

# Физика

**Замятнин Михаил Юрьевич**

*Почетный работник общего образования РФ,  
лаборатория по работе с одарёнными детьми МФТИ,  
центральная предметно-методическая комиссия по физике.*



## Культура построения графиков

В статье формулируются основные правила и требования, предъявляемые центральной предметно-методической комиссией по физике к графикам на этапах всероссийской олимпиады школьников. Приводится большое количество примеров и антипримеров, показывающих как надо и как не надо строить графики.

Часто информацию о связи каких-либо величин удобнее представлять в графическом виде, а не в табличном или аналитическом. В первую очередь это актуально при обработке экспериментальных данных на стадии формирования или проверки гипотезы. Важны графики и при решении теоретических задач. Почему?

- Это самый наглядный способ представления информации. Ни таблицы, ни формулы не позволяют «взглянуть и сразу понять», как зависит одна величина от другой.
- По разным причинам измерения могут проводиться только для некоторых значений исследуемых величин. И если хочется знать, как ведут себя величины между или за пределами измеренных значений, то на помощь

приходят методы интерполяции и экстраполяции, которые на графиках легко реализуются.

- График упрощает выдвижение гипотезы о характере связи величин и часто позволяет её доказать или опровергнуть.
- Дополнительная обработка графической информации (поиск угловых коэффициентов наклона, площади под графиком и т.п.) позволяет находить величины, которые невозможно измерить непосредственно.

Строго говоря, то, что в физике часто называют графиком (например, в случае нефункциональных зависимостей), скорее, является диаграммой.

График должен быть **максимально удобным!** «Удобность» означает возможность быстро и безошибочно наносить на график и считы-

вать с него всю необходимую информацию. Для этого при построении нужно придерживаться некоторых общих правил. Разумеется, бывает трудно угодить одновременно всем требованиям, так как иногда они конфликтуют друг с другом. Тогда в первую очередь следует обращать внимание на важные и критически важные. Для облегчения понимания степени важности того или иного правила рядом с ним указывается степень критичности по 4-х бальной шкале (выделено цветом):

① – выполнять очень желательно, но не строго, скорее – это дань единообразию;

② – важное требование, существенно упрощающее работу с гра-

фиком, невыполнение которого может повлечь снижение баллов;

③ – очень важное требование, несоблюдение которого точно повлечёт снижение баллов;

④ – критическое требование, при нарушении которого график не оценивается.

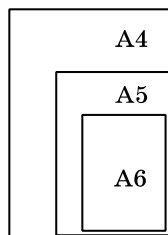
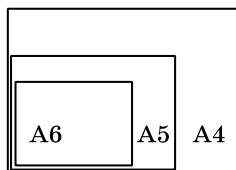
В основу данных правил положены стандарты, сформулированные в ГОСТ 2.319-81, ГОСТ 3.1128-93 ЕСТД, Рекомендациях ЕСКД р 50-77-88, и большой практический опыт.

Всё нижеизложенное следует считать требованиями Центральной предметно-методической комиссии по физике, на которые нужно ориентироваться при подготовке к олимпиадам.

## 1. Общие требования

- Зрительно лучше воспринимаются графики, ширина которых больше высоты (в пропорции близкой к 4 : 3 или 3 : 2). Обычно, при построении графика вручную, используют сориентированные горизонтально стандартные форматы: А6 (для качественных графи-

ков без детализации), А5 (основной формат), А4 (для графиков, требующих тщательной последующей обработки). Вертикальное расположение листа допустимо при наличии важных обоснований (например, особенности верстки или брошюровки).



● Хорошо выглядит график, если его оси и он сам начерчены карандашом, а оцифровка делений, обозначения величин по осям и ино-

гда сами экспериментальные точки выполнены ручкой.

● Независимая переменная величина всегда откладываться по горизонтальной оси.

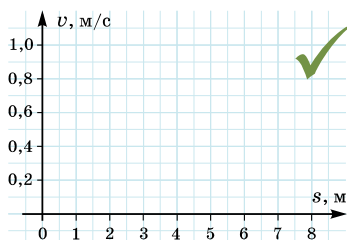
## 2. Координатные оси

### 2.1. Расположение координатных осей на листе бумаги

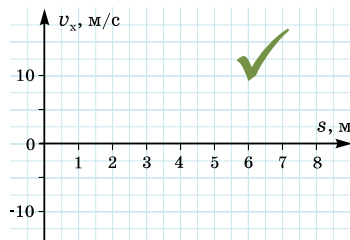
● Оси должны располагаться не ближе 1 см от края бумаги, чтобы можно было обеспечить свободную оцифровку делений.

