

Источники ошибочных представлений в школьной физике и пути их устранения

Кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры
Интеллектуальных информационных радиофизических систем
Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова

Артёмова Татьяна Константиновна,

кандидат психологических наук, доцент, доцент кафедры физики ФГКВООУ
ВО «Ярославского высшего военного училища противовоздушной
обороны им. маршала СССР Л.А. Говорова» МО РФ (ЯВВУ ПВО)

Волкова Марина Геннадьевна

1. Источники в учебниках и
других методических
материалах

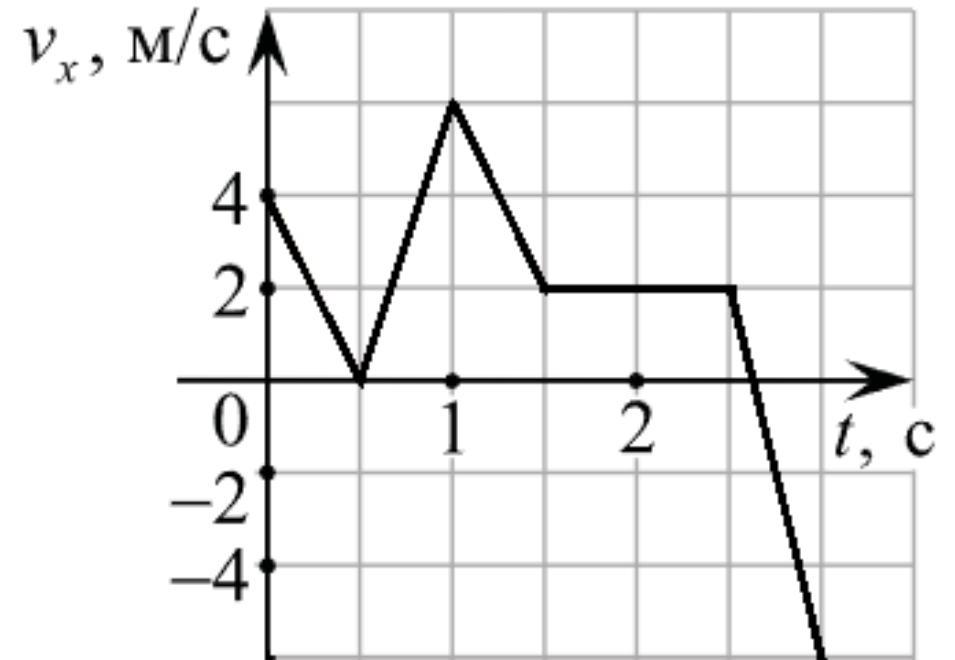
Пример: Проблема с определением ускорения тела

Задание 1. На рисунке показан график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t . Какова проекция a_x ускорения этого тела в момент времени 2 с?

Правильный ответ (0 м/с²) дали 72,2% участников.

Основная ошибка, которую совершили 13% участников, – использование формулы $a=v/t$ – порождена тем, что

- 1) участники забыли про начальную скорость, которая была не нулевой,
- 2) забыли про то, что ускорение – это производная от скорости, а не отношение скорости к значению момента времени, т.е. что в знаменателе, как минимум, должен стоять интервал времени



Ускорение и скорость в кодификаторе

1.1.3

Скорость материальной точки:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \bigg|_{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{r}'_t = (v_x, v_y, v_z),$$

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} \bigg|_{\Delta t \rightarrow 0} = x'_t, \text{ аналогично } v_y = y'_t, v_z = z'_t.$$

Это
определения!

1.1.4

Ускорение материальной точки: $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \bigg|_{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{v}'_t = (a_x, a_y, a_z),$

$$a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \bigg|_{\Delta t \rightarrow 0} = (v_x)'_t, \text{ аналогично } a_y = (v_y)'_t, a_z = (v_z)'_t.$$

Ускорение и скорость в кодификаторе

1.1.5 Равномерное прямолинейное движение:

$$x(t) = x_0 + v_{0x}t$$

$$v_x(t) = v_{0x} = \text{const}$$

1.1.6 Равноускоренное прямолинейное движение:

$$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$v_x(t) = v_{0x} + a_x t$$

$$a_x = \text{const}$$

$$v_{2x}^2 - v_{1x}^2 = 2a_x(x_2 - x_1)$$

При движении в одном направлении путь $S = \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot t$

Это описание
разных видов
движения!

Формулы

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$$

в кодификаторе нет

Это – способ расчёта ускорения в частном случае равноускоренного движения, но не определение.

Ускорение и скорость в учебниках

Физика. 9 кл. : Учебник / А. В. Перышкин, Е. М. Гутник. М.: Дрофа, 2014.

Скорость равномерного прямолинейного движения — это постоянная векторная величина, равная отношению перемещения тела за любой промежуток времени к значению этого промежутка.

