

ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ
В ВУЗЫ

ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ
В ВУЗЫ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ

*Допущено Министерством высшего
и среднего специального образования СССР
в качестве учебного пособия
для слушателей подготовительных отделений
высших учебных заведений*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1977

Авторы:

*Г. А. Бендриков, Б. Б. Буховцев,
В. В. Керженцев, Г. Я. Мякишев*

Задачи по физике для поступающих в вузы.
Издание третье, переработанное. Главная редакция
физико-математической литературы издательства
«Наука», М., 1976 г.

Сборник задач по физике может служить пособием для самостоятельной подготовки к конкурсным экзаменам по физике в вузы.

Сборник составлен в основном из задач, предлагавшихся на приемных экзаменах в Московском государственном университете в последние годы. К большинству разделов даны краткие указания, касающиеся общей методики решения задач, и перечень формул, используемых при решении. Основные задачи снабжены подробными решениями.

Задачник может быть рекомендован учащимся подготовительных отделений и курсов, старших классов средних общеобразовательных школ, техникумов и специальных средних школ, лицам, занимающимся самообразованием, а также преподавателям физики средних школ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к третьему изданию	5	
Предисловие к первому изданию	5	
		Задачи Ответы и решения
Г л а в а I. Механика	7	188
§ 1. Прямолинейное движение	10	188
§ 2. Криволинейное движение	14	199
§ 3. Вращательное движение	17	205
§ 4. Динамика прямолинейного движения	19	206
§ 5. Закон сохранения количества движения	27	216
§ 6. Статика	30	220
§ 7. Работа и энергия	36	228
§ 8. Динамика вращательного движения	43	234
§ 9. Закон всемирного тяготения	48	240
§ 10. Гидро- и аэромеханика	49	241
§ 11. Колебания и волны	54	245
Г л а в а II. Теплота и молекулярная физика	57	249
§ 12. Тепловое расширение твердых тел и жидкостей . . .	57	249
§ 13. Теплота, калориметрия, коэффициент полезного действия	59	250
§ 14. Законы идеального газа и уравнение состояния . . .	64	254
§ 15. Элементы молекулярной физики	75	269
§ 16. Внутренняя энергия, теплоемкость и работа расширения газов	77	271
§ 17. Свойства паров	80	275
Г л а в а III. Электричество и магнетизм	85	281
§ 18. Закон Кулона. Поверхностная плотность электрических зарядов	85	281
§ 19. Электрическое поле	89	286
Напряженность электрического поля	89	286
Потенциал. Работа электрических сил	92	290
Емкость	98	295

§ 20. Постоянный электрический ток	106	303
Закон Ома для участка цепи. Сопротивление проводников	106	303
Последовательное и параллельное соединение проводников. Добавочные сопротивления и шунты	108	303
Закон Ома для полной цепи	114	309
Последовательное и параллельное соединение источников э. д. с.	119	313
§ 21. Работа и мощность тока. Тепловое действие тока . . .	125	318
§ 22. Электролиз	133	325
§ 23. Магнитное поле тока и электромагнитная индукция	135	326
§ 24. Переменный ток	143	332
§ 25. Электромагнитные колебания и волны	148	336
Г л а в а IV. Оптика	152	339
§ 26. Распространение света. Скорость света. Волновые и квантовые свойства света	152	339
§ 27. Отражение и преломление света на плоской границе	153	339
§ 28. Фотометрия	158	348
§ 29. Сферические зеркала	161	352
§ 30. Линзы	168	360
§ 31. Оптические системы	181	374

ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ

Со времени последнего издания сборника задач практика приемных экзаменов в МГУ обогатилась многими новыми задачами, в том числе предлагавшимися на вновь образованных факультетах МГУ (факультет вычислительной математики и кибернетики и факультет почвоведения). Третье издание учитывает этот материал.

При переработке книги изъята часть решений задач и оставлены лишь ответы. Это сделано в соответствии с пожеланиями подготовительных отделений и курсов, которые широко пользуются задачником, и ставит целью стимулировать самостоятельную работу учащихся. Подробные решения оставлены только в основных задачах, на которые и должны опираться пользующиеся книгой.

Кроме того в сборник включено около 300 новых задач из числа предлагавшихся на разных факультетах МГУ в последние годы.

Авторы заранее благодарны за замечания, способствующие улучшению книги.

