

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 ее 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 не функциональных зависимостей), скорее, является диаграммой.

График должен быть **максимально удобным!** Удобность – означает возможность быстро и безошибочно наносить на график и считывать 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-бальной шкале (выделено цветом):

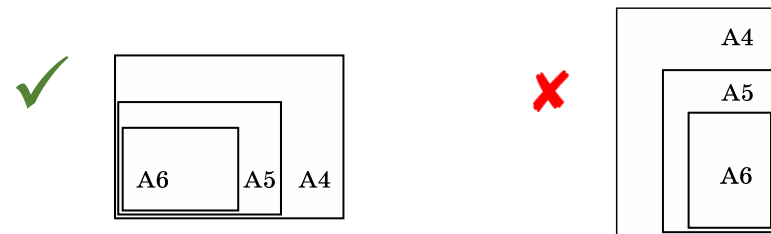
- 1 – выполнять очень желательно, но не строго, скорее – это дань единообразию;
- 2 – важное требование, существенно упрощающее работу с графиком, невыполнение которого может повлечь снижение баллов;
- 3 – очень важное требование, несоблюдение которого точно повлечет снижение баллов;
- 4 – критическое 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.

Все 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 **ориентированные горизонтально** стандартные форматы А6 (для качественных графиков 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).

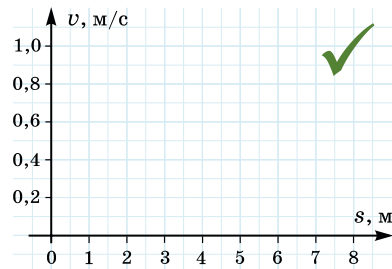


- Хорошо выглядят графики, если его оси и он сам начерчены карандашом, а оцифровка делений, обозначения величин по осям и иногда сами экспериментальные точки выполнены ручкой.
- Независимая переменная величина всегда откладывается по горизонтальной оси.

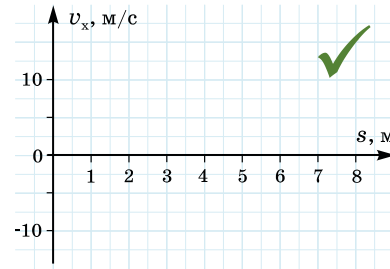
## 2. Координатные оси

### 2.1. Расположение координатных осей на листе бумаги

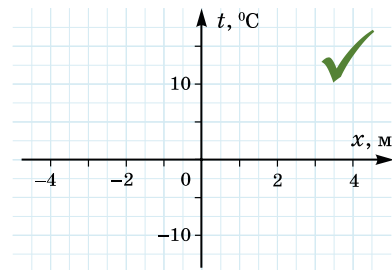
- Оси должны располагаться не ближе 1 см от края бумаги, чтобы можно было обеспечить свободную оцифровку делений.
- Если величины принимают только положительные значения, то обычно оси пересекаются в координатах (0; 0) в левом нижнем углу. Для улучшения детализации отдельных фрагментов зависимостей, можно смещать точку пересечения по одной или по обеим осям. Но нужно помнить, что для некоторых зависимостей (0; 0) – это ключевая контрольная точка.



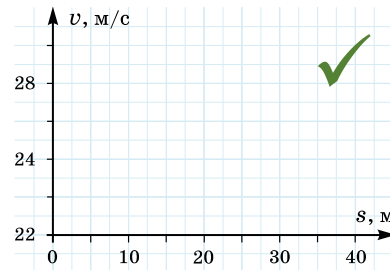
По обеим осям только положительные значения величин



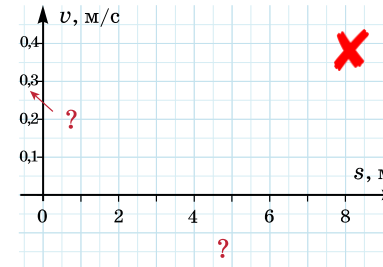
Одна из осей имеет область отрицательных значений



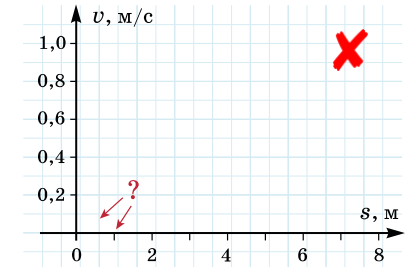
Две оси имеют области отрицательных значений