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}.$$

Ускорением тела при прямолинейном равноускоренном движении называется векторная физическая величина, равная отношению изменения скорости к промежутку времени, за который это изменение произошло.

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}.$$

Вычислить ускорение тела, движущегося прямолинейно и равноускоренно, можно с помощью следующего уравнения, в которое входят проекции векторов ускорения и скорости:

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}.$$

Содержащиеся в этих определениях уточнения о пригодности их только к «равномерному прямолинейному движению» со временем теряются.

Ускорение и скорость в учебниках

Пусть скорость некоторого тела, движущегося равноускоренно, за промежуток времени t

изменилась от v_0 до v . Под v_0 подразумевается начальная скорость тела, т. е. скорость в момент $t_0 = 0$, принятый за начало отсчёта времени. А v — это скорость, которую тело имело к концу промежутка времени t , отсчитываемого от $t_0 = 0$. Тогда за каждую единицу времени

скорость менялась на величину, равную $\frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$.

Это отношение обозначается символом $\vec{a}$ и называется *ускорением*:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}.$$

Неверное утверждение

Неудобное определение, в котором t означает интервал времени, который отсчитывается от нуля

Проблема с определением ускорения тела - решение

- 1) Предлагается ещё в 9 классе упоминать о том, что сейчас рассматривается способ определения этой физической величины (ускорения), пригодный для конкретного вида движения, а точное определение будет позже. Или давать его с самого начала, ведь векторы уже определены, и математической трудности (без упоминания предела, а просто в дельтах с указанием на очень малый интервал времени).
- 2) Предлагается с самого начала при вводе ускорения в знаменателе использовать не t , а Δt , чтобы не возникало путаницы между необходимым здесь интервалом времени и привычной трактовкой t как момента времени или всего времени, прошедшего с начала наблюдения. Такой подход позволит впоследствии, когда выражение будет соотнесено с производной от скорости, подчеркнуть ещё один важный момент в определении ускорения, а именно — что Δt - малая, очень малая величина (чего часто не понимают даже высокобалльники).
- 3) В старших классах во время повторения тем давать определение в виде формулы из кодификатора и подчёркивать разницу между определением физической величины и способом её расчёта применительно к конкретным случаям.

Проблема с определением ускорения тела - решение

Запомни

Физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости, называется **ускорением**.



Запомни

Ускорение точки — это предел отношения изменения скорости $\Delta \vec{v}$ к промежутку времени Δt , в течение которого это изменение произошло, при стремлении Δt к нулю.

Мякишев Г. Я. Физика. 10 класс : учеб. для общеобразоват. организаций : базовый и углубл. уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский ; под ред. Н. А. Парфентьевой. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : Просвещение, 2019.

Пример: Проблема с анализом ускорения и сил при колебаниях

Задание 5. Небольшой груз, покоящийся на гладком горизонтальном столе, соединен пружиной со стенкой. Груз немного смещают от положения равновесия вдоль оси пружины и отпускают из состояния покоя, после чего он начинает колебаться, двигаясь вдоль оси пружины, вдоль которой направлена ось Ox . В таблице приведены значения координаты груза x в различные моменты времени t . Выберите все верные утверждения о результатах этого опыта на основании данных, содержащихся в таблице.

$t, \text{с}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
$x, \text{см}$	4,0	2,8	0	-2,8	-4	-2,8	0	2,8	4

- 1. В момент времени 0,8 с модуль ускорения груза минимален.*
- 2. Период колебаний груза равен 1,6 с.*
- 3. Частота колебаний груза равна 0,25 Гц.*
- 4. В момент времени 0,4 с кинетическая энергия груза максимальна.*
- 5. Модули сил, с которыми пружина действует на груз, в момент времени 0,2 с и в момент времени 0,8 с, равны.*

Правильный ответ: 2 4.

Статистика ЕГЭ

Правильный ответ (две цифры) дали 44,4% участников.

Наиболее часто ошибавшиеся добавили к верным вариантам ещё один, неверный.

- Чаще всего (25,9% попыток) это было утверждение о том, что модуль ускорения в момент времени, когда координата максимальна (это было ясно по таблице), являлся минимальным. Такие участники **путают, в каком из состояний колебательной системы скорость или ускорение являются максимальными по модулю, а в каком равны нулю**. Возможно, кто-то из участников был уверен, что правильных ответов должно быть три, и пытался выбрать что-то третье.

Из остальных ошибок примерно поровну (по 13%) часто встречались:

- выбор в качестве верного утверждения о равенстве модулей сил в два разные моменты времени (в которые, как было ясно из таблицы данных, координата тела была различной), такие участники, возможно, **не понимают, что за сила действует на груз**, заставляя его двигаться, либо (что менее вероятно) не помнят выражение для силы упругости;
- – выбор в качестве верного не только верного утверждения о периоде колебаний, но и утверждения о частоте колебаний, в котором частота не соответствовала периоду из верного утверждения, что говорит об умении определить по таблице данных период, и неумении определить по периоду частоту.