● Если величины принимают только положительные значения, то обычно оси пересекаются в координатах (0; 0) в левом нижнем углу. Для

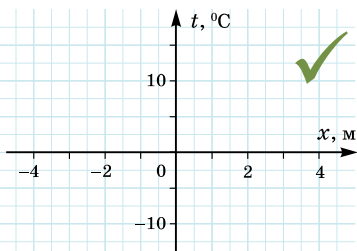
улучшения детализации отдельных фрагментов зависимостей, можно смещать точку пересечения по одной или по обеим осям. Но нужно помнить, что для некоторых зависимостей (0; 0) – это ключевая контрольная точка.



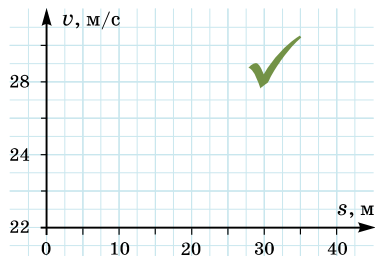
По обеим осям только положительные значения величин



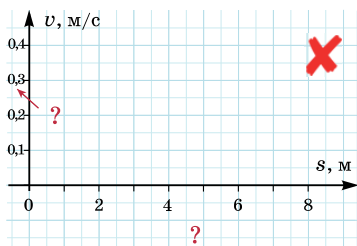
Одна из осей имеет область отрицательных значений



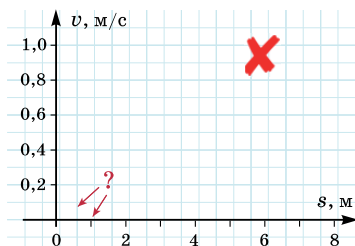
Две оси имеют области отрицательных значений



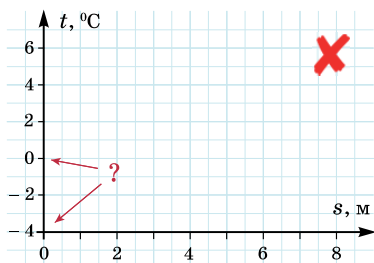
Оси для детализации фрагмента зависимости



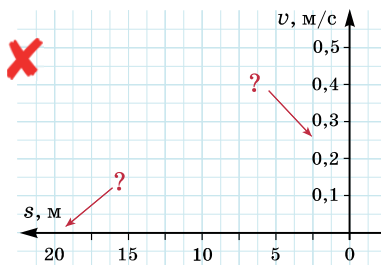
Слева зажаты подписи шкалы. Не рационально использовано место снизу



Основные линии на бумаге не соответствуют основным штрихам шкалы



Необоснованное пересечение осей не в  $(0; 0)$



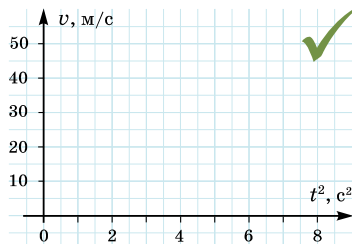
Нестандартное направление оси.  
Оцифровка внутри поля графика

## 2.2 Оформление и оцифровка координатных осей

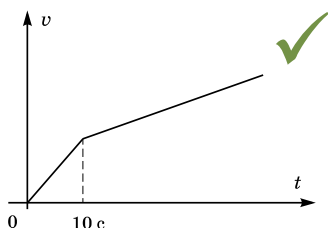
● Оси обязательно должны подписываться! Обычно достаточно около стрелок указать буквенное обозначение соответствующих величин или формулу и (если применимо) единицы измерения. При неоднозначной трактовке график необходимо сопровождать развёрнутым названием.

● На качественных графиках, отражающих общий характер зависимостей, могут не указываться единицы измерения и может не наноситься масштаб, а лишь обозначаться отдельные характерные точки.