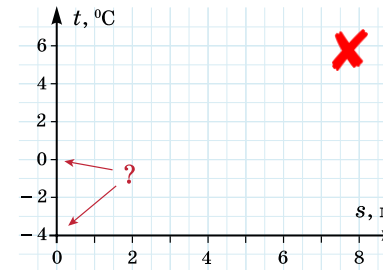
Оси для детализации фрагмента зависимости



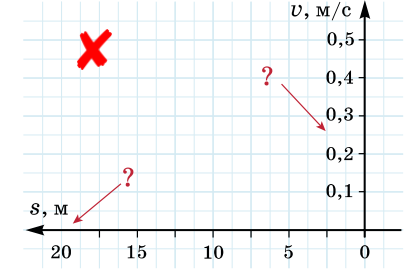
Слева зажаты подписи шкалы. Не рационально использовано место снизу



Основные линии на бумаге не соответствуют основным штрихам шкалы



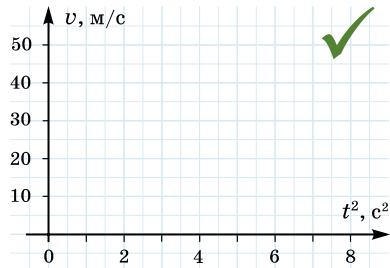
Необоснованное пересечение осей не в (0; 0)



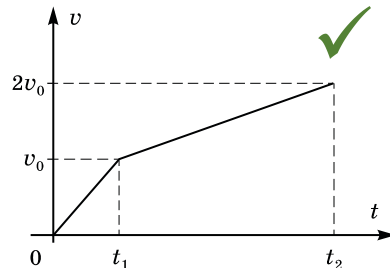
Нестандартное направление оси. Оцифровка внутри поля графика

## 2.2 Оформление и оцифровка координатных осей

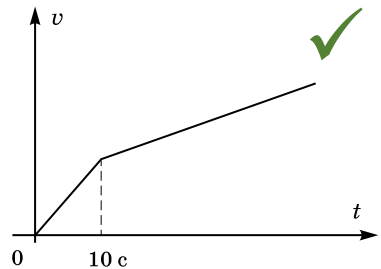
- Оси обязательно должны подписываться! Обычно достаточно около стрелок указать буквенное обозначение соответствующих величин или формулу и (если применимо) единицы измерения. При неоднозначной трактовке, график необходимо сопровождать развернутым названием.
- На качественных графиках, отражающих общий 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.



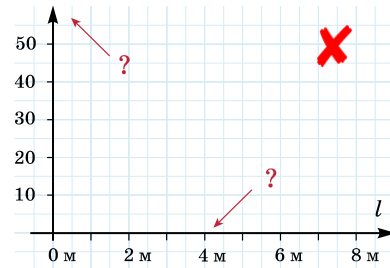
В качестве аргумента используется формула



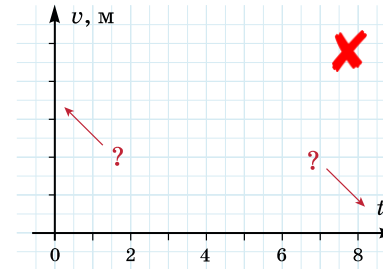
Качественный график с обозначением характерных точек



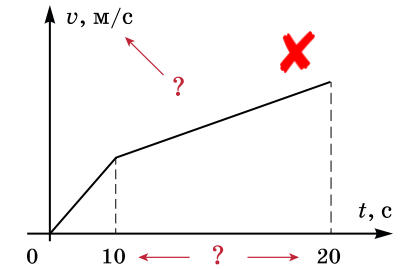
Качественный график с указанием характерного значения величины по одной оси



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

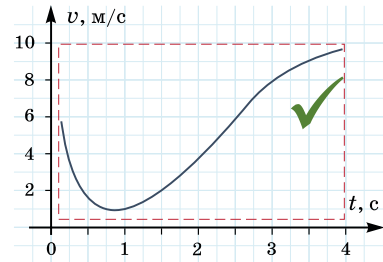


Единицы измерения у не оцифрованной оси. Нет единиц измерения на оцифрованной оси

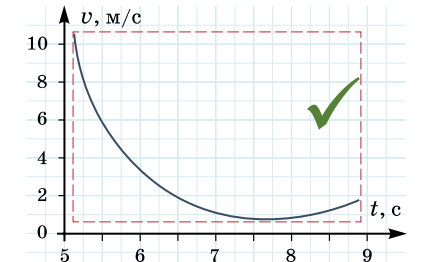


Явное несоблюдение пропорций значений характерных величин. Единицы измерения на не оцифрованной оси

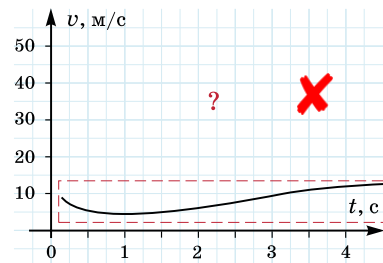
- При выборе масштаба надо следить, чтобы поле графика занимало примерно 70% поля листа бумаги, но сам график не выходил за пределы шкал.



