

## Программа подготовки девятиклассников к региональному и заключительному этапам Всероссийской олимпиады школьников по физике

Чтобы успешно выступить на Всероссийской олимпиаде, нужно очень многое знать и уметь. Как минимум, надо уметь решать те задачи, которые встречались на Всероссе в прежние годы.

Настоящая программа составлена на основе всех 224 задач теоретического тура, которые предлагались девятиклассникам на предпоследнем и заключительном этапах Всероссийской олимпиады школьников по физике в 1992—2017 годах<sup>1</sup>. Классификация данных задач по темам выполнена автором и отражена в содержании программы.

На каждую задачу даётся ссылка вида [Vse2013R9](#) (задача 3) или [Vse2013F9](#) (задача 3). Ссылка ведёт на вариант Всероссийской олимпиады (Vse) соответствующего года (в данном случае — 2012/13) предпоследнего этапа (R) или финала (F) для 9 класса; пройдя по ссылке, надо найти там задачу №3.

Предпоследний этап Всероссийской олимпиады, обозначаемый нами буквой R, в разные времена назывался по-разному.

- Зональный этап (1992—2001). Это был четвёртый этап — после школьного, муниципального и регионального<sup>2</sup>. Территория России делилась на четыре зоны; кроме того, городские олимпиады Москвы и Санкт-Петербурга также играли роль зонального этапа (с них школьники выходили прямо на заключительный этап Всеросса).
- Федеральный окружной этап (2002—2008). Вместо деления на четыре зоны Россия была поделена на семь федеральных округов. Этап по-прежнему был четвёртым (после регионального), и городские олимпиады Москвы и Санкт-Петербурга так же приравнивались к окружному этапу Всеросса.
- Региональный этап (с 2009). Федеральный окружной этап был упразднён, заключительный этап (финал) вместо пятого стал четвёртым, а в финал теперь попадают с регионального этапа. Кроме того, Московская и Санкт-Петербургская олимпиады школьников выведены из Всероссийской олимпиады и больше не являются её этапами — нынче это отдельные олимпиады, никак не связанные друг с другом.

Именно от современного названия предпоследнего этапа («региональный») и происходит принятое в данном документе обозначение R в маркировке задач. Мы распространили его на эпохи зонального и федерального окружного этапов исключительно с целью единообразия.

Данная программа периодически обновляется и модифицируется. Последняя версия документа находится по адресу <http://mathus.ru/olymp/provse9phys.pdf>.

---

<sup>1</sup>Финал 1992 года — это Межреспубликанская олимпиада, в которой принимали участие школьники бывших республик распавшегося незадолго перед этим Советского Союза. На ней закончилась эпоха Всесоюзных олимпиад (последняя из которых состоялась в 1991 году), а с 1993 года ведёт свой отсчёт современная Всероссийская олимпиада.

<sup>2</sup>Известная шутка тех времён: «позади — регион, впереди — зона».

# Содержание

<b>1</b>	<b>Механика</b>	<b>4</b>
1.1	Движение с постоянной скоростью	4
1.2	Движение с переменной скоростью	4
1.2.1	Средняя скорость	4
1.2.2	Путь как площадь под графиком скорости	4
1.2.3	Графики движения в нестандартных осях	5
1.2.4	Касательные к графикам	5
1.3	Относительность движения	5
1.4	Кинематика систем со связями	5
1.5	Кинематика упругих отражений	6
1.6	Прямолинейное равноускоренное движение	6
1.7	Баллистика	6
1.7.1	Координатный подход	6
1.7.2	Векторный подход	7
1.7.3	Отражение траектории	7
1.7.4	Относительность	7
1.7.5	Радиус кривизны параболы	7
1.8	Движение по окружности	8
1.9	Законы Ньютона	8
1.10	Закон всемирного тяготения	8
1.11	Сила упругости	8
1.12	Сила трения	8
1.13	Движение связанных тел	9
1.14	Наклонная плоскость	9
1.15	Динамика систем со связями	9
1.16	Сохранение механической энергии	9
1.17	Упругие столкновения	10
1.18	Изменение механической энергии	10
1.19	Неупругие столкновения	10
1.20	Центр масс	10
1.21	Статика твёрдого тела	11
1.22	Гидростатика	11
1.23	Динамика твёрдого тела	12
1.24	Движение идеальной жидкости	12
1.25	Метод размерностей	12
1.26	Соппротивление среды	13
1.27	Динамика автомобиля	13
1.28	Процессы и измерения	13
1.29	Гармонические колебания	13
<b>2</b>	<b>Тепловые явления</b>	<b>14</b>
2.1	Уравнение теплового баланса	14
2.2	Анализ графических зависимостей	14
2.3	Скорость теплопередачи	14

