

ISSN 2307-5457	НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ
<i>Primus inter pares</i>	 УЧЕБНАЯ ФИЗИКА
Материалы XXVII Всероссийской научно-практической конференции	Январь - март 2022 №1
«Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения»	Издаётся с января 1997 года

СОДЕРЖАНИЕ

Хроника

XXVII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «УЧЕБНЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ. СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ»	3
--	---

Основная школа

В. В. Майер К. М. Курбоналиев	ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА И СОВРЕМЕННАЯ ГРАДИЕНТНАЯ ОПТИКА НА ШКОЛЬНОМ ВНЕУРОЧНОМ ЗАНЯТИИ	9
----------------------------------	---	---

Старшая школа

В. Н. Бакулин М. И. Толмачева	ВЕРЕВКА — ВЕРВИЕ НЕ ПРОСТОЕ	14
Ш. Г. Зиятдинов	ЗАДАЧИ-ЛОВУШКИ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ	22

Высшая школа

Б. А. Мукушев	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА, МОДЕЛИРУЮЩАЯ СИЛУ ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ	27
А. А. Сабирзянов	ПОСТРОЕНИЕ СИЛОВЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПО МЕТОДУ МАКСВЕЛЛА	33
С. А. Герасимов	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ЖИДКОСТИ И ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ ...	41

А. П. Коваленко	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО	
С. В. Симукова	ТОКА НА ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ	
	ПО ФИЗИКЕ	48

Компьютер в эксперименте

В. В. Майер	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАРТФОНА	
А. А. Перминов	ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАДИЕНТА	
	ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ	53

АВТОРЫ ЖУРНАЛА	67
ABSTRACTS	68

Редакция журнала:

В. В. Майер (главный редактор), Р. В. Акатов, Е. И. Вараксина, Л. С. Кропачева

Редакционный совет:

В. Е. Антонов	д.ф.-м.н., с.н.с., ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Л. Д. Григорьева	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
С. С. Назин	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
Г. Г. Никифоров	к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
А. Ю. Пентин	к.ф.-м.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
Ю. А. Сауров	д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров
Э. В. Суворов	д.ф.-м.н., профессор, ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Я. А. Чиговская-Назарова	к.филол.н., доцент, ректор ГГПИ, Глазов

Оргкомитет конференции:

М. Д. Даммер	д.п.н., профессор, Челябинск
П. В. Зуев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
Н. Я. Молотков	д.п.н., профессор, Тамбов
Ф. А. Сидоренко	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Т. Н. Шамало	д.п.н., профессор, Екатеринбург

Адрес редакции, издателя и типографии: 427621, Удмуртия, Глазов, Первомайская, 25, Пединститут, Телефон: (341 41) 5-32-29.

E-mail: kropa@bk.ru

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко»

Журнал «Учебная физика» зарегистрирован Комитетом Российской Федерации по печати 4 февраля 1997 года, регистрационный № 015686, перерегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 2 мая 2017 года, ПИ № ФС77-69506.

Использование и перепечатка материалов допускаются только по договоренности с редакцией журнала.

Сдано в набор 12.05.22. Подписано в печать 15.06.22. Дата выхода в свет: 27.06.22. Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,25.

Заказ 151. Тираж 200 экз. Цена свободная.

Первая страница обложки: Современный вариант эксперимента Г.Герца, в котором обнаруживается электромагнитное излучение, распространяющееся от полуволнового вибратора с искровым промежутком.

УДК 372.853

Ш. Г. Зиятдинов

**ЗАДАЧИ–ЛОВУШКИ
В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ**

Обсуждается необходимость обращения внимания учащихся к задачам, требующим нетрадиционного подхода при их решении.

Ключевые слова: школьный курс физики, практикум по решению физических задач, задачи–ловушки.

В последние годы в общеобразовательных школах растет интерес к практикуму решения нетрадиционных физических задач (ПРФЗ), задания к которому подбираются так, чтобы они, с одной стороны, соответствовали содержанию курса физики и уровню знаний учащихся, а с другой стороны, несли элемент новизны и нетривиальности. В данной работе мы приводим ряд задач, которые содержат в условиях и в методах их решения некоторые «ловушки», ускользающие от внимания учащихся и приводящие к неверным решениям.