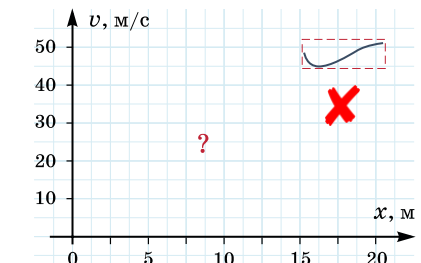
Обычный график



Детализированный фрагмент

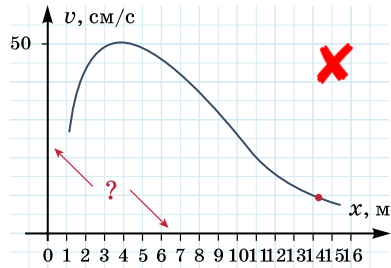


Неудачный масштаб по вертикальной оси. График «вылез» за пределы шкалы

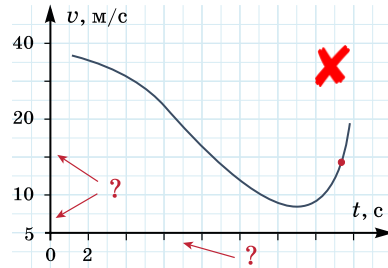


Требуется смещение точки пересечения осей

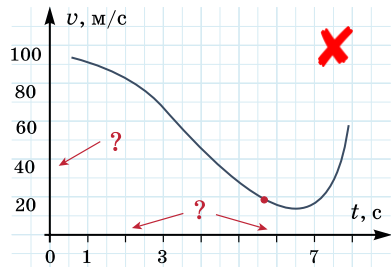
- По длинной оси графика на формате А5 оцифровывается примерно 5 – 11 делений, а по короткой 4 – 7.
- Если оси, пересекаются в точке (0; 0), ноль подписывается только у одной оси.
- Штрихи (основные и дополнительные, оцифрованные и нет) должны наноситься **только** через равные интервалы. Исключение составляют специальные оси с нелинейным масштабом (например, логарифмическим).



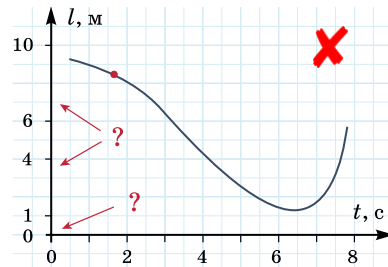
Редкая оцифровка по вертикальной оси и частая по горизонтальной



Неравномерная оцифровка по вертикальной оси и отсутствие оцифровки по горизонтальной



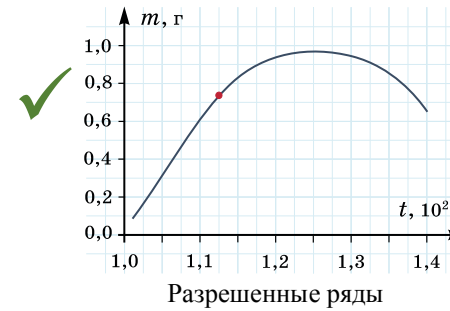
Неравномерная оцифровка по горизонтальной оси. Отсутствуют штрихи на вертикальной



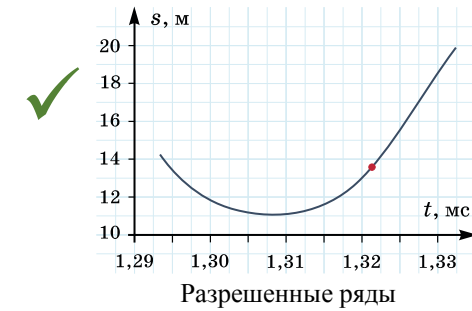
Повторение нуля. Разные деления шкалы на вертикальной оси

- При оцифровке шкал следует использовать **только** десятичные числа из трех «разрешенных» рядов:
  - ... -1; 0; 1; 2; 3; 4; ...
  - ... -2; 0; 2; 4; 6; 8; ...
  - ... -5; 0; 5; 10; 15; 20; ...
 или рядов, полученных из «разрешенных» путем 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.
- Числа при оцифровке необходимо округлять до одинакового разряда.

