

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга предназначена для учащихся 10–11 классов. Она носит обучающий характер. Многим трудным задачам авторы предпослали специально подобранные подготовительные задачи; в каждом разделе отобран ряд **ключевых** задач (такие задачи отмечены знаком ¹). К части задач даны указания, подсказывающие идею решения.

Книга содержит качественные и расчетные задачи. Они дифференцированы по сложности на 3 уровня. Особенностью книги является наличие большого количества олимпиадных задач, что позволяет использовать сборник также на факультативных занятиях и при подготовке к олимпиадам.

Содержание данной книги соответствует программе по физике, утвержденной Министерством образования и науки Российской Федерации. Для удобства ученика и учителя перед каждым разделом книги приводится соответствующий раздел данной программы.

В Приложении помещен справочный материал: таблицы физических величин, некоторые данные о Земле и Солнце, полезные математические формулы.

¹ Подробное решение этих задач приведено в сборнике «Ключевые задачи по физике» для 10–11 классов тех же авторов.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
------------------	---

МЕХАНИКА

Кинематика

1. Материальная точка. Система отсчета.	
Путь и перемещение	7
2. Прямолинейное равномерное движение.....	12
3. Прямолинейное равноускоренное движение.....	20
4. Свободное падение. Движение тела, брошенного вертикально вверх или под углом к горизонту	29
5. Равномерное движение по окружности.....	37

Динамика

6. Законы Ньютона	44
7. Сила упругости. Сила трения	51
8. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести и вес тела.....	58
9. Применение законов динамики	64
10. Элементы статики	71

Законы сохранения в механике

11. Импульс. Закон сохранения импульса.....	80
12. Механическая работа. Энергия. Закон сохранения энергии	88

Механические колебания и волны

13. Механические колебания	97
14. Механические волны. Звук	106

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Молекулярная физика

15. Молекулярно-кинетическая теория	111
16. Уравнение состояния идеального газа.....	120
17. Газовые законы.....	127

Термодинамика

18. Законы термодинамики	138
19. Тепловые двигатели.....	150

ЖИДКОСТИ, ПАРЫ И ТВЕРДЫЕ ТЕЛА

20. Свойства жидкостей	157
21. Насыщенные и ненасыщенные пары. Влажность воздуха.....	165

22. Свойства твердых тел	172
23. Изменения агрегатных состояний вещества.....	178

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Электрическое поле

24. Электрический заряд. Закон Кулона.	
Напряженность электрического поля	185
25. Потенциал электрического поля. Проводники	
и диэлектрики в электрическом поле	193
26. Электрическая емкость. Конденсатор.	
Энергия электрического поля.....	202

Постоянный электрический ток

27. Электрический ток. Закон Ома для участка цепи	212
28. Последовательное и параллельное	
соединение проводников	217
29. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи.....	227
30. Работа и мощность тока. Закон Джоуля–Ленца.....	236
31. Электрический ток в металлах, жидкостях, газах	
и вакууме. Полупроводники	245

Магнитное поле

32. Магнитное поле. Вектор магнитной индукции.....	256
33. Электромагнитная индукция	266

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

34. Свободные электромагнитные колебания.	
Переменный ток	278
35. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны	286
36. Волновые свойства света	292
37. Цвет. Взаимодействие света с веществом	300
38. Геометрическая оптика.....	304
39. Элементы теории относительности	315

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

40. Световые кванты	322
41. Физика атома	329
42. Физика атомного ядра	335

ОТВЕТЫ.....	342
-------------	-----

Приложения	419
------------------	-----

МЕХАНИКА

КИНЕМАТИКА

Механическое движение и его относительность. Способы описания механического движения. Материальная точка как пример физической модели. Перемещение, скорость, ускорение.

Уравнения прямолинейного равномерного и равноускоренного движения. Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью. Центростремительное ускорение.

1. МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА. СИСТЕМА ОТСЧЕТА. ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

Средний уровень

Rешите устно

- 1.1. Приведите три примера задач, в которых спортсмена можно рассматривать как материальную точку.
- 1.2. Приведите три примера задач, в которых спортсмена нельзя рассматривать как материальную точку.
- 1.3. Приведите примеры задач, в одной из которых планету можно рассматривать как материальную точку, а в другой — нельзя.
- 1.4. Орбитальная космическая станция совершает полет. Можно ли ее считать материальной точкой: а) при расчете орбитальной скорости; б) при управлении стыковкой станции с космическим кораблем; в) при оценке риска столкновения с метеоритом?
- 1.5. Укажите, что принимают за тело отсчета, когда говорят:
а) автобус едет со скоростью 80 км/ч; б) пассажир идет по вагону скрого поезда со скоростью 5 км/ч; в) Земля движется по своей орбите со скоростью 30 км/с.
- 1.6. В какой системе отсчета проще описывать: а) движение поезда; б) движение предметов внутри вагона; в) движение планет?

