



научно-методический журнал

ISSN 0130-5522

1 2026

ФИЗИКА В ШКОЛЕ

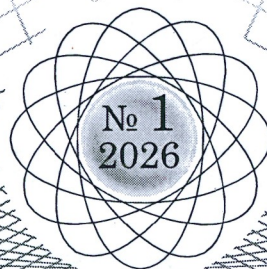
**Предпосылки и истоки зарождения
квантовой физики**

Об ошибках в одном из учебников физики 9 класса

Раздел «Астрономия»

Контроль знаний по астрономии на уроках физики

НЕ
ЗАБУДЬТЕ
ПОДПИСАТЬСЯ
НА ЖУРНАЛ
ПО КАТАЛОГУ
«ПОЧТА
РОССИИ»!



НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С МАЯ 1934 г.

ФИЗИКА В ШКОЛЕ

Образован в 1934 году Наркомпросом РСФСР. Учредитель — ООО «Школьная Пресса». Журнал выходит 8 раз в год

ПАМЯТИ КОЛЛЕГИ

РОССИЙСКАЯ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ
БИБЛИОТЕКА

- ▶ Выдающийся методист-физик, экспериментатор по судьбе...
(в память о профессоре Валерии Вильгельмовиче Майере) 3

СТРАНИЧКИ ИСТОРИИ



- ▶ **А.В. Овчаров, П.Д. Голубь**
Предпосылки и истоки зарождения квантовой физики
(125 лет квантовой теории) 5

МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ (METHODOLOGY. EXCHANGE OF EXPERIENCE)

- ▶ **А.П. Кречетов, Н.В. Шаронова**
Формирование представлений учащихся средней школы,
связанных с электромагнитным, слабым и сильным взаимодействиями
в рамках изучения темы «Физика элементарных частиц». 12
- ▶ **М.С. Красин, А.П. Шехматов**
Зачем нужен камень на уроках физики. 19
- ▶ **С.М. Андрюшечкин**
Об ошибках в одном из учебников физики 9 класса
или как превратить лимон в лимонад 27

ПРОФИЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ (SPECIALIZED TRAINING)

- Н.А. Парфентьева, О.В. Старостина**
Органы чувств с точки зрения биологии и физики.
Слуховой анализатор — ухо 39

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (INFORMATION TECHNOLOGIES)

- ▶ **Н.Б. Федорова, О.В. Кудлай, И.А. Кузьмина**
Физический эксперимент в основной школе с использованием
робототехнического комплекта LEGO Education Mindstorms EV3 45
- ▶ **У.Р. Мустафоев**
Использование технологий искусственного интеллекта для
формирования понимания физических явлений у учащихся 55

Физика в школе. 2026. No 1. С. 27–38

Physics at School. 2026. No. 1. P. 27–38

ОБ ОШИБКАХ В ОДНОМ ИЗ УЧЕБНИКОВ ФИЗИКИ 9 КЛАССА
ИЛИ КАК ПРЕВРАТИТЬ ЛИМОН В ЛИМОНАД

ABOUT ERRORS IN ONE OF THE 9TH GRADE PHYSICS TEXTBOOKS
OR HOW TO TURN A LEMON INTO LEMONADE

Научная статья
ББК 74.262.23
УДК 372.853

Scientific article
DOI 10.47639/0130-5522_2026_1_27

С.М. Андрюшечкин , Москва; asm57@mail.ru	S.M. Andryushechkin , Moscow; asm57@mail.ru
Ключевые слова: преподавание физики в школе, формирование и развитие критического мышления учеников, анализ ошибок учебника	Keywords: teaching physics in school, formation and development students critical thinking, analyzing text-book errors
Аннотация. Отмечено, что ряд метапредметных результатов освоения программы основного общего образования, достижение которых устанавливает федеральный образовательный стандарт, требует формирования и развития критического мышления учеников. Такая деятельность может быть организована при чтении учебника с последующим обсуждением обнаруженной проблемы. Приведен ряд примеров конструктивно-критической работы на базе фактического материала одного из учебников физики, что позволяет нивелировать имеющиеся в тексте данного издания недочеты и ошибки	Abstract. Noted that a number of meta-subject results of mastering the basic general education program, the achievements are established by the federal educational standard, require the formation and development students critical thinking. Such activity can be organized when reading a textbook with the subsequent reviewing problematic issues in conversation. A number of examples of constructive-critical work based on the factual material of one of the physics textbooks are given, which allows mitigate the shortcomings and errors in the textbook

© Андрюшечкин С.М., 2025

*Я видел озеро в огне,
Собаку в брюках на коне,
На доме шляпу вместо крыши,
Котов, которых ловят мыши.*

С. Маршак

Учебник физики 9 класса [1], хотя и выдержал уже четыре издания, изобилует, по мнению автора статьи, ошибками и неточностями. Учитель, встретивший в тексте учебника ошибочные утверждения или недостоверные сведения, может, конечно же, предложить ученикам исключить из изучения соответствующий фрагмент текста учебника, не акцентируя их внимание на причине такого рода решения. Однако, как нам кажется, более продуктивен иной подход — на ошибки, допущенные в учебни-

ке, следует специально обратить внимание учеников. Это позволит учителю организовать проблемно-ориентированную познавательную деятельность учащихся, что будет являться эффективным дидактическим элементом системы формирования и развития критического мышления. Одновременно это избавит педагога от желания встать на «фамусовскую» траекторию из знаменитой комедии А.С. Грибоедова: «Уж коли зло пресечь: забрать все книги бы да сжечь».

