистемные единицы.

Основы кинематики. Кинематика материальной точки. Системы отсчёта и системы координат. Радиус-вектор, скорость и ускорение. Нахождение уравнения движения на примере равноускоренного движения. Траектория, нахождение траектории на примере равноускоренного движения. Движение по окружности, кинематические параметры при движении по окружности. Нормальное, тангенциальное и полное ускорения. Радиус кривизны.

2. Основы динамики. Динамика материальной точки. Задание состояния частицы в классической механике. Основная задача динамики. Инерциальные и неинерциальные системы отсчёта. Первый закон Ньютона. Импульс и сила. Второй закон Ньютона. Уравнение движения частицы, роль начальных условий. Третий закон Ньютона. Закон сохранения импульса.

Движение тел с переменной массой, реактивное движение. Уравнение Мещерского, формула Циолковского.

3. Закон сохранения энергии. Работа силы. Кинетическая энергия частицы. Теорема об изменении кинетической энергии. Мощность. Консервативные и неконсервативные силы. Понятие силового поля. Потенциальная энергия, потенциал поля. Закон сохранения энергии в механике. Общефизический закон сохранения энергии.

4. Динамика системы частиц. Центр инерции (центр масс). Закон движения центра инерции. Система центра инерции. Преобразование энергии при смене системы отсчёта. Теорема Кёнига. Задача двух тел, приведённая масса. Анализ столкновения двух частиц для абсолютно упругого и неупругого ударов.

5. Момент импульса материальной точки. Момент импульса системы материальных точек. Момент силы. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса. Движение тел в центральном поле.

6. Закон всемирного тяготения. Потенциальная энергия в гравитационном поле. Законы Кеплера. Фinitные и инфинитные движения в поле центральных гравитационных сил. Первая и вторая космические скорости. Связь параметров орбиты планеты с полной энергией и моментом импульса планеты.

7. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Момент инерции. Теорема Гюйгенса–Штейнера. Уравнение моментов при вращении вокруг неподвижной оси. Кинетическая энергия вращающегося тела.

Условие равновесия твёрдого тела. Плоское движение твёрдого тела. Качение, скатывание тел с наклонной плоскости.

8. Общее вращение твёрдого тела. Главные оси инерции. Регулярная прецессия свободного вращающегося симметричного волчка. Гироскопы. Движение свободного гироскопа. Уравнение движения гироскопа под действием сил (приближённая теория). Применения гироскопов.

9. Гармонические колебания материальной точки. Математический

маятник. Частота, круговая частота и период колебаний. Энергия колебаний, связь средней кинетической и средней потенциальной энергий гармонического осциллятора.

Механические колебания твёрдых тел. Физический маятник. Приведённая длина, центр качания.

10. Свободные затухающие колебания. Коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, добротность. Вынужденные колебания материальной точки под действием периодической силы. Резонанс. Резонансные кривые (амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики осциллятора).

11. Неинерциальные системы отсчёта. Относительное, переносное, кориолисово ускорения. Силы инерции: поступательная, центробежная, кориолисова. Второй закон Ньютона в неинерциальных системах отсчёта. Потенциальная энергия в поле центробежных сил. Вес тела, невесомость. Геофизические проявления кориолисовых сил.

12. Элементы гидродинамики. Идеальная жидкость. Линии тока, стационарное течение идеальной жидкости и газа. Уравнение Бернулли. Формула Торричелли. Вязкость. Стационарное ламинарное течение вязкой жидкости по прямолинейной трубе, формула Пуазейля. Понятие о гидродинамической турбулентности. Число Рейнольдса и его физический смысл.

13. Элементы теории упругости. Упругие и пластические деформации. Коэффициент упругости, модуль Юнга, коэффициент Пуассона. Объёмная плотность энергии упругой деформации. Всестороннее и одностороннее растяжение и сжатие. Понятие о деформациях сдвига и кручения.

14. Волны. Распространение продольных упругих возмущений в среде. Скорость распространения звука в тонком стержне. Волновое уравнение (в одномерном случае). Длина волны, волновое число, фазовая скорость. Бегущие и стоячие волны. Условие возникновения стоячих волн. Эффект Доплера.

## Литература

### Основная литература

1. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. Т. 1. Механика. — Москва: Физматлит, 2003.
2. *Кириченко Н.А., Крымский К.М.* Общая физика. Механика: учебное пособие. — Москва: МФТИ, 2013.
3. Лабораторный практикум по общей физике. Т. 1. Механика / под ред. А.Д. Гладуна. — Москва: МФТИ, 2012.
4. Сборник задач по общему курсу физики. Ч. 1 / под ред. В.А. Овчинкина. — Москва: Физматкнига, 2017.

### Дополнительная литература

1. *Калашиников Н.П., Смондырев М.А.* Основы физики. — Москва: Лаборатория знаний, 2017.

2. *Стрелков С.П.* Механика — Москва: Лань, 2005.
3. *Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М.* Курс общей физики. Механика и молекулярная физика. — Москва: Наука, 1969.
4. *Хайкин С.Э.* Физические основы механики. — Москва: Наука, 1971.  
*Киттель Ч., Найт У., Рудерман М.* Механика. — Москва: Наука, 1983.  
*Фейнман Р.* Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1, 2. М.: Мир, 1977.
5. *Корявов В.П.* Методы решения задач в общем курсе физики. Механика. — Москва: Студент, 2012.
6. *Гавриков А.В., Ворона Н.А.* Механические колебания. — Москва: МФТИ, 2011.