Авторы

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Настоящий сборник предназначен в помощь поступающим в высшие учебные заведения при подготовке к экзаменам по физике. Он содержит задачи по всем вопросам программы приемных экзаменов, кроме задач на волновые свойства света и задач по атомной физике, практически не встречавшихся в экзаменационных билетах. В сборнике помещены в основном задачи, предлагавшиеся на приемных экзаменах по физике на физическом, механико-математическом, химическом, геологическом, биолого-почвенном и географическом факультетах Московского государственного университета за целый ряд лет.

В сборнике представлены задачи разной трудности, что, с одной стороны, преследует методические цели, а с другой стороны, отражает различную степень сложности задач, фактически встречающихся в экзаменационных билетах. В сборник включены также задачи, несколько выходящие за рамки действующей в настоящее

время программы по физике для поступающих в вузы. Таковыми являются некоторые задачи по колебаниям, задачи на расчет электрических полей в диэлектриках, ряд задач раздела «Электромагнитная индукция», все задачи раздела «Переменный ток» и некоторые задачи по оптике. В большинстве случаев эти задачи относятся к вопросам, которые так или иначе разбираются в школьных учебниках по физике. Некоторые из этих вопросов в течение ряда лет входили и в программу приемных экзаменов в вузы. Авторы считают, что разбор указанных задач поможет читателю более свободно ориентироваться в основном материале программы по физике.

В целях развития навыков и культуры решения физических задач многие из них снабжены подробными решениями. Все решения построены по единому, наиболее целесообразному плану: составление необходимых уравнений, решение их в общем виде, подстановка численных данных. В решениях задач математика применяется в полном объеме программы средней школы.

К большинству разделов задачника даны краткие указания, касающиеся общей методики решения задач, и перечень основных формул, используемых при решении. В ряде разделов применяются общие методы решения задач, которые, хотя и не выходят за рамки программы средней школы и могут быть легко освоены поступающими в вузы, в средней школе используются далеко не всегда. В частности, при решении задач по механике составляются уравнения для проекций на координатные оси величин, характеризующих движение; при решении задач на газы используется наиболее общая форма объединенного газового закона с универсальной газовой постоянной; для расчета сложных электрических цепей предлагается пользоваться правилами Кирхгофа. Усвоение подобных методов решения задач значительно облегчает подготовку к вступительным экзаменам и помогает по поступлении в вуз сравнительно легко перейти от школьных методов обучения к вузовским.

В связи с предпочтительным использованием системы единиц СИ в преподавании физики решение большинства задач дается в этой системе.

Труд между авторами сборника распределен следующим образом: Г. Я. Мякишевым написан раздел «Механика», кроме задач по кинематике, В. В. Керженцевым — «Кинематика» и «Теплота», Г. А. Бендриковым — «Электричество» и Б. Б. Буховцевым — «Оптика». Общее редактирование задач сборника выполнено Б. Б. Буховцевым.

Авторы выражают глубокую благодарность В. Г. Зубову и Г. Е. Пустовалову, немало способствовавшим улучшению книги.

Авторы

ЗАДАЧИ

ГЛАВА I МЕХАНИКА

Изучение механики обычно начинают с кинематики. Кинематика изучает механическое движение с геометрической точки зрения, без рассмотрения сил, действующих на тела.

Задачей кинематики является определение кинематических характеристик движения — положения (координат) точек тел, скоростей этих точек, их ускорений, времени движения и т. д., — и получение уравнений, связывающих эти характеристики между собой. Эти уравнения позволяют по известным значениям одних характеристик находить значения других и тем самым дают возможность при минимальном числе исходных данных полностью описывать движение тел.

При решении задач механики, и в частности кинематики, нужно в первую очередь выбрать систему координат, задать ее начало и положительные направления координатных осей и выбрать начало отсчета времени. Без выбора системы отсчета описать движение невозможно. В соответствии с характером задач, рассматриваемых в дальнейшем, мы будем пользоваться в случае прямолинейного движения системой координат, состоящей из одной прямой линии OS , вдоль которой происходит движение, с началом отсчета в точке O . В более сложных случаях будет применяться декартова прямоугольная система координат со взаимно перпендикулярными осями OX и OY , пересекающимися в точке O , которая является началом отсчета.

