

Л. Э. Генденштейн

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

**старшеклассника,
абитуриента,
учителя**

Том I. Механика

**Москва
ИЛЕКСА
2026**

УДК 372.853:531/534
ББК 22.3:74.202.6я721
Г34

Г34 Генденштейн Л. Э,

Энциклопедия задач по физике старшеклассника, абитуриента, учителя. Том I. Механика / Л. Э. Генденштейн. — М. : Илекса, 2026. — 352 с. : ил.

ISBN 978-5-89237-780-5

Энциклопедия задач по физике в четырёх томах (I. Механика. II. Молекулярная физика. Термодинамика. III. Электричество и магнетизм. Электродинамика. IV. Колебания и волны. Оптика. Атомная физика) адресована старшеклассникам, абитуриентам, слушателям подготовительных курсов, учителям, репетиторам и студентам педагогических вузов.

Содержит практически все типовые задачи трёх уровней сложности. Ко многим условиям задач дана «обучающая лесенка» вопросов, прокладывающая путь к более трудному вопросу. Задачи распределены по ключевым ситуациям. К каждой задаче приведён совет, дающий ключ к решению.

Энциклопедия задач по физике поможет хорошо подготовиться (подготовить) к Единому государственному экзамену и дополнительным вступительным испытаниям.

УДК 372.853:531/534
ББК 22.3:74.202.6я721

Лев Элевич Генденштейн
Энциклопедия задач по физике
старшеклассника, абитуриента, учителя
Том I. Механика

Подписано в печать 11.08.2026.
Формат 60×88/16. Усл. печ. л. 21,51.
Тираж 2000 экз. Заказ

ООО «Илекса»
+7(964) 534-80-01
real-ilexa@yandex.ru
www.ilexa.ru

© Генденштейн Л. Э., 2026
© ИЛЕКСА, 2026
© Художественное оформление ИЛЕКСА, 2026
Все права защищены

ISBN 978-5-89237-780-5

ОТ АВТОРА

Энциклопедия задач по физике

состоит из четырёх томов:

I. Механика

II. Молекулярная физика. Термодинамика

III. Электричество и магнетизм. Электродинамика

IV. Колебания и волны. Оптика. Атомная физика.

Она адресована:

старшеклассникам и абитуриентам;

учителям физики и репетиторам;

студентам педагогических вузов.

Издание содержит *тысячи задач школьного курса физики трёх уровней сложности*. Оно включает практически все «классические» задачи, а также много авторских задач, составленных с целью *обучения решению задач*.

Задачи распределены по *ключевым ситуациям*, на которых основано большинство задач по физике (см. подробное Содержание в начале книги).

«Секреты» этих ситуаций — надёжные ключи к решению задач по физике, в том числе на ЕГЭ и ДВИ.

«Лесенки» *вопросов* к условиям задач помогут подняться от простого к сложному.

К *каждой* задаче дан совет, помогающий найти *путь к решению*.

Ответы к задачам даны численно и *в общем виде* (с формулами), чтобы ученик мог проверять правильность своих рассуждений.

Надеюсь, что «Энциклопедия задач по физике» станет вашим добрым помощником.

Лев Генденштейн

СОДЕРЖАНИЕ

От автора	3
Глава 1. КИНЕМАТИКА	8
1.1. Система отсчёта, траектория, путь и перемещение	8
Полезные сведения.....	8
Прямолинейное движение	9
Криволинейное движение	10
Движение по винтовой линии	12
1.2. Прямолинейное равномерное движение	13
Полезные сведения.....	13
Основные закономерности прямолинейного равномерного движения	13
Графики прямолинейного равномерного движения	14
Средняя скорость	17
Обгоны и встречи	19
Движение протяжённых тел	21
Движение по течению и против течения	22
Движение под углом к течению	24
Движение двух тел на плоскости	25
Движение со звуковыми сигналами	27
1.3. Прямолинейное равноускоренное движение.....	29
Полезные сведения.....	29
Графики прямолинейного равноускоренного движения	29
Разгон из состояния покоя и торможение до остановки	32
Движение с произвольной начальной и конечной скоростью	35
Встречи и обгоны	38
Комбинация равноускоренного и равномерного движений тела	39
1.4. Свободное падение. Движение тела, брошенного вертикально	41
Полезные сведения.....	41
Свободное падение без начальной скорости	42
Движение тела, брошенного вертикально	43
Движение двух или нескольких тел вдоль одной вертикали	44
Этапы свободного падения.....	45
Отскок от земли	46
Вертикальный сброс тела с движущегося вертикально объекта	47

1.5. Движение тела, брошенного горизонтально или под углом к горизонту	48
Полезные сведения	48
Движение тела, брошенного горизонтально	49
Движение тела, брошенного под углом к горизонту	50
Бросок вдоль наклонной плоскости	52
Отскок от вертикальной стенки и от наклонной плоскости	53
Относительное движение двух тел, брошенных под углом к горизонту	53
1.6. Равномерное движение по окружности	55
Полезные сведения	55
Движение материальной точки по окружности	55
Движение точек вращающегося твёрдого тела	57
Передача вращения и качение без проскальзывания	59
Глава 2. ДИНАМИКА	62
2.1. Три закона Ньютона	62
Полезные сведения	62
Действие сил, направленных вдоль одной прямой	62
Действие сил, направленных под углом друг к другу	64
Использование графиков движения тела	65
Взаимодействие тел	66
2.2. Силы упругости	67
Полезные сведения	67
Закон Гука	67
Сила нормальной реакции и вес тела	69
Движение тела, прикреплённого к пружине	72
Конический маятник	73
2.3. Силы тяготения	75
Полезные сведения	75
Взаимодействие материальных точек и шаров	75
Зависимость ускорения свободного падения от высоты над поверхностью Земли	77
Движение планет и искусственных спутников	78
2.4. Силы трения	80
Полезные сведения	80
Тело на горизонтальной поверхности	80
Тело на вертикальной поверхности	84
Движение тела под действием силы трения покоя	85
2.5. Тело на наклонной плоскости	87
Тело на гладкой наклонной плоскости	87
Тело на наклонной плоскости при наличии сил трения	89

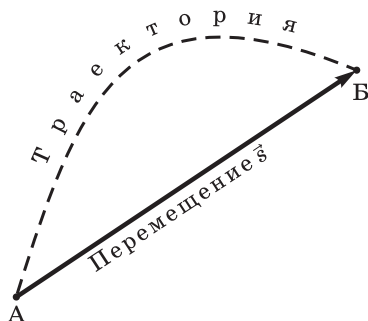
2.6. Динамика системы тел	93
Движение связанных тел с одинаковым ускорением	93
Движение связанных тел с различными (по модулю и/или направлению) ускорениями	96
Движение тел, между которыми действуют силы трения	100
Глава 3. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ.....	103
3.1. Импульс тела и импульс силы.	
Закон сохранения импульса	103
Полезные сведения.....	103
Импульс тела. Вектор изменения импульса.....	103
Соотношение между импульсом силы и изменением импульса тела	105
Абсолютно неупругое столкновение	107
Разрыв и отдача	109
Перемещение взаимодействующих тел друг относительно друга	110
Реактивное движение	111
3.2. Механическая работа. Мощность	113
Полезные сведения.....	113
Работа постоянной силы.....	114
Работа переменной силы	117
Мощность	119
3.3. Механическая энергия	122
Полезные сведения.....	122
Кинетическая энергия	122
Потенциальная энергия поднятого тела.....	123
Потенциальная энергия упругой деформации	124
3.4. Сохранение и изменение механической энергии	126
Полезные сведения.....	126
Движение тела при наличии силы упругости пружины	126
Движение тела по окружности или дуге окружности в вертикальной плоскости.....	130
Движение системы тел	134
Уменьшение механической энергии вследствие трения и сопротивления среды.....	137
3.5. Применение законов сохранения энергии и импульса.....	141
Полезные сведения.....	141
Абсолютно упругие столкновения.....	142
Неупругие столкновения	145
Разрывы снарядов.....	146
Шайба на подвижном клине или на подвижной горке	147
Система тел с пружиной	149

Глава 4. СТАТИКА. ГИДРО- И АЭРОСТАТИКА.....	151
4.1. Равновесие материальных точек.	
Лёгкие рычаги. Блоки	151
Полезные сведения.....	151
Первое условие равновесия.....	152
Правило моментов. Лёгкий рычаг	154
Блоки и системы блоков	162
Системы рычагов и блоков.....	168
4.2. Центр тяжести. Равновесие твёрдых тел	172
Полезные сведения.....	172
Центр тяжести тела и системы тел	173
Равновесие балки, доски, лестницы, изогнутого стержня	177
Равновесие плоских и объёмных тел	181
Равновесие системы тел	185
4.3. Равновесие жидкостей и газов	187
Полезные сведения.....	187
Гидростатическое давление.	
Сообщающиеся сосуды	188
Сила Архимеда. Гидростатическое взвешивание	191
Плавание тел.....	193
Аэростатика	197
Советы	200
Ответы	303
Справочные данные	352

ГЛАВА 1. КИНЕМАТИКА

1.1. СИСТЕМА ОТСЧЁТА, ТРАЕКТОРИЯ, ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

ПОЛЕЗНЫЕ СВЕДЕНИЯ



Путь l равен длине траектории, по которой движется тело.