Пример: Проблема с анализом ускорения и сил при колебаниях

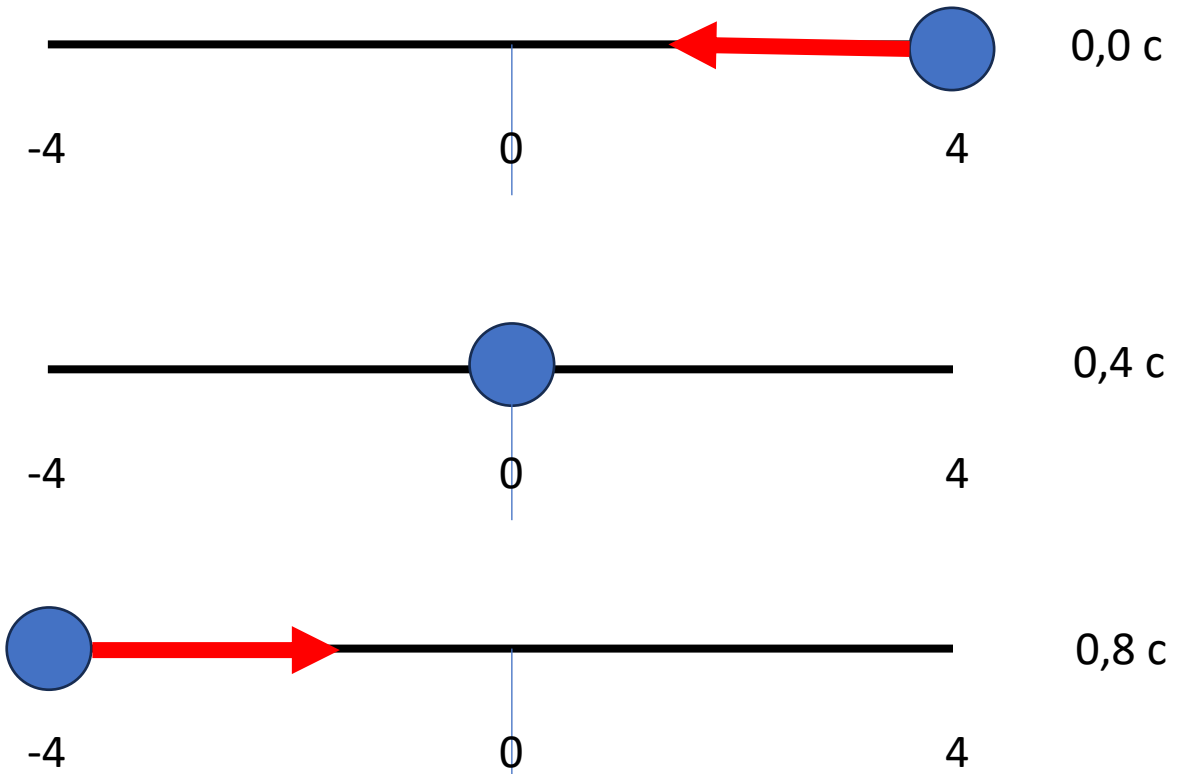
t, с	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
x, см	4,0	2,8	0	-2,8	-4	-2,8	0	2,8	4

1. В момент времени 0,8 с модуль ускорения груза минимален.

5. Модули сил, с которыми пружина действует на груз, в момент времени 0,2 с и в момент времени 0,8 с, равны.

Смысл 2 закона Ньютона – причина ускорения – это нескомпенсированная сила

Мякишев Г. Я. Физика. 10 класс : учеб. для общеобразоват. организаций : базовый и углубл. уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский ; под ред. Н. А. Парфентьевой. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : Просвещение, 2019.



Ускорение тела прямо пропорционально силе, действующей на него, и обратно пропорционально его массе: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$.

ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

Формулировка 2-го закона Ньютона в кодификаторе и ряде других учебников

1.2.4	Второй закон Ньютона: для материальной точки в ИСО $\vec{F} = m\vec{a}$; $\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t$ при $\vec{F} = \text{const}$
-------	---

Покажем, как с помощью второго закона Ньютона даётся определение единицы силы — 1 Н. Для этого выразим модуль силы:

$$F = ma.$$

В соответствии с этой формулой сила равна единице (1 Н), если масса равна единице (1 кг) и ускорение равно единице (1 м/с²).

В СИ за единицу силы принимается сила, сообщающая телу массой 1 кг ускорение 1 м/с² в направлении действия силы.