Задача 1. *По легкому неподвижному шарiku массы t ударяют массивным шаром массой M ($M \gg t$), движущимся со скоростью u . Скорость легкого шарика после столкновения равна: 1) $v' = 2u$; 2) $v' = u$; 3) $v' = \sqrt{2}u$ и др.*

При абсолютно упругом ударе шарика о неподвижную массивную стену скорость шарика сохраняется. Однако, в нашем случае стенка (массивный шар) движется со скоростью u и упруго сталкивается с неподвижным легким шариком. В этом случае легкий шарик движется относительно стенки — массивного мяча (а не относительно Земли) со скоростью u и отскакивает с той же скоростью u . Чтобы получить окончательный ответ перейдем обратно к системе отсчета, связанной с Землей. Согласно закону сложения скоростей получим ответ: легкий мячик отскакивает после столкновения со скоростью $v' = 2u$.

Многие учащиеся думают, что если ударить по неподвижному мячу со скоростью u , то он отскочит с той же скоростью u , т. е. со скоростью $v' = u$!

Задача 2. Легкий шарик, летящий со скоростью v навстречу массивной стене, движущейся со скоростью u , упруго сталкивается с ней. Скорость легкого шарика после столкновения равна...

Используя логику решения задачи 1, получим неожиданный ответ $v = v + 2u!$

Задача 3. На гладкой горизонтальной поверхности около стенки стоит симметричный брусок массы m_1 с углублением полусферической формы радиуса R . Из точки A без трения и начальной скорости соскальзывает маленькая шайба массы m_2 . Максимальная скорость бруска при его последующем движении равна...

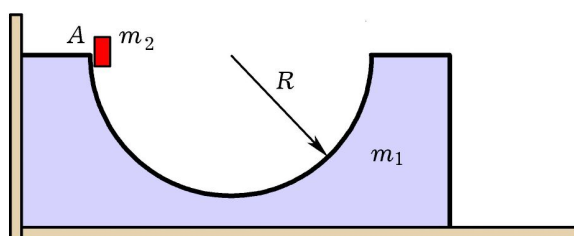


Рис. 1

До тех пор пока шайба не окажется в низшем положении, брусок будет касаться стены и покоиться (рис. 1). К этому времени шайба приобретет скорость $v_0 = \sqrt{2gR}$. В дальнейшем шайба будет подниматься по правой внутренней поверхности бруска, все время толкая его вправо. Далее в какой-то момент шайба остановится относительно бруска и начнет скользить влево относительно бруска до низшей точки, толкая и ускоряя его. Таким образом, максимальная скорость бруска будет в момент прохождения шайбой низшего положения при ее движении влево относительно бруска (в этом заключается изюминка задачи и ее ловушка!). Ответ получим из законов сохранения импульса и механической энергии системы шайба+брусок.

Задача 4. На краю покоящейся тележки массы M стоят два человека, масса каждого m . Пренебрегая трением, найти скорость тележки после того, как оба человека спрыгнут с одной и той же горизонтальной скоростью v' относительно тележки: 1) одновременно; 2) друг за другом. В каком случае скорость тележки будет больше и во сколько раз?

Обратим внимание на условие задачи: человек спрыгивает с тележки со скоростью v' относительно тележки (!), а не относительно

Земли v . На этот факт учащиеся чаще всего не обращают внимания: в законах сохранения импульса и энергии все анализируемые величины записываются в одной и той же СО — либо относительно Земли, либо относительно, в данном случае, тележки. Если это условие учеником игнорируется, то полученный ответ будет принципиально неверным. Путаница в скоростях в законах сохранения импульса и энергии системы — это типичная ошибка учащихся. Подробный анализ задачи нами был дан в [1].

Задача 5. Пуля массы m , летящая со скоростью v , попадает в массивный брусок и движется в нем, испытывая силу сопротивления, пропорциональную глубине погружения в брусок. Оцените полную глубину погружения пули в брусок и ее скорость на середине пройденного пути до остановки. Коэффициент сопротивления k .

Задача, на первый взгляд, сложная и нетрадиционная — на второй закон Ньютона с непостоянной силой трения! Но если внимательно присмотреться, то можно догадаться, что этот закон движения представляет знакомое учащимся 11 класса дифференциальное уравнение гармонического колебания математического маятника за первую четверть периода колебания до остановки!

Задача 6. На дне запаянного со всех сторон и заполненного до краев водой цилиндрического сосуда находятся два пузырька воздуха. Давление внутри пузырьков одинаковое и равно p_0 . Сначала всплыл один пузырек, потом другой. Определить давление на дно сосуда после каждого всплытия пузырьков. Воду считать несжимаемой.