Прямолинейное равномерное и равнопеременное движение, которое рассмотрено в этом параграфе, описывается кинематическими уравнениями (так называемыми законами движения), дающими зависимость координаты s и скорости v от времени:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1)$$

$$v = v_0 + at, \quad (2)$$

где a — ускорение, t — время, протекшее с начала отсчета, т. е. с момента, когда тело имело начальную координату s_0 и начальную

скорость v_0 . При постоянной величине ускорения ($a = \text{const}$) уравнения (1) и (2) описывают равнопеременное движение, при $a = 0$ — равномерное. Все остальные формулы равнопеременного движения, например связь между начальной скоростью и расстоянием, пройденным телом до полной остановки, $s = v_0^2/2a$, легко получить из этих уравнений.

Количество уравнений типа (1) и (2) зависит как от характера движения, так и от выбора системы координат. Например, при выборе в качестве системы координат оси O_1S (рис. 1) для точки, движущейся из A в B по прямой с начальной скоростью v_0 и ускорением a , направленным против положительного направления координатной оси, уравнения (1) и (2) будут иметь вид

$$s = |s_0| + |v_0|t - \frac{|a|t^2}{2}, \quad v = |v_0| - |a|t.$$

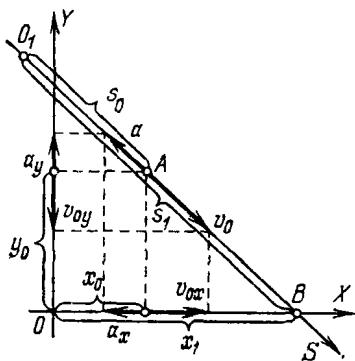


Рис. 1

Для описания этого же движения можно взять также прямоугольную систему координат с осями OX и OY , расположенными, как показано на рис. 1. Положение точки в этом случае будет определяться ее координатами x и y . При движении точки ее

проекции перемещаются вдоль координатных осей. Скорость точки можно представить в виде суммы двух составляющих, направленных вдоль координатных осей. Модули этих составляющих равны модулям проекций v_x и v_y скорости на соответствующие оси. Аналогично модули составляющих ускорения равны модулям проекций a_x и a_y . Для каждой координаты и проекции скорости на соответствующую ось может быть написана своя пара кинематических уравнений:

$$x = |x_0| + |v_{0x}|t - \frac{|a_x|t^2}{2}, \quad v_x = |v_{0x}| - |a_x|t;$$

$$y = |y_0| - |v_{0y}|t + \frac{|a_y|t^2}{2}, \quad v_y = -|v_{0y}| + |a_y|t.$$

Здесь x_0, y_0 — начальные координаты, а v_{0x}, v_{0y} — проекции начальной скорости на соответствующие оси. О выборе знаков перед v_{0x}, v_{0y}, a_x и a_y см. ниже.

Описания движения в различных системах координат эквивалентны между собой в том смысле, что при известном расположении двух систем координат относительно друг друга по величинам, найденным в первой системе, можно определить соответствующие величины во второй. Например, легко убедиться, что расстояние AB (см. рис. 1), пройденное точкой и равное в первой системе координат $s_1 - s_0$, выражается через расстояния $x_1 - x_0$ и y_0 , на которые

переместились за это время проекции точки: $s_1 - s_0 = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + y_0^2}$; начальная скорость v_0 может быть найдена, если известны ее проекции на оси координат v_{0x} и v_{0y} , по формуле $v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$, а ускорение $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$.

При решении задач следует выбирать такую систему координат, в которой уравнения, описывающие движение, получаются проще. Ясно, что при прямолинейном движении система уравнений получается проще, если берется одна ось координат OS , направленная вдоль движения. При криволинейном движении приходится брать прямоугольную систему координат с двумя осями и представлять движение в виде суммы двух движений, происходящих вдоль осей координат. Уравнения получаются проще, когда направления осей выбраны так, что некоторые из проекций в течение всего времени движения равны нулю.

При составлении уравнений очень важен вопрос о знаках перед модулями проекций s_0 , v_0 и a . Если координата отсчитывается в положительную сторону от начала отсчета (положительное направление оси координат указывается стрелкой на конце оси), то ей приписывается знак плюс. Проекции ускорений и скоростей считаются положительными, если направление соответствующей составляющей совпадает с положительным направлением оси, в противном случае в уравнениях они пишутся со знаком минус. Например, на рис. 1 проекция ускорения на ось OY положительна, а проекция скорости на ту же ось отрицательна. Неизвестные величины лучше писать со знаком плюс. При нахождении этих величин в процессе решения задачи их знак определится автоматически. Например, для тела, брошенного вертикально вверх с начальной скоростью v_0 , если ось OS направлена вертикально вверх и начало отсчета совпадает с поверхностью земли, $s = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ (ускорение свободного падения g направлено вниз). В этом случае знак координаты s зависит от t — для $t > 2v_0/g$ координата s отрицательна.

