



Серыя «У дапамогу педагогу»  
заснавана ў 1995 годзе

Заснавальнік і выдавец — рэспубліканскае  
ўнітарнае прадпрыемства  
«Выдавецтва «Адукацыя і выхаванне»»  
Міністэрства адукацыі Рэспублікі Беларусь

Вул. Будзённага, 21, 220070, г. Мінск;  
тэл.: 297-93-18 (адк. сакратар),  
297-93-22 (аддзел маркетынгу),  
факс: 297-91-49,  
<http://www.aiv.by>,  
e-mail: fizika@aiv.by



Навукова-метадычны часопіс  
Выдаецца з IV квартала 1995 года  
Да 2013 года выходзіў пад назвай  
«Фізіка: праблемы выкладання»  
Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі  
сродку масавай інфармацыі № 687 ад 16.09.2009,  
выдадзенае Міністэрствам інфармацыі  
Рэспублікі Беларусь  
Выходзіць 1 раз у 3 месяцы

# Фізіка

1 (138)•2022

Студзень — сакавік



## Рэдакцыйная калегія

**МІКАЛАЙ ІВАНАВІЧ ЗАПРУДСКІ** —  
галоўны рэдактар,  
кандыдат педагагічных навук, дацэнт  
**К. А. ПЯТРОЎ** —  
намеснік галоўнага рэдактара  
**Г. І. КАШЭЎНІКАВА** — адказны сакратар  
**У. А. ГОЛУБЕЎ**  
**Л. А. ІСАЧАНКАВА**, кандыдат  
фізіка-матэматычных навук, дацэнт  
**А. А. ЛУЦЭВІЧ**, кандыдат педагагічных навук,  
дацэнт  
**Ю. У. РАЗВІН**, кандыдат  
фізіка-матэматычных навук, дацэнт  
**А. І. СЛАБАДЗЯНЮК**, кандыдат  
фізіка-матэматычных навук, дацэнт

## Рэдакцыйная рада

**У. Т. КАБУШ** — старшыня,  
доктар педагагічных навук, прафесар  
**Т. А. ЛАПАЦІК**, доктар  
педагагічных навук, прафесар  
**А. У. ЛАЎРЫНЕНКА**, доктар  
фізіка-матэматычных навук, прафесар  
**В. М. НАВУМЧЫК**, доктар  
педагагічных навук, прафесар  
**Г. У. ПАЛЬЧЫК**, доктар  
педагагічных навук, прафесар  
**І. В. СЕМЧАНКА**, доктар  
фізіка-матэматычных навук, прафесар  
**В. У. ЧЭЧАТ**, доктар педагагічных навук,  
прафесар  
**В. В. ШАПЯЛЕВІЧ**, доктар  
фізіка-матэматычных навук, прафесар



# ЗМЕСТ

<b>СТАРОНКА ГАЛОЎНАГА РЭДАКТАРА</b>	<b>3</b>
<b>НАВУКОВЫЯ ПУБЛІКАЦЫІ</b>	
Техніко-канструктарскія ўмення як абабшчэнная сістэма дзействаў пры выкананні эксперыментальных ўчебных заданняў <b>М. В. Евланов, И. П. Кондратьева</b>	<b>6</b>
<b>МЕТАДЫЧНАЯ МАЙСТЭРНЯ</b>	
Мастэр-клас «Прав лі Колумб?», ілі Фарміраванне ўчебна-дзейнасных ўменняў ўчащыхся на ўроках фізікі пасредствам фізічнага эксперыменту <b>О. Н. Даник</b>	<b>14</b>
<b>КАНСУЛЬТАЦЫІ</b>	
Лістая старонка ўчебніка фізікі: ісчезаючы вес <b>М. Н. Дубина, А. И. Слободянюк, А. К. Шабусов</b>	<b>19</b>
О рашенні адной з задач кантраляванага тэставання <b>С. И. Федорино</b>	<b>29</b>
Некаторыя заўважэння па ўчебнаму пасобію фізіка для 11 класа <b>П. Б. Кац</b>	<b>32</b>
<b>РАСПРАЦОЎКІ ЎРОКАЎ</b>	
Праект ўрока па тэме «Работа і мацність электрычнага току. Закон Джоуля — Ленца» <b>Т. М. Афанасик, Т. В. Богданович, А. В. Якубовский</b>	<b>36</b>
XXXII метадычны летнік «АЛЬХОЎКА-2022»	<b>40</b>
<b>ВЫРОШЧВАЕМ ТАЛЕНТЫ</b>	
О прынцыпах, падходах і крытэрыях ацэнівання работ ісследовательскага характэра ўчащыхся (на прымере секцыі «Фізіка») <b>В. В. Жилко, Л. Г. Маркович</b>	<b>42</b>
<b>АСТРАНОМІЯ</b>	
Прадстаўленне новага ўчебніка «Астраномія» <b>И. В. Галузо</b>	<b>49</b>
Урок «Двіжэнне касмічных апаратаў» <b>Т. А. Королюк</b>	<b>55</b>
<b>НАШЫ АЎТАРЫ</b>	<b>60</b>