Электронные ресурсы [http://physics.mipt.ru/S\\_I/](http://physics.mipt.ru/S_I/)

## ЗАДАНИЕ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

для студентов 1-го курса ФБМФ  
на весенний семестр 2022/23 учебного года

Дата	№ нед	Темы семинарских занятий	Задачи	
			I	II
1–7 фев.	<b>1</b>	Скорость и ускорение. Уравнение движения. Бросок тела под углом к горизонту.	1	5
			2	6
			3	7
			4	8
8–14 фев.	<b>2</b>	Движение по окружности. Нормальное и тангенциальное ускорение. Кинематические связи.	9	13
			10	14
			11	15
			12	16
15–21 фев.	<b>3</b>	Кинематические связи в задачах динамики. Силы, меняющиеся со временем. Соппротивление среды.	17	21
			18	22
			19	23
			20	24
22–28 фев.	<b>4</b>	Импульс, законы Ньютона через изменение импульса. Реактивное движение.	25	29
			26	30
			27	31
			28	32
1 – 7 март.	<b>5</b>	Работа и энергия. Столкновения.	33	37
			34	38
			35	39
			36	40
8-14 март.	<b>6</b>	Момент импульса. Движение в поле центральных сил.	41	45
			42	46
			43	47
			44	48
15–21 март.	<b>7</b>	Вращение вокруг неподвижной оси. Качение, скатывание с наклонной плоскости.	49	53
			50	54
			51	55
			52	56
22–28 март.	<b>8</b>	Свободные колебания материальной точки. Затухающие и вынужденные колебания.	57	61
			58	62
			59	63
			60	64
29мар.– 4 апр.	<b>9</b>	Контрольная работа.		
5–11 апр.	<b>10</b>	Сдача заданий. (1-7 недели)		

12–18 апр.	<b>11</b>	Колебания твердых тел.	65 66 67 68	69 70 71 72
19–25 апр.	<b>12</b>	Регулярная прецессия осесимметричного гироскопа.	73 74 75 76	77 78 79 80
26 апр. -2 мая	<b>13</b>	Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции, центробежная сила, сила Кориолиса.	81 82 83 84	85 86 87 88
3–9 мая.	<b>14</b>	Элементы теории упругости и гидродинамики. Скорость распространения звука в тонком стержне.	89 90 91 92 93	94 95 96 97
10–23 мая.	<b>15</b>	Сдача 2-го задания (8-14 недели)		

### Примечания

Все задачи обязательны для сдачи задания, их решения должны быть представлены преподавателю на проверку. В каждой теме семинара задачи разбиты на 2 группы:

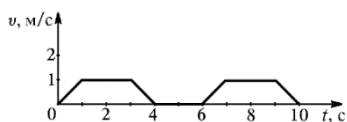
**I** — задачи, рекомендованные для разбора на семинаре (преподаватель может разбирать на семинарах и другие равноценные задачи по своему выбору);

**II** — задачи для самостоятельного решения.

### Задачи

1. Тормоз считается исправным, если при торможении автомобиля, движущегося со скоростью 30 км/ч его ускорение не менее  $-4 \text{ м/с}^2$ . Найти тормозной путь.

2. Начертить графики зависимости от времени пути и ускорения некоторого тела, если скорость этого тела как функция времени представлена графиком на рисунке.



3. Камень бросают горизонтально с вершины горы с уклоном  $45^\circ$  с начальной скоростью  $v = 10 \text{ м/с}$ . Какое расстояние вдоль склона пролетит камень до падения и какая у него будет скорость в момент падения? (Ускорение свободного падения  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .)

4. Скорость некоторого тела при поступательном движении пропорциональна его координате:  $\dot{x} = x/\tau$ , где  $\tau = 10 \text{ с}$ . Найти координату

и ускорение тела в момент времени  $t = \tau$ , если в начальный момент оно находилось в точке  $x_0 = 1$  м.

5. Тело движется вдоль прямой линии из начала координат с начальной скоростью  $v_0 = 10$  см/с. За каждые  $\tau = 10$  с движения скорость тела уменьшается в 2 раза. Изобразить графики зависимости от времени пути и ускорения данного тела.

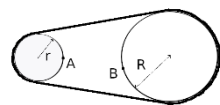
6. Закон движения материальной точки относительно оси  $x$  имеет вид  $x(t) = \beta t^3$ , где  $\beta = 1$  м/с<sup>3</sup> - постоянная величина. Найти скорость и ускорение материальной точки в момент времени  $t_1 = 2$  с.

7. Мяч посылается с начальной скоростью  $v_0 = 19,6$  м/с под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. В тот же момент навстречу мячу стартует игрок, находившийся на расстоянии  $l = 55$  м. С какой скоростью он должен бежать, чтобы успеть схватить мяч до удара о землю?

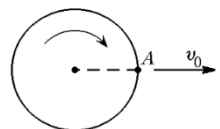
8. Под каким углом  $\varphi$  к горизонту следует бросить камень с вершины горы с уклоном  $45^\circ$ , чтобы он упал на склон на максимальном расстоянии?

*Указание:* Воспользуйтесь результатом задачи 3, записав закон движения тела и исследовав на экстремум дальность полёта.

9. Два вала диаметрами 10 см и 20 см расположены параллельно друг другу на расстоянии 50 см. Валы соединены ремнём, не проскальзывающим относительно их поверхностей. В начальный момент времени меньший вал начинают раскручивать с угловым ускорением  $\varepsilon = 1,7$  рад/с<sup>2</sup>. В момент времени 10 с найти: а) линейную скорость; б) угловую скорость; в) полное ускорение; г) угол между скоростью и ускорением для точек А и В.



10. Колесо радиусом  $R$  движется горизонтально со скоростью  $v_0$  и вращается с угловой скоростью  $\omega$ . Точка А на ободе описывает в пространстве некоторую траекторию. Найти радиус ее кривизны  $\rho$  в момент, когда точка находится на уровне центра колеса.