Но это – расчётная формула для определения связи между равнодействующей сил и ускорением тела

Физика. 9 кл. : Учебник / А. В. Перышкин, Е. М. Гутник. М.: Дрофа, 2014.

Пример: Проблема с анализом ускорения и сил при колебаниях

Школьники не воспринимают ускорение как производную от скорости и не трактуют его как скорость изменения скорости.

Для его ликвидации можно предложить:

- ✓ при анализе колебаний пользоваться **визуализацией-анимацией или видео процесса** или непосредственно проводить **эксперимент**. Тогда то, в каких положениях груза скорость максимальна или минимальна, очень чётко визуализируются и без сомнений идентифицируются.
- ✓ при анализе ускорения можно идти двумя путями.
 - ☐ Первый – через **трактовку ускорения как скорости изменения вектора скорости**, и задавать в каждом из характерных положений тела, меняется ли в нём скорость, в том числе меняет ли она направление или нет?
 - ☐ Второй – **через понятие возвращающей силы и второй закон Ньютона**: разобравшись предварительно с тем, какая сила является возвращающей, соотносить её с сообщаемым этой силой телу ускорением. В случае силы упругости её величина (модуль) прямо пропорциональна отклонению от положения равновесия, значит, возвращающая сила максимальна в крайних точках, и значит, там же ускорение максимально.

2. Другие источники

Отождествление процесса с его описанием

Нельзя, например, говорить: «Измерение тока в электрической цепи».

Ток — это явление, суть которого — упорядоченное движение заряженных частиц в проводнике.

Одна из физических величин, с помощью которой описывают протекание тока, называется **силой тока**, именно ее измеряют с помощью **амперметра**.

Двойственные определения

Пример из «Физики» Перышкина

Напряжение, которое в десятом классе определяется как разность потенциалов, в восьмом представляет из себя «работу, поделенную на заряд».

Конечно, из одного вышеупомянутого можно показать и вывести другое (то есть они эквивалентны), автор в своём издании за десятый класс даже показал, что работа, поделенная на заряд, получается из разницы потенциалов. Но ни слова не упомянул о том, как было у него же написано в восьмом и почему он не стал так делать тогда. Возможно, рассчитывая, что дети в десятом классе ничего не помнят из курса восьмого?

Следует аккуратно и строго относиться к определению физических величин.

Упрощённые модели физических явлений

В школьном курсе рассматривают идеализированные ситуации, например,

- движение без учёта трения или
- падение без сопротивления воздуха,
- газ без взаимодействия между частицами (идеальный газ).

Ученики могут считать, что простые физические законы не соответствуют сложному реальному миру и не понимать, в каких ситуациях их применять для решения задач.

Разрыв математики и физики или физика – часть математики

Физика, математика, химия, астрономия – естественнонаучные дисциплины, между которыми множество тесных и глубоких связей. В последние несколько лет часто на занятиях по физике у учеников словно отключаются те отделы головного мозга, которые отвечают за математику, химию и прочее.

Когда показываешь им применение на физике тех элементов математического аппарата, которые они изучали на уроках математики неделю, месяц или пару дней назад, они смотрят удивленно. А разве это и здесь нужно? Хотя, кажется, что это должно быть очевидно. На занятии физикой все знания, приобретенные на уроке математики, испаряются бесследно.

Либо воспринимают физику, как раздел математики. Прочитали задачу, какие есть величины, вспомнили формулу, подставили, рассчитали, записали ответ. А физика задачи осталась непонятой.

Путаница между явлением и следствием явления

Например — дисперсия.

Большинство школьников, запоминая яркую картинку разложения белого света, проходящего через призму, в спектр, именно это представляют определением дисперсии, хотя это лишь следствие зависимости показателя преломления света (скорости) от длины волны (частоты).

Недостаточное понимание базовых понятий

Трудности с пониманием фундаментальных физических законов, т.к. отсутствуют простые объяснения.

Часто на занятиях ограничиваются теоретическим изложением материала, забывая о практическом применении и эксперименте.

Пример — проблемы с описанием процессов, происходящих при механических колебаниях.

Сложность восприятия абстрактных понятий

Физика изучает явления, которые зачастую невидимы глазу, такие как

- гравитация,
- электромагнитные поля или
- квантовые эффекты.

Эти понятия требуют развитого воображения и способности мыслить абстрактно, что непросто для многих учеников.

Например, зонные схемы, ширина запрещенной зоны, воспринимаются как действительно, область пространства с уровнями, и неким расстоянием между ними, и процесс возбуждения атома — как его разбухание в размерах, а не как убыстрение движения электронов.

Отсутствие связи теории с практикой

Часто ученики сталкиваются с проблемами понимания, потому что материал преподносится изолированно от реальных жизненных ситуаций.