Как в случае любого сложного и много-

гранного понятия, так и в случае понятия «критическое мышление», в научной и методической литературе мы обнаруживаем целый спектр определений, даваемых различными авторами, со всеми «оттенками» характеристик критического мышления, присущих ему. Так Д. Халперн, анализируя психологию критического мышления, подчеркивает его высокий «КПД»: «использование когнитивных техник или стратегий, которые увеличивают вероятность получения желаемого конечного результата» [2, с. 22]. Г.К. Селевко указывает на то, что «критическое мышление — это один из видов интеллектуальной деятельности человека, который характеризуется высоким уровнем восприятия, понимания, объективности подхода к окружающему его информационному полю» [3, с. 243]. Широта этого определения (вплоть до расплывчатости) не случайна: «критическое мышление вбирает в себя элементы диалектического, диалогического, альтернативного, рефлексивного и других видов мыслительной деятельности» [4, с. 179]. Более конкретны С.И. Заир-Бек и И.В. Муштавинская: «Критическое мышление... — это процесс соотнесения внешней информации с имеющимися у человека знаниями, выработка решений о том, что можно принять, что необходимо дополнить, а что — отвергнуть. При этом иногда приходится корректировать собственные убеждения или даже отказываться от них, если они противоречат новому знанию. ...Это открытое мышление, не принимающее догм» [5, с. 5, 9]. Среди определяющих признаков критического мышления выделяют следующие признаки.

«Во-первых, критическое мышление есть мышление самостоятельное. ...Никто не может думать критически за нас, мы делаем это исключительно для самих себя...

Во-вторых, информация является оправданным, а отнюдь не конечным пунктом критического мышления. Знание создает мотивировку, без которой человек не может мыслить критически...

В-третьих, критическое мышление начинается с постановки вопросов и уяснения проблем, которые нужно решить. ...подлинный познавательный процесс на любом его этапе характеризуется стремлением познающего решать проблемы и отвечать на вопросы...

В-четвертых, критическое мышление стремится к убедительной аргументации. Критически мыслящий человек находит собственное решение проблемы и подкрепляет это решение разумными, обоснованными доводами...

В-пятых, критическое мышление есть мышление социальное. Всякая мысль проверяется и оттачивается, когда ею делятся с другими...» [6].

Именно на организацию деятельности по формированию и развитию такого конструктивно-критического мышления ориентирует учителя современный федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования, устанавливающий среди метапредметных результатов освоения программы образования, в частности, следующие требования:

«с учетом предложенной задачи выявлять закономерности и противоречия в рассматриваемых фактах, данных и наблюдениях...; выбирать, анализировать, систематизировать и интерпретировать информацию различных видов и форм представления; находить сходные аргументы (подтверждающие или опровергающие одну и ту же идею, версию) в различных информационных источниках...; оценивать надежность информации» [7].

На уроках физики работа по формированию и развитию критического мышления может быть, в частности, организована:

— в процессе изучения физических явлений на основе обобщенного плана действий [8]¹;

¹ Полный текст статьи размещен на сайте: <https://fizika-as.ru>.

- при проведении обобщающих занятий по физике [9];
- «в процессе чтения учебника и выполнения на основе включенного в него теоретического материала системы практико-ориентированных заданий» [10, с. 166].

Приведем ряд примеров такого рода работы с текстом главы 1 «Законы движения и взаимодействия тел» учебника [1]. Формой организации работы в большинстве случаев может быть поисковая беседа, дидактическую важность которой выделял еще И.Я. Лернер: «эффективность эвристических бесед такова, что повышение их удельного веса в школьном обучении необходимо» [11, с. 39]. При этом автор статьи ограничился только текстом § 1 – § 19 первой главы учебника, так как в противном случае объем статьи существенно превысил бы объем журнальной публикации; по этой же причине комментируется не каждый недочет текста, «не всякое лыко» ставится «в строку».

1. «Например, во Владивостокской часовой зоне Солнце взойдет на 2 ч позже, в Иркутской — на 4 ч позже, а в Московской — на 9 ч позже, чем в Камчатской» [1, с. 5, 6].

Комментарий. Предложите ученикам выяснить, как можно установить, например, используя интернет-ресурсы, время восхода Солнца в некотором городе в некоторый день и оценить достоверность информации, приведенной в учебнике. (К примеру, используя т.н. солнечный калькулятор на сайте meteonovosti.ru, ученики установят, что восход солнца 31 декабря 2024 г. наступал в Петропавловске-Камчатском, Владивостоке, Иркутске, Москве соответственно в 09 ч 39 мин, в 08 ч 44 мин, в 09 ч 12 мин, в 09 ч 00 мин, а значит, в этот день во Владивостоке солнце взошло на 1 ч 5 мин позже, в Иркутске — на 3 ч 33 мин позже, в Москве — на 8 ч 21 мин позже, чем в Петропавловске-Камчатском.)

2. «Проекция вектора на ось считается положительной, если вектор сонаправ-

лен с этой осью, и отрицательной, если вектор направлен противоположно оси» [1, с. 13].