Иногда координата s отождествляется с величиной пройденного пути, а уравнение (1) называют уравнением пути. В общем случае это неправильно. Путь — это сумма всех расстояний, пройденных вдоль траектории. В частности, в только что приведенном примере координата s в момент времени $t = 2v_0/g$ будет равна нулю (тело упадет на землю), в то время как пройденный телом к этому времени путь l будет равен сумме расстояний от земли до наивысшей точки, достигнутой телом, и от этой точки до земли ($l = v_0^2/g$).

При решении задач на движение нескольких тел рекомендуется пользоваться одной системой координат. В некоторых случаях бывает удобно систему координат связать с одним из движущихся тел и рассматривать движение остальных тел относительно избранного.

Эти указания относятся прежде всего к §§ 1—3, однако они могут понадобиться и при решении других задач во всей первой главе.

§ 1. Прямолинейное движение

1. Со станции вышел товарный поезд, идущий со скоростью $v_1 = 36$ км/ч. Через $t_1 = 30$ мин по тому же направлению вышел экспресс, скорость которого $v_2 = 72$ км/ч. Через какое время t после выхода товарного поезда и на каком расстоянии s от станции экспресс нагонит товарный поезд? Решить задачу также графически.

2. Из городов A и B , расстояние между которыми $L = 120$ км, одновременно выехали навстречу две автомашины, скорости которых

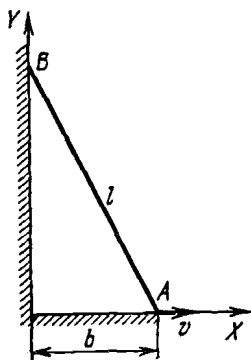


Рис. 2

постоянны и равны $v_1 = 20$ км/ч, $v_2 = 60$ км/ч. Машины, пройдя каждая 120 км, остановились. 1) Найти, через какое время t и на каком расстоянии l от города C , находящегося на полпути между A и B , встретятся автомашины. 2) Решить задачу графически. 3) Построить график зависимости расстояния Δl между машинами от времени t .

3. Стержень AB длиной l опирается концами о пол и стену (рис. 2). Найти зависимость координаты y конца B от времени при движении конца A с постоянной скоростью v от положения, указанного на рисунке.

4. По двум параллельным путям в одном направлении идут товарный поезд длиной $L_1 = 630$ м со скоростью $v_1 = 48,6$ км/ч и электропоезд длиной $L_2 = 120$ м со скоростью $v_2 = 102,6$ км/ч. В течение какого времени электропоезд будет обгонять товарный?

5. Два поезда идут навстречу друг другу, один со скоростью $v_1 = 36$ км/ч, другой со скоростью $v_2 = 54$ км/ч. Пассажир в первом поезде замечает, что второй поезд проходит мимо него в течение $t = 6$ с. Какова длина второго поезда?

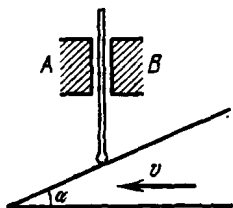


Рис. 3

6. Теплоход, длина которого $L = 300$ м, движется по прямому курсу в неподвижной воде с постоянной скоростью v_1 . Катер, имеющий скорость $v_2 = 90$ км/ч, проходит расстояние от кормы движущегося теплохода до его носа и обратно за время $t = 37,5$ с. Определить скорость v_1 теплохода.

7. На наклонную плоскость, составляющую с горизонтом угол α , опирается стержень, который может перемещаться только по вертикали благодаря направляющему устройству AB (рис. 3). С какой скоростью $v_{\text{ст}}$ поднимается стержень, если наклонная плоскость движется с постоянной скоростью v ?

8. Капли дождя на окне неподвижного трамвая оставляют полосы, наклоненные под углом $\alpha = 30^\circ$ к вертикали. При движении трамвая со скоростью $v_t = 18$ км/ч полосы от дождя вертикальны.