Если некоторый участок траектории тело проходит несколько раз, то для нахождения пройденного пути длина этого участка суммируется столько же раз.

Перемещение $\vec{s}$ — вектор (направленный отрезок), соединяющий начальное положение тела с его конечным положением.

Путь l равен модулю перемещения s только тогда, когда тело движется по прямой в одном направлении, а во всех других случаях $l > s$. Если траектория тела замкнута (тело вернулось в начальную точку), $s = 0$.

При движении вдоль оси OX проекция перемещения $s_x = x - x_0$, где x_0 — начальная координата тела.

При построении графика зависимости $l(t)$ учитывайте, что $l = 0$ при $t = 0$ и при движении тела путь всегда увеличивается со временем.

ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Первый уровень

- 1.1. По какой траектории и в каком направлении движется тело, если модуль его перемещения равен пройденному пути?
- 1.2. Автомобиль проехал по прямой дороге 35 км, развернулся и проехал ещё 15 км в обратном направлении. Найдите:
- а) пройденный автомобилем путь l ;
 - б) модуль перемещения s .

Второй уровень

- 1.3. Автомобиль проехал по прямому шоссе от километрового столба «10 км» до столба «80 км», развернулся и доехал до столба «45 км». Найдите:
- а) пройденный автомобилем путь l ;
 - б) модуль перемещения автомобиля s .
- 1.4. Автомобиль проехал по прямой дороге из города А до города Б, развернулся и после разворота доехал по той же дороге до города В. Расстояние между городами А и Б равно 10 км, а между городами А и В — 4 км.
- а) Чему может быть равен пройденный автомобилем путь l ?
 - б) Чему равен модуль перемещения автомобиля s ?

Третий уровень

- 1.5. Спортсмен пробежал по прямой дороге расстояние $d_1 = 300$ м, развернулся и пробежал некоторое расстояние d_2 в обратном направлении. При этом оказалось, что пройденный спортсменом путь l в $k = 4$ раза больше модуля перемещения s .
- а) Чему может быть равно d_2 ?
 - б) Чему может быть равен модуль перемещения s ?

1.6. На рисунке представлен график зависимости координаты тела от времени $x(t)$.

- а) Постройте график зависимости пройденного пути l от времени.
- б) Постройте график зависимости модуля перемещения s от времени.

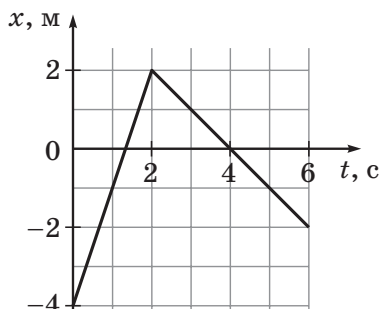


Рис. 1.6

КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Первый уровень

1.7. Спортсмен пробежал три полных круга по кольцевой дорожке стадиона длиной 400 м. Чему равны:

- а) пройденный путь l ;
- б) модуль перемещения s ?

1.8. Какой из изображённых на рисунке графиков может быть графиком зависимости пути от времени?

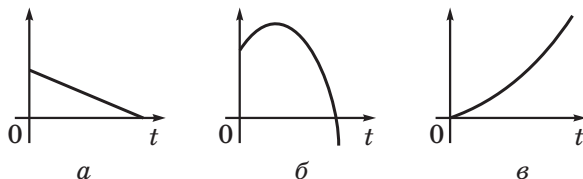


Рис. 1.8

1.9. Турист прошёл расстояние $d_1 = 3$ км на север, а потом расстояние $d_2 = 4$ км на восток. Найдите:

- а) пройденный путь l ;
- б) модуль перемещения s .

Второй уровень

- 1.10.** Траектория некоторого корабля, совершившего кругосветное путешествие, является замкнутой в системе отсчёта, связанной с *Солнцем*. Сколько времени могло длиться путешествие? Примите для упрощения, что в году целое количество суток.
- 1.11.** На рисунке изображена траектория тела, которое перемещается из точки *A* в точку *B*.
- Чему равен пройденный телом путь l ?
 - Чему равны проекции перемещения тела s_x и s_y ?
 - Чему равен модуль перемещения тела?

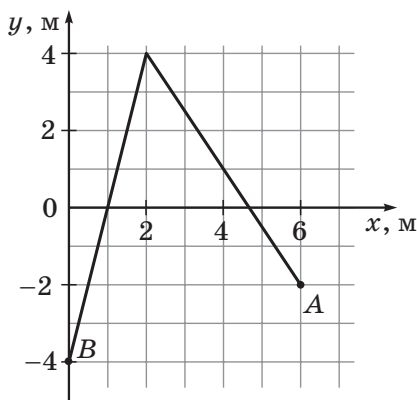


Рис. 1.11

- 1.12.** Мальчик пробегает по полуокружности радиусом 30 м, поворачивая при этом направо, а затем пробегает по другой полуокружности радиусом 50 м, поворачивая при этом налево. Найдите:
- пройденный мальчиком путь l ;
 - модуль перемещения мальчика s .

Третий уровень

- 1.13.** Самолёт взлетел на Северном полюсе, пролетел вдоль меридиана до экватора, повернул под прямым углом и пролетел ещё 10 000 км. Найдите модуль перемещения самолёта s . Примите, что Земля имеет форму шара, а длина экватора равна 40 000 км.

1.14. По реке плывёт квадратный плот, сторона которого параллельна берегу. Из угла плота в направлении течения реки начинает бежать собака. За время, в течение которого собака пробегает по всему периметру плота, плот сносит течением на расстояние $d = 12$ м. Сторона плота 4 м, собака бежит с постоянной по модулю скоростью относительно плота.

- а) Чему равно отношение скорости течения реки к скорости собаки относительно плота?
- б) Изобразите траекторию собаки в системе отсчёта, связанной с берегом.
- в) Найдите модуль перемещения собаки s в системе отсчёта, связанной с берегом.
- г) Найдите пройденный собакой путь l в системе отсчёта, связанной с берегом.

ДВИЖЕНИЕ ПО ВИНТОВОЙ ЛИНИИ

Третий уровень

1.15. Улитка поднимается по вертикальному стволу дерева, двигаясь по винтовой линии. Радиус ствола дерева $R = 10$ см, за один оборот вокруг ствола улитка поднимается на $h = 15$ см. Найдите путь l , пройденный улиткой, и модуль её перемещения s :

- а) за один оборот;
- б) за пол-оборота.

1.16. Самолёт летит горизонтально со скоростью $v = 720$ км/ч, при этом лопасти его пропеллера вращаются с частотой $\nu = 40$ об/с. Расстояние от конца лопасти до оси вращения $R = 1,5$ м. Найдите путь l , пройденный концом лопасти, и модуль его перемещения s в системе отсчёта, связанной с землёй:

- а) за один оборот пропеллера;
- б) за время $t = 1$ ч полёта.

1.2. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ¹

ПОЛЕЗНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Соотношение между путём l , скоростью v и временем движения t : $l = vt$.