Физику легче понять, когда она применяется к повседневным событиям, таким как бросание мяча, работа электроприборов или поведение жидкостей.

Отсутствие связи теории с практикой

Часто ученики сталкиваются с проблемами понимания, потому что материал преподносится изолированно от реальных жизненных ситуаций.

Физику легче понять, когда она применяется к повседневным событиям, таким как бросание мяча, работа электроприборов или поведение жидкостей.

Ошибочные бытовые убеждения

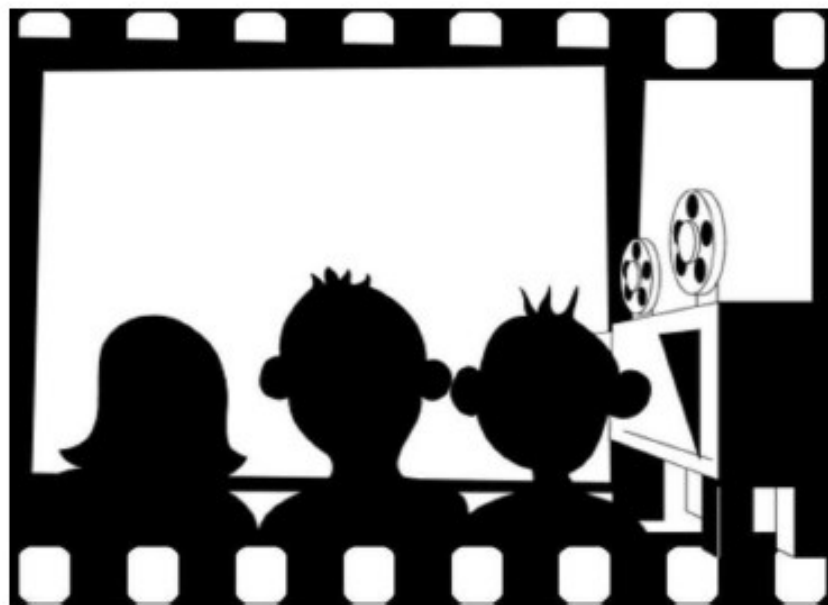
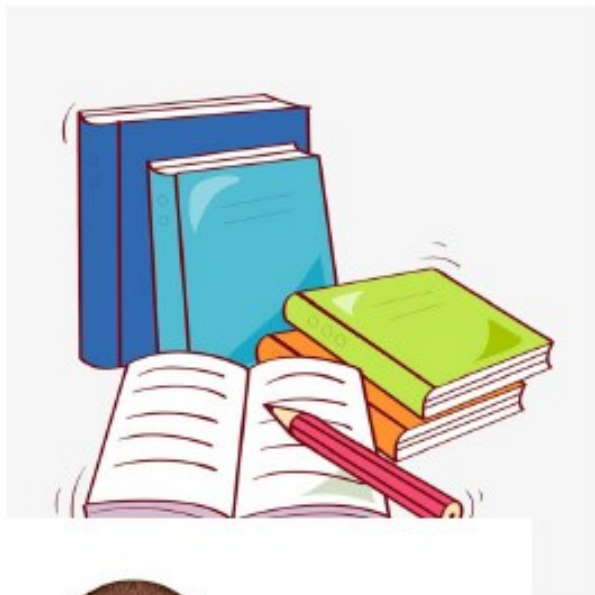
Ученики нередко формируют ошибочные взгляды на физические законы на основании своего жизненного опыта.

Например,

- многие считают, что тяжелые предметы падают быстрее легких тех же размеров и формы, несмотря на научные доказательства обратного.
- считают тождественными понятия массы и веса тела.

Эти заблуждения закрепляются, если не исправлены вовремя учителем.