11. На покоящееся в начале координат тело массой 1 кг начинает действовать сила  $F_1 = 1$  Н, а через 10 с после начала движения дополнительно действует сила  $F_2 = 2$  Н, направленная противоположно первой. На каком расстоянии от начала координат будет находиться тело через 20 с после начала движения?

12. Каков должен быть минимальный коэффициент трения скольжения  $k$  между шинами автомобиля и асфальтом, чтобы автомобиль мог пройти закругление с радиусом  $R = 200$  м на скорости  $v = 100$  км/ч.

13. Штанга, представляющая собой ось диаметром 5 см и два тонких диска диаметром 20 см, может свободно вращаться вокруг вертикальной оси, совпадающей с её осью симметрии. На ось намотана тонкая нерастяжимая верёвка длиной 1 м. В начальный момент времени за

свободный конец верёвки начинают тянуть с ускорением  $0.1 \text{ м/с}^2$ . Какую скорость будет иметь точка на внешнем ободе диска штанги к моменту, когда верёвка будет размотана на всю свою длину? Верёвка относительно штанги не проскальзывает.

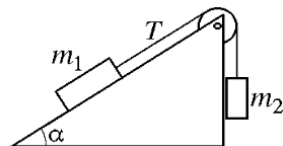
14. Тело брошено под углом  $60^\circ$  к горизонту со скоростью  $10 \text{ м/с}$ . Чему равен радиус кривизны в верхней точке траектории тела во время движения?

15. На тело массой  $0,5 \text{ кг}$ , находящееся в начале системы координат, действует вдоль оси  $x$  сила  $F_1 = 1 \text{ Н}$ . В момент времени, когда скорость тела достигает величины  $1 \text{ м/с}$ , модуль силы меняется и сила равна  $F_2 = 0.5 \text{ Н}$ . Какую скорость будет иметь тело в момент, когда оно будет находиться на расстоянии  $2 \text{ м}$  от начала координат?

16. Человек на самокате при повороте по кругу радиусом  $R$  отклоняется внутрь круга от вертикали на угол  $\alpha$ . Найти скорость велосипедиста.

17. Человек, стоя на высоком берегу, подтягивает лодку к берегу. Он вытягивает веревку со скоростью  $v$ , веревка образует с водой угол  $\alpha$ . Какова при этом скорость лодки? Каково ускорение лодки? Чему равна сила натяжения веревки, если масса лодки и присоединенной воды  $m$ , а сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости с коэффициентом пропорциональности  $\beta$ .

18. На верхнем краю идеально гладкой наклонной плоскости укреплен невесомый блок без трения, через который перекинута нить. На одном ее конце привязан груз массой  $m_1$ , лежащий на наклонной плоскости. На другом конце висит груз массой  $m_2$ . С каким ускорением  $a$  движутся грузы, каково натяжение  $T$  нити, с какой силой блок действует на наклонную плоскость? Наклонная плоскость образует с горизонтом угол  $\alpha$ .



19. С самолёта, летящего горизонтально на высоте достаточно большой высоте со скоростью  $180 \text{ км/ч}$ , с парашютом сбрасывают посылку без начальной скорости относительно самолёта. На каком расстоянии от места сброса упадёт посылка, если при вертикальном падении с большой высоты установившаяся скорость её падения  $8 \text{ м/с}$ ? Силу сопротивления воздуха считайте пропорциональной скорости.

20. Небольшое тело массой  $1 \text{ кг}$  покоится в начале координат. В момент времени  $t_0 = 0 \text{ с}$  на него начинает действовать сила, линейно возрастающая со временем от нулевого значения до  $F = 1 \text{ Н}$  в момент времени  $t_1 = 1 \text{ с}$ , после чего остаётся постоянной. На каком расстоянии от начала координат будет находиться тело в момент времени  $t_2 = 2 \text{ с}$ ? Направление действия силы не меняется в течение всего времени движения.



21. Маляр работает в подвесном кресле. Ему понадобилось срочно подняться наверх. Он принимается тянуть за верёвку с



такой силой, что его давление на кресло уменьшается до 400 Н. Масса маляра 72 кг, масса кресла 12 кг. а) Чему равно ускорение маляра и кресла? б) Чему равна полная нагрузка на блок?

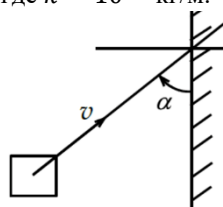


22. Небольшое тело массой 1 кг покоится в начале координат. В момент времени  $t_0 = 0$  с на него начинает действовать сила, линейно возрастающая со временем от нулевого значения до  $F = 1$  Н в момент времени  $t_1 = 1$  с, после чего остаётся постоянной. На каком расстоянии от начала координат будет находиться тело в момент, когда его скорость достигнет 5 м/с? Направление действия силы не меняется в течение всего времени движения.

23. Полиспаст представляет собой систему из подвижных и неподвижных блоков, показанную на рисунке. Масса большого груза  $M = 100$  кг, малого  $m = 20$  кг. С каким ускорением будет двигаться система?

24. Тело массой 1 кг, двигающееся вдоль прямой с начальной скоростью 1 м/с, испытывает действие силы сопротивления среды  $F = -\beta v$ , где  $\beta = 10^{-4}$  кг/с. За какое время скорость тела упадёт до 1 см/с? Какой путь при этом пройдёт тело? Сделать аналогичные оценки в случае, если сила сопротивления зависит от квадрата скорости  $F = -kv^2$ , где  $k = 10^{-4}$  кг/м.