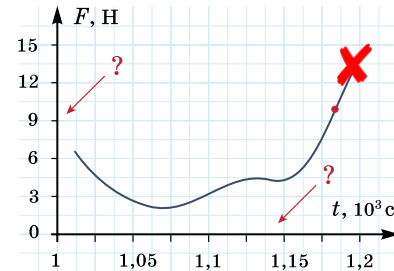
- Подписи у шкал следует располагать только горизонтально.
- Числа подписей не должны содержать большого количества порядковых нулей. Лучше их выносить в общий показатель степени или выбирать кратные единицы измерения.
- Без крайней необходимости не следует подписывать значения нанесенных экспериментальных точек и проводить к ним пунктирные линии. Исключение – ключевые искомые точки, полученные в результате интер/экстраполяции.



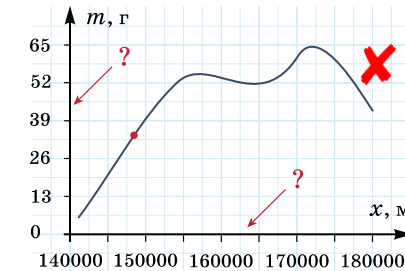
Разрешенные ряды



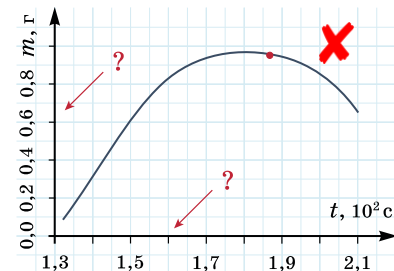
Разрешенные ряды



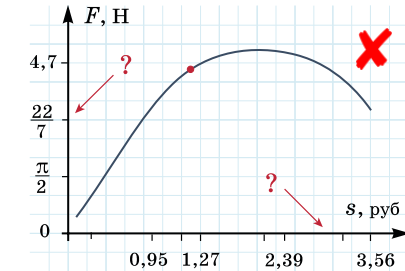
Несоответствие десятичных разрядов. Запрещенный ряд



Порядковые нули в показатель степени. Запрещенный ряд



Повернуты подписи. Запрещенный ряд



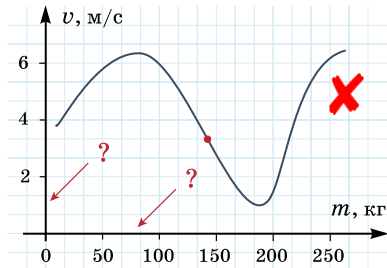
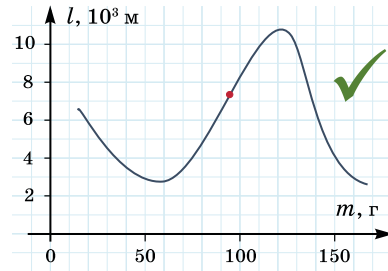
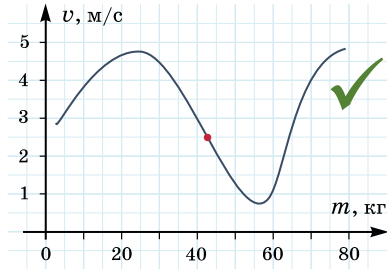
Неравные деления. Запрещенные ряды

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

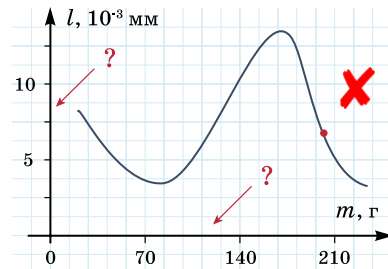
для ряда ... -1; 0; 1; 2; 3; 4; ... – кратным 2; 5; 10 и т.д.