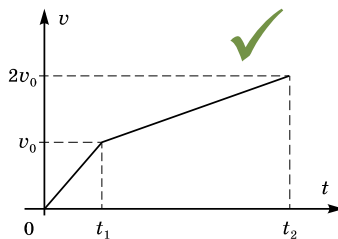
● Допускается единицы измерения углов наносить у каждого числа шкалы.



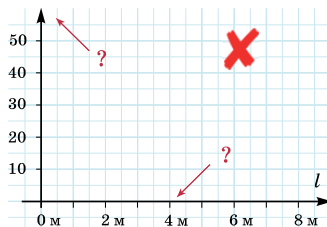
В качестве аргумента используется формула



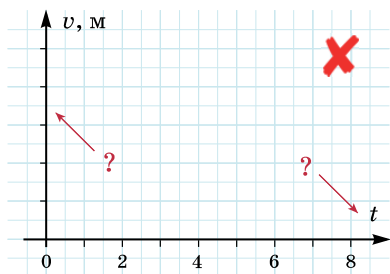
Качественный график с указанием характерного значения величины по одной оси



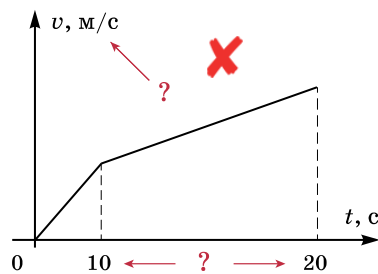
Качественный график с обозначением характерных точек



Не подписана вертикальная ось.  
Не вынесены единицы измерения по горизонтальной оси



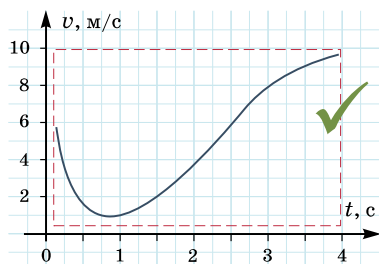
Единицы измерения  
у неоцифрованной оси.  
Нет единиц измерения на  
оцифрованной оси



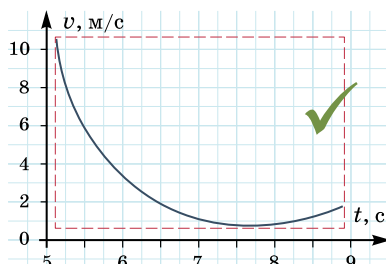
Явное несоблюдение пропорций  
значений характерных  
величин. Единицы измерения на  
неоцифрованной оси

● При выборе масштаба надо  
следить, чтобы поле графика зани-  
мало примерно 70% поля листа бу-

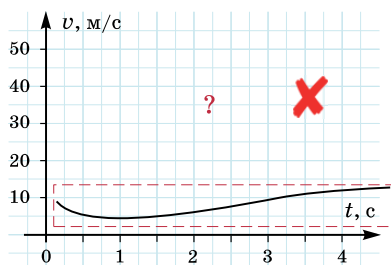
маги, но сам график не выходил за  
пределы шкал.



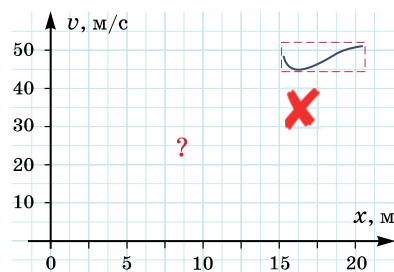
Обычный график



Детализированный  
фрагмент



Неудачный масштаб  
по вертикальной оси. График  
«вылез» за пределы шкалы

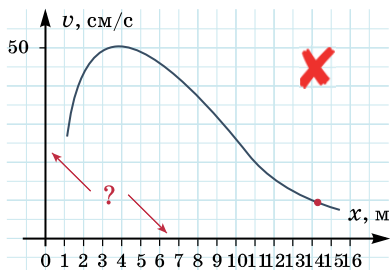


Требуется смещение точки пе-  
ресечения осей

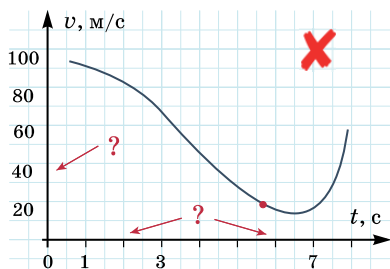
● По длинной оси графика на  
формате А5 оцифровывается пример-  
но 5 – 11 делений, а по короткой 4 – 7.