- 1.7. Когда самолет летит над облаками, то пассажирам иногда кажется, что самолет падает вниз на облака, хотя самолет летит на постоянной высоте. Объясните явление.
- 1.8. Траектории движения двух материальных точек пересекаются. Означает ли это, что тела обязательно сталкиваются? Приведите пример, подтверждающий ваш ответ.
- 1.9. Лодка движется в сплошном тумане. Сможет ли рыбак, сидящий в лодке, определить направление движения лодки?
- 1.10. В каком случае модуль вектора перемещения совпадает с путем, пройденным телом?

Решите и запишите

- 1.11. Юноша уронил мяч с высоты 2 м, а затем, после отскока мяча от земли, поймал его на половине начальной высоты. Чему равны путь, пройденный мячом, и модуль перемещения?
- 1.12. Человек прошел по прямой дороге 3 км, повернул под прямым углом и прошел еще 4 км. Каковы путь и модуль перемещения на первом участке движения, на втором участке и за все время движения?
- 1.13. Расстояние между двумя пунктами по прямой линии 6 км. Человек проходит это расстояние туда и обратно за 2 ч. Чему равны путь и модуль перемещения человека за первый час? за второй час? за два часа? Считайте, что модуль скорости человека сохраняется неизменным.
- 1.14. Вертолет, пролетев в горизонтальном направлении по прямой 400 км, повернул под углом 90° и пролетел некоторое расстояние. Чему равно это расстояние, если в результате модуль перемещения вертолета оказался равным 500 м? Чему равен пройденный вертолетом путь?
- 1.15. Тело переместилось из начальной точки с координатами $x_0 = -1$ м и $y_0 = 3$ м в точку с координатами $x = 5$ м и $y = 6$ м. Выберите подходящий масштаб и изобразите в тетради графически вектор перемещения и его проекции. Найдите модуль перемещения.
- 1.16. Тело находится в точке с координатами $x_0 = 5$ м и $y_0 = 3$ м. Определите конечные координаты этого тела, если известны проекции перемещения $s_x = 6$ м и $s_y = 8$ м. Чему равен модуль перемещения тела?

Достаточный уровень

Решите устно

- 1.17. Приведите примеры, когда для описания одного и того же движения используют различные системы отсчета.
- 1.18. Что выбирают в качестве тела отсчета, когда говорят, что Солнце восходит и заходит? Что в данном случае является телом отсчета?
- 1.19. В некоторой системе отсчета координата x тела остается неизменной. Обязательно ли тело неподвижно в этой системе отсчета?
- 1.20. В некоторой системе отсчета координаты x и y тела не изменяются со временем. Какой может быть траектория движения тела?
- 1.21. При каком условии путь равен модулю перемещения? Может ли модуль перемещения быть больше пройденного пути? А может ли быть меньше?
- 1.22. Материальная точка движется равномерно от центра вращающегося диска по его радиусу. В какой системе отсчета траектория точки будет прямой линией?

Решите и запишите

- 1.23. Саны спустились под углом 45° к горизонту с горы длиной 100 м. Определите проекции перемещения саней по вертикальному и горизонтальному направлениям.
- 1.24. Лошадь прошла по арене цирка $\frac{3}{4}$ окружности радиусом 5 м. Определите пройденный путь и модуль перемещения.
- 1.25. Мотоциклист движется равномерно по круговой трассе радиусом 2 км, затрачивая на каждый круг 5 мин. Найдите пройденный путь и модуль перемещения за 2,5 мин; за 5 мин; за 10 мин.
- 1.26. Изобразите пример траектории движения тела, при котором модуль перемещения равен 15 см, а путь — 45 см.
- 1.27. Начертите траекторию движения, при котором путь превышает модуль перемещения: а) в 3 раза; б) в $\pi/2$ раза; в) в $\sqrt{2}$ раз.
- 1.28. Изобразите пример траектории движения тела, при котором модуль его перемещения равен 5 см, а путь — 7,85 см.