Для тела, движущегося вдоль оси OX , зависимость координаты от времени $x(t) = x_0 + v_x t$, где x_0 — начальная координата тела, v_x — проекция скорости тела.

Средняя скорость $v_{\text{ср}} = \frac{l}{t}$, где l — весь пройденный путь, t — всё время движения, включая продолжительность остановок в пути.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ

Первый уровень

- 1.17.** Трамвай едет со скоростью $v = 10$ м/с.
 а) Чему равна скорость v трамвая в км/ч?
 б) Какой путь l проедет трамвай за время $t = 30$ мин?
- 1.18.** Автобус проезжает путь $l_1 = 900$ м за время $t_1 = 45$ с.
 а) Найдите скорость автобуса v в м/с и в км/ч.
 б) За какой промежуток времени t_2 автобус проедет путь $l_2 = 300$ м?
- 1.19.** Поезд едет со скоростью $v = 60$ км/ч.
 а) Какой путь l_1 проедет поезд за время $t_1 = 1$ мин?
 б) За какой промежуток времени t_2 поезд проедет путь $l_2 = 100$ км?

Второй уровень

- 1.20.** За время $t = 10$ с тело, движущееся вдоль оси OX , пере-

¹ Под «телом» в этом разделе подразумевается материальная точка, если иное не оговорено в условии. Предполагается, что тела движутся прямолинейно равномерно, если иное не оговорено в условии.

местилось из точки с координатой $x_0 = 100$ м в точку с координатой $x = -20$ м. Чему равны:

- а) проекция скорости тела v_x ;
- б) модуль скорости тела v ;
- в) проекция перемещения тела s_x ;
- г) пройденный телом путь l ?

1.21. Тело движется равномерно вдоль оси OX . При $t_1 = 2$ с координата тела $x_1 = 10$ м, а при $t_2 = 6$ с координата тела $x_2 = -2$ м.

- а) Найдите проекцию скорости тела v_x .
- б) Найдите начальную координату тела x_0 при $t = 0$.
- в) Запишите уравнение движения тела $x(t)$ в единицах СИ.
- г) Найдите путь l , пройденный телом за время $t = 10$ с.

1.22. Тело равномерно движется вдоль оси OX из точки $x_0 = 50$ м со скоростью $v = 4$ м/с в направлении, противоположном оси OX , и за некоторое время прошло путь $l = 100$ м.

- а) Чему равна проекция скорости v_x ?
- б) Сколько времени t двигалось тело?
- в) Чему равна координата x тела в конце пути?

ГРАФИКИ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ

Первый уровень

1.23. На рисунке изображён график зависимости координаты от времени тела, движущегося вдоль оси OX .

- а) Найдите начальную координату тела x_0 (при $t = 0$).
- б) Найдите проекцию скорости тела v_x .
- в) Запишите уравнение движения $x(t)$.
- г) Найдите координату x тела при $t = 3$ с.
- д) Найдите, в какой момент време-

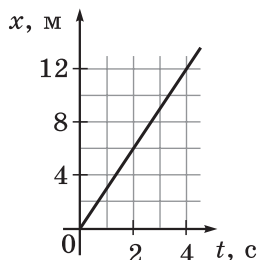


Рис. 1.23

ни t координата тела $x = 6$ м.

1.24. Тело движется в положительном направлении оси OX со скоростью $v = 2$ м/с. При $t = 0$ координата $x_0 = 0$.

- а) Чему равна проекция скорости тела v_x ?
- б) Найдите значение координаты тела x при $t = 5$ с.
- в) Постройте график зависимости $x(t)$ для интервала времени от 0 до 5 с.
- г) Запишите уравнение движения $x(t)$ в единицах СИ.

1.25. На рисунке изображены графики зависимости от времени координаты x тел I и II , движущихся вдоль оси OX .

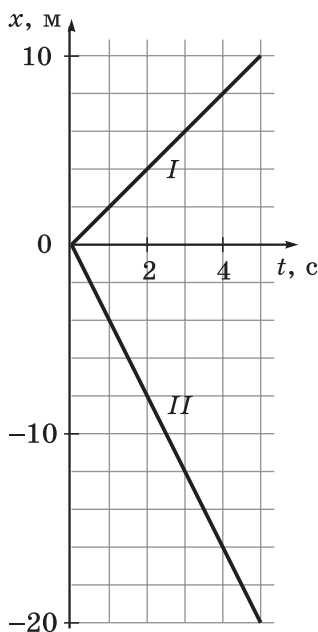


Рис. 1.25

- а) В каком направлении оси OX движется каждое тело?
- б) Чему равны проекции скоростей тел v_{xI} и v_{xII} ?
- в) Модуль скорости какого тела больше? Во сколько раз?
- г) Чему будет равно расстояние d между телами через 4 с после начала движения?

Второй уровень

1.26. На рисунке изображена часть графика зависимости координаты x от времени t для тела, равномерно движущегося вдоль оси OX .

а) Найдите координату тела x_0 при $t = 0$.

б) Найдите проекцию скорости тела v_x .

в) Запишите уравнение движения тела $x(t)$.

г) Найдите координату тела x через 10 с после начала движения.

д) В какой момент времени t пройденный телом путь l будет равен 20 м?

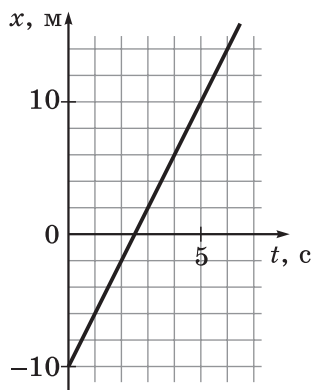


Рис. 1.26

1.27. Тело движется равномерно из точки с координатой $x_0 = 30$ м в отрицательном направлении оси OX и за 5 с проходит путь $l = 50$ м.

а) Найдите проекцию скорости тела v_x .

б) Запишите уравнение движения $x(t)$.

в) Постройте график зависимости координаты от времени для интервала от 0 до 8 с.

1.28. На рисунке изображены графики зависимости координаты от времени для тел I и II.

а) Какое тело движется быстрее?

б) Найдите проекции скоростей тел.

в) Найдите по графику время и место встречи тел.

г) Запишите уравнения движения для обоих тел.

д) Найдите время и место встречи тел, используя уравнения движения тел.

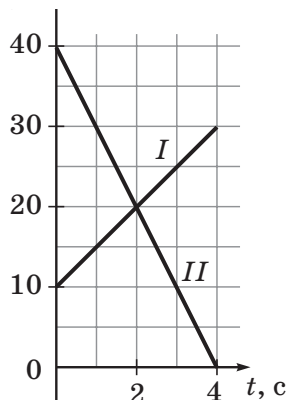


Рис. 1.28

Третий уровень

1.29. На рисунке изображены графики зависимости $x(t)$ для тел I и II , движущихся вдоль оси OX .

- а) Найдите проекции скоростей тел и запишите уравнения их движения $x(t)$.
- б) Найдите пути l_I и l_{II} , пройденные телами до их встречи.
- в) Постройте график $d(t)$ зависимости расстояния между телами от времени в интервале от 0 до 6 с. Какая точка на этом графике соответствует встрече тел?

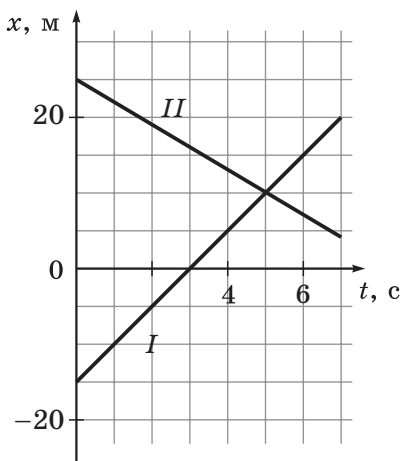


Рис. 1.29

СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ¹

Первый уровень

- 1.30.** Автомобиль проехал $l_1 = 120$ км за $t_1 = 2$ ч, а потом ещё $l_2 = 80$ км за $t_2 = 3$ ч. Найдите среднюю скорость автомобиля.
- 1.31.** Велосипедист ехал $t_1 = 1$ ч со скоростью $v_1 = 12$ км/ч, а потом $t_2 = 30$ мин со скоростью $v_2 = 18$ км/ч. Найдите среднюю скорость велосипедиста на всём пути.
- 1.32.** Грузовик проехал $l_1 = 60$ км со скоростью $v_1 = 60$ км/ч, а затем $l_2 = 120$ км со скоростью $v_2 = 30$ км/ч. Найдите среднюю скорость грузовика на всём пути.