<b>3</b>	<b>Электричество</b>	<b>15</b>
3.1	Электрические цепи . . . . .	15
3.2	Вычисление сопротивлений . . . . .	16
3.2.1	Параллельное и последовательное соединение . . . . .	16
3.2.2	Схема моста . . . . .	16
3.2.3	Использование закона Ома . . . . .	17
3.3	Мощность тока . . . . .	17
3.4	Электронагреватель . . . . .	17
3.5	Нелинейные элементы . . . . .	17
3.5.1	Вольт-амперная характеристика . . . . .	18
3.5.2	Схемы с диодами . . . . .	18
<b>4</b>	<b>Оптика</b>	<b>18</b>
4.1	Прямолинейное распространение света . . . . .	18
4.2	Плоское зеркало . . . . .	19
4.3	Преломление света . . . . .	19
4.4	Тонкие линзы . . . . .	19
4.5	Глаз человека . . . . .	19

# 1 Механика

## 1.1 Движение с постоянной скоростью

Сюжеты задач строятся вокруг формулы  $s = vt$ . Тема проста и встречается нечасто.

- [Vse2010R9](#) (задача 1);
- [Vse2012R9](#) (задача 1);
- [Vse2006R9](#) (задача 1);
- [Vse1997R9](#) (задача 3).

Дополнительно — листок «[Равномерное движение](#)».

## 1.2 Движение с переменной скоростью

Здесь используются достаточно содержательные и полезные физические идеи, которые вплотную подводят к важнейшим математическим понятиям дифференцирования и интегрирования.

### 1.2.1 Средняя скорость

Задачи на среднюю скорость остались в 7–8 классах, однако их отголоски можно встретить на самом высоком уровне.

- (*Задача про муху*<sup>3</sup>) У обочины прямолинейного шоссе стоит столб, а на столбе сидит муха. По шоссе, приближаясь к столбу, движется велосипедист со скоростью  $u$ . В тот момент, когда расстояние между велосипедистом и столбом равно  $L$ , муха вылетает навстречу велосипедисту со скоростью  $v_1$ . Встретив велосипедиста, муха мгновенно разворачивается и летит назад со скоростью  $v_2 > u$ . Поравнявшись со столбом, муха опять разворачивается и летит навстречу велосипедисту со скоростью  $v_1$ , потом — опять назад со скоростью  $v_2$ , и так далее. Какое расстояние пролетит муха к тому моменту, когда велосипедист доедет до столба?
- [Vse2006F9](#) (задача 2).

### 1.2.2 Путь как площадь под графиком скорости

Путь, пройденный телом с момента времени  $t_1$  до момента  $t_2$ , есть площадь под графиком зависимости  $v(t)$  скорости тела от времени на промежутке  $[t_1; t_2]$ . Умеете объяснять, почему это так?

- [Vse1992R9](#) (задача 1);
- [Vse2008R9](#) (задача 2).

---

<sup>3</sup>Рассказывают, что похожую задачу (в облегчённом варианте с  $v_2 = v_1$ ) предложили выдающемуся математику и физику Джону фон Нейману, и через несколько секунд он дал правильный ответ. Когда ему сказали, что задача действительно простая, но многие решающие не видят идеи и пытаются просуммировать ряд, Джон фон Нейман ответил, что он как раз-таки просуммировал ряд ;-)

### 1.2.3 Графики движения в нестандартных осях

Многие величины (не только путь!) могут быть найдены как площадь под некоторым графиком. Что, например, есть площадь под графиком зависимости  $C(T)$  теплоёмкости тела от температуры? А площадь под графиком зависимости обратного ускорения  $1/a$  от скорости  $v$ ?

- [Vse1994R9](#) (задача 1);
- [Vse2008F9](#) (задача 2).

### 1.2.4 Касательные к графикам

При движении с постоянной скоростью вдоль оси  $x$  график зависимости  $x(t)$  координаты от времени есть прямая. Какой величиной является угловой коэффициент этой прямой? Аналогично, чем является угловой коэффициент прямой, служащей графиком зависимости  $v(t)$  при равноускоренном движении?