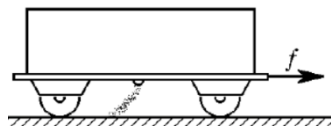
25. Кубик, движущийся поступательно со скоростью  $v$  по гладкой горизонтальной поверхности, испытывает соударение с шероховатой вертикальной стенкой. Коэффициент трения  $\mu$  скольжения кубика по стенке и угол  $\alpha$  известны. Одна из граней кубика параллельна стенке. Под каким углом кубик отскочит от стенки? Считайте, что перпендикулярная стенке составляющая скорости кубика в результате соударения не изменяется по величине.



26. На гладкой горизонтальной поверхности лежит соломинка массой  $M$  и длиной  $L$ . Жук массой  $m$  перемещается по соломинке с одного конца на другой. На какое расстояние  $S$  переместится соломинка? Максимальная скорость жука относительно соломинки  $v_0$ , найдите максимальную скорость жука относительно поверхности.

27. На гладкой поверхности находится тележка массой  $M$ , к которой прикреплена цепь массой  $m$  и длиной  $L$  с неупругими звеньями. Цепь сложена в небольшую кучку. В начальный момент тележке придают скорость  $v_0$  и цепь вовлекается в движение позвенно. Найдите конечную скорость тележки. Найдите время за которое цепь вовлечется в движение.

28. Найти выражение ускорения и скорости платформы, движущейся под действием постоянной горизонтальной силы  $f$ , если на платформе лежит песок, который высыпается через отверстие в платформе. За 1



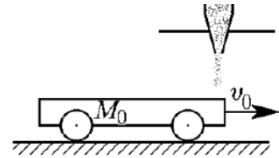
с высыпается масса  $\Delta m$  песка, в момент времени  $t_0 = 0$  скорость платформы  $v$  равна нулю, а масса песка и платформы вместе равна  $M$ .

29. Материальная точка массой  $m = 0,5$  кг движется в однородном силовом поле. В некоторый момент времени её скорость  $v_0 = 1$  м/с. В результате действия неизменной по величине и направлению силы  $F$  вектор импульса материальной точки через  $\tau = 0,4$  с равен начальному по модулю и составляет угол  $\alpha = \frac{\pi}{3}$  с вектором  $v_0$ . Найдите величину  $F$  силы, действующей в однородном поле на материальную точку, и угол, который вектор  $F$  силы образует с вектором  $v_0$ .

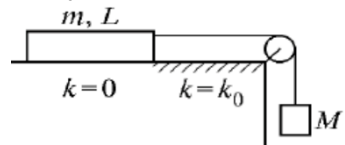
30. Соломинка массы  $M$  и длины  $L$  лежит на гладкой горизонтальной поверхности. На концах соломинки сидят два жука, их массы  $m_1$  и  $m_2$ . Одновременно жуки поползли навстречу друг другу со скоростями  $u_1$  и  $u_2$  относительно соломинки. С какой скоростью  $v$  движется при этом соломинка? Найдите перемещение  $S_x$  соломинки к тому моменту времени, когда жуки поменяются местами.

31. Ракета массой  $M = 6$  т установлена для запуска по вертикали. При скорости истечения газов  $u = 3$  км/с найти расход топлива  $\mu$ , необходимый для того, чтобы обеспечить тягу, достаточную для придания ракете начального ускорения  $a = 2g$  вверх.

32. Платформа длиной  $L$  катится без трения со скоростью  $v_0$ . В момент времени  $t = 0$  она поступает к пункту погрузки песка, который высыпается со скоростью  $\mu$  [кг/с]. Какое количество песка будет на платформе, когда она минует пункт погрузки? Масса платформы равна  $M_0$ .

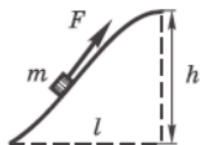


33. Тело массой  $M$  через невесомый блок соединено нерастяжимой невесомой нитью с однородной доской массой  $m$  и длиной  $L$ , лежащей на горизонтальной поверхности. В начальный момент доска лежит на гладкой части поверхности (коэффициент трения  $k = 0$ ) так, что с началом движения она попадает на шероховатую поверхность (коэффициент трения  $k = k_0$ ). Определить скорость доски к тому моменту, когда она целиком окажется на шероховатой поверхности.



34. По теории, разработанной Г. Герцем (1882 г.), при столкновении упругих шаров сила взаимодействия пропорциональна деформации в степени  $3/2$ , т. е.  $F = kx^{3/2}$ . Рассмотреть лобовое столкновение шаров одинакового радиуса с одинаковой упругой константой  $k$ , но разными массами  $m$  и  $m/3$ . Начальные скорости  $v_0$  и  $-v_0$ . Определить величину максимальной деформации шаров  $x_{max}$ .

35. Небольшое тело массы  $m$  втащили на горку, действуя силой, которая в каждой точке направлена по касательной. Найти работу этой силы, если высота горки  $h$ , длина ее основания  $l$  и коэффициент трения  $\mu$  в случае: а) втащивали медленно б) втащивали без отрыва от горки с постоянной по модулю скоростью  $v$ , причем скорость в начальный момент направлена под углом  $\alpha$  к горизонту, а в конечный момент горизонтальна.



36. На неподвижную систему, состоящую из двух одинаковых шаров массой  $2m$  каждый, соединенных пружиной жесткостью  $k$ , со скоростью  $v_0$  налетает другой шар массой  $m$ . Удар упругий, центральный. Все три шара находятся на одной прямой. Найти максимальное сжатие пружины. Внешними силами пренебречь.