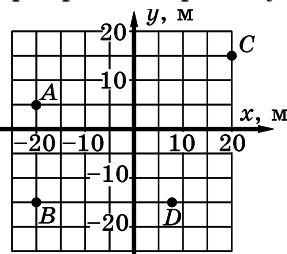
Высокий уровень

Решите устно

- 1.29. Автомобиль проехал 200 км. а) Какие точки колеса совершили максимальное перемещение? минимальное? б) Какие точки колеса прошли максимальный путь? минимальный?
- 1.30. Почему относительным считается не только механическое движение, но и покой? Объясните и приведите примеры.
- 1.31. Два тела, двигаясь прямолинейно, совершили одинаковые перемещения. Обязательно ли одинаковы пройденные ими пути?

Решите и запишите

- 1.32. Движущийся равномерно автомобиль сделал разворот, описав половину окружности. Покажите на чертеже путь и перемещение автомобиля за время разворота. Во сколько раз путь больше модуля перемещения?
- 1.33. Нарисуйте примерную траекторию движения конца секундной стрелки часов относительно земли, если часы лежат: а) на земле; б) на полу поднимающегося лифта; в) на столе в движущемся поезде. Циферблат во всех случаях горизонтален.
- 1.34. Вертолет, взлетевший с аэродрома на антарктической научной станции, взял курс на восток. Пролетев 300 км, он повернул на юг и, пролетев еще 300 км, достиг Южного полюса. На каком расстоянии от Южного полюса находится аэродром? Нарисуйте примерный вид траектории движения.
- 1.35. На рисунке показаны последовательные положения A , B , C , D игрока на футбольном поле через равные промежутки времени. Начертите векторы перемещений за каждый из промежутков. Каковы модуль перемещения s и проекции s_x , s_y за каждый из указанных интервалов и за все время движения? Чему равен пройденный футбольистом путь?



- 1.36.** Тропа проходит в северном направлении 3 км, затем сворачивает на юго-восток и тянется еще 4 км, затем делает поворот на северо-восток и тянется еще 4 км. Последние 11 км она направлена строго на юг. Определите путь, пройденный по ней туристом, и модуль перемещения. На какое расстояние сместился турист в восточном и южном направлениях? Начертите траекторию движения.
- 1.37.** Катер прошел из пункта A по озеру расстояние 5 км, затем повернул под углом 30° к направлению своего движения. После этого он шел до тех пор, пока направление на пункт A не стало составлять угол 90° с направлением его движения. Каков модуль перемещения катера? Какое расстояние от пункта A прошел катер?

2. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

$$v = \frac{s}{t} \Rightarrow s = v \cdot t, \quad t = \frac{s}{v} \quad s_x = v_x t, \quad x = x_0 + s_x, \quad x = x_0 + v_x t$$

$$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2, \quad \vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

П р и м е р р е ш е н и я з а д а ч и

Из двух поселков навстречу друг другу одновременно вышли два пешехода: один — со скоростью 4 км/ч, а другой — со скоростью 6 км/ч. Вместе с одним из пешеходов выбежала собака, добежала до другого пешехода, тут же развернулась, добежала снова до первого, опять развернулась и бегала так до тех пор, пока пешеходы не встретились. Какой путь пробежала собака, если расстояние между поселками 30 км, а собака бегала со скоростью 20 км/ч?

Решение. Путь, который пробежала собака, равен ее скорости, умноженной на все время ее движения. Скорость собаки дана в условии задачи, а время ее движения равно времени, которое понадобится пешеходам, чтобы дойти до места встречи. Начальное расстояние между пешеходами — 30 км. Идя навстречу друг другу, они *ближаются* со скоростью 10 км/ч. Следовательно, они встретятся через 3 ч после начала движения. А собака, бегая все это время со скоростью 20 км/ч, пробежит 60 км.

Ответ. 60 км.

Средний уровень

Р е ш и т е у с т н о

- 2.1. Назовите, какие из приведенных движений являются равномерными, а какие — неравномерными: а) движение самолета при взлете; б) движение автомобиля при повороте; в) подъем на эскалаторе метрополитена; г) движение конца секундной стрелки часов.
- 2.2. На одной из линий метрополитена электропоезд совершает каждый свой рейс в одном направлении за 1 час. Можно ли считать его движение равномерным?