Источники информации о мире



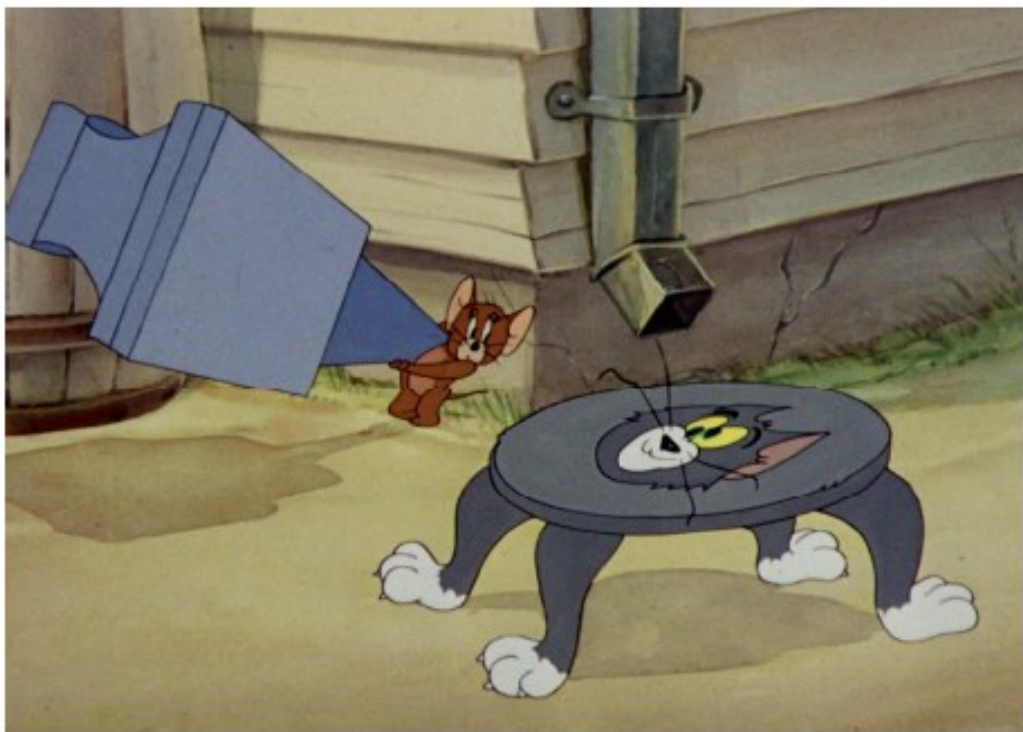
«Интернет» в самом
общем смысле - сайты,
соцсети, видеохостинги,...

Личные повседневные
наблюдения

*Важно, сколько времени
и внимания уделяется
источнику, доверие ему*

Квазиреальность фильмов и игр

в модельном мире возможно то, что
почти или совсем невозможно в физической реальности



утрированная реальность



невозможное в реальности

История (как и литература) абсолютно оторвана от физики

химии, биологии, математики, что в корне образовательного процесса неверно. Например, фраза «закон Ома получен экспериментально». Далее обычно следует тишина без какого-либо пояснения, каким образом и насколько сложно это было сделать самому Георгу Ому. После подобного преподнесения истины остаётся ощущение, что случилось чудо и на свет появился закон Ома.

ПОНЯТИЕ О СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ



Астрономия. Солнечная система : учеб. пособие для вузов / С. А. Язев ; под науч. ред. В. Г. Сурдина. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 336 с. — (Серия : Специалист).

Модель

Основной рисунок Солнечной системы **из вузовского учебника** 2018 г., других нет.

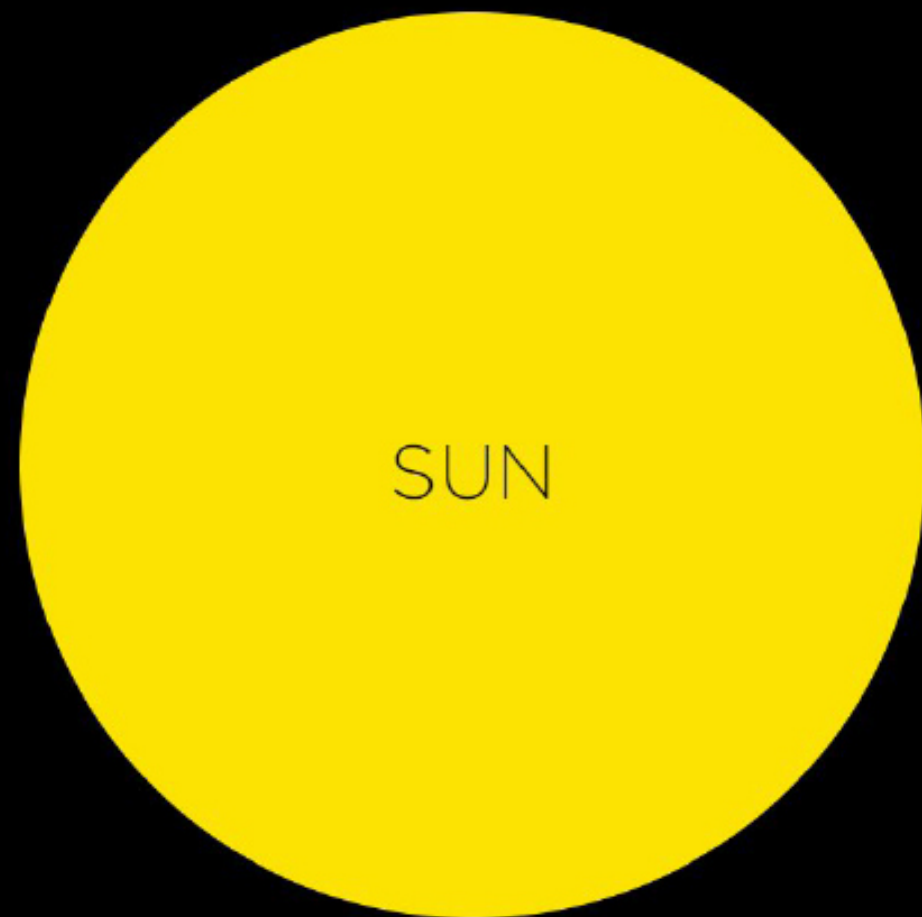
Это модель, в которой соблюлён приблизительно масштаб радиусов планет и совсем не соблюлён масштаб расстояний.