Определить скорость капель в безветренную погоду и скорость ветра $v_{\text{в}}$.

9. Пловец переплывает реку шириной H . Под каким углом α к течению он должен плыть, чтобы переправиться на противоположный берег в кратчайшее время? Где он в этом случае окажется, переплыв реку, и какой путь s он проплывает, если скорость течения равна v_1 , скорость пловца относительно воды v_2 ?

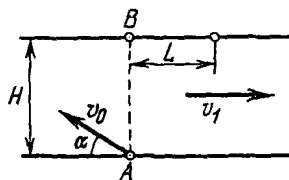


Рис. 4

10. Лодочник, переправляясь через реку шириной H из пункта A , все время направляет лодку под углом α к берегу (рис. 4). Определить скорость лодки относительно воды v_0 , если скорость течения v_1 , а лодку снесло ниже пункта B на расстояние L .

11. Корабль идет на запад со скоростью v . Известно, что ветер дует с юго-запада. Скорость ветра, измеренная на палубе корабля, равна w_1 . Найти скорость ветра w относительно земли.

12. Точка P_1 движется из A по направлению к B равномерно со скоростью v_1 . Одновременно точка P_2 движется из B по направлению к C равномерно со скоростью v_2 (рис. 5). Расстояние $AB = l$. Острый угол ABC равен α . Определить, в какой момент времени t расстояние r между точками P_1 и P_2 будет минимальным и каково это расстояние.

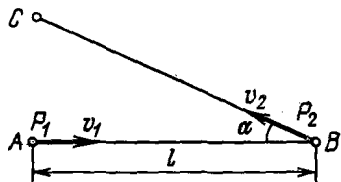


Рис. 5

13. Один паровоз прошел половину пути l со скоростью $v_1 = 80$ км/ч, а другую половину — со скоростью $v_2 = 40$ км/ч. Другой паровоз шел половину времени t со скоростью $v_1 = 80$ км/ч, а половину времени — с $v_2 = 40$ км/ч. Какова средняя скорость каждого паровоза?

14. Материальная точка, имеющая начальную скорость $v_0 = 2$ м/с, двигалась в течение отрезков времени: $t_1 = 3$ с равномерно, $t_2 = 2$ с с ускорением $a_2 = 2$ м/с², $t_3 = 5$ с с ускорением $a_3 = 1$ м/с², $t_4 = 2$ с с ускорением $a_4 = -3$ м/с² и, наконец, $t_5 = 2$ с равномерно, со скоростью, полученной в конце промежутка времени t_4 . Определить конечную скорость v_k , пройденный путь s и среднюю скорость $v_{\text{ср}}$ на этом пути. Задачу решить аналитически и графически.

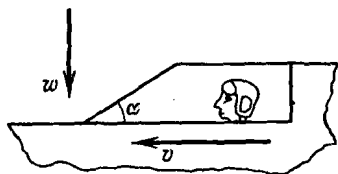


Рис. 6

15. Самолет, летящий горизонтально со скоростью v , попадает в лоб дождя, падающего вертикально со скоростью w . Фонарь кабины пилота имеет два одинаковых стекла: верхнее — горизонтальное и переднее — наклоненное к

горизонту под углом α (рис. 6). Каждое из стекол имеет площадь S . Найти отношение количеств воды, падающих на переднее и верхнее стекла.

16. Тело, движущееся равноускоренно с начальной скоростью $v_0 = 1$ м/с, приобретает, пройдя некоторое расстояние, скорость $v_1 = 7$ м/с. Какова была скорость тела на половине этого расстояния?

17. Тело движется с постоянным ускорением вдоль прямой из некоторого положения с некоторой начальной скоростью. Известны положения тела x_1 , x_2 , x_3 , отсчитанные вдоль линии движения от некоторого произвольного начала отсчета в моменты времени соответственно t_1 , t_2 и t_3 . Найти ускорение тела.

18. Парашютист спускается с постоянной скоростью $v = 5$ м/с. На расстоянии $h = 10$ м от земной поверхности у него отвалилась пуговица. На сколько позже приземлится парашютист, чем пуговица? Действием сопротивления воздуха на пуговицу пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

19. За время t тело прошло путь s , причем его скорость увеличилась в n раз. Считая движение равноускоренным с начальной скоростью, определить величину ускорения тела.