- 2.3.** Тело за первую секунду переместилось на 1 м, за вторую — на 1 м, за третью — на 1 м, за четвертую — тоже на 1 м и т. д. Можно ли такое движение считать равномерным?
- 2.4.** Спортивный судья стоит на линии финиша. Должен ли он запустить секундомер в тот момент, когда увидит огонь стартового пистолета, или в тот момент, когда услышит выстрел?
- 2.5.** Почему дождевые капли в безветренную погоду оставляют наклонные полосы на стеклах равномерно движущегося вагона?
- 2.6.** Пассажир идущего поезда смотрит в окно на проходящий встречный поезд. Когда встречный поезд промчался мимо, пассажиру показалось, что его поезд замедлил ход. Почему?

Решите и запишите

- 2.7.** Турист прошел 4 км со скоростью 4,8 км/ч. Сколько времени он шел?
- 2.8.** Путешественник шел 25 мин со скоростью 5,4 км/ч. Какой путь он прошел?
- 2.9.** Через мост длиной 200 м идет поезд со скоростью 36 км/ч. С момента, когда на мост въехал локомотив, до момента, когда мост покинул последний вагон, прошла 1 минута. Какова длина поезда?
- 2.10.** Один автомобиль, двигаясь со скоростью 12 м/с в течение 10 с, совершил такое же перемещение, что и другой за 15 с. Какова скорость второго автомобиля, если оба двигались прямолинейно?
- 2.11.** Скорость лодки относительно воды — 4 км/ч, а скорость течения — 2 км/ч. За какое время лодка пройдет 12 км по течению реки? против течения?
- 2.12.** Моторная лодка прошла вниз по течению реки расстояние 22,5 км за 90 мин. Скорость лодки относительно воды — 12 км/ч. Сколько времени затратила лодка на обратный путь?

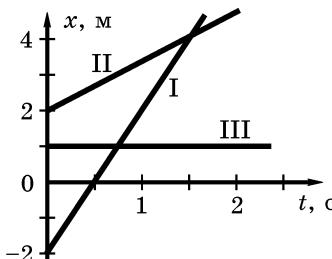
Достаточный уровень

Решите устно

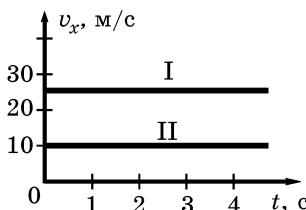
- 2.13.** Можно ли утверждать, что тело движется прямолинейно равномерно, если оно: а) за каждую секунду проходит

путь, равный 1 м; б) движется вдоль прямой в одном направлении и за каждую секунду проходит путь 3 м?

- 2.14. Тело движется прямолинейно равномерно. Обязательно ли являются линейными функциями времени: а) пройденный путь; б) модуль перемещения; в) модуль координаты?
- 2.15. Как должен подпрыгнуть цирковой наездник, скачущий на лошади по прямой с неизменной скоростью, чтобы, проскочив сквозь обруч, снова стать на лошадь? Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 2.16. Какие из приведенных ниже формул описывают прямолинейное равномерное движение? Какие из формул вообще не могут описывать реальное движение: а) $x = 3 - 0,5t$; б) $v = 3 - 0,5t$; в) $l = 3 - 0,5t$?
- 2.17. Два автомобиля движутся прямолинейно равномерно. Скорость движения первого автомобиля больше скорости второго. Чем отличаются графики их: а) путей; б) скоростей?
- 2.18. Уравнение движения тела $x = 12 - 3t$. Опишите это движение (укажите значения всех характеризующих его величин).
- 2.19. По графику зависимости координаты движущегося тела от времени опишите характер движения трех тел. Чему равна начальная координата x_0 каждого из тел?



- 2.20. По графику зависимости проекции скорости от времени опишите характер движения двух тел. С какой скоростью движется каждое тело?