37. Груз, висящий на лёгкой пружине жёсткостью  $k = 400$  Н/м, растягивает её на  $\Delta x_0 = 2$  см. Какую работу надо затратить, чтобы утроить удлинение пружины ( $\Delta x_1 = 6$  см), прикладывая к грузу вертикальную силу?

38. Шайба массы  $m = 50$  г соскальзывает без начальной скорости по наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом и, пройдя по горизонтальной плоскости расстояние  $l = 50$  см, останавливается. Найти работу сил трения на всем пути, считая всюду коэффициент трения  $\mu = 0,15$ . Переход между наклонной и горизонтальной плоскостью плавный.

39. Шайба массой  $m$ , скользя по льду, сталкивается с неподвижной шайбой массой  $3m$ . Считая удар упругим и центральным, определить, на какое расстояние  $S$  разлетятся шайбы, если скорость первой шайбы перед ударом была  $v$ , а коэффициент трения между шайбами и льдом равен  $k$ .

40. Два бруска масс  $m_1$  и  $m_2$  соединенные недеформированной пружинкой, лежат на горизонтальной плоскости. Коэффициент трения между брусками и плоскостью равен  $\mu$ . Какую минимальную постоянную силу нужно приложить в горизонтальном направлении к бруску массы  $m_1$ , чтобы другой брусок сдвинулся с места?

41. Со спутника, движущегося по круговой орбите со скоростью  $v_0$ , стреляют в направлении, составляющем угол  $120^\circ$  к курсу. Какой должна быть скорость пули относительно спутника, чтобы пуля ушла на бесконечность?

42. Со спутника, движущегося вокруг Земли по круговой орбите радиусом  $R_0$ , выстреливают в направлении к центру Земли контейнер. Какую минимальную начальную скорость в направлении к центру Земли  $v_{min}$  нужно сообщить контейнеру, чтобы он, перейдя на эллиптическую орбиту, коснулся Земли? Радиус Земли  $R_3$ . Торможением в атмосфере пренебречь.

43. По направлению к уединенному космическому телу, имеющему массу и размеры такие же, как у Земли, из глубин космоса движется рой метеоритов, скорость которых на значительном удалении от тела равна  $v =$

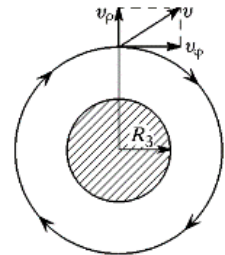
5 км/с. Поперечные размеры этого метеоритного облака много больше диаметра тела, глубина облака (по направлению движения) составляет  $h = 1000$  км, средняя плотность облака  $n = 0,1 \text{ км}^{-3}$ , а центр облака движется в направлении центра тела. Каково общее число метеоритов, которые попадут на тело?

44. С космодрома «Байконур» (географическая широта  $\varphi_B = 52^\circ$ ) и с плавучего космодрома «Морской старт», расположенного на экваторе Земли, однотипными ракетами с одинаковой стартовой массой на круговые околоземные орбиты запускаются спутники. Плоскость орбиты спутника, запускаемого с «Байконура», наклонена к плоскости экватора на угол, равный широте «Байконура». С космодрома «Морской старт» спутник запускается в экваториальной плоскости. Остальные параметры орбит (в том числе и время вывода на орбиту) одинаковы. На сколько масса спутника, запускаемого с «Морского старта», может быть больше массы спутника, запускаемого с «Байконура»? Суммарная масса спутника и конструкции последней ступени ракеты при запуске с «Байконура»  $m_B = 5000$  кг. Скорость истечения газов из ракетного двигателя (относительно ракеты)  $u = 2000$  м/с, радиус Земли  $R = 6400$  км.

45. Сможет ли космонавт, подпрыгнув, покинуть навсегда астероид, масса которого равна массе Фобоса (спутника Марса)  $M = 1,1 \cdot 10^{16}$  кг? Радиус астероида  $R = 11,1$  км?

46. Найти ту точку на прямой линии, соединяющей Землю и Луну, в которой напряженность  $g$  результирующего поля тяготения Земли и Луны равна нулю. Масса Земли приблизительно в 81 раз больше массы Луны, среднее расстояние между этими планетами 384 000 км.

47. Спутник, вращаясь по круговой орбите радиусом  $R = 3R_3/2$  ( $R_3$  - радиус Земли), получает радиальный импульс, который сообщает ему дополнительную скорость  $v_p$ , направленную от центра Земли по радиусу. Каково должно быть минимальное значение дополнительной скорости, чтобы спутник мог покинуть область земного притяжения?

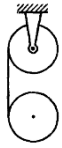


48. Космический корабль «Венера-экспресс», пройдя ровно 50% пути от Земли к Венере, затратил на это 55,1% времени. Корабль двигался по орбите, касающейся практически круговых орбит Земли и Венеры. Определить период обращения Венеры вокруг Солнца. Влиянием поля планет на корабль пренебречь, считая, что он движется только под действием поля тяготения Солнца.

49. Сплошному однородному цилиндру массы  $m$  и радиуса  $R$  сообщили вращение вокруг его оси с угловой скоростью  $\omega$ , затем его положили боковой поверхностью на горизонтальную плоскость и предоставили самому себе. Коэффициент трения равен  $\mu$ . Найти: а) время, в течение которого движение цилиндра будет происходить со скольжением; б) полную работу силы трения скольжения.

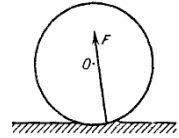
50. По наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ , скатывается без скольжения сплошной однородный цилиндр, масса которого равна 300 г. Найти величину силы трения цилиндра о плоскость.

51. На гладкой горизонтальной плоскости лежит доска массы  $m_1$ , и на ней однородный шар массы  $m_2$ . К доске приложили постоянную горизонтальную силу  $F$ . С какими ускорениями будут двигаться доска и центр шара в отсутствие скольжения между ними?