20. По одному направлению из одной точки одновременно начали двигаться два тела: одно равномерно со скоростью $v = 980$ см/с, а другое равноускоренно без начальной скорости с ускорением $a = 9,8$ см/с². Через какое время второе тело догонит первое?

21. Два поезда прошли одинаковый путь s за одно и то же время t , однако один поезд, трогаясь с места, прошел весь путь равноускоренно с ускорением $a = 3$ см/с², а другой поезд половину пути шел со скоростью $v_1 = 18$ км/ч, а другую половину — со скоростью $v_2 = 54$ км/ч. Найти путь s , пройденный поездами.

22. Автомобиль трогается с места с постоянным ускорением a_1 и, достигнув скорости v , некоторое время идет равномерно, затем тормозит с постоянным ускорением a_2 до остановки. Определить время t движения автомобиля, если он прошел путь s .

23. Поезд прошел путь $s = 60$ км за время $t = 52$ мин. Сначала он шел с ускорением $+a$, в конце с ускорением $-a$, остальное время с максимальной скоростью $v = 72$ км/ч. Чему равно абсолютное значение ускорения, если начальная и конечная скорости равны нулю?

24. Какая допустима предельная скорость приземления парашютиста v , если человек может безопасно прыгать с высоты $h = 2$ м?

25. С крыши дома высотой $H_0 = 28$ м брошен вверх камень со скоростью $v_0 = 8$ м/с. Определить скорость v падения камня на землю. Сопротивлением воздуха пренебречь.

26. Тело падает без начальной скорости с высоты $H = 45$ м. Найти среднюю скорость $v_{\text{ср}}$ падения на нижней половине пути.

27. За какое время t свободно падающее без начальной скорости тело пройдет сотый сантиметр своего пути?

28. Свободно падающее без начальной скорости тело в последнюю секунду падения прошло $2/3$ своего пути s . Найти путь, пройденный телом.

29. Тело брошено вертикально вверх с некоторой высоты с начальной скоростью $v_0 = 30$ м/с. Определить координату H и скорость v тела через время $t = 10$ с, а также пройденный за это время путь s (принять $g = 10$ м/с²).

30. Свободно падающее без начальной скорости тело спустя промежуток времени t после начала падения находится на высоте $H_1 = 1100$ м, а еще через $\Delta t = 10$ с — на высоте $H_2 = 120$ м над поверхностью земли. С какой высоты H падало тело?

31. Тело, брошенное вертикально вверх, дважды проходит через точку на высоте h . Промежуток времени между этими прохождениями равен Δt . Найти начальную скорость тела v_0 и время Δt_0 от начала движения тела до возврата в начальное положение.

32. Одно тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью v_0 , другое падает с высоты H_0 без начальной скорости. Движения начались одновременно и происходят по одной прямой. Найти зависимость расстояния между телами ΔH от времени.

33. С башни высотой h бросают одновременно два шарика: один — вверх со скоростью v_1 , другой — вниз со скоростью v_2 . Каков промежуток времени, отделяющий моменты их падения на землю?

34. С крыши падают одна за другой две капли. Через $t_2 = 2$ с после начала падения второй капли расстояние между каплями стало $s = 25$ м. На сколько раньше первая капля оторвалась от крыши?

35. С высоты $H_1 = 10$ м над землей без начальной скорости начинает падать камень. Одновременно с высоты $H_2 = 5$ м вертикально вверх бросают другой камень. С какой начальной скоростью v_0 брошен второй камень, если известно, что камни встретились на высоте $h = 1$ м над землей?

36. Два тела брошены вертикально вверх с одинаковыми начальными скоростями с интервалом времени T . С какой скоростью будет двигаться второе тело относительно первого?

37. Лодка подтягивается к высокому берегу озера при помощи веревки, которую наматывают с постоянной скоростью $v = 1$ м/с на цилиндрический барабан, находящийся на высоте $h = 6$ м над уровнем воды (рис. 7). Найти зависимость скорости лодки v_n от длины веревки L . В частности, определить величину скорости лодки

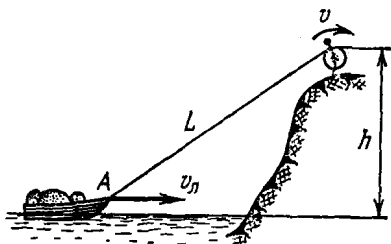


Рис. 7

для момента времени, когда $L = 10$ м, и расстояние, на которое лодка переместится из этого положения в течение времени $t = 1$ с.