Решите и запишите

- 2.21.** Движения двух тел заданы уравнениями $x_1 = 150 - 10t$ и $x_2 = 5t^1$. Определите время и место встречи.
- 2.22.** При равномерном движении вдоль оси OX координата материальной точки изменилась за 8 секунд от $x_1 = 9$ м до $x_2 = 17$ м. Найдите модуль скорости точки и проекцию вектора скорости на ось OX . Запишите формулу зависимости $x(t)$. Скорость считать постоянной.
- 2.23.** При равномерном движении вдоль оси OX координата точки изменилась за 5 с от значения $x_1 = 10$ м до $x_2 = -10$ м. Найдите модуль скорости точки и проекцию вектора скорости на ось OX . Запишите формулу зависимости $x(t)$. Считать скорость постоянной.
- 2.24.** Координата автомобиля, равномерно едущего по прямолинейному шоссе, в начальный момент равна $x_1 = 200$ м, а через 2 минуты $x_2 = 2,2$ км. С какой скоростью едет автомобиль? Запишите уравнение движения, постройте график скорости и график перемещения.
- 2.25.** Координаты материальной точки, движущейся в плоскости XOY , изменяются согласно формулам: $x = -4t$, $y = 6 + 2t$. Запишите уравнение траектории $y = y(x)$. Найдите начальные координаты движущейся точки и ее координаты через 1 с после начала движения.
- 2.26.** Вдоль оси OX движутся два тела, координаты которых изменяются согласно формулам: $x_1 = 4 + 2t$ и $x_2 = 8 - 2t$. Как движутся эти тела? В какой момент времени тела встретятся? Найдите координату точки встречи. Задачу решите графически.
- 2.27.** Скорость моторной лодки относительно воды — 6 км/ч, а скорость течения — 2 км/ч. Во сколько раз быстрее движется лодка по течению, чем против течения?
- 2.28.**  Проплывая под мостом на моторной лодке, рыбак уронил шляпу. Через полчаса он спохватился, повернулся обратно и поймал шляпу на 4 км ниже моста по течению. Модуль скорости лодки относительно воды оставался неизменным. Какова скорость течения? В какой системе отсчета проще решать эту задачу?
- 2.29.** Командир, едущий во главе колонны пехотинцев длиной 200 м, посыпает конного адъютанта с поручением

¹ Здесь и в последующих задачах все величины измеряются в единицах СИ.

к замыкающему. Через какое время адъютант вернется, если колонна движется со скоростью 2 м/с, а адъютант едет со скоростью 10 м/с? В какой системе отсчета удобнее решать эту задачу?

- 2.30.  Чтобы проплыть на моторной лодке от пристани A к пристани B , требуется $t_1 = 1$ ч, а обратная дорога занимает $t_2 = 3$ ч. Скорость лодки относительно воды остается постоянной. Во сколько раз эта скорость больше скорости течения?
- 2.31. Из поселка одновременно выехали два автомобиля: один — на север со скоростью 60 км/ч, другой — на восток со скоростью 80 км/ч. Как зависит от времени расстояние между автомобилями?

Высокий уровень

Решите устно

- 2.32. Может ли спортсмен на водных лыжах двигаться быстрее катера? Может ли катер двигаться быстрее лыжника?
- 2.33. Судно движется прямолинейно равномерно. Обязательно ли: а) тела, движущиеся относительно судна прямолинейно, будут и относительно земли двигаться прямолинейно; б) тела, движущиеся относительно судна равномерно, будут двигаться равномерно и относительно земли; в) тела, движущиеся относительно судна прямолинейно равномерно, будут и относительно земли двигаться прямолинейно равномерно?
- 2.34.  Мешает или помогает течение переплыть реку: а) за кратчайшее время? б) по кратчайшему пути? Считайте, что ширина реки и скорость течения всюду одинаковы.
- 2.35. Как можно по следам дождевых капель на боковых стеклах автомобиля найти скорость падения этих капель? Считайте, что ветра нет.

Решите и запишите

- 2.36.  Пункты A и B находятся на расстоянии $s = 1080$ км друг от друга. Самолет летит из пункта A в пункт B и обратно со скоростью $v = 390$ км/ч относительно воздуха. Сколько времени понадобится на весь полет, если на трассе полета непрерывно дует сильный ветер со скоро-

стью $u = 150$ км/ч? Рассмотрите два случая: а) ветер дует вдоль прямой AB ; б) ветер дует под прямым углом к прямой AB .

- 2.37. Из Москвы в Пушкино с интервалом в 10 мин вышли два электропоезда со скоростями 30 км/ч каждый. С какой скоростью двигался поезд, идущий в Москву, если электропоезда прошли мимо него с интервалом в 4 минуты?
- 2.38. В некоторой точке A в стороне от шоссе находится человек. На шоссе в точке B человек увидел автобус, движущийся со скоростью \vec{v}_a . С какой минимальной скоростью должен бежать человек к шоссе, чтобы успеть сесть в автобус? В каком направлении он должен бежать? Задачу решите графически.