Обобщим эту ситуацию на случай произвольных зависимостей различных физических величин от времени. Чем является угловой коэффициент касательной, проведённой в точке с абсциссой  $t_0$  к графику  $x(t)$ ? К графику  $v(t)$ ? К графику  $Q(t)$  зависимости количества подведённого к телу тепла от времени? К графику  $Q(T)$ , где  $T$  — температура тела?

- [Vse2003R9](#) (задача 1);
- [Vse2008F9](#) (задача 1).

Дополнительно — листок «[Неравномерное движение](#)».

## 1.3 Относительность движения

**Закон сложения скоростей.** Если муха ползёт по вагону со скоростью  $\vec{v}_0$ , а вагон движется по земле со скоростью  $\vec{u}$ , то скорость  $\vec{v}$  мухи относительно земли есть *векторная* сумма указанных скоростей:  $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{u}$ .

- [Vse1996F9](#) (задача 1);
- [Vse2001R9](#) (задача 1);
- [Vse2009F9](#) (задача 2);
- [Vse2005R9](#) (задача 1);
- [Vse2002F9](#) (задача 2);
- [Vse2010F9](#) (задача 2);
- [Vse2017F9](#) (задача 2).

Дополнительно — листок «[Относительность движения](#)».

## 1.4 Кинематика систем со связями

При произвольном движении недеформируемого стержня оказываются равными друг другу проекции скоростей его концов на направление стержня. При этом роль такого стержня может играть любой отрезок произвольного твёрдого тела.

- [Vse2001F9](#) (задача 1);
- [Vse2007F9](#) (задача 1).

Дополнительно — листок «[Закон палочки](#)».

## 1.5 Кинематика упругих отражений

Массивная плита движется со скоростью  $u$ . Навстречу ей летит шарик со скоростью  $v$ . С какой скоростью отскочит шарик после упругого удара о плиту?

- [Vse1993F9](#) (задача 2).

Дополнительно — листок «[Упругое отражение](#)».

## 1.6 Прямолинейное равноускоренное движение

Если тело разгоняется с постоянным ускорением от скорости  $v_1$  до скорости  $v_2$ , то средняя скорость на всём пути есть среднее арифметическое  $v_1$  и  $v_2$ , а скорость на середине пути — их среднее квадратическое. Докажите.

- [Vse2016R9](#) (задача 1);
- [Vse2005F9](#) (задача 2);
- [Vse2015F9](#) (задача 1);
- [Vse2014F9](#) (задача 1);
- [Vse2013R9](#) (задача 3);
- [Vse2010R9](#) (задача 4).

Дополнительно — листки «[Равноускоренное движение](#)» и «[Вертикальное движение](#)».

## 1.7 Баллистика

Сюда относятся задачи на криволинейное движение с постоянным ускорением — главным образом, на параболическое движение тела в поле силы тяжести.

### 1.7.1 Координатный подход

Стандартный метод — проектирование двух векторных уравнений движения

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t, \quad \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0t + \frac{\vec{g}t^2}{2}$$

на оси прямоугольной декартовой системы координат и последующие манипуляции с полученной системой четырёх скалярных уравнений.

- [Vse2017R9](#) (задача 1);
- [Vse2011R9](#) (задача 3);
- [Vse2013R9](#) (задача 4);
- [Vse1997F9](#) (задача 1);
- [Vse2011F9](#) (задача 1);
- [Vse1994F9](#) (задача 2).

Дополнительно — листок «[Баллистика. Координаты](#)».

### 1.7.2 Векторный подход

В рамках данного подхода мы не проектируем векторные уравнения движения на оси, а изучаем геометрию, связанную с этими уравнениями. Ключевой факт: вектор  $\vec{s}/t$  является медианой треугольника скоростей. Подробности и разные задачи — в листке [«Баллистика. Векторы»](#).

- [Vse2012R9](#) (задача 3);
- [Vse1999F9](#) (задача 1);
- [Vse2015R9](#) (задача 4);
- [Vse2007F9](#) (задача 2);
- [Vse2004F9](#) (задача 1);
- [Vse2000F9](#) (задача 2);
- [Vse2003F9](#) (задача 1).

### 1.7.3 Отражение траектории

На Всероссе такая задача встретила лишь однажды:

- [Vse2016R9](#) (задача 2),

но вообще тема известная и знать её надо: [«Баллистика. Отражения»](#).

### 1.7.4 Относительность

Если в полёте находятся одновременно два тела, то бывает полезно перейти в систему отсчёта, связанную с одним из тел. Поскольку оба тела двигаются с одинаковым ускорением  $\vec{g}$ , второе тело в указанной системе отсчёта будет двигаться *с постоянной скоростью*.