¹ В этом разделе под средней скоростью подразумевается средняя путевая скорость, равная отношению всего пройденного пути ко всему времени движения. Средняя путевая скорость является скалярной величиной.

Второй уровень

- 1.33.** Поезд проехал первый участок пути длиной $l_1 = 200$ км за $t_1 = 2$ ч, сделал остановку на время $t_{\text{ост}}$, после чего проехал $l_2 = 120$ км за $t_2 = 1$ ч 10 мин. Найдите продолжительность остановки $t_{\text{ост}}$ (в минутах), если средняя скорость поезда на всём пути $v_{\text{ср}} = 80$ км/ч.
- 1.34.** Первую половину пути турист проехал на велосипеде со скоростью $v_1 = 20$ км/ч, а вторую половину прошёл пешком со скоростью $v_2 = 5$ км/ч. Найдите среднюю скорость туриста на всём пути.
- 1.35.** Треть всего времени движения автомобиль ехал со скоростью $v_1 = 90$ км/ч, а оставшееся время — со скоростью $v_2 = 60$ км/ч. Найдите среднюю скорость автомобиля.
- 1.36.** Треть пути самолёт летел со скоростью $v_1 = 900$ км/ч, а остальную часть пути — со скоростью $v_2 = 600$ км/ч. Найдите среднюю скорость самолёта.
- 1.37.** Поезд проехал $l_1 = 150$ км со скоростью $v_1 = 100$ км/ч, а затем ехал со скоростью 120 км/ч. Сколько времени t_2 поезд ехал на втором участке, если средняя скорость на всём пути $v_{\text{ср}} = 110$ км/ч?

Третий уровень

- 1.38.** Человек ехал сначала на автобусе со скоростью $v_1 = 40$ км/ч, а потом на поезде со скоростью $v_2 = 90$ км/ч. Средняя скорость человека на всём пути $v_{\text{ср}} = 50$ км/ч.
- а) Какую часть всего времени движения человек ехал на автобусе?
- б) Какую часть всего пути человек ехал на автобусе?
- 1.39.** Скорость тела v_1 на первом участке в 2 раза больше средней скорости $v_{\text{ср}}$ на всём пути, а скорость v_2 на втором участке — в 2 раза меньше средней скорости $v_{\text{ср}}$ на всём пути.
- а) Чему равно отношение времён движения $\frac{t_1}{t_2}$ на участках?
- б) Чему равно отношение длин участков $\frac{l_1}{l_2}$?

1.40. Витя прошёл некоторое расстояние пешком до остановки трамвая, а потом проехал на нём втрое большее расстояние. При этом средняя скорость Вити на всём пути оказалась в 2 раза меньше скорости трамвая.

- а) Чему равно отношение времени ходьбы t_1 ко времени езды t_2 ?
- б) Чему равно отношение скорости трамвая v_2 к скорости ходьбы v_1 ?

ОБГОНЫ И ВСТРЕЧИ¹

Первый уровень

1.41. Велосипедист и пешеход движутся навстречу друг другу по прямой дороге. В начальный момент расстояние между ними $d_0 = 120$ м. Скорость велосипедиста $v_1 = 5$ м/с, скорость пешехода $v_2 = 1$ м/с.

- а) Чему равна относительная скорость $v_{\text{отн}}$ велосипедиста и пешехода?
- б) Через какой промежуток времени t после начального момента они встретятся?
- в) Чему будут равны пути l_1 и l_2 , пройденные ими до встречи?

1.42. По прямому шоссе в одном направлении едет автобус, а за ним — такси. В начальный момент расстояние между ними $d_0 = 6$ км. Скорость автобуса $v_1 = 72$ км/ч, а скорость такси $v_2 = 108$ км/ч.

- а) Чему равна относительная скорость $v_{\text{отн}}$ такси и автобуса?
- б) Через какой промежуток времени t после начального момента такси обгонит автобус?
- в) Чему будут равны пути l_1 и l_2 , пройденные ими за время t ?

¹ Графические задачи на прямолинейное равномерное движение двух тел рассмотрены выше в теме «Графики прямолинейного равномерного движения».

Второй уровень

- 1.43.** Мальчик и взрослый бегут по прямой дороге в одном направлении. Скорость мальчика $v_1 = 3$ м/с, а скорость взрослого $v_2 = 8$ м/с. В начальный момент расстояние между бегунами $d_0 = 30$ м. Через какие промежутки времени после начального момента расстояние d между ними будет равно 50 м?
- 1.44.** Из двух городов навстречу друг другу одновременно выехали грузовик со скоростью $v_1 = 40$ км/ч и такси со скоростью $v_2 = 60$ км/ч. Найдите расстояние d_1 между городами, если через время $t = 4$ ч после выезда расстояние между автомобилями $d_2 = 100$ км.

Третий уровень

- 1.45.** По прямому шоссе в противоположных направлениях едут с постоянными скоростями такси и грузовик. В таблице приведены расстояния между ними в три момента времени.

$t_0 = 0$	$d_0 = 100$ км
$t_1 = 1$ ч	$d_1 = 50$ км
$t_2 = 2$ ч	$d_2 = 200$ км

- а) Докажите, что в промежутке времени между моментами t_0 и t_2 автомобили встретились (проехали друг мимо друга). В течение какого часа наблюдения (первого или второго) произошла встреча?
- б) Найдите модуль относительной скорости автомобилей $v_{\text{отн}}$.
- в) Найдите момент встречи автомобилей $t_{\text{встр}}$.
- 1.46.** Велосипедист и мотоциклист выехали одновременно из городов А и Б по прямой дороге навстречу друг другу. Мотоциклист прибыл в город А через $t_{\text{м}} = 2$ ч после их встречи, а велосипедист в город Б — через $t_{\text{в}} = 8$ ч.
- а) Чья скорость больше и во сколько раз?
- б) Сколько времени t велосипедист и мотоциклист ехали до встречи?

ДВИЖЕНИЕ ПРОТЯЖЁННЫХ ТЕЛ¹

Второй уровень

- 1.47.** За какое время t поезд длиной $d_1 = 200$ м, движущийся со скоростью $v = 54$ км/ч, проедет по мосту длиной $d_2 = 400$ м? Время отсчитывается от момента, когда локомотив въехал на мост, до момента, когда последний вагон съехал с моста.
- 1.48.** Товарный и пассажирский поезда длиной соответственно $d_1 = 900$ м и $d_2 = 300$ м движутся со скоростями $v_1 = 54$ км/ч и $v_2 = 90$ км/ч по параллельным путям. Сколько времени t поезда будут двигаться друг мимо друга, если поезда едут:
- а) в противоположных направлениях;
 - б) в одном направлении?

Третий уровень

- 1.49.** Колонна автомобилей длиной $d = 600$ м движется со скоростью $v_1 = 54$ км/ч. В некоторый момент от начала колонны к её концу отправляется мотоциклист со скоростью $v_2 = 90$ км/ч. Доехав до конца колонны, он едет некоторое время со скоростью колонны, а затем возвращается к началу колонны. Какой путь проделал мотоциклист, когда ехал в конце колонны, если он вернулся к началу колонны через $t = 6$ мин 15 с?
- 1.50.** Электричка, идущая со скоростью $v_1 = 72$ км/ч, проезжает по мосту длиной $d_1 = 800$ м за время $t_1 = 50$ с, а мимо встречного поезда, идущего со скоростью $v_2 = 108$ км/ч, за время $t_2 = 12$ с. Найдите длину встречного поезда d_2 .

¹ В этом разделе под временем движения поезда по протяжённому объекту (мосту, платформе или тоннелю) подразумевается промежуток времени от въезда кабины локомотива на протяжённый объект до съезда с этого объекта конца последнего вагона. Под временем движения поездов одного мимо другого подразумевается промежуток времени от момента, когда поравняются кабины локомотивов, до момента, когда друг мимо друга пройдут концы последних вагонов.