● Если оси, пересекаются в точ-  
ке (0; 0), ноль подписывается только  
у одной оси.

● Штрихи (основные и дополнительные, оцифрованные и нет) должны наноситься **только** через равные интервалы. Исключение со-



Редкая оцифровка по вертикальной оси и частая по горизонтальной



Неравномерная оцифровка по горизонтальной оси.  
Отсутствуют штрихи на вертикальной

● При оцифровке шкал следует использовать **только** десятичные числа из трёх «разрешённых» рядов:

... -1; 0; 1; 2; 3; 4;...

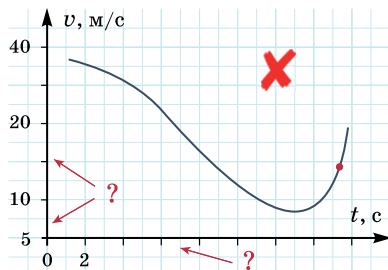
... -2; 0; 2; 4; 6; 8;...

... -5; 0; 5; 10; 15; 20;

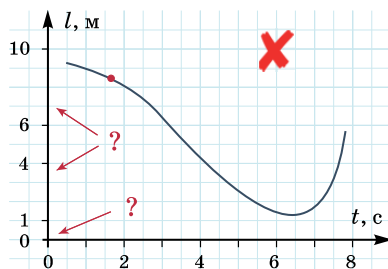
или рядов, полученных из «разрешённых» путём их умножения на  $10^n$ , где  $n$  – целое число. Не желателен, но иногда допускается ряд ...-4; 0; 4; 8; 12 ...

Возможны исключения для шкал времени и угловых мер.

ставляют специальные оси с нелинейным масштабом (например, логарифмическим).



Неравномерная оцифровка по вертикальной оси и отсутствие оцифровки по горизонтальной



Повторение нуля. Разные деления шкалы на вертикальной оси

● Числа при оцифровке необходимо округлять до одинакового разряда.

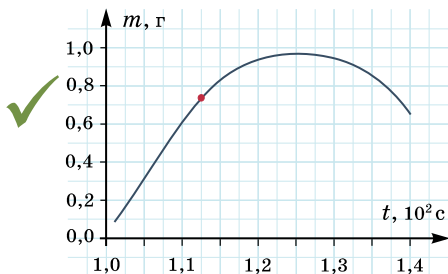
● Подписи у шкал следует располагать только горизонтально.

● Числа подписей не должны содержать большого количества порядковых нулей. Лучше их выносить в общий показатель степени или выбирать кратные единицы измерения.

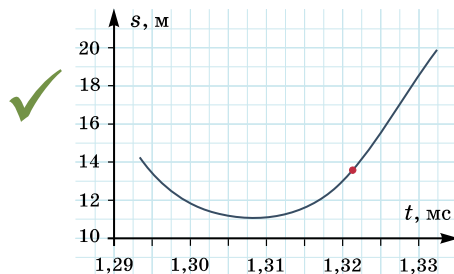
● Без крайней необходимости не следует подписывать значения нанесённых экспериментальных точек и проводить к ним пунк-

тирные линии. Исключение – ключевые искомые точки, полу-

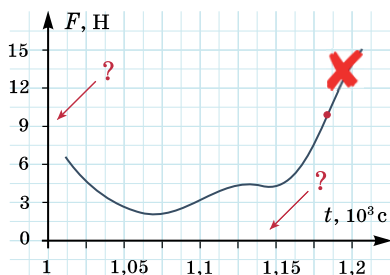
ченные в результате интер-экстраполяции.



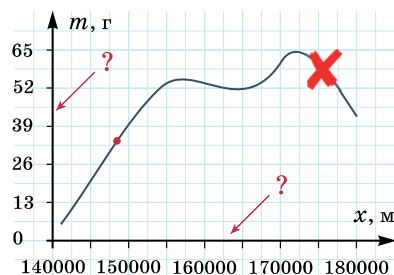
Разрешённые ряды



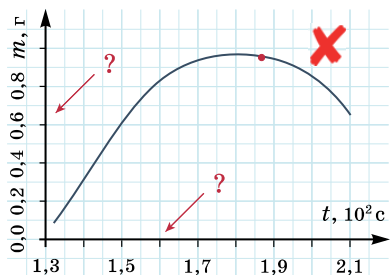
Разрешённые ряды



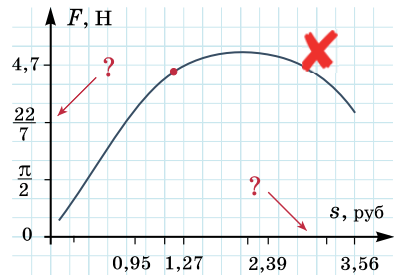
Несоответствие десятичных разрядов. Запрещённый ряд