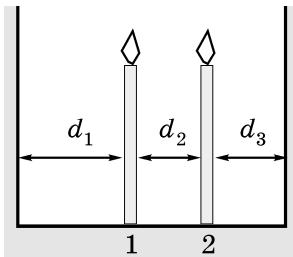
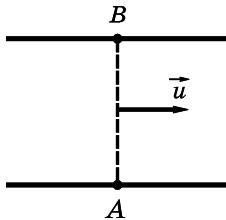


- 2.39. Ведро выставлено на дождь. Изменится ли скорость наполнения ведра дождевой водой, если подует ветер?
- 2.40. Капли дождя падают отвесно со скоростью u . а) Одно ведро стоит в кузове автомобиля, движущегося со скоростью v , а другое — у обочины дороги. В каком ведре окажется больше дождевой воды? Во сколько раз больше? б) По дороге катится мяч со скоростью v . Другой такой же мяч лежит неподвижно. На какой мяч попадает больше капель? Во сколько раз больше?
- 2.41. Пассажир поезда заметил, что две встречные электрички промчались мимо него с интервалом $t_1 = 6$ мин. С каким интервалом времени t_2 прошли эти электрички мимо станции, если поезд, на котором находится пассажир, шел со скоростью $v_1 = 100$ км/ч, а скорость каждой из электричек $v_2 = 60$ км/ч? В какой системе отсчета удобнее решать эту задачу?
- 2.42. Эскалатор поднимает стоящего на нем человека за $t_1 = 1$ мин, а если человек идет вверх по остановившемуся эскалатору, на подъем уходит $t_2 = 3$ мин. Сколько времени понадобится на подъем, если человек будет идти вверх по движущемуся вверх эскалатору?

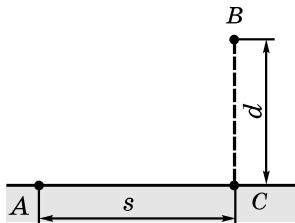
- 2.43.** Человек, идущий вниз по движущемуся вниз эскалатору, затрачивает на спуск 1 мин. Если человек будет идти вдвое быстрее, он затратит на 15 с меньше. Сколько времени он будет спускаться, стоя на эскалаторе?
- 2.44.** У двух туристов один велосипед, на котором может ехать только один человек. Как туристам воспользоваться велосипедом, чтобы обоим прибыть на базу в кратчайший срок?
- 2.45.** Человек идет по эскалатору. В первый раз он насчитал 50 ступенек, пробежав весь эскалатор. Во второй раз, двигаясь в ту же сторону со скоростью втрое большей, он насчитал 75 ступенек. Сколько ступенек он насчитал бы на неподвижном эскалаторе?

Олимпиадные задачи

- 0-1.** На лодке переплывают реку, отправляясь из пункта A (см. рисунок). Скорость лодки в стоячей воде $v = 5$ м/с, скорость течения реки $u = 3$ м/с, ширина реки $s = 200$ м. а) В какой точке лодка пристанет к противоположному берегу, если держать курс перпендикулярно берегам? б) Какой курс следует держать, чтобы попасть в точку B ? Для обоих случаев найдите время переправы.
- 0-2.** Две свечи одинаковой длины l зажгли одновременно и поставили на столе между двумя стенами, как показано на рисунке. При этом оказалось, что тень первой свечи (на левой стене) неподвижна, а тень второй свечи (на правой стене) укорачивается со скоростью v . Через какое время и какая свеча погаснет первой? Через какое время погаснет и другая свеча?



- О-3.** Человек находится на берегу озера в точке A и хочет в кратчайшее время попасть в точку B , находящуюся на озере (см. рисунок). Скорость движения человека в воде v_1 , а по берегу — v_2 . По какой траектории следует двигаться человеку, если $v_2 > v_1$?



- О-4.** По прямому шоссе движется автобус со скоростью $v_1 = 16 \text{ м/с}$. Впереди по ходу автобуса в поле на расстоянии $d = 60 \text{ м}$ от шоссе и $s = 400 \text{ м}$ от автобуса находится человек, который может бежать со скоростью $v_2 = 4 \text{ м/с}$. В каком направлении он должен бежать, чтобы успеть «перехватить» автобус? При какой наименьшей скорости человека $v_{2\min}$ это возможно? В каком направлении следует бежать с такой скоростью?