ДВИЖЕНИЕ ПО ТЕЧЕНИЮ И ПРОТИВ ТЕЧЕНИЯ¹

Первый уровень

- 1.51.** От пристани А на реке одновременно отплыли плот и лодка. Через 1 ч лодка достигла пристани Б, развернулась и поплыла обратно с той же скоростью относительно воды. Через какой промежуток времени после разворота лодка встретила плот?
- 1.52.** Теплоход плывёт по реке. Скорость теплохода относительно воды $v_{\text{ов}} = 22$ км/ч, а скорость течения реки $v_{\text{т}} = 2$ км/ч. Найдите скорость теплохода относительно берега $v_{\text{об}}$, когда теплоход плывёт:
- а) по течению;
 - б) против течения.
- 1.53.** Пловец плывёт против течения реки. Скорость пловца относительно воды равна $v_{\text{ов}} = 0,8$ м/с, а скорость течения реки $v_{\text{т}} = 1,08$ км/ч. Найдите:
- а) скорость пловца относительно берега $v_{\text{об}}$;
 - б) путь l , который преодолет пловец относительно берега за время $t = 1$ мин.
- 1.54.** Катер плывёт по течению реки со скоростью $v_1 = 26$ км/ч, а против течения — со скоростью $v_2 = 22$ км/ч. Найдите:
- а) скорость течения реки $v_{\text{т}}$;
 - б) скорость катера относительно воды $v_{\text{ов}}$.

Второй уровень

- 1.55.** Плывающая по течению лодка встретила два плывущих по реке плота с интервалом времени 10 мин. Через некоторое время лодка развернулась и поплыла против течения. С каким интервалом времени она встретит эти же плоты на обратном пути?
- 1.56.** От пристани А на реке одновременно отплыли плот и лодка. Через время $t_1 = 2$ ч лодка достигла пристани Б,

¹ Под «лодкой» в этом разделе подразумевается моторная лодка, скорость которой относительно воды остаётся постоянной при любом направлении движения.

развернулась, поплыла обратно с той же скоростью относительно воды и встретила плот на расстоянии $d = 4$ км от пристани А. Чему равна скорость течения реки?

- 1.57.** От пристаней А и Б на реке, расстояние между которыми $d = 60$ км, одновременно отплыли навстречу друг другу два катера, которые встретились через $t = 2$ ч после начала движения. Скорости катеров относительно воды равны. Один катер прошёл на $\Delta l = 6$ км больше, чем другой.

- а) Чему равна скорость катеров относительно воды $v_{\text{ов}}$?
- б) Чему равна скорость течения $v_{\text{т}}$?

- 1.58.** Вертолёт пролетел от города А до города Б за $t_1 = 1$ ч, а обратно — за $t_2 = 1$ ч 20 мин. Во время полёта дул ветер с постоянной скоростью, направленный вдоль трассы полёта. Во сколько раз скорость вертолёта $v_{\text{ов}}$ относительно воздуха больше скорости ветра $v_{\text{в}}$?

Третий уровень

- 1.59.** Человек проходит от одного конца длинного плота, плывущего по реке, к другому его концу, разворачивается и возвращается обратно через время $t = 40$ с. При этом путь, пройденный человеком относительно берега, $l = 40$ м, а модуль перемещения человека относительно берега при движении в одном направлении в 3 раза больше, чем в обратном.

- а) Чему могут быть равны скорость человека относительно плота $v_{\text{оп}}$ и скорость течения реки $v_{\text{т}}$?
- б) Чему может быть равна длина плота L ?

- 1.60.** Когда теплоход длиной $d_1 = 140$ м и баржа длиной $d_2 = 100$ м плывут по реке, двигаясь в противоположных направлениях, они проходят друг мимо друга за $t_1 = 12$ с, а когда они плывут в одном направлении, они проходят друг мимо друга за $t_2 = 1$ мин. Скорость течения $v_{\text{т}} = 0,5$ м/с. Найдите:

- а) скорость теплохода $v_{\text{тепл}}$ относительно воды;
- б) скорость баржи $v_{\text{барж}}$ относительно воды.
- в) Есть ли в условии лишние данные?

- 1.61.** Вертолёт пролетел от города А до города Б за $t_1 = 40$ мин, а обратно — за $t_2 = 1$ ч. Во время полёта дул ветер с постоянной скоростью, направленный вдоль трассы полёта, модуль скорости вертолёта относительно воздуха не изменялся. Сколько времени t_3 длился бы перелёт от города А до города Б в безветренную погоду?

ДВИЖЕНИЕ ПОД УГЛОМ К ТЕЧЕНИЮ

Второй уровень

- 1.62.** Пловец хочет переплыть реку за минимально возможное время. Ширина реки d , скорость пловца относительно воды $v_{\text{ов}}$, скорость течения реки $v_{\text{т}}$.
- а) Под каким углом α к берегу должен быть направлен вектор скорости пловца относительно воды?
 - б) Сколько времени t будет при этом длиться переправа?
 - в) На какое расстояние d_1 вдоль берега снесёт пловца течением за время переправы?
 - г) Чему равна при этом скорость пловца относительно берега $v_{\text{об}}$?
- 1.63.** Рыбак на моторной лодке хочет переплыть реку по кратчайшему пути, то есть хочет пристать к другому берегу точно напротив точки отплытия. Ширина реки d , скорость лодки относительно воды $v_{\text{ов}}$, скорость течения реки $v_{\text{т}}$.
- а) Под каким углом β к перпендикуляру к берегу надо направить вектор скорости лодки относительно воды?
 - б) При каком соотношении между $v_{\text{ов}}$ и $v_{\text{т}}$ лодка может плыть перпендикулярно берегу?
 - в) Чему равна при этом скорость лодки относительно берега $v_{\text{об}}$?
 - г) Сколько времени t будет при этом длиться переправа?
- 1.64.** При переправе через реку шириной 100 м за минимальное время лодку снесло течением на 20 м вдоль берега. Чему равно отношение скорости лодки относительно воды к скорости течения?

- 1.65.** Дельтапланерист летит из одного посёлка в другой, расстояние между которыми $l = 64$ км. Скорость дельтапланериста относительно воздуха $v_{\text{ов}} = 40$ км/ч, скорость ветра $v_{\text{в}} = 24$ км/ч. Найдите:
- а) время полёта t_1 в безветренную погоду;
 - б) время полёта t_2 при попутном ветре;
 - в) время полёта t_3 при встречном ветре;
 - г) время полёта t_4 при боковом ветре, когда ветер дует перпендикулярно трассе полёта.

Третий уровень

- 1.66.** Когда лодка переправляется через реку за минимальное время, время переправы $t_1 = 3$ мин, а когда она переправляется по кратчайшему пути, время переправы $t_2 = 5$ мин. Чему равно отношение скорости лодки относительно воды $v_{\text{ов}}$ к скорости течения $v_{\text{т}}$?
- 1.67.** Дельтапланерист пролетел по периметру квадрата со стороной $a = 32$ км за время $t = 3,6$ ч, при этом ветер дул вдоль одной из сторон квадрата. Скорость дельтапланериста относительно воздуха $v_{\text{ов}} = 50$ км/ч. Найдите скорость ветра $v_{\text{в}}$.
- 1.68.** Пловец переплывает быструю реку. Скорость течения реки $v_{\text{т}} = 1,5$ м/с, скорость пловца относительно воды $v_{\text{ов}} = 0,9$ м/с, ширина реки $d = 25$ м. Чему равен минимально возможный снос пловца $l_{\text{мин}}$ вдоль реки за время переправы?

ДВИЖЕНИЕ ДВУХ ТЕЛ НА ПЛОСКОСТИ

Третий уровень

- 1.69.** По двум пересекающимся под прямым углом дорогам едут такси и грузовик. В начальный момент такси пересекает перекрёсток дорог, а грузовик находится на расстоянии $d_0 = 15$ км от этого перекрёстка и движется по направлению к нему. Скорость такси $v_{\text{т}} = 80$ км/ч, скорость грузовика $v_{\text{г}} = 60$ км/ч. Через какие промежутки времени t после начального момента расстояние d между автомобилями будет равно 13 км?

