



Урок 34. Средняя и мгновенная скорость

Листы ученика. Ответы и примечания учителю находятся в отдельной части.

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 34 из 64 · 45 минут · Модуль «Эксперименты по физике: движение по кадрам»

Уровень: базовый исследовательский. 8 класс - работа с опорами; 9 класс - самостоятельная оценка условий и границ вывода.

Вся программа курса

Средняя скорость поездки известна, но она не показывает, что было в середине пути. Попробуем оценить скорость в конкретный момент по соседним кадрам.

Проверяемый результат:

Вычислить среднюю путевую скорость и среднюю скорость по перемещению, оценить мгновенную скорость по симметричным кадрам и указать ограничения.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

Тележка прошла 4 м за 2 с. Ученик объявил: «В момент 1 с её скорость точно 2 м/с». Но тележка могла сначала стоять, потом разогнаться.

1 минута - найдите среднюю путевую скорость; 2 - приведите два разных движения с теми же итоговыми путём и временем; 2 - запишите, каких данных о моменте 1 с не хватает. Используйте бумажную модель, не двигайтесь резко в классе.

02. Объяснение и разобранный пример

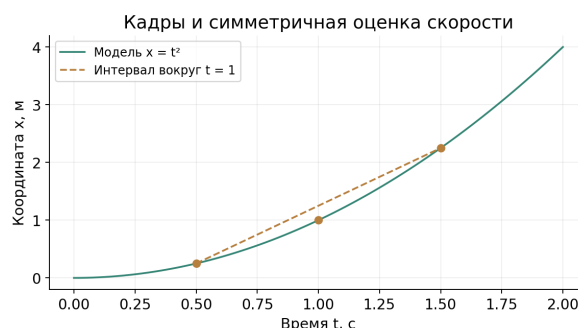
5-14 минут · Понятия, модель и проверка

Средняя путевая скорость равна всему пути, делённому на время, и неотрицательна. Средняя скорость по перемещению в одном измерении равна $(x_2 - x_1)/(t_2 - t_1)$, может быть отрицательной или нулевой. При движении без возвратов вдоль положительной оси их значения совпадают; при возвращении - нет.

Мгновенная скорость относится к определённому моменту. В школьной обработке кадров её оценивают по короткому интервалу вокруг момента: $v(t) \approx [x(t+h) - x(t-h)]/(2h)$. Это средняя скорость на выбранном интервале, используемая как приближение. В реальном видео уменьшение h усиливает влияние ошибки координат и не всегда улучшает оценку.

Разобранный пример учебного движения $x=t^2$, где x в м, t в с: при $t=0;1;2$ координаты 0;1;4 м. На $[0;2]$ средняя скорость $4/2=2$ м/с. Оценка в $t=1$ по симметричным кадрам также 2 м/с. Для данной квадратичной модели она совпадает с точной $v=2t$; это свойство модели, не доказательство равномерности. На $[1;2]$ средняя уже $(4-1)/1=3$ м/с.

4 минуты - три смысла скорости; 3 - пример; 2 - единицы и граница приближения.



Учебная модель без возвратов: выделенная секущая использует кадры 0,5 и 1,5 с. Её наклон равен 2 м/с, но это не постоянная скорость всего движения.

03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Координаты одной метки тележки; движение без возвратов, время и масштаб точны в идеальной учебной серии. Не считайте рисунки реальной видеозаписью.



t, с	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
x, м	0,00	0,25	1,00	2,25	4,00

2 минуты - прочитайте шкалы; 3 - найдите средние скорости на $[0;1]$ и $[1;2]$; 3 - оцените v в $t=1$ по кадрам 0,5 и 1,5; 3 - запишите вывод о неравномерности. 8 класс получает рамку $\Delta x/\Delta t$; 9 класс объясняет, почему симметричная оценка и средняя на $[1;2]$ отвечают разным вопросам. Критерии: три числа, интервалы и единицы.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Новая тележка возвращается назад. Между соседними кадрами направление не менялось, поэтому путь на каждом интервале равен модулю разности координат.