Порядковые нули в показателе степени. Запрещённый ряд



Повернуты подписи. Запрещённый ряд



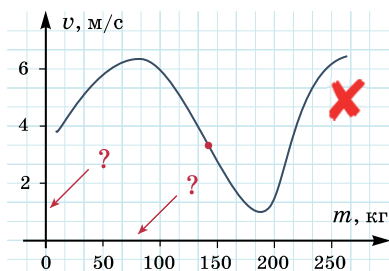
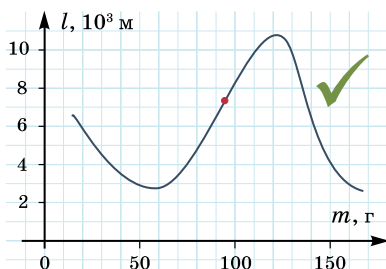
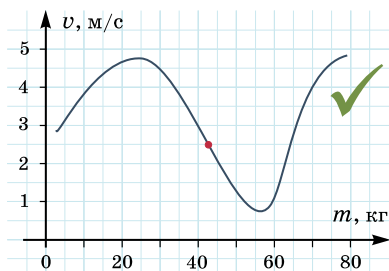
Неравные деления. Запрещённые ряды

Число мелких делений сетки бумаги должно быть удобным для нанесения и считывания значений величин, нанесённых на график:

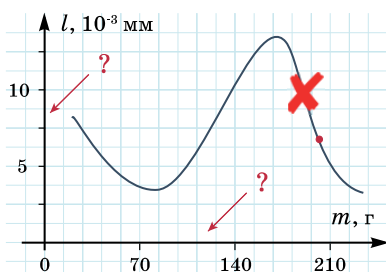
для ряда ... -1; 0; 1; 2; 3; 4 ... – кратным 2; 5; 10 и т.д.

для ряда ... -2; 0; 2; 4; 6; 8 ... – кратным 2; 4; 10 и т.д.

для ряда ... -5; 0; 5; 10; 15; 20 ... – кратным 5; 10 и т.д.



Не удобно считывать  
координаты



Не удобно считывать  
координаты

Для проверки справедливости требований к оформлению осей, попробуйте определить координаты красных точек на графиках в этом

разделе. Если на один график вам понадобилось больше 10–15 с времени, то скорее всего оцифровка неудачная.

### 3. Построение графиков

● Теоретические зависимости строятся по точкам, но по каким именно – не важно. Проведенная линия должна их поглощать.

● Экспериментальные точки должны оставаться видимыми после построения линии графика. Для этого можно применять спецсимволы (кружочки, треугольники и т.п.) или использовать другой цвет.

● Если абсолютная погрешность исследуемых величин различима в масштабе графика, то точки могут выделяться «диапазонами ошибок».

● Линия не обязана проходить через экспериментальные точки, и должна быть по возможности максимально гладкой (без лишних изломов и перегибов) или прямой. Изломы на графике возможны, только если у исследуемой величины принципиально изменяется характер зависимости.

● Линия графика должна быть аккуратной, тонкой и однородной.