- [Vse1998R9](#) (задача 1);
- [Vse1999R9](#) (задача 4);
- [Vse2013F9](#) (задача 1).

Дополнительно — листок [«Баллистика. Относительность»](#).

### 1.7.5 Радиус кривизны параболы

Если кривая задана своим уравнением, то нахождение её радиуса кривизны в данной точке — чисто математическая задача. Однако в некоторых случаях это может быть задачей по физике!

- [Vse1993F9](#) (задача 1);

Также — листок [«Кривизна траектории»](#).

## 1.8 Движение по окружности

*Каноническая задача.* Колесо катится по горизонтальной дороге без проскальзывания. Центр колеса движется с постоянной скоростью  $v_0$ . Найти мгновенную скорость произвольной точки обода колеса (в зависимости от угла  $\varphi$  между радиусом этой точки и вертикалью).

- [Vse1995R9](#) (задача 2);
- [Vse1996R9](#) (задача 1);
- [Vse2016F9](#) (задача 1).

Дополнительно — листок «[Движение по окружности](#)».

## 1.9 Законы Ньютона

- [Vse1996R9](#) (задача 2);
- [Vse2017R9](#) (задача 2);
- [Vse1995F9](#) (задача 2);
- [Vse1994F9](#) (задача 1);
- [Vse2016F9](#) (задача 2).

Дополнительно — листки «[Законы Ньютона](#)», «[Конический маятник](#)».

## 1.10 Закон всемирного тяготения

- [Vse2002F9](#) (задача 1);
- [Vse1998R9](#) (задача 5);
- [Vse1996R9](#) (задача 4).

Дополнительно — листок «[Гравитация](#)».

## 1.11 Сила упругости

- [Vse2005F9](#) (задача 1);
- [Vse1997R9](#) (задача 4);
- [Vse2002R9](#) (задача 2);

Дополнительно — листок «[Сила упругости](#)».

## 1.12 Сила трения

- [Vse2001R9](#) (задача 2);
- [Vse2003R9](#) (задача 2);
- [Vse2004R9](#) (задача 1);
- [Vse2011R9](#) (задача 4);
- [Vse2016F9](#) (задача 3).

Дополнительно — листок «[Сила трения](#)».



### 1.13 Движение связанных тел

Пусть два тела  $1$  и  $2$  связаны невесомой нерастяжимой нитью, которая перекинута через невесомый неподвижный блок (машина Атвуда). Отрезки нитей вертикальны, трения нет. Тела отпускают. Почему они будут двигаться с одинаковыми по модулю скоростями и ускорениями?

Ещё несколько простых фактов. Вы активно их использовали в 7 и 8 классе; но хорошо ли вы понимаете, как отвечать на нижеследующие вопросы (1)—(3)?

Пусть  $T_1$  — сила натяжения нити, приложенная к телу  $1$ , а  $F_1$  — сила натяжения данного отрезка нити в точке касания с блоком. Силы  $T_2$  и  $F_2$  определяются аналогично.

- (1) Почему  $F_1 = T_1$  (и соответственно  $F_2 = T_2$ )?
- (2) Почему  $F_1 = F_2$ ?
- (3) Таким образом, сила натяжения  $T$  постоянна вдоль всей нити. Почему сила реакции оси блока равна  $2T$ ?

- [Vse1995R9](#) (задача 3);
- [Vse2014R9](#) (задача 2).

Дополнительно — листок «[Связанные тела](#)».

### 1.14 Наклонная плоскость

Как экспериментально найти коэффициент трения между ластиком и линейкой?

- [Vse2000R9](#) (задача 2).

Много дополнительных задач — в листке «[Наклонная плоскость](#)».

### 1.15 Динамика систем со связями

После написания второго закона Ньютона для каждого из тел системы может оказаться, что число уравнений меньше числа неизвестных. Так бывает, когда в системе имеются связи, ограничивающие движение тел. В этом случае недостающие уравнения выражают *кинематическую связь* между ускорениями тел, которая вытекает из геометрии, свойственной системе.

- [Vse2008R9](#) (задача 1);
- [Vse1998R9](#) (задача 3);
- [Vse1999F9](#) (задача 2).

Решаем целиком листок «[Кинематические связи в динамике](#)». Много таких задач попадает на МОШ.

### 1.16 Сохранение механической энергии

Если на систему тел не действуют внешние силы (или действуют, но компенсируют друг друга), а в самой системе отсутствует трение, то неизменной остаётся механическая энергия системы — сумма кинетических энергий тел и потенциальной энергии их взаимодействия друг с другом.