Солнечная система выглядит густо «населённой» и даже уютной.

Реальность

SCALE

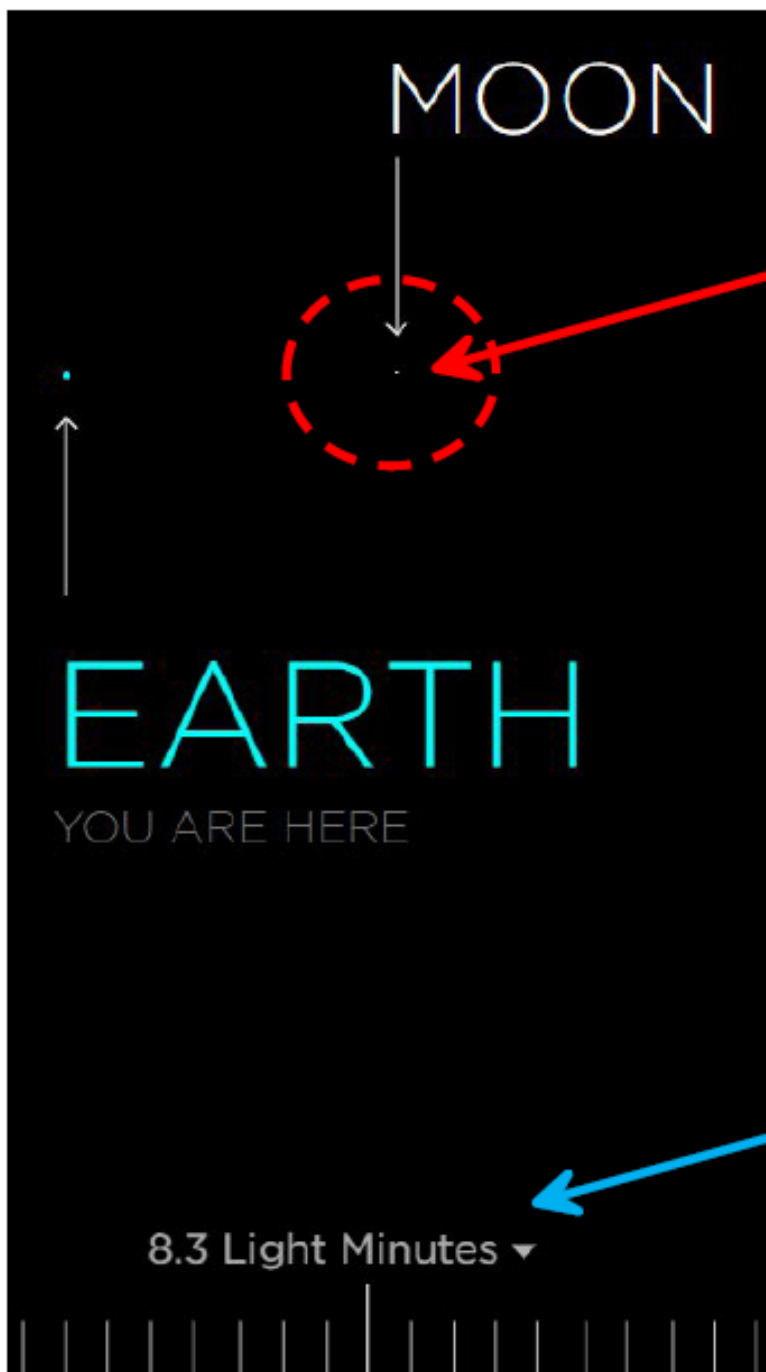
1 pixel $\longrightarrow$ $\cdot$ = 3474.8 km $\longleftarrow$ The diameter of the moon
(roughly the distance from
New York to Las Vegas)



https://joshworth.com/dev/pixelspace/pixelspace_solarsystem.html

«Если бы Луна была одним пикселем на экране» (онлайн-проект Джоша Уорса)