38. По наклонной плоскости, длина которой $L = 2,5$ м, одновременно начали двигаться два тела: одно — вверх с начальной скоростью $v_0 = 50$ см/с, другое — вниз без начальной скорости. Через какое время t тела встретятся и какой будет их относительная скорость в месте встречи?

39. Тело соскальзывает без трения с наклонной плоскости. Определить угол α наклона плоскости к горизонту, если средняя скорость тела за первые 0,5 с на 245 см/с меньше, чем средняя скорость тела за первые 1,5 с.

40. Стальной шарик, упавший с высоты $h = 1,5$ м на стальную доску, отскакивает от нее с потерей 25% скорости. Определить время T , которое проходит от начала движения шарика до его второго падения на доску.

41. Мяч свободно падает с высоты $H = 120$ м на горизонтальную плоскость, при каждом отскоке скорость его уменьшается в $n = 2$ раза. Построить график скорости и найти пройденный мячом путь с начала падения до остановки.

42. На движущуюся вертикально вверх со скоростью v ровную горизонтальную плиту свободно падает шарик. Расстояние от точки начала падения шарика до его места встречи с плитой равно h . На какую высоту H от этого места подскочит шарик после соударения с плитой? Удар абсолютно упругий; плита, обладая очень большой массой, не изменяет своей скорости в результате удара о нее шарика.

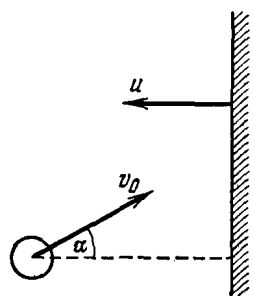


Рис. 8

43. Вертикальная гладкая стенка движется в горизонтальном направлении со скоростью u . Летящий в горизонтальной плоскости со скоростью v_0 шарик ударяется о стенку. Направление полета шарика составляет угол α с перпендикуляром к стенке (см. рис. 8, на котором показано сечение стенки горизонтальной плоскостью). Найти величину скорости v шарика после удара о стенку. Стенка, обладая очень большой массой, не изменяет своей скорости в результате удара о нее шарика. Удар абсолютно упругий. Влияние силы тяжести на полет шарика не учитывать.

§ 2. Криволинейное движение

44. Тело брошено с высоты H в горизонтальном направлении со скоростью v_0 . Определить, как зависят от времени координаты тела и его полная скорость. Вывести уравнение траектории.

45. С башни высотой $H = 25$ м горизонтально брошен камень со скоростью $v_0 = 10$ м/с. На каком расстоянии x от основания башни он упадет на землю?

46. Камень, брошенный горизонтально с начальной скоростью $v_0 = 10$ м/с, упал на расстоянии $l = 10$ м от вертикали, опущенной

на землю из точки выброса. С какой высоты был брошен камень?

47. Тело брошено со стола горизонтально. При падении на пол его скорость равна $v = 7,8$ м/с. Высота стола $H = 1,5$ м. Чему равна начальная скорость тела v_0 ?

48. Камень брошен с горы по горизонтальному направлению со скоростью 15 м/с. Через сколько времени t его скорость будет направлена под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту?

49. Камень, брошенный горизонтально с крыши дома со скоростью $v_0 = 15$ м/с, упал на землю под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Какова высота дома H ?

50. Тело на высоте $H = 2$ м бросают в горизонтальном направлении так, что к поверхности земли оно подлетает под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Какое расстояние по горизонтали пролетает тело? Сопротивление воздуха не учитывать.

51. Тело брошено горизонтально. Через время $t = 5$ с после броска угол β между направлениями полной скорости v и полного ускорения a стал равным 45° . Определить полную скорость v тела в этот момент. Ускорение свободного падения полагать равным $g = 10$ м/с².

52. Камень брошен с высоты H вверх под углом α к горизонту со скоростью v_0 . Найти угол β , составляемый скоростью камня с горизонтом, и величину его скорости v в момент падения на землю. Сопротивлением воздуха пренебречь.

53. Тело брошено горизонтально со скоростью $v_0 = 15$ м/с. Найти нормальное a_n и касательное a_τ ускорения через время $t = 1$ с после начала движения тела.