- [Vse2000R9](#) (задача 4);
- [Vse2012F9](#) (задача 2);

- [Vse2001F9](#) (задача 2);
- [Vse2013F9](#) (задача 3).

Дополнительно — листки «[Консервативные системы](#)», «[Динамика маятника](#)», «[Мёртвая петля](#)», «[Соскальзывание со сферы](#)».

## 1.17 Упругие столкновения

При абсолютно упругом ударе не теряется механическая энергия, поэтому два состояния — до и после упругого столкновения — связаны друг с другом как законом сохранения импульса, так и законом сохранения энергии.

- [Vse2005R9](#) (задача 2);
- [Vse2011F9](#) (задача 2).

Обязательно решать задачи МФТИ из листка «[Упругие взаимодействия](#)» — в них работают те же идеи.

## 1.18 Изменение механической энергии

В общем случае механическая энергия системы не сохраняется: изменение механической энергии равно работе силы трения и других внешних сил, действующих на тела данной системы.

- [Vse2015F9](#) (задача 2);
- [Vse2004F9](#) (задача 2).

Дополнительно — листок «[Неконсервативные системы](#)».

## 1.19 Неупругие столкновения

При неупругом ударе механическая энергия не сохраняется (часть её переходит в тепло), поэтому в отличие от упругого удара здесь работает только закон сохранения импульса.

- [Vse1993R9](#) (задача 3);
- [Vse2005R9](#) (задача 3);
- [Vse2007R9](#) (задача 2);
- [Vse1995F9](#) (задача 1);
- [Vse1997F9](#) (задача 2).

Дополнительно — листок «[Неупругие взаимодействия](#)».

## 1.20 Центр масс

Обязательно надо разобраться с теорией листка «[Центр масс](#)»: на олимпиадах в 9 классе такие задачи встречаются.

- [Vse1992F9](#) (задача 4).

Сравните это с [Vse2010R10](#) (задача 2).

Теорема о движении центра масс — листок «[Массивный канат](#)».

## 1.21 Статика твёрдого тела

Условия равновесия твёрдого тела: 1) силы компенсируют друг друга; 2) вращающие моменты компенсируют друг друга. Моменты можно вычислять относительно любого полюса (наиболее удобного).

- [Vse1999R9](#) (задача 1);
- [Vse1992F9](#) (задача 1);
- [Vse2015R9](#) (задача 1);
- [Vse2014R9](#) (задача 1);
- [Vse1998F9](#) (задача 1);
- [Vse1996F9](#) (задача 2);
- [Vse2000F9](#) (задача 1).

Дополнительно — листки «[Статика](#)» и «[Момент силы](#)».

## 1.22 Гидростатика

По количеству задач на Всероссийской олимпиаде гидростатика является одним из лидирующих разделов — наряду с теплотой и расчётом электрических цепей.

- [Vse1992R9](#) (задача 2);
- [Vse1993R9](#) (задача 2);
- [Vse1994R9](#) (задача 3);
- [Vse1996R9](#) (задача 3);
- [Vse1999R9](#) (задача 3);
- [Vse2002R9](#) (задача 1);
- [Vse2004R9](#) (задача 2);
- [Vse2007R9](#) (задача 3);
- [Vse2009R9](#) (задача 2);
- [Vse2011R9](#) (задача 1);
- [Vse2012R9](#) (задача 2);
- [Vse2013R9](#) (задача 1);
- [Vse2014R9](#) (задача 5);
- [Vse2017R9](#) (задача 3);
- [Vse1994F9](#) (задача 3);
- [Vse1998F9](#) (задача 3);

- [Vse2003F9](#) (задача 2);
- [Vse2009F9](#) (задача 1);
- [Vse2010F9](#) (задача 1);
- [Vse2011F9](#) (задача 5);
- [Vse2012F9](#) (задача 1);
- [Vse2013F9](#) (задача 4);
- [Vse2014F9](#) (задача 3).

Дополнительно — листки «Гидростатика», «Трубка с жидкостью» и «Горизонтальная сила Архимеда».

### 1.23 Динамика твёрдого тела

Задачи на сложное движение твёрдого тела (вращение с проскальзыванием, переходящее в чистое качение) обычно предлагаются в 10–11 классах, однако однажды это появилось и у девятиклассников:

- [Vse1998F9](#) (задача 2).

В связи с этим желательно поработать с листком «Вращение твёрдого тела» (для начала хотя бы задачи МФТИ).