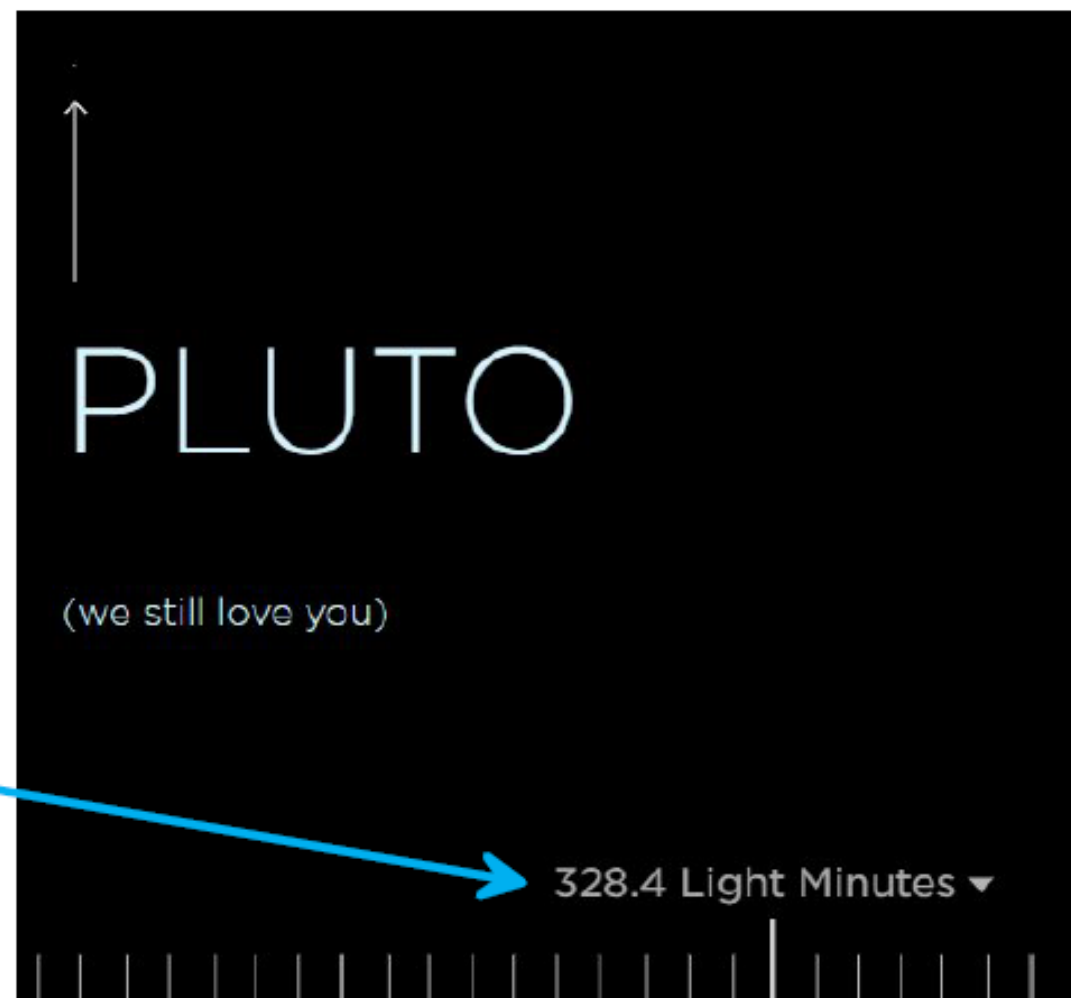
*часто просто не хватает
осмысления известных
данных, рефлексии*



тот самый
«пиксель»
Луна

расстояние в
световых минутах,
по сути, половина
времени
радиолокационного
отклика (если бы у
Земли и планет не
было замедляющей
атмосферы)

последняя планета Солнечной
системы - Плутон



Примеры в учебных материалах: отсылки к истории, образам знаменитых инженеров прошлого и настоящего

Фильм «Изобретение радио» (СССР, 1949 г.) - вдохновляющее описание моментов творческого поиска, с акцентом на наблюдательности, настойчивости, целеустремлённости. Об изобретателе радио **Александре Степановиче Попове** и его соратнике **Петре Николаевиче Рыбкине**.

Информация о них в энциклопедии «Руниверсалис»:

Пётр Николаевич Рыбкин - автор конструкции под руководством Попова и непосредственный исполнитель опытно-экспериментальных работ по беспроводной сигнализации и телеграфии. Именно он 18 декабря 1897 года передал слово «Герц» в первой публичной демонстрации Поповым беспроводной телеграфной связи. Проводил опыты по беспроводной сигнализации сначала между берегом и судном, а затем между кораблями в Кронштадтской гавани. ВХодил с Поповым в состав комиссии по испытаниям беспроводной сигнализации на крейсере «Африка».

Обнаружил возможность приёма импульсов искрового телеграфа на слух (радиотелефония). https://руни.рф/Рыбкин,_Пётр_Николаевич

Отсылки к истории, образам знаменитых инженеров прошлого



Примеры благородного применения профессиональных знаний и навыков