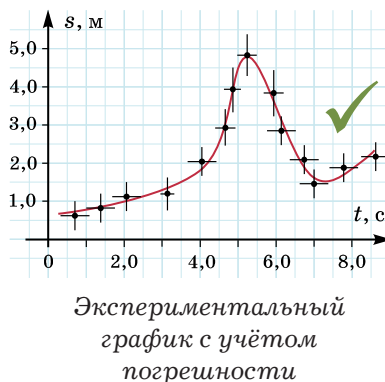
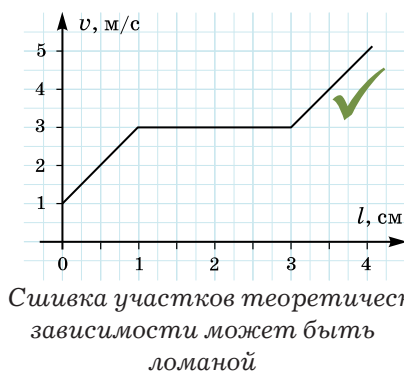
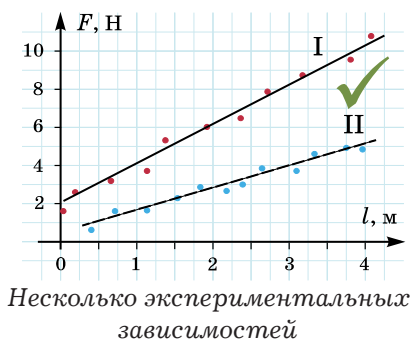
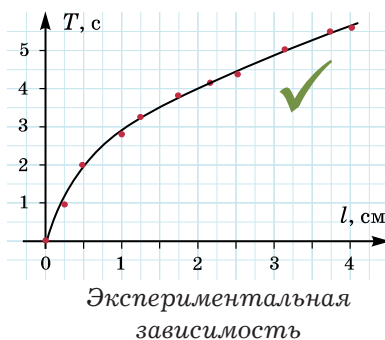
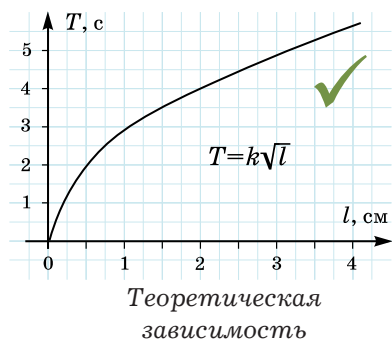
● В случае построения на одних осях нескольких графиков можно использовать несколько цветов или стилей линий. В этом случае зави-

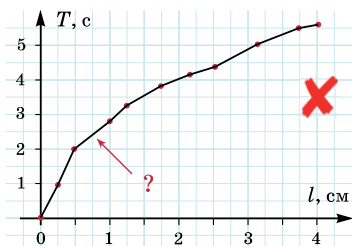


симости нужно подписывать или делать к графику легенду.

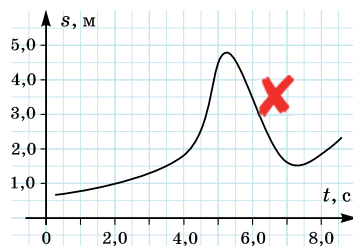
● Из-за разброса измеряемых величин, для построения прямой

может потребоваться не менее 5 точек, а для построения кривой – более 7-11 точек.

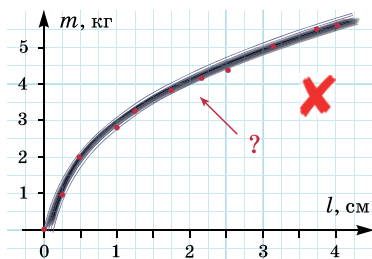




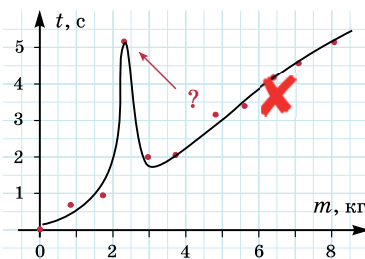
Точки соединены ломаной



На экспериментальной зависимости не видны точки



Неаккуратная толстая линия



Скорее всего одна точка является промахом и ее не надо учитывать

Ответы на странице 66

## Мудрые мысли Мудрые мысли Мудрые мысли

Потребность в знаниях представляет собой, на мой взгляд, единую главную и фундаментальную потребность человека.

*Р. Оппенгеймер*

Наш разум по природе своей наделён неутолимой жаждой познавать истину.

*Цицирон*

Суеверие есть уверенность, на знаниях не основанная. Наука борется с суевериями, как свет с потёмками.

*Д. И. Менделеев*

Человек боится только того, чего не знает. Знание побеждает всякий страх.

*В. Г. Белинский*

Стремление к познанию заложено в натуре человека. Эта потребность сильнее любых страхов.

*Д. А. Гранин*