### 1.24 Движение идеальной жидкости

Надо знать уравнение Бернулли (обязательно с выводом!) и формулу Торричелли.

- [Vse2004F9](#) (задача 3).

Дополнительно — листок «Движение жидкости».

### 1.25 Метод размерностей

Анализ размерностей является мощным инструментом физики. Великий физик Энрико Ферми говорил, что «действительно понимающие природу того или иного явления должны получать основные законы из соображений размерности».

Суть метода заключается в следующем. Допустим, нам из физических соображений ясно, что исследуемая величина  $X$  зависит только от величин  $A$ ,  $B$  и  $C$ . Тогда  $X \propto A^\alpha B^\beta C^\gamma$ , и неизвестные показатели степени  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  определяются из соображений размерности путём решения соответствующей системы уравнений. Как именно это происходит — смотрим:

- [Vse2000R9](#) (задача 1).

Сравните с [Vse2014R11](#) (задача 1).

## 1.26 Сопротивление среды

С написанием второго закона Ньютона тут проблем нет, но зависимость силы сопротивления от скорости усложняет ситуацию, внося в задачу необходимую «олимпиадность».

*Каноническая задача.* Лодке массой  $m$  сообщают скорость  $v_0$ . Какой путь пройдёт лодка до полной остановки? Сила сопротивления воды пропорциональна скорости лодки:  $\vec{f} = -k\vec{v}$ , где  $k$  — известный коэффициент.

- [Vse2015R9](#) (задача 2);
- [Vse2007R9](#) (задача 1);
- [Vse2006R9](#) (задача 2);
- [Vse2009R9](#) (задача 4);
- [Vse2014F9](#) (задача 2);
- [Vse2017F9](#) (задача 1).

Дополнительно — листок «[Сопротивление среды](#)».

## 1.27 Динамика автомобиля

При повороте руля автомобиль движется по дуге окружности. Какая сила обеспечивает автомобилю центростремительное ускорение?

- [Vse1998R9](#) (задача 2).

Дополнительно — листок «[Движение автомобиля](#)».

## 1.28 Процессы и измерения

Физика, как известно, — наука экспериментальная, поэтому даже на теоретическом туре может возникнуть необходимость что-то измерить или построить график по табличным данным.

- [Vse1994R9](#) (задача 2);
- [Vse2009R9](#) (задача 1);
- [Vse2016R9](#) (задача 3).

Дополнительно — листок «[Процессы и измерения](#)».

## 1.29 Гармонические колебания

Однажды было:

- [Vse2006F9](#) (задача 1).

## 2 Тепловые явления

### 2.1 Уравнение теплового баланса

- [Vse2010R9](#) (задача 2);
- [Vse2013R9](#) (задача 2);
- [Vse2014R9](#) (задача 3);
- [Vse2017R9](#) (задача 4);
- [Vse1993F9](#) (задача 3);
- [Vse2000F9](#) (задача 3);
- [Vse2010F9](#) (задача 3);
- [Vse2011F9](#) (задача 3).

### 2.2 Анализ графических зависимостей

Если дан график зависимости некоторой величины (например, массы или количества теплоты) от времени, то бывает полезно провести касательную и найти мгновенную скорость изменения этой величины в нужный момент времени.

- [Vse2004R9](#) (задача 3);
- [Vse2016R9](#) (задача 5);
- [Vse1992F9](#) (задача 2);
- [Vse2009F9](#) (задача 4).

Дополнительно к обоим последним пунктам — листок «[Теплообмен](#)».

### 2.3 Скорость теплопередачи

Скорость остывания нагретого тела прямо пропорциональна площади поверхности тела и разности температур тела и окружающей среды:  $N = kS\Delta t$ , где  $N = \frac{\Delta Q}{\Delta \tau}$  — мощность теплопередачи. Величина  $\frac{N}{S} = \frac{\Delta Q}{S\Delta \tau}$  — количество теплоты, уходящее с единицы площади тела в единицу времени — называется *тепловым потоком*; поэтому говорят ещё, что *тепловой поток от более нагретого тела к менее нагретому пропорционален разности температур этих тел*. Это утверждение называется *законом Ньютона — Рихмана*.

Если тема совсем новая для вас, то можно начать с листка «[Мощность теплопередачи](#)», предназначенного для восьмиклассников. Ну а дальше — Всероссий, этих задач тут много (особенно в финалах).