СОВЕТЫ

ГЛАВА 1. КИНЕМАТИКА

1.1. Учтите, что путь — это длина траектории, модуль перемещения равен расстоянию от начальной точки траектории до конечной точки, а длина отрезка, соединяющего две точки, меньше длины любой другой линии с концами в тех же точках.

1.2. а) Учтите, что пройденный путь равен сумме всех пройденных расстояний. б) Учтите, что модуль перемещения равен расстоянию между начальной и конечной точками траектории.

1.3. а) Учтите, что пройденный путь равен сумме всех пройденных расстояний. б) Учтите, что модуль перемещения s равен расстоянию между начальной и конечной точками.

1.4. а) Учтите, что после разворота автомобиль мог не доехать до города А, а мог и проехать мимо него, поэтому возможны два ответа. б) Учтите, что модуль перемещения равен расстоянию между начальной и конечной точками.

1.5. а) Воспользуйтесь соотношениями $l = d_1 + d_2$, $s = |d_1 - d_2|$, $l = ks$. Поскольку в условии не сказано, пробегает ли спортсмен на обратном пути мимо точки старта или не добегают до неё, надо рассмотреть *две* возможности: $d_2 > d_1$ и $d_2 < d_1$. Используя написанные равенства, найдите два возможных значения d_2 . б) Используя найденные значения d_2 , найдите два возможных значения s .

1.6. а) Учтите, что путь равен сумме всех пройденных расстояний. б) Учтите, что $s(t) = |x(t) - x_0|$.

1.7. а) Путь равен произведению длины дорожки на количество кругов, которые пробежал спортсмен. б) Модуль перемещения равен длине отрезка, соединяющего начальную точку траектории с конечной. Учтите, что спортсмен вернулся в начальную точку.

1.8 Учтите, что путь не может быть отрицательным, не может убывать и равен нулю при $t = 0$.

1.9. а) Учтите, что путь — это длина траектории. б) Учтите, что модуль перемещения равен расстоянию от начальной точки траектории до конечной. Воспользуйтесь теоремой Пифагора.

1.10. Чтобы траектория корабля была замкнутой в системе отсчёта, связанной с Солнцем, Земля должна вернуться в ту точку своей орбиты, где она была, когда кругосветное путешествие началось.

1.11. а) Учтите, что путь равен сумме длин всех участков траектории. Воспользуйтесь теоремой Пифагора. б) Воспользуйтесь формулами $s_x = x_B - x_A$, $s_y = y_B - y_A$. в) Модуль перемещения равен

расстоянию между начальной и конечной точками траектории. Воспользуйтесь теоремой Пифагора.

1.12. а) Путь равен сумме длин двух полуокружностей. б) Учтите, что модуль перемещения равен расстоянию от начальной точки траектории до конечной. Докажите, что центры полуокружностей лежат на одной прямой.

1.13. Учтите, что модуль перемещения — это *отрезок*, соединяющий начальную точку траектории самолёта с конечной, а Земля имеет шарообразную форму.

1.14. а) Сравните путь, пройденный собакой относительно плота, со сносом плота течением за то же время. б) Воспользуйтесь тем, что перемещение собаки относительно берега является *векторной суммой* перемещения собаки относительно плота и перемещения плота относительно берега. При построении траектории собаки в системе отсчёта, связанной с берегом, учтите, что скорость собаки относительно плота больше скорости плота относительно берега. в) Учтите, что поскольку собака вернулась в начальную точку относительно плота, её перемещение относительно берега равно перемещению плота. г) Длины участков траектории собаки, параллельных берегу, найдите, зная перемещение плота относительно берега и перемещение собаки относительно плота. Длины других участков траектории собаки найдите с помощью теоремы Пифагора.

1.15. а) Воспользуйтесь развёрткой винтовой линии на плоскость (рис. С 1.15). Длина винтовой линии l за один оборот равна гипотенузе прямоугольного треугольника, катеты которого — длина окружности $2\pi R$ и шаг винтовой линии h . Воспользуйтесь теоремой Пифагора. б) Учтите, что за поворот улитка смещается по вертикали на половину шага винтовой линии, а по горизонтали — на диаметр ствола. Воспользуйтесь теоремой Пифагора.

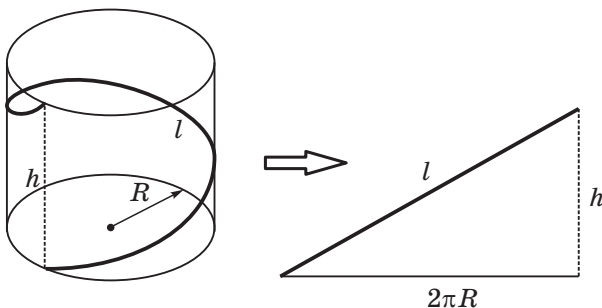


Рис. С 1.15

1.16. а) Воспользуйтесь развёрткой винтовой линии на плоскость. Путь, пройденный концом лопасти за один оборот пропеллера, равен длине гипотенузы прямоугольного треугольника, один катет которого — путь, пройденный самолётом за время одного оборота лопастей, а другой катет — длина окружности радиуса R . б) Учтите, что за 1 ч пропеллер совершил целое число оборотов.

1.17. а) Выразите в километрах путь, пройденный трамваем за 1 ч. Полезно запомнить, что значение скорости, выраженное в км/ч, в 3,6 раза больше, чем в м/с. б) Воспользуйтесь формулой $l = vt$.

1.18. а) Найдите сначала скорость автобуса в м/с, затем воспользуйтесь тем, что 1 км = 1000 м, 1 ч = 3600 с. б) Воспользуйтесь тем, что при равномерном движении пройденный путь пропорционален времени движения.

1.19. а) Воспользуйтесь тем, что 1 мин = $1/60$ ч. б) Воспользуйтесь тем, что при равномерном движении время движения пропорционально пройденному пути.

1.20. а) Воспользуйтесь тем, что $v_x = \frac{x - x_0}{t}$. Отрицательное значение v_x означает, что тело движется в отрицательном направлении оси OX . б) Воспользуйтесь тем, что $v = |v_x|$. в) Воспользуйтесь тем, что $s_x = x - x_0$. Отрицательное значение s_x означает, что тело движется в отрицательном направлении оси OX . г) Воспользуйтесь тем, что при прямолинейном движении в одном направлении путь равен модулю перемещения: $l = |s_x|$.

1.21. а) Воспользуйтесь тем, что $x_2 = x_1 + v_x(t_2 - t_1)$. б) Подставьте в уравнение движения $x = x_0 + v_x t$ заданные значения x_1 , t_1 и найденное значение v_x . в) Воспользуйтесь найденными значениями x_0 и v_x . г) При равномерном движении путь l равен произведению модуля скорости v на время движения.

1.22. а) Учтите, что при движении в направлении, противоположном оси OX , проекция скорости $v_x = -v$. б) Воспользуйтесь формулой $l = vt$. в) Воспользуйтесь уравнением движения $x = x_0 + v_x t$. Так как тело движется в направлении, противоположном оси OX , координата тела со временем уменьшается.

1.23. а) Воспользуйтесь тем, что $x = 0$ при $t = 0$. б) Воспользуйтесь тем, что из формулы $x = x_0 + v_x t$ следует, что $v_x = \frac{x - x_0}{t}$. Подставьте в эту формулу значения в единицах СИ $x_0 = 0$, $x = 12$, $t = 4$. в) Используя найденные значения x_0 и v_x , запишите уравнение движения в единицах СИ. г) Сначала найдите на оси t точку $t = 3$ с, а

затем найдите значение x , соответствующее $t = 3$ с (рис. С 1.23 а).
 д) Сначала найдите на оси x точку $x = 6$ м, а затем найдите t , соответствующее $x = 6$ м (рис. С 1.23 б).