Комментарий. Предложите ученикам выяснить:

- вправе ли авторы использовать понятие «сонаправленность» в данном правиле определения знака проекции вектора на координатную ось (в математике, как известно, сонаправленными называют два ненулевых коллинеарных вектора в случае, если они направлены одинаково; координатная же ось не является вектором);
- позволяет ли предложенное правило установить, когда проекция вектора на координатную ось равна нулю.

3. «Проще всего получить формулу для определения вектора перемещения для тела, движущегося прямолинейно и равномерно (т.е. совершающего за любые равные промежутки времени равные перемещения» [1, с. 15].

Комментарий. Предложите ученикам выяснить, какой термин в названии § 4 и в определении скорости равномерного движения [1, с. 15] является избыточным. (Если равномерное движение — это движение, при котором тело за любые равные между собой промежутки времени совершает одинаковые перемещения, то такое движение не может не быть прямолинейным.)

4. «Покажем на конкретных примерах, как находится ускорение. Санки, которые равноускоренно скатываются с горы (рис. 13а), участок пути АВ прошли за 4 с. При этом в точке А они имели скорость, равную 0,4 м/с, а точке В — скорость, равную 2 м/с (так как санки движутся поступательно, можно принять их за материальную точку)» [1, с. 24].

Комментарий. Обсудите с учениками, содержатся ли в тексте учебника какие-либо обоснования того, что санки движутся равноускоренно.

В дальнейшем можно вернуться к этой задаче и определить перемещение санок —

оно составляет 4,8 м. В таком случае санки, изображенные на рисунке 13а учебника [1], должны иметь длину около 4 м, что представляется маловероятным.

Если не учитывать силу трения, действующую на санки, то ускорение санок a равно:

$$a = g \sin \alpha,$$

где α — угол наклона горы. Тогда $\alpha = 2,3^\circ$.

В случае учета силы трения

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$$

Если принять коэффициент трения μ равным 0,02 (см. [1, с. 90. Коэффициент трения скольжения для некоторых пар материалов]), то $\alpha = 3,5^\circ$, что «не спасает ситуацию», когда на рисунке 13а учебника [1] изображен склон горы с углом наклона порядка 20° .

5. «Автобус, трогаясь от остановки, в течение 3 мин набирает скорость, следующие 5 мин движется равномерно, затем тормозит и останавливается. Ускорение автобуса на участках разгона и торможения одинаково. Постройте график зависимости скорости автобуса от времени» [1, с. 30].

Комментарий. Крайне удачно, что это задание снабжено в учебнике [1] значком условного обозначения «Обсуди с товарищами». Результатом обсуждения, вероятно, будет понимание, что график зависимости скорости автобуса от времени с указанием значения набранной автобусом при разгоне скорости построить не представляется возможным, и следует ограничиться построением эскиза графика.

6. «Зависимость проекции вектора скорости от времени при равноускоренном движении линейная, значит, графиком функции $v_x(t)$ будет прямая. ... Отрезок AC представляет собой график проекции вектора скорости тела, движущегося с постоянным ускорением a (при начальной скорости v_0)» [1, с. 28, 31].

Комментарий. Освоение учениками приема расчета проекции перемещения

через определение площади фигуры под графиком зависимости проекции скорости от времени проходит непросто. И для того, чтобы они «вчитались» в столь тяжеловесный текст, можно предложить им выяснить — какая стилистическая небрежность присутствует в тексте. (Отрезок AC представляет собой часть графика от нуля до времени t .)

7. «Шарик, скатываясь по наклонному желобу равноускоренно без начальной скорости, за 5 с прошел 75 см. Найдите ускорение шарика» [1, с. 36].

Комментарий. Вывод формулы для определения ускорения шарика, скатывающегося по наклонному желобу, находится за пределами школьной программы², и возможен только расчет ускорения на основе известных ученикам кинематических соотношений для равноускоренного движения. Следует предложить ученикам для развития «физического чутья» оценить реалистичность указанного в учебнике времени движения шарика. Далее они проводят соответствующий опыт и убеждаются, что в учебнике указано явно завышенное время движения шарика, даже при минимальном угле наклона желоба.

8. «Современная формулировка первого закона Ньютона выглядит так: существуют такие системы отсчета, относительно которых тела сохраняют свою скорость неизменной (по модулю и направлению), если на них не действуют другие тела или действия других тел компенсируются» [1, с. 51].

Комментарий. После рассмотрения с учениками второго закона Ньютона, следует вернуться к указанной выше формулировке первого закона, а точнее к его «расширению», отсутствующему у Ньютона: «или действия других тел компенсируются». Напомним, что непосредственно И. Ньютон

² Смотрите, например: Митин И.В. Изучение движения шара по наклонному желобу // http://genphys.phys.msu.ru/rus/lab/mech/Lab125_2023.pdf.

первый закон формулировал так (перевод акад. А.Н. Крылова): «Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменять это состояние».

Если ввести в формулировку первого закона Ньютона «расширение» и считать, что на тело могут действовать и другие тела, но их действия должны быть взаимно скомпенсированы, то тем самым мы вынуждены анализировать движение уже не свободного тела, а тела, взаимодействующего с другими телами. «Это может привести учеников к непониманию фундаментального характера первого закона Ньютона. Подобная формулировка закона может подтолкнуть учеников к ложному выводу о том, что первый закон — якобы тривиальное следствие второго закона Ньютона: так как

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m},$$

то при

$$\vec{F} = 0$$

и

$$\vec{a} = 0,$$

а это значит,

$$\vec{v} = \text{const.}$$

Данный вывод не соответствует физической сущности первого закона Ньютона» [12, с. 67].