- [Vse1992R9](#) (задача 3);
- [Vse1997R9](#) (задача 2);
- [Vse2005R9](#) (задача 4);
- [Vse2008R9](#) (задача 4);

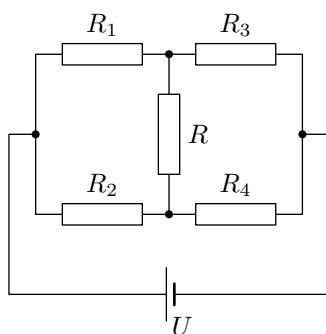
- [Vse2011R9](#) (задача 2);
- [Vse1996F9](#) (задача 3);
- [Vse1997F9](#) (задача 3);
- [Vse2001F9](#) (задача 3);
- [Vse2003F9](#) (задача 3);
- [Vse2005F9](#) (задача 4);
- [Vse2008F9](#) (задача 4);
- [Vse2012F9](#) (задача 3);
- [Vse2013F9](#) (задача 2);
- [Vse2014F9](#) (задача 4);
- [Vse2015F9](#) (задача 3);
- [Vse2016F9](#) (задача 4).

Дополнительно — листок «[Закон Ньютона — Рихмана](#)».

## 3 Электричество

### 3.1 Электрические цепи

*Каноническая задача.* На рисунке изображён мост Уитстона. Резисторы  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  — плечи моста, резистор  $R$  — его диагональ. Найдите ток  $I_R$  через резистор  $R$ . При каком соотношении между плечами мост сбалансирован ( $I_R = 0$ )?



Частный случай полученной формулы для  $I_R$  (при  $R = 0$ ) пригодится вам ниже в одной из задач Всеросса.

- [Vse1992R9](#) (задача 4);
- [Vse2001R9](#) (задача 3);
- [Vse2010R9](#) (задача 3);
- [Vse2011R9](#) (задача 5);
- [Vse2013R9](#) (задача 5);

- [Vse2014R9](#) (задача 4);
- [Vse2015R9](#) (задача 3);
- [Vse2016R9](#) (задача 4);
- [Vse1995F9](#) (задача 4);
- [Vse1997F9](#) (задача 4);
- [Vse1999F9](#) (задача 3);
- [Vse2000F9](#) (задача 4);
- [Vse2001F9](#) (задача 4);
- [Vse2005F9](#) (задача 3);
- [Vse2006F9](#) (задача 4);
- [Vse2008F9](#) (задача 3);
- [Vse2009F9](#) (задача 3);
- [Vse2010F9](#) (задача 5);
- [Vse2013F9](#) (задача 5);
- [Vse2016F9](#) (задача 5).

Дополнительно — листок «[Электрические цепи](#)».

## 3.2 Вычисление сопротивлений

*Каноническая задача.* Даны три точки  $A, B, C$ . Сначала резисторы  $R_a, R_b, R_c$  подключают к ним «треугольником» ( $R_a$  — между  $B$  и  $C$ ;  $R_b$  — между  $C$  и  $A$ ;  $R_c$  — между  $A$  и  $B$ ). Затем резисторы  $r_a, r_b, r_c$  подключают к ним «звездой» ( $r_a$  — между  $A$  и  $O$ ;  $r_b$  — между  $B$  и  $O$ ;  $r_c$  — между  $C$  и  $O$ ;  $O$  — центр «звезды»). Докажите, что для любых  $R_a, R_b, R_c$  существуют такие  $r_a, r_b, r_c$ , что «треугольник» и «звезда» эквивалентны (выразите  $r_a, r_b, r_c$  через  $R_a, R_b, R_c$ ).

### 3.2.1 Параллельное и последовательное соединение

- [Vse2004F9](#) (задача 4);
- [Vse2012R9](#) (задача 4);
- [Vse2017R9](#) (задача 5).

### 3.2.2 Схема моста

Если мост сбалансирован, то через его диагональ ток не течёт, и поэтому резистор диагонали можно выкинуть из схемы. Схема упростится.

- [Vse1997R9](#) (задача 1);
- [Vse2002R9](#) (задача 4);
- [Vse2003R9](#) (задача 3).



### 3.2.3 Использование закона Ома

- [Vse2011F9](#) (задача 4).

Дополнительно — листок «[Вычисление сопротивлений](#)».

### 3.3 Мощность тока

Здесь может появиться закон Ньютона — Рихмана (ибо теплопередача).

- [Vse1995R9](#) (задача 1);
- [Vse1992F9](#) (задача 3);
- [Vse1996F9](#) (задача 4);
- [Vse2002F9](#) (задача 3);
- [Vse2003F9](#) (задача 4);
- [Vse2014F9](#) (задача 5).