54. Тело брошено под углом α_0 к горизонту со скоростью v_0 . Определить, как зависят от времени скорость v тела и угол β ее наклона к горизонту.

55. Тело брошено под углом α_0 к горизонту со скоростью v_0 . Найти зависимость координат тела от времени (законы движения тела) и получить уравнение траектории.

56. Тело брошено с земли под углом α_0 к горизонту со скоростью v_0 . На какую высоту $h_{\max}$ поднимется тело? В течение какого времени t будет продолжаться подъем вверх?

57. Тело брошено с земли под углом α_0 к горизонту со скоростью v_0 . 1) Какое время t тело будет находиться в полете? 2) На каком расстоянии s по горизонтальному направлению от места бросания тело упадет на землю?

58. Для тела, брошенного под углом α_0 к горизонту с начальной скоростью v_0 , построить график зависимости вертикальной проекции скорости v_y : 1) от времени t , 2) от координаты y (высоты), 3) от координаты x (расстояния по горизонтали от места бросания).

59. Камень брошен под углом $\alpha_0 = 30^\circ$ к горизонту со скоростью $v_0 = 10$ м/с. Через какое время t камень будет на высоте $h = 1$ м?

60. Камень, брошенный под углом $\alpha_0 = 30^\circ$ к горизонту, дважды был на одной высоте h : спустя время $t_1 = 3$ с и время $t_2 = 5$ с после начала движения. Определить начальную скорость v_0 и высоту h .

61. Тело, брошенное под углом $\alpha_0 = 60^\circ$ к горизонту, через время $t = 4$ с после начала движения имело вертикальную проекцию скорости $v_y = 9,8$ м/с. Определить расстояние s между местом бросания и местом падения.

62. Камень брошен с башни высотой H со скоростью v_0 , направленной под углом α_0 к горизонту. На каком расстоянии s от основания башни упадет камень?

63. Два тела брошены под углами α_1 и α_2 к горизонту из одной точки. Каково отношение сообщенных им скоростей, если они упали на землю в одном и том же месте? Сопротивление воздуха не учитывать.

64. Тело брошено под углом к горизонту с начальной скоростью $v_0 = 10$ м/с. Определить скорость v тела в тот момент, когда оно оказалось на высоте $H = 3$ м.

65. Камень брошен под углом к горизонту с высоты H с начальной скоростью v_0 . С какой скоростью v камень упадет на поверхность земли?

66. Тело брошено под углом α_0 к горизонту с начальной скоростью v_0 . Через какие промежутки времени после бросания скорость тела будет составлять с горизонтом углы $\beta_1 = 45^\circ$ и $\beta_2 = 315^\circ$?

67. Какую начальную скорость имел снаряд, вылетевший из пушки под углом $\alpha_0 = 30^\circ$ к горизонту, если он пролетел расстояние $L = 17\,300$ м? Известно, что сопротивление воздуха уменьшило дальность полета в четыре раза.

68. Мотоциклист въезжает на высокий берег рва (рис. 9). Какую

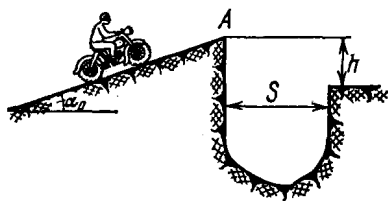


Рис. 9

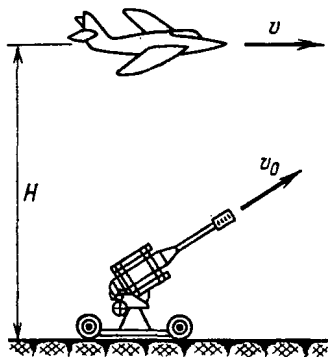


Рис. 10

минимальную скорость должен иметь мотоциклист в момент отрыва от берега, чтобы перескочить ров?

69. Камень брошен с башни под углом $\alpha_0 = 30^\circ$ к горизонту со скоростью $v_0 = 10$ м/с. Каково кратчайшее расстояние L между местом бросания и местом нахождения камня спустя время $t = 4$ с после бросания?

70. Сверхзвуковой самолет летит горизонтально со скоростью $v = 1440$ км/ч на высоте $H = 20\,000$ м. Когда самолет пролетает над зенитной установкой, из орудия производится выстрел (рис. 10).