Разрешая в ходе проблемного диалога с учениками этот вопрос, необходимо акцентировать внимание учеников на том, что:

- у законов различные «зоны ответственности» — области применения. Второй и третий законы Ньютона описывают движение тела, взаимодействующего с другими телами (несвободное тело), тогда как первый закон — движение свободного тела;
- справедливость любого физического закона должна быть обязательно подтверждена экспериментально. Но как поставить опыт по проверке закона инерции Гали-

лея и Ньютона? «Каким же образом проверить справедливость этого замечательного закона? Ведь невозможно создать такие условия, при которых на движущееся тело не действовали бы никакие силы. Это верно, но зато можно проследить обратное. В любом случае, когда тело изменяет скорость или направление своего движения, всегда можно найти причину — силу, которой это изменение обязано» [13, с. 37].

9. *«Жизненный опыт убеждает нас в том, что чем больше будет равнодействующая приложенных к телу сил, тем большее ускорение получит при этом тело. ...*

Многочисленные наблюдения и опыты свидетельствуют также о том, что ускорения, получаемые телами, зависят от массы этих тел.

Чтобы в этом удостовериться, проделаем опыт с легкоподвижной тележкой, на которой укреплен маленькая капельница и два одинаковых легких вентилятора...

В результате взаимодействия их винтов с воздухом вентиляторы будут толкать тележку с некоторой постоянной силой» [1, с. 53, 54].

Комментарий. Представляется очевидным дидактическим запретом при изложении механики в школьном учебнике строить изложение (тем более такого фундаментального вопроса как второй закон Ньютона) на основе демонстрационного эксперимента, который никак не может быть корректно воспроизведен учителем физики на уроке: «неточное, неполное или просто неверное объяснение этих законов может принести огромный вред школьникам при обучении физике, ввиду основополагающего характера этих законов» [14, с. 39].

Укажем также на такую архаику как применение капельницы в качестве регистратора интервалов времени при повсеместном распространении электронных датчиков. Например, в известном пособии А.В. Смирнова «Современный кабинет физики», изданном еще в 2006 г., описан ком-

плект для изучения поступательного движения, который «включает в себя скамью длиной 1,2 м с двумя тележками массой 0,12 кг, движущимися на магнитной подвеске. ...для проведения измерений в комплекте имеются два датчика момента времени ... комплект позволяет проводить следующие демонстрации: ...зависимость ускорения тела от величины действующей на тело силы и его массы» [15, с. 90, 91].

Представляется также спорным и утверждение о постоянстве равнодействующей силы, приложенной к тележке при учете того, что при увеличении ее скорости необходимо «гасить» все возрастающий импульс «налетающего» на винты вентилятора воздуха.

В этой ситуации следует поставить перед учениками учебную проблему по разработке способа экспериментальной проверки второго закона Ньютона. При этом они могут подойти (или могут быть выведены учителем) к идеям, например, созвучным лабораторной работе, описанной в [16, с. 32–34] или в [17, с. 56–59].

10. «Пример. Тело массой 1 кг движется в инерциальной системе отсчета вдоль оси X в положительном направлении со скоростью 2 м/с. Когда тело находится в точке с координатой 12 м, на него в направлении движения начинает действовать сила, равная 2 Н. Определите координату тела через 5 с после начала действия силы» [1, с. 64, 65].

Комментарий. Отметим, что предложенный пример сложно отнести к учебной физической задаче, так как предложенное условие не дает ученику возможность провести, пожалуй, одно из самых существенных мыслительных действий — построить физическую модель описанной в условии задачи физической ситуации.

Предложите ученикам считать, что указанные в условии примера численные значения физических величин таковы:

$$m = 1,0 \text{ кг},$$

$$v_0 = 2,0 \text{ м/с},$$

$$x_0 = 12,0 \text{ м},$$

$$F = 2,0 \text{ Н},$$

$$t = 5,0 \text{ с}$$

и абсолютная погрешность измерения каждой физической величины составляет не более половины единицы последнего разряда ее численного значения. Если учащиеся проведут расчет координаты тела x , то получат:

$$x = (47 \pm 6) \text{ м}.$$

Это позволит акцентировать внимание учеников на то, что в ходе решения физических задач они должны проводить не вычисления некоторых абстрактных «цифровок», а расчеты численных значений физических величин, руководствуясь правилами приближенных вычислений. При этом, если даже «исходные» физические величины измерены «неплохо», например, масса с относительной погрешностью 5%, то итоговый результат может быть «на грани фола» — 13%.

11. «Свободно падающее тело должно двигаться с постоянным ускорением, т.е. равноускоренно ... Опыты подтверждают этот вывод. На рисунке 41 показаны положения свободно падающего шарика, который фотографировали через каждые 0,1 с с момента начала движения.