$$s_0 - \frac{t'_2 + t_2}{2} \cdot v = \frac{t'_2 - t_2}{2} \cdot c. \quad (6)$$

Теперь из верхнего выражения (5) вычтем нижнее выражение (6):

$$\frac{t'_2 + t_2}{2} \cdot v - \frac{t'_1 + t_1}{2} \cdot v = \frac{t'_1 - t_1}{2} \cdot c - \frac{t'_2 - t_2}{2} \cdot c,$$

$$\begin{aligned} t'_2 \cdot v + t_2 \cdot v - t'_1 \cdot v - t_1 \cdot v &= \\ = t'_1 \cdot c - t_1 \cdot c - t'_2 \cdot c + t_2 \cdot c, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t'_2 \cdot v - t'_1 \cdot v + t_2 \cdot c - t_1 \cdot c &= \\ = -t_2 \cdot v + t_1 \cdot v + t_2 \cdot c - t_1 \cdot c, \end{aligned}$$

$$(t'_2 - t'_1) \cdot (c + v) = (t_2 - t_1) \cdot (c - v),$$

$$\Delta t' \cdot (c + v) = \Delta t \cdot (c - v),$$

$$\Delta t' = \Delta t \cdot \frac{c - v}{c + v}.$$

По условию задачи необходимо найти разность:

$$\begin{aligned} \Delta t - \Delta t' &= \Delta t \cdot \left(1 - \frac{c - v}{c + v}\right) = \\ &= \Delta t \cdot \left(\frac{c + v - c + v}{c + v}\right) = \Delta t \cdot \left(\frac{2v}{c + v}\right), \end{aligned}$$

$$\Delta t - \Delta t' = \frac{2v \cdot \Delta t}{c + v},$$

$$\Delta t - \Delta t' = \frac{2 \cdot 210 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^8 + 210} = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ с.}$$

Ответ: 14.

Случай, когда самолёт удаляется от неподвижного аэростата, предлагаю рассмотреть самостоятельно. В этом случае в знаменателе ответа должен быть знак «-»:

$$\Delta t - \Delta t' = \frac{2v \cdot \Delta t}{c - v}.$$



## НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО УЧЕБНОМУ ПОСОБИЮ ФИЗИКА ДЛЯ 11 КЛАССА

*П. Б. Кац*

В 2021 году вышло новое учебное пособие по физике для 11 класса [1]. Следует отметить, что по сравнению с прошлым изданием повышена наглядность и уменьшена сложность изложения материала, что является несомненным улучшением. Также исправлен ряд неточностей старого издания. Но некоторые неточности всё же были замечены и в новом издании. Рассмотрим некоторые из них в данной статье.