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

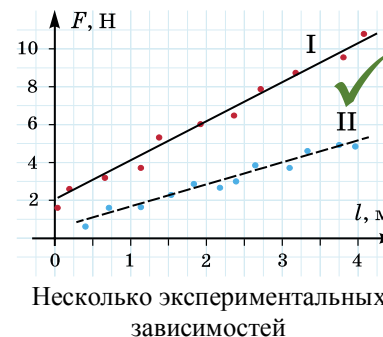
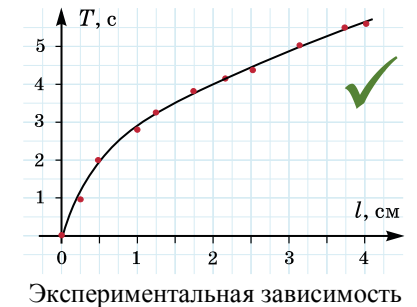
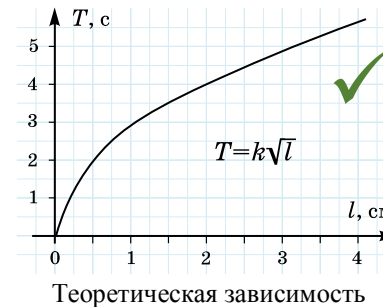


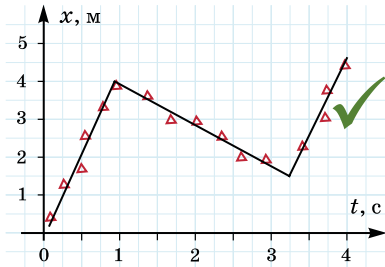
Не удобно считывать координаты

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.

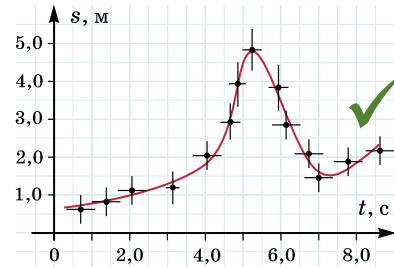
### 3. Построение графиков

- 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 спец символы (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 максимальной 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 зависимости 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.

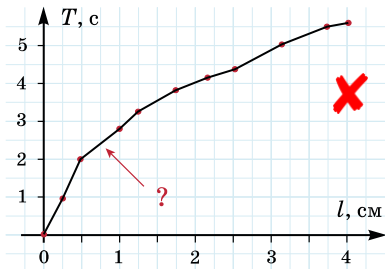




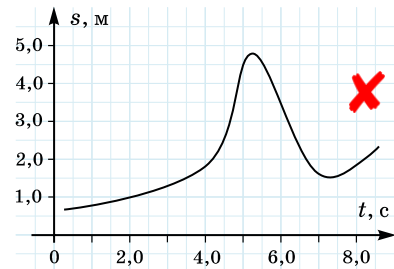
Сшивка нескольких участков экспериментальной зависимости



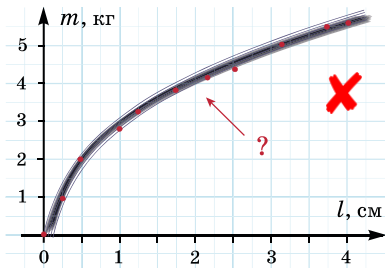
Экспериментальный график с учетом погрешности



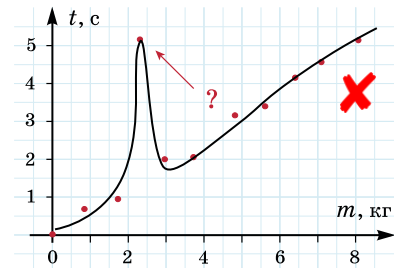
Точки соединены ломаной



На экспериментальной зависимости не видны точки



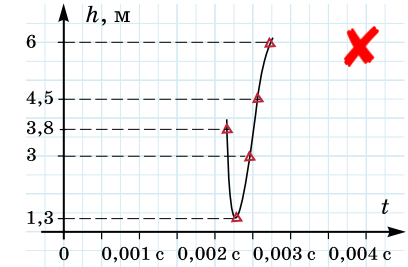
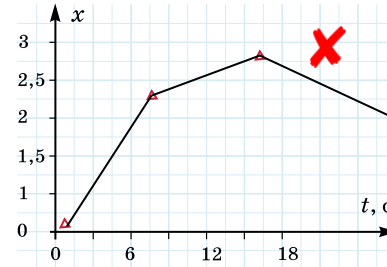
Неаккуратная толстая линия



Скорее всего, одна точка является промахом и ее не надо учитывать

## Проверка

Найдите не менее 7 ошибок в приведенных ниже графиках



- график «не влез»
- нет единиц измерений по вертикальной оси
- ломаная
- мало точек
- запрещенный ряд по горизонтальной оси
- несоответствие разрядов подписей по вертикальной оси
- два нуля
- неэффективно использовано поле
- мало точек для сложной зависимости
- горизонтальная ось
- много нулей
- единицы измерения не там
- вертикальная ось
- не подписана точка пересечения осей
- неравная шкала по измеренным точкам
- несоответствие разрядов