Дополнительно — листок «[Мощность тока](#)».

### 3.4 Электронагреватель

Это весьма популярная олимпиадная тема — здесь одновременно присутствуют и электричество, и тепловые явления (и закон Ньютона — Рихмана в том числе).

- [Vse1993R9](#) (задача 4);
- [Vse1998R9](#) (задача 4);
- [Vse2000R9](#) (задача 3);
- [Vse1994F9](#) (задача 4);
- [Vse1995F9](#) (задача 3);
- [Vse2006F9](#) (задача 3);
- [Vse2007F9](#) (задача 3);
- [Vse2010F9](#) (задача 4);
- [Vse2017F9](#) (задача 3).

Дополнительно — листок «[Электронагреватель](#)».

### 3.5 Нелинейные элементы

Для резистора  $R$  зависимость протекающего через него тока  $I$  от поданного напряжения  $U$  является линейной; угловой коэффициент соответствующей прямой равен  $1/R$ . Для *нелинейного* элемента зависимость  $I = f(U)$ , называемая *вольт-амперной характеристикой*, не является линейной функцией.

### 3.5.1 Вольт-амперная характеристика

*Каноническая задача.* Нелинейный элемент  $X$  имеет вольт-амперную характеристику  $I = f(U)$ ; нелинейный элемент  $Y$  имеет вольт-амперную характеристику  $I = g(U)$ . Как найти вольт-амперную характеристику элемента, получаемого а) параллельным, б) последовательным соединением элементов  $X$  и  $Y$ ?

Порешайте по этому поводу задачи МФТИ из листка «[Вольт-амперная характеристика](#)».

- [Vse2004R9](#) (задача 4);
- [Vse1993F9](#) (задача 4);
- [Vse2008R9](#) (задача 3);
- [Vse1998F9](#) (задача 4);
- [Vse2002F9](#) (задача 4);
- [Vse2007F9](#) (задача 4);
- [Vse2017F9](#) (задача 4).

Дополнительно — листок «[Нелинейные элементы](#)».

### 3.5.2 Схемы с диодами

- [Vse2009R9](#) (задача 3);
- [Vse2012F9](#) (задача 4);
- [Vse2015F9](#) (задача 4).

Дополнительно — листок «[Диод и резисторы](#)».

## 4 Оптика

### 4.1 Прямолинейное распространение света

Здесь, как правило, больше геометрии, чем физики.

- [Vse1993R9](#) (задача 1);
- [Vse1994R9](#) (задача 4);
- [Vse1999R9](#) (задача 2);
- [Vse2015R9](#) (задача 5);
- [Vse2015F9](#) (задача 5).

Дополнительно — листок «[Световые лучи](#)».

## 4.2 Плоское зеркало

Если вы забыли, как строится изображение в плоском зеркале, то обязательно прочитайте статью «[Отражение света](#)».

В задачах с зеркалами не забываем, что отражённые лучи идут так, как если бы они были испущены изображением источника, а зеркало при этом как бы вообще отсутствует.

- [Vse2001R9](#) (задача 4);
- [Vse2006R9](#) (задача 4);
- [Vse2010R9](#) (задача 5);
- [Vse2012R9](#) (задача 5);
- [Vse1999F9](#) (задача 4);
- [Vse2012F9](#) (задача 5).

Дополнительно — листок «[Плоское зеркало](#)».

## 4.3 Преломление света

Теория — в статье «[Преломление света](#)». Надо знать закон преломления и явление полного внутреннего отражения.

- [Vse2003R9](#) (задача 4);
- [Vse2017F9](#) (задача 5).

Дополнительно — листки «[Закон преломления](#)» и «[Полное отражение](#)».

## 4.4 Тонкие линзы

Нужная теория имеется в статьях «[Линзы. Ход лучей](#)», «[Тонкие линзы. Ход лучей](#)» и «[Тонкие линзы. Построение изображений](#)».

- [Vse2002R9](#) (задача 3);
- [Vse2007R9](#) (задача 4).

Дополнительно — листки «[Ход лучей в линзах](#)» и «[Формула линзы](#)».

## 4.5 Глаз человека

Нужно понимать, что такое угол зрения и каким образом глаз формирует изображение предмета. Об этом написано в статье «[Глаз человека](#)».

- [Vse1995R9](#) (задача 4).

Дополнительно — небольшой листок «[Глаз человека](#)».