**С. 77.** *Верхний предел частот, который могут генерировать атомные системы, составляет  $10^{30}$  Гц. Излучения более высоких частот (гамма-излучение) испускается атомными ядрами.*

Заметим, что согласно [2] фотоны с энергией выше 100 ТэВ от астрофизических источников были впервые обнаружены только в 2019 году. Рассчитаем частоту фотона с энергией 100 ТэВ:

$$\nu = \frac{E_\gamma}{h} = \frac{100 \cdot 10^{12} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{(6,63 \cdot 10^{-34})} \approx 2,4 \cdot 10^{28} \text{ (Гц)}.$$

Исходя из фразы, что гамма-излучение имеет большую частоту, чем излучение атомных систем, а частоты гамма-излучения значительно меньше, можно предположить, что имеет место опечатка.

**С. 90.** *Майкельсон определил модуль скорости распространения света в серо-*

углероде —  $1,71 \cdot 10^8$  м/с. Следовательно, в воде модуль скорости распространения света уменьшается в 1,33 раза по сравнению с вакуумом, а в сероуглероде — в 1,64 раза.

В [3, с. 389] можно прочесть: «Так, для воды Майкельсон получил  $c/v = 1,33$  в соответствии со значением показателя преломления воды. Но для сероуглерода он нашёл  $c/v = 1,75$ , тогда как обычное определение показателя преломления даёт  $n = 1,64$ ».

Это несоответствие предсказанного из показателя преломления и полученного экспериментально результатов было объяснено, согласно [3], Рэлеем, подробно рассмотревшим понятие фазовой и групповой скорости света в среде. Из показателя преломления определяется фазовая скорость света, а Майкельсон измерял групповую скорость света.

**С. 142.** Предмет может так же размещаться на расстоянии наилучшего зрения, т.е. между фокусом и оптическим центром линзы.

Фокусное расстояние лупы меньше расстояния наилучшего зрения. При помещении предмета между фокусом и оптическим центром на расстоянии наилучшего зрения от глаза должно быть изображение, а не предмет.

На с. 143 представлена формула для увеличения лупы при аккомодации глаза на расстояние наилучшего зрения:

$$\Gamma = \frac{\varphi'}{\varphi} = \frac{F + d_0}{F} = 1 + \frac{d_0}{F}.$$

Здесь полезно указать, что данная формула применима в случае, когда глаз помещён вплотную к лупе. Вывод формулы для более общего случая можно найти в [3, с. 812].

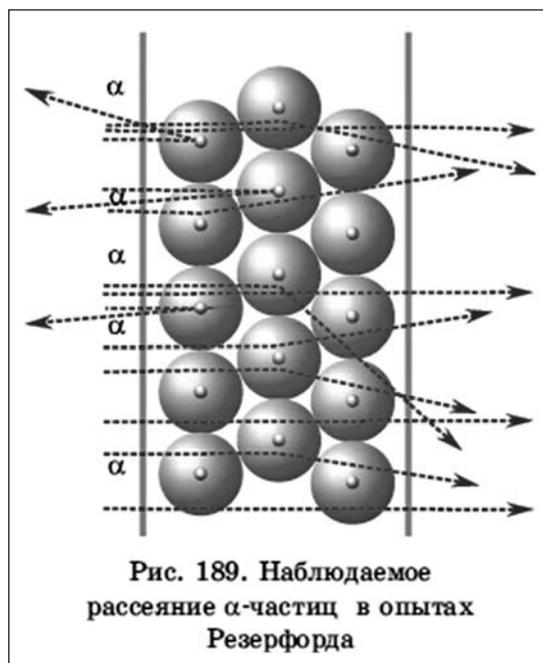
**С. 183.** Ядро атома гелия  $He^4$  является альфа-частицей.

Приведём выдержку из Википедии [4]: «Практически весь гелий Вселенной образовался в первые несколько минут после Большого взрыва, во время первичного

нуклеосинтеза. В современной Вселенной почти весь новый гелий образуется в результате термоядерного синтеза из водорода в недрах звёзд... На Земле он образуется в результате альфа-распада тяжёлых элементов»

Таким образом, в целом для Вселенной фраза является некорректной, т.к. только небольшая доля ядер гелия-4 образовалась в результате альфа-распадов.