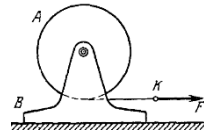


52. Система состоит из двух одинаковых однородных цилиндров, на которые симметрично намотаны две легкие нити. Найти ускорение оси нижнего цилиндра в процессе движения.

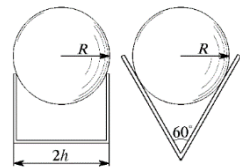
53. Однородный шар массы  $m = 5,0$  кг и радиуса  $R = 5,0$  см катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Вследствие деформации в месте соприкосновения шара и плоскости на шар при движении вправо действует равнодействующая  $F$  сил реакции. Найти модуль момента силы  $F$  относительно центра  $O$  шара, если шар, имевший в некоторый момент скорость  $v = 1,0$  м/с, прошел после этого до остановки путь  $s = 2,5$  м. Момент силы  $F$  считать постоянным.



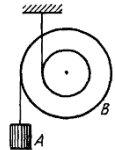
54. Сплошной однородный цилиндр  $A$  массы  $m_1$  может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, которая укреплена на подставке  $B$  массы  $m_2$ . На цилиндр плотно намотана нить, к концу  $K$  которой приложили постоянную горизонтальную силу  $F$ . Трения между подставкой и плоскостью нет. Найти: а) ускорение точки  $K$ ; б) кинетическую энергию этой системы через  $t$  секунд после начала движения.



55. Определить ускорение  $a$  центра шарика, скатывающегося без скольжения по двум наклонным желобам, образующим угол  $\alpha$  с горизонтом. Форма поперечных сечений желобов изображена на рисунке.

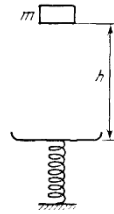


56. В системе известны масса  $m$  груза  $A$ , масса  $M$  ступенчатого блока  $B$ , момент инерции  $I$  последнего относительно его оси и радиусы ступеней блока  $R$  и  $2R$ . Найти ускорение груза  $A$ .



57. Частица массы  $m$  находится в одномерном силовом поле, где ее потенциальная энергия зависит от  $x$  как  $U(x) = U_0(1 - \cos(ax))$ , где  $U_0$  и  $a$  - постоянные. Найти период малых колебаний частицы около положения равновесия.

58. Тело массы  $m$  упало с высоты  $h$  на чашку пружинных весов массой  $M$ . Масса пружины пренебрежимо малы, жесткость последней  $k$ . Прилипнув к чашке, тело начинает совершать гармонические колебания в вертикальном направлении. Найти амплитуду колебаний и время от начала падения до достижения наименьшей высоты.

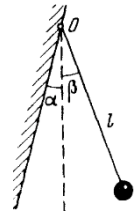


59. Определить добротность маятника, если за время, в течение которого было совершено 10 колебаний, амплитуда колебаний уменьшилась в 2 раза.

60. Под действием внешней вертикальной силы  $F_x = F_0 \cos(\omega t)$  тело, подвешенное на пружинке, совершает установившиеся вынужденные колебания по закону  $x = a \cdot \cos(\omega t - \varphi)$ . Найти работу силы  $F$  за период колебания. Найдите частоту свободных колебаний в отсутствии трения. Найдите массу тела.

61. Частица массы  $m$  находится в одномерном силовом поле, где ее потенциальная энергия зависит от координаты  $x$  как  $U(x) = a/x^2 - b/x$ ,  $a$  и  $b$  - постоянные. Найти период малых колебаний частицы около положения равновесия.

62. Шарик подвесили на нити длины  $l$  к точке  $O$  стенки, составляющей небольшой угол  $\alpha$  с вертикалью. Затем нить с шариком отклонили на небольшой угол  $\beta > \alpha$  и отпустили. Считая удар шарика о стенку упругим, найти период колебаний такого маятника.

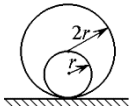


63. Энергия затухающих колебаний маятника за время  $t = 100$  с уменьшилась в  $n = 100$  раз. Определить коэффициент сопротивления среды  $r$ , если масса маятника  $m = 100$  г.

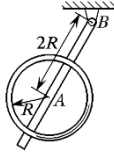
64. Под действием момента сил  $M = M_0 \cos(\omega t)$ , тело совершает вынужденные крутильные колебания по закону  $\phi = \phi_0 \cdot \cos(\omega t - \varphi)$ . Найти работу сил трения, действующих на тело, за период колебания. Найдите частоту свободных колебаний в отсутствии трения. Найдите момент инерции тела.

65. На конце тонкого однородного стержня длиной  $l$  проделано малое отверстие, через которое продета горизонтально натянутая непрогибаемая проволока. Найти периоды малых колебаний такого физического маятника в двух случаях: 1) когда маятник колеблется в вертикальной плоскости, перпендикулярной к проволоке; 2) когда колебания происходят в вертикальной плоскости, параллельной проволоке. Во втором случае точка подвеса маятника может скользить по проволоке без трения. Найти также отношение этих периодов.

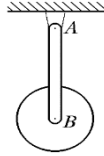
66. Обруч радиусом  $r$  приварен к другому обручу такой же массы радиусом  $2r$ . Система стоит на горизонтальном столе. Определить период ее малых колебаний. Проскальзывание отсутствует.