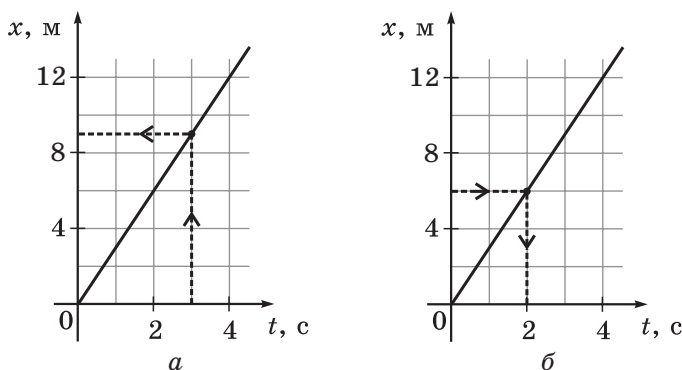


Рис. С 1.23

1.24. а) Поскольку тело движется в положительном направлении оси OX , проекция скорости $v_x = v$. б) Подставьте $x_0 = 0$ и $v_x = 2$ м/с в уравнение движения $x = x_0 + v_x t$ и найдите значение x при $t = 5$ с. в) Соедините отрезком точки графика $(0; 0)$ и $(5; 10)$. г) Подставьте $x_0 = 0$ и $v_x = 2$ м/с в уравнение движения $x = x_0 + v_x t$.

1.25. а) Если координата x тела увеличивается, тело движется в положительном направлении оси OX , а если уменьшается, то в отрицательном. б) Выберите на графиках точки в узлах сетки. Например, для тела I удобно взять точку $(5; 10)$, а для тела II — точку $(5; -20)$. в) Зная проекции скоростей, найдите и сравните модули скоростей. г) Расстояние между ними равно разности их координат: $d = |x_1 - x_2|$.

1.26. а) По графику видно, что $x = -10$ м при $t = 0$. б) Воспользуйтесь формулой $v_x = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$, в данном случае удобно взять точки $(0; -10)$ и $(5; 10)$. в) Подставьте в уравнение движения в общем виде $x = x_0 + v_x t$ найденные значения x_0 и v_x . г) Подставьте $t = 10$ с в найденное уравнение движения. д) Поскольку тело движется прямолинейно в одном направлении, $l = |x - x_0|$.

1.27. а) Найдите сначала модуль скорости, используя формулу $v = \frac{l}{t}$, затем учтите, что по условию тело движется в отрицательном направлении оси OX . б) Подставьте в уравнение движения общего

вида $x = x_0 + v_x t$ заданное значение x_0 и найденное значение v_x .
 в) Для построения графика $x(t)$ удобно выбрать точки (0; 30) и (8; -50).

1.28. а) Скорость больше у того тела, для которого график $x(t)$ «круче», то есть для которого угол между графиком и осью t больше. б) Для нахождения проекций скоростей для тела I удобно выбрать точки (0; 10) и (2; 20), а для тела II — точки (0; 40) и (2; 20). в) Встрече тел соответствует точка пересечения графиков $x(t)$ для этих тел. г) Подставьте в уравнение движения общего вида $x = x_0 + v_x t$ данные на графиках значения x_0 и найденные значения проекций скоростей тел. д) Воспользуйтесь тем, что в момент встречи $x_I = x_{II}$.

1.29. а) Воспользуйтесь формулой $v_x = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$. б) Учтите, что момент встречи определяется точкой пересечения двух графиков $x(t)$.
 в) Воспользуйтесь тем, что $d(t) = |x_I(t) - x_{II}(t)|$.

1.30. Учтите, что средняя скорость — это не среднее арифметическое скоростей на участках, а отношение всего пройденного пути ко всему времени движения.

1.31. Найдите длины участков пути, пройденных с различными скоростями. Затем воспользуйтесь тем, что средняя скорость равна отношению всего пройденного пути ко всему времени движения.

1.32. Найдите времена движения на каждом участке пути. Затем воспользуйтесь тем, что средняя скорость равна отношению всего пройденного пути ко всему времени движения.

1.33. Учтите, что при нахождении средней скорости во время движения тела включается продолжительность всех остановок в пути. Выразите время привала в часах.

1.34. Обозначьте весь путь l , тогда длина каждого из двух участков равна $l/2$. Выразите времена движения на участках через l , v_1 и v_2 . Обратите внимание: в данном случае средняя скорость не равна среднему арифметическому скоростей на двух участках пути.

1.35. Обозначьте всё время движения t , тогда времена движения на участках $t_1 = t/3$, $t_2 = 2t/3$, а длины участков $l_1 = v_1 t_1$, $l_2 = v_2 t_2$.

1.36. Обозначьте весь путь l , тогда длины участков $l_1 = l/3$, $l_2 = 2l/3$, а времена полёта на участках $t_1 = l_1/v_1$, $t_2 = l_2/v_2$.

1.37. Чтобы составить уравнение для нахождения t_2 , воспользуйтесь тем, что $v_{\text{ср}} = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2}$, $t_1 = \frac{l_1}{v_1}$, $l_2 = v_2 t_2$.

1.38. а) Воспользуйтесь тем, что $v_{\text{cp}} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2}$ и тем, что

$$t_2 = t - t_1. \text{ б) Воспользуйтесь тем, что } \frac{l_1}{l} = \frac{v_1 t_1}{v_{\text{cp}} t}.$$

1.39. а) Выразите v_1 и v_2 в формуле $v_{\text{cp}} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2}$ через v_{cp} и ре-

шите это уравнение относительно $\frac{t_1}{t_2}$. б) Воспользуйтесь найденным

$$\text{отношением времён и тем, что } \frac{l_1}{l_2} = \frac{v_1 t_1}{v_2 t_2}.$$

1.40. а) Используя то, что $l_2 = 3l_1$, $v_{\text{cp}} = \frac{v_2}{2}$, $v_{\text{cp}} = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2}$, докажите,

$$\text{что } \frac{\frac{l_2}{2} + l_2}{t_1 + t_2} = \frac{1}{2} \frac{l_2}{t_2}. \text{ б) Воспользуйтесь заданным отношением } \frac{l_1}{l_2} \text{ и най-}$$

$$\text{денным отношением } \frac{t_1}{t_2}.$$

1.41. а) Так как велосипедист и пешеход движутся в противоположных направлениях (навстречу друг другу), их относительная скорость $v_{\text{отн}}$ равна сумме модулей их скоростей: $v_{\text{отн}} = v_1 + v_2$. б) Время движения до встречи выражается формулой $t = \frac{d_0}{v_{\text{отн}}}$, где d_0 — на-

чальное расстояние между велосипедистом и пешеходом, $v_{\text{отн}}$ — их относительная скорость. Подставьте данные из условия и найденное значение $v_{\text{отн}}$. в) Воспользуйтесь формулой $l = vt$ для велосипедиста и пешехода.

1.42. а) Так как автобус и такси едут в одном направлении, их относительная скорость $v_{\text{отн}}$ равна разности модулей большей и меньшей скоростей: $v_{\text{отн}} = v_2 - v_1$. б) Время езды до обгона $t = \frac{d_0}{v_{\text{отн}}}$, где d_0 — начальное расстояние между автобусом и такси, $v_{\text{отн}}$ — их относительная скорость. в) Воспользуйтесь формулой $l = vt$.

1.43. Рассмотрите возможные варианты начального расположения бегунов: впереди может быть как взрослый, так и мальчик. Найдите

скорость взрослого относительно мальчика, а также путь, который должен пробежать взрослый относительно мальчика для каждого варианта начального расположения бегунов.

1.44. Учтите, что расстояние между автомобилями 100 км могло быть до их встречи и после их встречи.

1.45. а) Воспользуйтесь тем, что изменение расстояния между автомобилями в течение первого часа наблюдения меньше, чем в течение второго часа. б) Воспользуйтесь данными о втором часе движения после начала наблюдения. в) Воспользуйтесь начальным расстоянием между автомобилями и найденным значением относительной скорости автомобилей.

1.46. Воспользуйтесь тем, что путь, пройденный до встречи одним из участников движения, равен пути, пройденному после встречи другим участником, чтобы доказать, что $v_{\text{в}} t = v_{\text{м}} t_{\text{м}}$, $v_{\text{м}} t = v_{\text{в}} t_{\text{в}}$, где $v_{\text{в}}$ и $v_{\text{м}}$ — скорости велосипедиста и мотоциклиста.

1.47. При проезде по всему мосту путь, пройденный поездом, равен сумме длин поезда и моста.