Как вам уже известно, модули векторов перемещений, совершаемых телом за последовательные равные промежутки времени при равноускоренном движении без начальной скорости, относятся как ряд последовательных нечетных чисел. Именно такой ряд и образуют соответствующие перемещения шарика, показанные на рисунке 41:

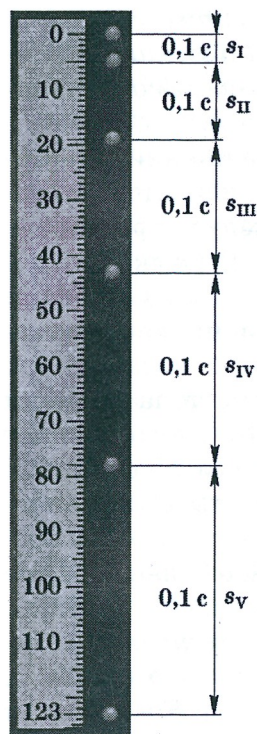
$$s_I : s_{II} : s_{III} : s_{IV} : s_V \approx$$

$$\approx 4,9 \text{ см} : 14,1 \text{ см} : 24 \text{ см} : 35 \text{ см} : 45 \text{ см} \approx$$

$$\approx 1 : 3 : 5 : 7 : 9.$$

Следовательно, шарик в свободном падении двигался равноускоренно» [1, с. 64, 65].

Комментарий. Предложите ученикам провести обработку экспериментальных данных, полученных при изучении свободного падения шарика по рисунку 41 учебника [1, с. 64, 65]:



Время движе- ния шарика t , с	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
Проекция перемещения шарика h , см	$5,0 \pm 0,5$	$19,0 \pm 0,5$	$43,0 \pm 0,5$	$78,0 \pm 0,5$	$123,0 \pm 0,5$
Проекция перемещения, совершенного шариком за последователь- ные равные промежутки времени s , см	$5,0 \pm 0,5$	14 ± 1	24 ± 1	35 ± 1	45 ± 1
Отношение проекций перемещений шарика	1,0	$2,4 \div 3,3$	$4,2 \div 5,6$	$6,2 \div 8,0$	$8,0 \div 10,2$

Примечание. Точность измерения интервалов времени мы сочли возможным принять равным 0,005 с; результаты измерения проекций перемещения записать, приняв абсолютную погрешность измерения 0,5 см (исходя из цены деления линейки, изображенной на рисунке 43 учебника [1]).

Как видим, проведенные измерения при аккуратной обработке их результатов никак не подтверждают зависимость «1 : 3 : 5 : 7 : 9». Это является иллюстрацией известного утверждения: «При вычислениях с приближенными числами особенно невыгодным действием является *вычитание* в том случае, когда разность мала по отношению к уменьшаемому и вычитаемому» [18, с. 18]. Хотя в нашем случае, например, уменьшаемое ($78 \text{ см} \pm 0,5 \text{ см}$) и вычитаемое ($43,0 \text{ см} \pm 0,5 \text{ см}$) «некатастрофически» близки друг к другу и относительная погрешность разности ($35,0 \text{ см} \pm 1 \text{ см}$) «поднимается» всего до 3%, но в результате относительная погрешность отношения проекций перемещений будет почти 13%.

Можно в этом случае предложить учени-

кам учебную проблему: «Как используя результаты измерения перемещения свободно падающего шарика, отраженные на рисунке 41 учебника, более убедительно обосновать равноускоренный характер движения шарика». (Один из возможных вариантов разрешения проблемы — построить график зависимости проекция перемещения шарика h от квадрата времени его движения t^2 .)

12. «По этим данным можно вычислить модуль вектора ускорения шарика, выра-

зив его из формулы $s = \frac{at^2}{2}$:

$$a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 1,23 \text{ м}}{(0,5 \text{ с})^2} = \frac{2,46 \text{ м}}{0,25 \text{ с}^2} = 9,84 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \approx 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

[1, с. 65].

Комментарий. Предложите ученикам выяснить, какое нарушение правила приближенных вычислений допущено в процитированном выше фрагменте текста. Если измеренное время движения шарика записано как 0,5 с, то абсолютная погрешность измерения времени — половина единицы последнего разряда, т. е.

$$t = (0,5 \pm 0,05) \text{ с},$$

и тогда измеренное значение ускорения свободного падения g (без учета погрешности измерения модуля перемещения) равно:

$$g = (10 \pm 2) \text{ м/с}^2.$$

Только, если время измерено значительно точнее:

$$t = (0,50 \pm 0,005) \text{ с},$$

мы, проведя расчет, получим:

$$g = (9,8 \pm 0,2) \text{ м/с}^2.)$$

13. *«Существуют способы определения значения g с большей точностью (например, до $0,00001 \text{ м/с}^2$ » [1, с. 66].*

Комментарий. Сообщите ученикам, что измерение силы тяжести является предметом раздела физики гравиметрии, и для измерения ускорения свободного падения сконструированы специальные приборы — гравиметры. Предложите ученикам выяснить, какова точность современных гравиметров. (Так, например, в учебном пособии В.Б. Виноградова, Л.А. Болотновой, изданном еще в 2010 г., указано: «Абсолютное значение силы тяжести в настоящее время измеряют с помощью баллистических гравиметров. Метод измерения абсолютных значений силы тяжести основан на регистрации времени свободного падения пробной массы m , свободно падающей в гравитационном поле в вакуумированной камере с известной высоты. ...измерения силы проводятся с прибором ГАБЛ-Э (гравиметр абсолютный баллистический лазерный эталонный). ...Погрешность измерения 5 мкГал» [19, с. 17, 22]. (Напомним, что 1 Гал = 1 см/с².) В более «свежем» пособии говорится: «гравиразведочные работы осуществляются с компьютеризированными гравиметрами ...с погрешностью 0,005 мГал» [20, с. 22]. Таким образом, относительная погрешность измерения составляет половину миллионной доли процента. Это равносильно тому, что если бы длина Садового кольца — круговой магистральной системы улиц в центре Москвы — была бы измерена с точностью до толщины человеческого волоса.)