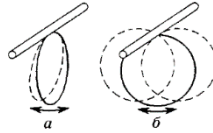
К задаче 66



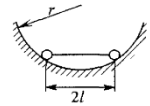
К задаче 67



К задаче 68



К задаче 69



К задаче 70

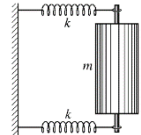
67. Маятник имеет вид обруча, висящего на легкой планке. Найти период малых колебаний маятника. Радиус обруча равен  $R$ . Расстояние  $AB$  от центра обруча до точки подвеса маятника равно  $2R$ .

68. На конце стержня длиной  $l$  и массой  $m$  прикреплен сплошной диск радиусом  $R$  и массой  $M$ . Определить период малых колебаний стержня с диском вокруг оси  $A$ , если диск может свободно вращаться вокруг оси  $B$ , проходящей через центр диска.

69. Кольцо из тонкой проволоки совершает малые колебания, как маятник около горизонтальной оси. В одном случае ось лежит в плоскости кольца, в другом - перпендикулярна к ней. Определить отношение периодов  $T_1$  и  $T_2$  малых колебаний для этих двух случаев.

70. Гантель длины  $2l$  скользит без трения по сферической поверхности радиуса  $r$ . Гантель представляет собой две точечные массы, соединённые невесомым стержнем. Вычислить период малых колебаний при движении: а) в перпендикулярном плоскости рисунка направлении; б) в плоскости рисунка.

71. На горизонтальной плоскости находится цилиндр с моментом инерции  $I$  (относительно его геометрической оси), массой  $m$  и радиусом  $r$ . К оси цилиндра прикреплены две одинаковые горизонтально расположенные спиральные пружины, другие концы которых закреплены в стене.

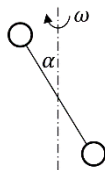


Коэффициент упругости каждой пружины равен  $k$ ; пружины могут работать как на растяжение, так и на сжатие. Найти период малых колебаний цилиндра, которые возникнут, если вывести его из положения равновесия и дать возможность кататься без скольжения по горизонтальной плоскости.

72. Ось дверцы шкафа образует с вертикалью угол  $\alpha$ . Ширина дверцы -  $b$ . Считая дверцу однородной тонкой пластиной и пренебрегая трением, найти период ее малых колебаний относительно положения равновесия.

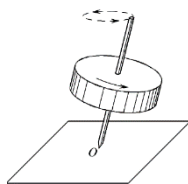
73. Сделать оценку порядка величины момента импульса  $L$  велосипедного колеса, едущего со скоростью  $30$  км/ч. Какой момент сил надо приложить, чтобы повернуть руль на  $1$  радиан за время  $0,1$  с?

74. Два маленьких шарика массы  $m$  каждый, закреплённых на лёгкой штанге длины  $l$ , вращаются с угловой скоростью  $\omega$  вокруг фиксированной оси, проходящей через центр штанги (т. О) под углом  $\alpha$  к ней. Найти направление и модуль вектора момента импульса системы относительно т. О в произвольный момент времени. Найдите момент силы действующий штангу.



75. Гребной винт миноносца делает  $N = 750$  об/мин, масса винта с валом  $m = 12$  т, радиус инерции  $\rho = 25$  см. Миноносец делает поворот, двигаясь по дуге окружности радиусом  $R = 600$  м со скоростью  $v = 72$  км/ч. Найти гироскопическое давление в подшипниках винта, если расстояние между подшипниками  $a = 1$  м.

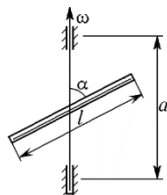
76. Симметричный волчок массой  $m$ , ось фигуры которого наклонена под углом  $\alpha$  к вертикали, совершает регулярную прецессию под действием силы тяжести. Точка опоры волчка О неподвижна. Определить, под каким углом  $\beta$  к вертикали направлена сила, с которой волчок действует на плоскость опоры. Расстояние от точки опоры волчка до его центра масс равно  $a$ , момент инерции волчка относительно его оси равен  $I_{\parallel}$ .



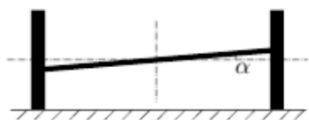
77. В районе северного полюса на Землю падает метеорит под углом  $45^{\circ}$  к вертикали. Масса метеорита 1000 т. Его скорость 20 км/с. Найти, на сколько повернется земная ось в результате соударения с метеоритом. Масса Земли  $6 \cdot 10^{24}$  кг, ее радиус 6400 км.

78. Самолет при скорости  $u = 300$  км/ч делает поворот радиусом  $R = 100$  м. Пропеллер с моментом инерции  $I = 7$  кг  $\cdot$  м<sup>2</sup> делает  $N = 1000$  об/мин. Чему равен момент  $M$  гироскопических сил, действующих на вал со стороны пропеллера?

79. Тонкий стержень длиной  $l = 1$  м и массой  $m = 10$  кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр, совершая  $n = 3000$  об/мин. Ось вращения составляет со стержнем угол  $\alpha = 89,9^{\circ}$ . Каковы силы, действующие на подшипники, в которых закреплена ось? Подшипники расположены симметрично относительно стержня на расстоянии  $a = 20$  см друг от друга.



80. Ось железнодорожной колёсной пары, представляющая собой однородный тонкий стержень массы  $m = 200$  кг и длины  $l = 1,5$  м, приварена к колёсам под углом  $\alpha = 1^{\circ}$  к горизонту, как показано на рис. (колёса расположены вертикально и симметрично, центр масс стержня совпадает с серединой горизонтального отрезка, соединяющего центры колёс). Найти максимальную силу давления одного из колёс на землю при поступательном движении конструкции без проскальзывания по горизонтальной





поверхности, когда угловая скорость равна  $\omega = 50$  рад/с. Суммарная масса конструкции равна  $m_0 = 1000$  кг.