1.48. Переведите скорости в СИ. Учтите, что если поезда едут в противоположных направлениях, их относительная скорость равна сумме их скоростей, а если поезда едут в одном направлении, их относительная скорость равна модулю разности их скоростей.

1.49. Найдите сначала скорость мотоциклиста относительно колонны при движении к концу колонны и обратно, затем — промежутки времени, в течение которых он ехал туда и обратно, а потом — время, в течение которого он ехал в конце колонны со скоростью колонны.

1.50. Найдите сначала длину электрички, исходя из того, что за время движения её по мосту она проходит путь, равный сумме длин электрички и моста. Затем, зная длину электрички и скорость её относительно поезда, найдите длину поезда.

1.51. Перейдите в систему отсчёта плота, плывущего по реке со скоростью течения. В этой системе отсчёта река «останавливается», поэтому лодка удаляется от плота, а после разворота приближается к нему с одной и той же по модулю скоростью, равной скорости лодки относительно воды.

1.52. Когда теплоход плывёт по течению, скорость теплохода относительно берега равна сумме скорости теплохода относительно воды и скорости течения реки, а когда теплоход плывёт против течения, скорость теплохода относительно берега равна разности скорости теплохода относительно воды и скорости течения реки.

ОТВЕТЫ

ГЛАВА 1. КИНЕМАТИКА

1.1. Вдоль прямой в одном направлении. 1.2. а) $l = 50$ км, б) $s = 20$ км.

1.3. а) $l = 105$ км. б) $s = 35$ км. 1.4. а) $l = 16$ км или 24 км.

б) $s = 4$ км. 1.5. а) $d_2 = d_1 \frac{k+1}{k-1} = 500$ м или $d_2 = d_1 \frac{k-1}{k+1} = 180$ м.

б) $s = \frac{2d_1}{k-1} = 200$ м или $s = \frac{2d_1}{k+1} = 120$ м. 1.6. а) См. рис. О 1.6 а.

б) См. рис. О 1.6 б.

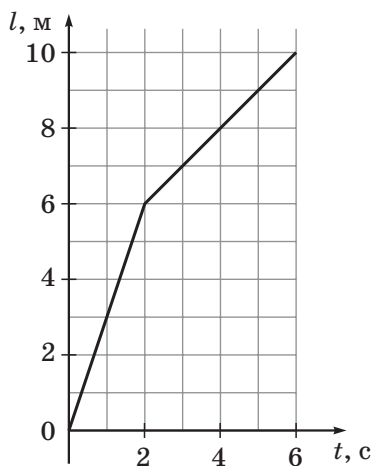


Рис. О 1.6 а

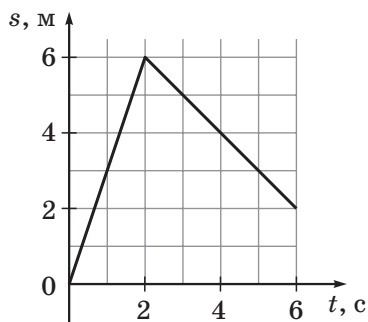


Рис. О 1.6 б

- 1.7. а) $l = 1,2$ км. б) $s = 0$. 1.8. Только график v . 1.9. а) $l = d_1 + d_2 = 7$ км.
 б) $s = \sqrt{d_1^2 + d_2^2} = 5$ км. 1.10. Целое число лет. 1.11. а) $l = 15,46$ м.
 б) $s_x = -6$ м, $s_y = -2$ м. в) $s = 6,32$ м. 1.12. а) $l = 251,3$ м. б) $s = 160$ м.
 1.13. $s \approx 9\,000$ км. 1.14. а) $\frac{3}{4}$. б) См. рисунок. в) $s = d = 12$ м.
 г) $l = 2a + \frac{1}{2}\sqrt{16a^2 + d^2} = 18$ м.

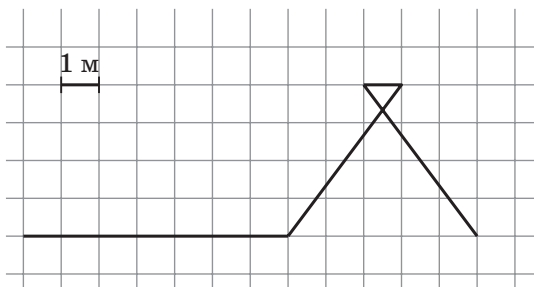


Рис. О 1.14

- 1.15. а) $l = \sqrt{h^2 + (2\pi R)^2} = 64,57$ см, $s = 15$ см.
 б) $l = \sqrt{\left(\frac{h}{2}\right)^2 + (\pi R)^2} = 32,29$ см, $s = \sqrt{\left(\frac{h}{2}\right)^2 + (2R)^2} = 21,36$ см.
 1.16. а) $l = \sqrt{\left(\frac{v}{v}\right)^2 + (2\pi Rn)^2} = 10,67$ м; $s = \frac{v}{v} = 5$ м.
 б) $l = t\sqrt{v^2 + (2\pi Rn)^2} = 1535,7$ км; $s = vt = 720$ км.
 1.17. а) 36 км/ч. б) $l = vt = 18$ км. 1.18. а) $v = 20$ м/с = 72 км/ч.
 б) $t_2 = t_1 \frac{l_2}{l_1} = 15$ с. 1.19. а) $l_1 = 1$ км. б) $t_2 = 1$ ч 40 мин.
 1.20. а) $v_x = \frac{x - x_0}{t} = -12$ м/с. б) $v = |v_x| = 12$ м/с.
 в) $s_x = x - x_0 = -120$ м. г) $l = |x - x_0| = 120$ м.
 1.21. а) $v_x = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = -3$ м/с. б) $x_0 = x_1 - v_x t_1 = x_2 - v_x t_2 = 16$ м.
 в) $x(t) = 16 - 3t$. г) $l = |v_x|t = 30$ м.
 1.22. а) $v_x = -v = -4$ м/с; б) $t = \frac{l}{v} = 25$ с; в) $x = x_0 - l = -50$ м.

1.23. а) $x_0 = 0$. б) $v_x = 3$ м/с. в) $x = 3t$. г) $x = v_x t = 9$ м. д) $t = \frac{x}{v_x} = 2$ с.

1.24. а) $v_x = 2$ м/с. б) $x = 10$ м при $t = 5$ с. в) См. рисунок. г) $x = 2t$.

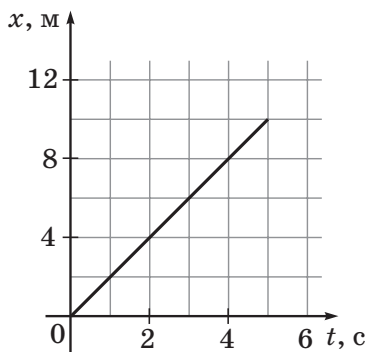


Рис. О 1.24

1.25. а) Тело I движется в положительном направлении оси OX , а тело II — в отрицательном. б) $v_{xI} = 2$ м/с, $v_{xII} = -4$ м/с. в) Модуль скорости тела II в 2 раза больше модуля скорости тела I . г) $d = 24$ м.

1.26. а) $x_0 = -10$ м. б) $v_x = 4$ м/с. в) $x = -10 + 4t$. г) $x = 30$ м. д) $t = 5$ с. 1.27. а) $v_x = -10$ м/с. б) $x = 30 - 10t$. в) См. рисунок.

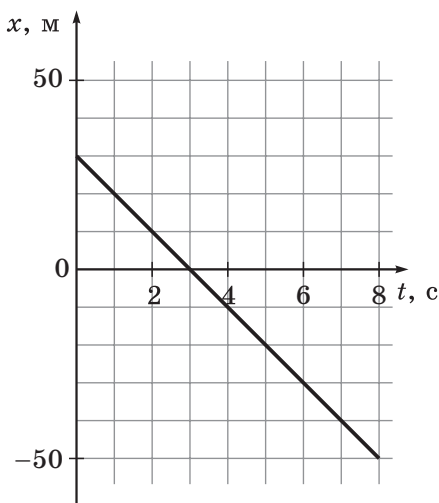


Рис. О 1.27