t, с	0	1	2	3
x, м	0	3	1	0

1 минута - прочтите координаты; 3 - найдите путь и перемещение за 3 с; 2 - вычислите две средние скорости; 2 - объясните, почему нулевая средняя по перемещению не означает покоя. Результат: путь/перемещение/две скорости и вывод.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты - защитите идею «брать самые близкие кадры». 3 - рассмотрите масштабную ошибку координат $\pm 0,01$ м: почему её доля в маленьком перемещении может стать большой? 2 - сформулируйте компромисс между коротким интервалом и заметным перемещением.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

Кадры $t=0,8$ и $1,2$ с имеют $x=0,64$ и $1,44$ м. За 3 минуты оцените v около $1,0$ с, укажите интервал и единицы, объясните, почему это приближение для произвольного движения. 1 минута - ключ, 1 - исправление.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Готовая координатная таблица и схема кадров, калькулятор. Настоящее видео снимать не требуется. Координата метки задана по одному направлению, шкала в метрах, время в секундах. Предпосылки: разность координат и отношение пути ко времени. 8 класс использует формулу центрального интервала; 9 класс сравнивает интервалы и отличает точность модели от реальной видеосъёмки. Никаких пробежек у дорог и съёмки движущегося транспорта.

Минуты	Работа	Проверяемый продукт
0-5	Проблемная ситуация	Вопрос и проверяемое предположение
5-14	Понятия и разобранный пример	Пояснение величин и метода
14-25	Практика 1	Расчёт, схема или протокол по данным
25-33	Практика 2	Решение на новых условиях
33-40	Обсуждение	Аргумент, альтернатива и вывод
40-45	Индивидуальная проверка	Самостоятельный ответ и исправление

Все материалы для текущего занятия включены. Вариант без регистрации: ученические листы PDF и доска. Минуты включают чтение, запись и переходы. Ответы показывайте после самостоятельной попытки. В конце соберите индивидуальную работу: 0-1 балл - вернуться к примеру, 2-3 - уточнить пропущенное звено, 4 - объяснить границу вывода. Это обратная связь, не обязательная школьная отметка.

Разбор практики 1 и критерии

На $[0;1]$: 1 м/с; на $[1;2]$: 3 м/с. Оценка при $t=1$: $(2,25-0,25)/(1,5-0,5)=2$ м/с. Средние на соседних равных интервалах различаются, движение неравномерно. Значение 2 относится к оценке около $t=1$, а 3 - ко всему интервалу после него. В этой таблице $x=t^2$, центральная оценка совпадает с точным значением модели.

Ответ и объяснение практики 2

Путь $|3-0|+|1-3|+|0-1|=3+2+1=6$ м. Перемещение $0-0=0$ м. Средняя путевая скорость $6/3=2$ м/с; средняя по перемещению $0/3=0$ м/с. Метка возвращалась, но двигалась. В реальной съёмке без условия об отсутствии разворота между кадрами сумма модулей даёт лишь оценку пути снизу.

Опора для обсуждения

Короткий интервал лучше выделяет момент, но разность близких координат чувствительна к ошибке отметки и масштаба. Нужно сообщать временной шаг, разрешение и способ отсчёта; нельзя обещать точную мгновенную скорость только потому, что кадров много.

Ключ и критерии индивидуальной работы

$\Delta x=0,80$ м; $\Delta t=0,4$ с; $v \approx 2,0$ м/с около $t=1,0$ с. Использован интервал $[0,8;1,2]$ с. Для произвольного движения это среднее на конечном интервале, а координаты реального видео также имеют неопределённость. 1 балл за разности, 1 за скорость, 1 за момент/интервал, 1 за ограничение.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Экспериментальное определение средней и мгновенной скорости	Обрабатывает готовые координаты кадров	Различает момент и интервал
Неравномерное движение	Сравнивает соседние средние	Обоснованный вывод о смене скорости
Обработка физических измерений	Учитывает возврат и шаг съёмки	Не смешивает путь с перемещением

Опора - раздел «Эксперименты по физике» опубликованной программы на 64 часа. Урок конкретизирует исходные темы и занимает 45 минут. Сценарий, распределение времени и числовые имитации - методическая разработка. Работа выполняется по готовым координатам и измерениям; реальные измерения безопасной карточки необязательны; это не отчёт о проведённом опыте.