14. *«Тело брошено с поверхности земли*

вертикально вверх. Докажите, что время полета тела до момента падения на землю вдвое больше времени подъема на максимальную высоту» [1, с. 70].

Комментарий. В упражнении, в которое включена эта задача, специально оговорено, что при решении следует пренебречь сопротивлением воздуха. В рамках такой модели модуль ускорения при движении тела и вверх, и вниз очевидно равен ускорению свободного падения; доказательство равенства времени подъема тела времени его падения для учеников не составляет труда. Предложите ученикам «расширить» модель задачи до учета силы сопротивления воздуха и ответить на вопрос: «Мяч брошен вертикально вверх. Что больше: время подъема или время падения?» [21, с. 22].

15. *«Гравитационная постоянная была измерена экспериментально в 1798 г. английским физиком Генри Кавендишем (1731–1810)» [1, с. 71].*

Комментарий. Здесь сложно организовать совместную работу учителя и учеников по критическому осмыслению текста. Вероятно, следует ограничиться только сообщением ученикам следующей информации.

– Ньютон, формулируя закон всемирного тяготения, в знаменитых «Математических началах натуральной философии» писал: «Тяготение существует ко всем телам вообще и пропорционально массе каждого из них. ...Если вещество двух шаров, тяготеющих друг к другу, в равных удалениях от их центров однородно, то притяжение каждого шара другим обратно пропорционально квадрату расстояния между центрами их» [22, с. 518, 519]. Ст. научный сотрудник Института истории естествознания и техники РАН К.А. Томилин в монографии «Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах» отмечает: «Ньютон не применял аналитическую запись закона тяготения, не представил закон тяготения в едином виде и использовал пропорциональности, что заранее исключало какие-либо специ-

альные коэффициенты пропорциональности ... Следует отметить, что факт отсутствия гравитационной постоянной в "Началах" является не просто проявлением особенностей стиля "Начал", а на самом деле имеет объективные причины и обусловлен прежде всего тем, что небесная механика сводится к чисто кинематическим закономерностям с учетом кинематических постоянных и безразмерных отношений масс небесных тел» [23, с. 113].

- По мнению историков науки, гравитационная постоянная в нынешнем ее виде впервые была введена в закон всемирного тяготения в научных трудах в начале XIX века.
- Целью опыта Кавендиша было определение средней плотности Земли, что следует из названия статьи, в которой изложены результаты его экспериментальной работы «Опыты по определению плотности Земли» [24, с. 255–268]. Никаких упоминаний гравитационной постоянной в статье Кавендиша нет, как и указаний (даже косвенных), что ее экспериментальное определение является целью опытов.

По мнению Томилина: «Историки физики и механики задержались с исследованиями по истории G , в результате историко-научный "вакуум" по данной проблеме стал заполняться во второй половине XX в. (особенно в физической, научно-популярной, педагогической и даже энциклопедической литературе) мифологической историей, согласно которой гравитационную постоянную ввел Ньютон, а измерил — Кавендиш» [23, с.110].

16. *«Закон всемирного тяготения объясняет не только падение тел на Землю, но и устойчивость Солнечной системы, движение Луны и других небесных тел»* [1, с. 72].

Комментарий. Для учителя физики отметим следующее.

- Закон всемирного тяготения ничего не объясняет в плане того, что он не рас-

крывает причин тяготения. «Еще Ньютона спрашивали о его теории: "Но ведь она ничего не говорит, она ничего не объясняет?" Ньютон отвечал: "Она говорит, как движутся тела. Этого должно быть достаточно. Я сказал вам, как они движутся, а не почему". ...со времени Ньютона и до наших дней никто не мог описать механизм, скрытый за законом тяготения, не повторив того, что уже сказал Ньютон, не усложнив математики или не предсказав явлений, которых на самом деле не существует. Так что до сих пор у нас нет иной модели для теории гравитации, кроме математической» [25, с. 33, 34].

- Устойчивость Солнечной системы не обусловлена исключительно характером закона всемирного тяготения. Рассмотрение вопроса об ее устойчивости (или неустойчивости) «отягчено» тем, что решение задачи гравитационного взаимодействия системы тел («задача трех тел», «задача N тел») не имеет аналитического решения. Выдающимися математиками А.Н. Колмогоровым, В.И. Арнольдом, Ю. Мозером в 60-х гг. XX в. была разработана т.н. КАМ-теория, из которой применительно к Солнечной системе следует, что «при достаточно малых массах планет большая доля области фазового пространства, соответствующей невозмущенному движению в одну сторону по кеплеровским эллипсам малых эксцентриситетов и наклонов, заполнена условно-периодическими движениями, близкими к лагранжевым» [26, с. 211]. Специалисты в области небесной механики отмечают: «За редчайшими исключениями устойчивость системы N тел на космогонических временах обеспечивается двумя факторами: иерархией масс и иерархией расстояний» [27, с. 1].

17. *«Пример 2. Через неподвижный блок перекинута нить, к концам которой подвешены грузы массой 3 кг и 2 кг. Найдите ускорение грузов и силу натяжения нити.*

Трение нити о блок отсутствует, масса нити пренебрежимо мала» [1, с. 80].