**С. 185.** На рисунке 189 изображено столкновение альфа-частиц с ядрами золота. Из представленного рисунка может сложиться впечатление, что альфа-частицы рассеиваются на углы более 90 градусов при столкновении с ядром подобно столкновению твёрдых шаров. Однако несложно рассчитать, что при энергии альфа-частиц 9 МэВ и менее даже при лобовом столкновении альфа-частицы не долетят до ядра из-за кулоновского отталкивания. Понятно, что в таком масштабе трудно это изобразить, но учителю можно пояснить этот момент.



**С. 190.** Приведена формула для энергии атома водорода:

$$E_n = -R \cdot \frac{1}{n^2} \quad (n = 1, 2, 3). \quad R = \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^3}.$$

Неверно указана степень постоянной Планка. Должна быть вторая степень, а не третья. Видимо, авторы взяли формулу для  $R$  из выражения для расчёта циклической частоты фотона, излучаемого при переходе атома между двумя уровнями.

**С. 212.** *Ядерные силы являются силами притяжения и отталкивания.*

Из этой фразы может сложиться впечатление, что, наподобие электрических зарядов, есть два знака ядерных зарядов и между одноимёнными зарядами действует отталкивание, а между разноимёнными — притяжение. Но на самом деле это означает, что на достаточно малом расстоянии между нуклонами (согласно [5, с. 184] 0,3—0,4 фемтометра) притяжение между нуклонами сменяется отталкиванием.

**С. 215.** Рассматривается закон сохранения энергии при ядерной реакции. Приведена формула:

$$E_a + E_A = E_b + E_B + Q,$$

где  $E$  — полная энергия частицы, включающая энергию покоя и кинетическую энергию. Но по закону сохранения энергии, т.к. частицы до и после реакции считаются невзаимодействующими, сумма полных энергий должна сохраняться, т.е. должно быть:

$$E_a + E_A = E_b + E_B.$$

Или

$$\begin{aligned} E_{ка} + m_a c^2 + E_{КА} + m_A c^2 &= \\ = E_{кб} + m_b c^2 + E_{кВ} + m_B c^2. \end{aligned}$$

Тогда энергия ядерной реакции:

$$\begin{aligned} Q = E_{кб} + E_{кВ} - (E_{ка} + E_{КА}) &= \\ = m_a c^2 + m_A c^2 - (m_b c^2 + m_B c^2). \end{aligned}$$

Таким образом, энергия ядерной реакции равна изменению кинетической энергии частиц в результате реакции, и по закону сохранения энергии она равна разности начальной и конечной суммарной энергии покоя взаимодействующих частиц. Например, при экзоэнергетической реакции кинетическая энергия частиц возрастает за счёт убыли энергии покоя.

В пособии [1] же получается формула:

$$Q = E_{к}^0 - E_{к} + (m_A + m_a - (m_B + m_b))c^2,$$

а затем делается вывод, что энергия реакции лишь при малых скоростях частиц равна разности энергий покоя начального и конечного состояний частиц. На самом деле это верно для любых возможных скоростей частиц.

**С. 220—221.** Приведено вычисление дефекта массы и энергии связи ядра углерода. При этом не учтено, что 12,00000 — масса атома, а не ядра. По опыту преподавания ядерной физики, это довольно распространённая ошибка. Полезно заострить внимание при расчётах энергии связи и дефекта массы ядра, что если в формулу подставляется масса атома, то для компенсации разницы масс атома и ядра в формулу следует подставлять не массу протона, а массу атома водорода-1. Если это учесть, то получится энергия связи не 89,1 МэВ, а 92,2 МэВ.

**С. 229.** *Спектр гамма-излучения непрерывный. Энергия в пределах от 10 МэВ до 1 МэВ.*

Так как гамма-излучение ядер связано с переходами ядер с более высоких энергетических уровней на более низкие, т.е. энергетический спектр ядра дискретен, то и спектр гамма-излучения для данного ядра тоже дискретен. И границы энергии указаны неверно. Из указанных длин волн можно оценить энергии — от 10 кэВ до 10 МэВ.