81. Из ружья произведен выстрел строго вверх (т. е. параллельно линии отвеса). Начальная скорость пули  $v_0 = 100$  м/с, географическая широта места  $\varphi = 60^\circ$ . Учитывая осевое вращение Земли, определить приближенно, насколько восточнее или западнее от места выстрела упадет пуля. Сопротивление воздуха не учитывать.

82. На  $60^\circ$  с. ш. паровоз массой в 100 т идет с юга на север со скоростью  $v = 72$  км/ч по железнодорожному пути, проложенному по меридиану. Найти величину и направление той силы, с которой паровоз действует на рельсы в направлении, перпендикулярном ходу поезда.

83. С какой скоростью  $v_0$  должен идти человек по салону автобуса по направлению к кабине водителя, чтобы «взлететь» (потерять вес). Автобус преодолевает вершину холма (неровного участка дороги) с радиусом кривизны  $R = 42$  м. Скорость автобуса  $u = 72$  км/ч. Считать, что человек находится в центре автобуса.

84. Какую работу должен совершить человек, чтобы пройти от периферии к центру карусели, равномерно вращающейся с угловой скоростью  $\omega = 1$  рад/с, если радиус карусели  $R = 5$  м, а масса человека  $m = 60$  кг? Зависит ли эта работа от формы пути, по которому идет человек? Силы трения в оси карусели не учитывать.

85. Под каким углом  $\alpha$  к вертикали надо выстрелить, чтобы пуля упала обратно в точку, из которой был произведен выстрел? Начальная скорость пули  $v_0 = 100$  м/с, географическая широта места  $\varphi = 60^\circ$ .

86. Цилиндрическую горизонтальную штангу длиной  $L$  вращают вокруг вертикальной оси, проходящей через ее конец, с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . На штангу надета небольшая муфта массой  $m$ , которая может скользить вдоль штанги. Определить работу, необходимую для того, чтобы передвинуть муфту вдоль всей штанги с постоянной скоростью  $v$  относительно нее к оси вращения, если коэффициент трения между муфтой и штангой равен  $\mu$ . На что пошла затраченная работа?

87. Пароход движется на восток вдоль параллели с географической широтой  $\varphi = 60^\circ$ . Скорость парохода  $v = 10$  м/с. Определить вес тела  $P$  на пароходе, если взвешивание производится на пружинных весах. Вес того же тела, неподвижного относительно Земли, в той же точке земной поверхности равен  $P_0$ .

88. Артиллерийский снаряд движется по настильной траектории (т. е. траектории, которую приближенно можно считать горизонтальной прямой). Горизонтальная скорость снаряда  $v_0 = 900$  м/с. Снаряд должен поразить цель на расстоянии  $L = 18$  км. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить боковое отклонение снаряда от цели, обусловленное вращением Земли. Зависит ли это отклонение от направления стрельбы? Географическая широта места  $\varphi = 60^\circ$  с.ш.

89. Определить относительное удлинение  $\Delta l/l$  тонкого стержня, подвешенного за один конец, под влиянием собственного веса, если скорость звука в тонком стержне  $v_{зв} = 3140$  м/с. Начальная длина стержня  $l_0 = 2$  м.

90. Два одинаковых тонких стальных бруска длиной  $l = 10$  см ( $\rho = 7,8$  г/см<sup>3</sup>,  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>) сталкиваются торцами. Рассматривая упругие волны, оценить время соударения брусков и максимально возможное относительное изменение длины бруска  $\Delta l/l$ . При каких скоростях возникнут неупругие явления, если предел упругости стали составляет  $T_y = 200$  Н/мм<sup>2</sup>?

91. Определить максимальное давление, которое может произвести вода при замерзании. Плотность льда  $\rho = 0,917$  г/см<sup>3</sup>, модуль Юнга  $E = 2,8 \cdot 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup>, коэффициент Пуассона  $\mu = 0,3$ .

92. Определить форму свободной поверхности жидкости, равномерно вращающейся с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси в цилиндрическом сосуде. Найти распределение давления на дне сосуда вдоль радиуса.

93. Зазор толщиной  $h = 0,1$  мм между двумя плоскими поверхностями заполнен маслом с вязкостью  $\eta \approx 10^{-1}$  Па · с. Найти касательное напряжение, которое необходимо прикладывать к плоскостям для того, чтобы обеспечить их относительное движение со скоростью  $v = 10$  см/с.

94. Стальной канат, который выдерживает вес неподвижной кабины лифта, имеет диаметр 9 мм. Какой диаметр должен иметь канат, если кабина лифта может иметь ускорение до  $8g$ ?

95. Какое давление  $P$  нужно приложить к концам стального цилиндра, чтобы его длина оставалась неизменной при повышении температуры на  $100$  °C? Коэффициент линейного теплового расширения стали  $12 \cdot 10^{-6}$  °C<sup>-1</sup>, модуль Юнга  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>.

96. Барабан центрифуги цилиндрической формы радиусом  $R = 100$  мм вращается с частотой  $\nu = 400$  об/с. На сколько увеличился при вращении диаметр тонкостенного барабана, если модуль упругости стали, из которой он сделан, равен  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па, а плотность стали  $\rho = 7800$  кг/м<sup>3</sup>. Какую прочность  $T_{пр}$  должна иметь сталь, чтобы барабан не разрушился?

97. На горизонтальной поверхности стола стоит цилиндрический сосуд, заполненный водой. В боковой стенке проделано малое отверстие площадью  $S = 1$  см<sup>2</sup> на высоте  $h = 0,5$  м относительно поверхности стола. Найти реактивную силу, действующую на сосуд в момент, когда высота воды в нём равна  $H = 1$  м.