Комментарий. Предложите ученикам выяснить, какие еще упрощения необходимо добавить к используемому модельному описанию ситуации, изложенной в задаче (помимо условия нерастяжимости нити, что указано в ходе решения задачи). Таким условием будет указание на то, что блок должен быть легким (отметим, что на рисунке 50 учебника [1] блок выглядит существенно массивнее грузов). В противном случае силы натяжения, приложенные к грузам, не будут равными, так как при движении грузов необходима и ускоренная «раскрутка» блока. Аналогичное замечание следует высказать и к условию задачи 5 из упражнения 17 учебника [1, с. 82].

Для учителя напомним, что если блок цилиндрической формы будет иметь массу m , то грузы массой m_1 и m_2 , прикрепленные к нерастяжимой невесомой нити, переброшенной через такой блок, в отсутствии трения будут двигаться с ускорением a , равным:

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 + 0,5m}.$$

18. *«Итак мы выяснили, что вес тела зависит от ускорения опоры, на которой оно находится, и может быть как больше, так и меньше силы тяжести. При свободном падении вес обращается в нуль» [1, с. 86].*

Комментарий. Предложите ученикам обсудить, является ли рассмотрение зависимости веса от ускорения всесторонним или изучены только отдельные частные случаи данного вопроса. В результате, они придут к выводу, что в общем случае в соответствии со вторым законом Ньютона

$$m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g}$$

и третьим законом Ньютона

$$\vec{N} = -\vec{P},$$

вес тела определяется выражением:

$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a}).$$

Можно предложить ученикам решить следующую задачу: «Чему равен вес водителя массой 80 кг при разгоне им автомобиля на горизонтальной трассе до 100 км/ч за 3,3 с?». Ребятам достаточно сообразить, что векторная сумма сил, действующих на водителя, а это сила реакции $\vec{N}$ и сила тяжести $m\vec{g}$, дают равнодействующую силу, равную $m\vec{a}$. Ввиду того, что ускорение $\vec{a}$ направлено горизонтально, по теореме Пифагора имеем:

$$N = m\sqrt{g^2 + a^2}.$$

Значит и

$$P = m\sqrt{g^2 + a^2}.$$

Также отметим, что общепринятым является обозначение векторных величин в печатном тексте жирным шрифтом. По этой причине вызывает недоумение, когда на развороте учебника [1] (страницы 84 и 85) в глаза бросаются две формулы:

$$P = m(g + a)$$

и

$$P = m(g - a),$$

где первая формула трактуется как формула для расчета веса тела, движущегося на опоре (подвесе) с ускорением, направленным вертикально вверх, а вторая — для случая, когда ускорение направлено вертикально вниз.

В заключение отметим, что работа учителя физики по формированию и развитию критического мышления учащихся «работает» не только на достижение метапредметных результатов освоения программы образования, но и личностных результатов, в частности: «готовность обучающихся к саморазвитию, самостоятельности и личностному самоопределению; ценность самостоятельности и инициативы» [7]. В современном мире, где на нас ежеминутно обрушивается «девятый вал» информации, где вновь выдвинутые предложения и идеи требуют проверки и осмысления, где главной ценно-

стью общества становится не накопленная информация, а способность представителей общества к ее эффективному усвоению, трансформации и передаче, «образование, рассчитанное на перспективу, должно строиться на основе двух неразлучных принципов: умения быстро ориентироваться в стремительно растущем потоке информации и находить нужное, и умения осмыслить и применить полученную информацию» [2, с. 20]. И добавим: умения адекватно реагировать на фейки и негативные «происки» искусственного интеллекта.