[Исходная программа](#)

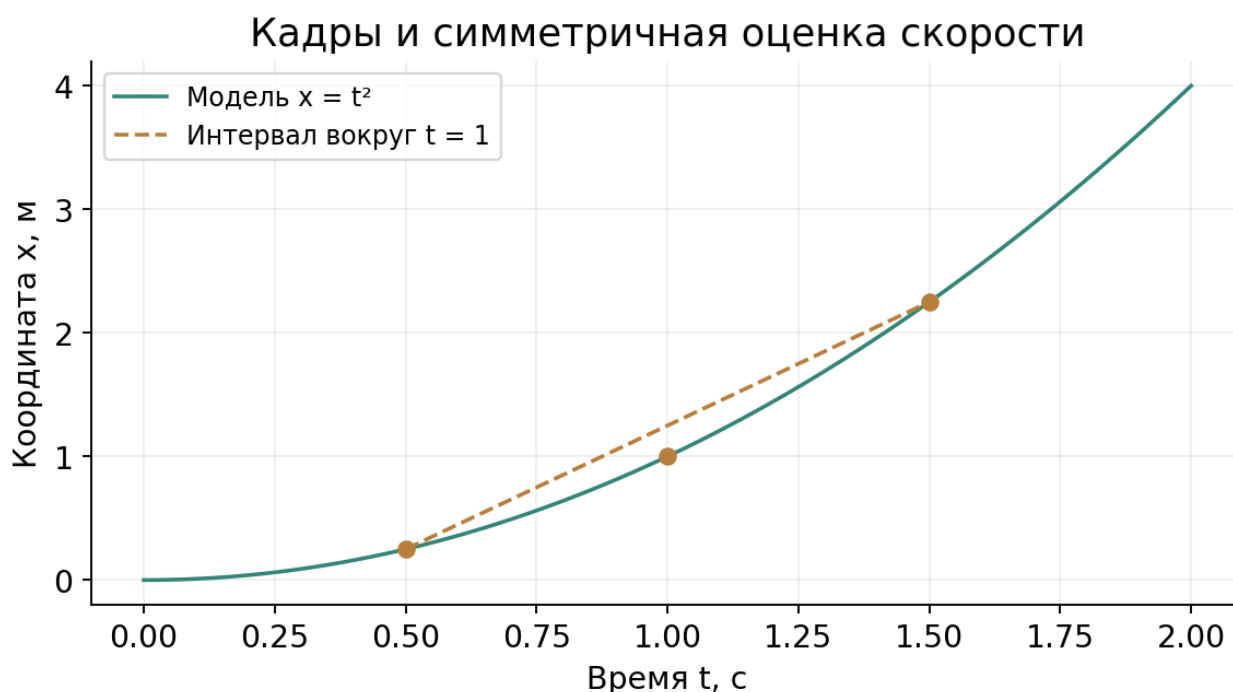
Источники и права на изображения

[OpenStax: мгновенная скорость](#)

[OpenStax: неопределённость и значащие цифры](#)

Источники проверены 15.10.2026. Все числовые серии явно заданы как учебные модели; их нельзя описывать как результаты проведённых авторами опытов. Оригинальные схемы: портал «Школы России», для этого урока. Они не являются фотографиями. Ответы и примечания учителю в PDF вынесены в отдельную часть.

Иллюстрация: увеличенная копия для печати



Учебная модель без возвратов: выделенная секущая использует кадры 0,5 и 1,5 с. Её наклон равен 2 м/с, но это не постоянная скорость всего движения.