**С. 238.** *Для U-235 меньше вероятность вылета нейтронов за пределы зоны до их поглощения, т.е. размеры будут меньше, чем для зоны с U238. Кроме того, размер зоны будет меньше вследствие того, что для расщепления U-235 можно использовать медленные нейтроны.*

В уране-238 вообще не осуществима цепная реакция деления. Приведём объяснение согласно [6, с. 238]. Только у 60 % нейтронов деления энергия больше пороговой энергии, необходимой для деления ядра урана-238. Причём лишь один нейтрон из таких пяти успевает произвести

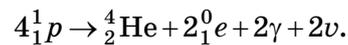
деление, пока его энергия за счёт соударений с ядрами не упадёт ниже порога деления. А для незатухающей реакции деления надо, чтобы коэффициент размножения нейтронов не был меньше единицы. Для урана-238 он меньше единицы. Поэтому и не существует никаких данных про критическую массу урана-238.

**С. 240.** Перечислены условия для самоподдерживающейся цепной ядерной реакции. Одно из указанных условий — коэффициент размножения нейтронов  $k > 1$ . Но это необходимое и достаточное условие, которое связано с реализацией остальных условий. При этом в качестве четвёртого условия указано отсутствие примесей, поглощающих образующиеся нейтроны. Очевидно, что это условие слишком сильное и практически нереализуемое. Приведём пример из Википедии [7]: «В квадратной уран-графитовой решётке с шагом  $a = 30$  см и стержнем из природного урана диаметром  $d = 3$  см **отношение количества атомов  $N_C / N_U = 215$ , а коэффициент  $\theta_{\text{гет}} = 0,885$** ».

Таким образом, даже при превышении количества ядер углерода над количеством

ядер урана в 215 раз 88,5 % поглощённых тепловых нейтронов поглощаются ядрами урана, а 11,5% — ядрами углерода.

**С. 248.** Приводится результат реакций, в которых водород превращается в гелий, и указано, что при этом выделяется 26,72 МэВ:



Рассчитаем энергию такого превращения. Учтём для этого, что масса ядра гелия в сумме с массой двух позитронов совпадает с массой нейтрального атома (пренебрегаем энергией связи электронов, как обычно и делают, и учитываем равенство масс позитрона и электрона). Массу нейтрино можно принять равной нулю.

$$Q = 931,5(4 \cdot 1,007276 - 4,002603) = 24,69 \text{ (МэВ)}.$$

Получили результат, отличающийся от указанного. Объяснение заключается в том, что два образующихся позитрона аннигилируют с электронами, имеющимися в плазме. За счёт этого выделяется ещё 2 с небольшим МэВ энергии.

#### Список использованной литературы

1. Жилко, В. В. Физика : учеб. пособие для 11 класса учреждений общего среднего образования с русским языком обучения (с электронным приложением для повышенного уровня) / В. В. Жилко, Л. Г. Маркович, А. А. Сокольский. — Минск : Народная асвета, 2021. — 287 с.
2. Amenomori, M. First Detection of Photons with Energy beyond 100 TeV from an Astrophysical Source / M. Amenomori et al // Physical Review. — 2019, — 2;123(5):051101 — P. 051101-1 — 051101-6.
3. Ландсберг, Г. С. Оптика : учеб. пособие для вузов. — 6-е изд., стереот. / Г. С. Ландсберг. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 848 с.
4. Гелий [Электронный ресурс] // Википедия. Свободная энциклопедия. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гелий>. — Дата доступа: 25.12.2021.
5. Широков, Ю. М. Ядерная физика / Ю. М. Широков, Н. П. Юдин. — М. : Наука, 1980. — 728 с.
6. Наумов, А. И. Физика атомного ядра и элементарных частиц / А.И. Наумов. — М. : Просвещение, 1984. — 384 с.
7. Коэффициент использования тепловых нейтронов [Электронный ресурс] // Википедия. Свободная энциклопедия. — Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент\\_использования\\_тепловых\\_нейтронов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент_использования_тепловых_нейтронов). — Дата доступа: 25.12.2021.