Литература

1. Физика: 9-й класс: базовый уровень: учебник / И.М. Пёрышкин, Е.М. Гутник, А.И. Иванов, М.А. Петрова. — М.: Просвещение, 2024. — 350 с.
2. Халперн Д. Психология критического мышления. — СПб.: Питер, 2000. — 512 с.
3. Селевко Г.К. Энциклопедия образовательных технологий: В 2 т. Т. 1. — М.: НИИ школьных технологий, 2019. — 818 с.
4. Дмитриев Г.Д. Многокультурное образование. — М.: Нар. образование, 1999. — 208 с.
5. Заир-Бек С.И., Муштавинская И.В. Развитие критического мышления на уроке: пособие для учителей общеобразовательных учреждений. — М.: Просвещение, 2011. — 223 с.
6. Клустер Д. Что такое критическое мышление? // Русский язык. 2002. № 29. — URL: <https://rus.1sept.ru/article.php?ID=200202902> (дата обращения: 15.03.2025).
7. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования, утвержденный приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 31 мая 2021 г. № 287, с изменениями, внесенными приказами Министерства просвещения Российской Федерации от 18 июля 2022 г. № 568, от 8 ноября 2022 г. № 955.
8. Андриюшечкин С.М., Андриюшечкина Н.А., Рамазанов А.Р. Развитие критического мышления школьников в процессе изучения физических явлений // Материалы XVI Международной научно-практической конференции «Методология и методика формирования научных понятий у учащихся школ и студентов вузов»: 12–13 мая 2009 г., Челябинск. — Челябинск: Изд-во ИИУМЦ «Образование». С. 231–234.
9. Плешакова Н.Л. Методика проведения обобщающих занятий по физике: учебно-методическое пособие. — Тула: ТГПУ им. Л.Н. Толстого, 2021. — 90 с.
10. Современный учебник. Формирование ключевых навыков человека XXI века: методическое пособие для авторов учебников, экспертов, учителей / под ред. И.М. Осмоловской, В.В. Серикова. М.: ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО», 2022. — 180 с.
11. Лернер И.Я. Проблемное обучение. — М.: Знание, 1974. — 64 с.
12. Андриюшечкин С.М. Еще раз о I законе Ньютона // Физика в школе. 2006. № 5. С. 67–68.
13. Ландау Л.Д., Китайгородский А.И. Физика для всех: в 4-х кн. — М.: Наука, 1978–1979. Кн. 1: Физические тела, 1978. — 206 с.
14. Рыжиков С.Б., Рыжикова Ю.В. Проблемный подход к изучению основ физики // Физика в школе. 2016. № 1. С. 32–40.
15. Смирнов А.В. Современный кабинет физики. — М.: 5 за знания, 2006. — 304 с.
16. Физический практикум для классов с углубленным изучением физики: Дидактический материал: 9 – 11 кл. / Ю.И. Дик, О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов и др.; под ред. Ю.И. Дика, О.Ф. Кабардина. — М.: Просвещение, 1993. — 208 с.
17. Андриюшечкин С.М. Физика. 9 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений. — М.: Баласс, 2013. — 320 с.
18. Крылов А.Н. Собрание трудов академика А.Н. Крылова. Т. 3. Ч. 1. Математика / А.Н. Крылов; отв. ред. В.И. Смирнов; Акад. наук СССР. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949. — 498 с.
19. Виноградов В.Б., Болотнова Л.А. Гравиметры: учебное пособие. — Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2010. — 67 с.
20. Виноградов В.Б. Гравиразведка: гравитационное поле Земли, аппаратура, методика измерений: учебное пособие. — М.: Ай Пи Ар Медиа, 2023. — 153 с.

21. Слободецкий И.Ш., Орлов В.А. Всесоюзные олимпиады по физике: Пособие для учащихся 8 – 10 кл. сред. школы. — М.: Просвещение, 1982. — 256 с.

22. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. — М.: Наука, 1989. — 689 с.

23. Томилин К.А. Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 368 с.

24. Кавендиш Г. Опыты по определению плотности Земли // Классики физической науки / Голин Г.М., Филонович С.Р. — М.: Высшая школа, 1989. — 576 с.

25. Фейнман Р. Характер физических зако-

нов. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. — 160 с.

26. Арнольд В.И., Козлов В.В., Нейштадт А.И. Математические аспекты классической и небесной механики. «Современные проблемы математики. Фундаментальные направления. Т. 3 (Итоги науки и техн. ВИНТИ АН СССР)». — М., 1985. С. 5–304.

27. Кузнецов Э.Д. Динамическая эволюция двупланетных систем на космогонических интервалах времени: автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук: 01.03.01. — СПб, 2010. — 28 с.

Дата поступления рукописи (Received): 18.05.2025.

Опубликовано (Published): 15.01.2026.

Ученые нашли новый способ изучать тайну происхождения молнии

Физики разработали новый метод, который может помочь раскрыть одну из самых давних загадок — происхождение молний. Исследование, проведенное международной группой ученых, случайно выявило, что может быть первоначальной искрой для разряда молнии.

Как часто бывает в науке, эксперименты, которые пошли не по плану, приводят к чему-то даже более интересному. Исследователи изучали способность оптических лазерных «пинцетов» заряжать частицы в своей ловушке. Они использовали лазеры, чтобы захватить единственную микроскопическую частицу диоксида кремния и измерить ее заряд. Когда нейтральная частица накапливает заряд, она начинает «вибрировать» в переменном электрическом поле лазера. Измерения показали, что частица, вероятно, поглощает два фотона от лазера, что высвобождает электроны, и оставляет ее с положительным зарядом. Однако ученые заметили нечто неожиданное: иногда, после того как частица находилась в ловушке в течение недель, она внезапно переставала так сильно вибрировать. Это спонтанная микроразрядка, которая, если бы она произошла в атмосфере, могла бы запустить нечто подобное молнии. Связь с молнией на данном этапе является умозрительной, но явление представляет собой ту же самую загадку, что вызывает начальную искру только в крошечном масштабе. Теперь исследователи планируют изучить, влияют ли на эти разряды размер частиц, влажность или давление. Несмотря на то, что ежедневно на Земле вспыхивают миллионы молний, точный механизм их зарождения внутри грозовых облаков остается неизвестным. Существующие теории, в основном основанные на наблюдениях и моделировании, сложно проверить в лаборатории. Основная гипотеза предполагает, что ледяные кристаллы в облаках заряжаются при столкновении с мягким градом, создавая электрическое поле. Однако измеренные внутри облаков поля слишком слабы для пробоя воздуха. Возможно, существуют необнаруженные области с более сильными полями, или свою роль играют высокоэнергетические космические лучи. Новый метод позволяет с высочайшей точностью изучать процессы заряда и разряда на уровне одной частицы без использования металлических электродов, что делает условия более приближенными к атмосферным.

Источник: <https://new-science.ru/uchenye-nashli-novyyj-sposob-izuchat-tajnu-proishozhdeniya-molnij/>