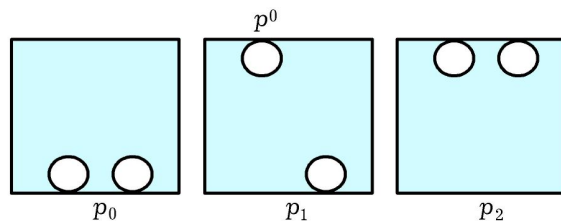


Рис. 2

Как видно из первого рис. 2, давление внутри пузырьков до их всплытия $p_0 = \rho gh$. По мере всплытия первого пузырька его объем увеличивается (на ΔV в верхней точке), а второго — соответственно уменьшается на ту же величину ΔV ! (Ловушка задачи заключается на факте несжимаемости воды). Соответствующие давления становятся равными p^0 и p_1 . Для пузырьков верны выражения: $p_0 V_0 = p^0 (V_0 + \Delta V)$ (1), $p_0 V_0 = p_1 (V_0 - \Delta V)$ (2), $p_1 = \rho gh + p^0$ (3).

Из выражений (1)–(3) получим $p_1 = (1 + \sqrt{2}/2)p_0$. После всплытия второго пузырька давление в пузырьках станет $p_2 = 2p_0$.

Задача 7. На графике (рис. 3) изображены две изотермы одной и той же массы идеального газа. Определить температуру T_3 идеального газа в точке A_3 , находящейся в середине отрезка A_1A_2 . Температуры T_1 и T_2 считать известными.

Состояния газа 1, 2, 3 одновременно подчиняются уравнению $pV = (m/M)RT$ (1), закону $p = A \cdot V$ (2) (если догадаться!) и $V_3 = (V_1 + V_2)/2$ (3). Из уравнений (1) и (2) следует $V = B \cdot \sqrt{T}$ (4), где $B = \sqrt{mR/MA}$. Подставляя (4) в (3), получим $T_3 = (\sqrt{T_1} + \sqrt{T_2})^2/4$.

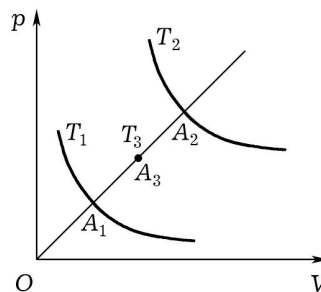


Рис. 3

Задача 8. Изменится ли емкость конденсатора при внесении между пластинами конденсатора тонкой металлической пластинки?

Оказывается, внесение между пластинами конденсатора тонкой металлической пластинки (рис. 4) не меняет емкости конденсатора $C_0 = \epsilon_0 S/d$. В самом деле, емкость последовательно соединенных конденсаторов $C_1 = \epsilon_0 S/d_1$ и $C_2 = \epsilon_0 S/d_2$ (причем $d_1 + d_2 = d$) определяется по формуле $C = C_1 C_2 / (C_1 + C_2) = C_0$, т. е. емкость не меняется (!).

Задача 9. Идеальный плоский заряженный конденсатор на одну четверть своего объема заполнен стеклянной пластиной ($\epsilon = 6$). Энергия конденсатора равна...

Используя идею решения задачи 8, считаем, что первый конденсатор заполнен диэлектриком с ϵ . При решении задачи используем формулы энергии конденсатора $W = q^2/2C$ и общей емкости последовательно соединенных конденсаторов.

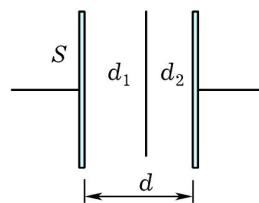


Рис. 4

Задача 10. Электрон, обладающий на бесконечности скоростью v , движется в сторону другого неподвижного свободного электрона. На какое наименьшее расстояние они сблизятся? Излучением электромагнитной энергии пренебречь.

В момент наибольшего сближения (r_{\min}) система электрон+электрон движется, однако их относительные скорости равны нулю (т. е. они движутся вместе с некоторой скоростью v' как одно

целое!). Используя законы сохранения импульса $mv = 2mv'$ и механической+электростатической энергии

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{2mv'^2}{2} + \frac{ke^2}{r_{\min}}, \quad \text{получим} \quad r_{\min} = \frac{4ke^2}{mv^2} = \frac{e^2}{\pi\epsilon_0 mv^2}.$$

Задача 11. Электрическая цепь (рис. 5) содержит всего 40 резисторов. Сопротивление каждого резистора первого «звена» равно R , второго — $10R$, третьего — $100R$ и так далее до 20 звена. Найдите сопротивление между точками A и B .

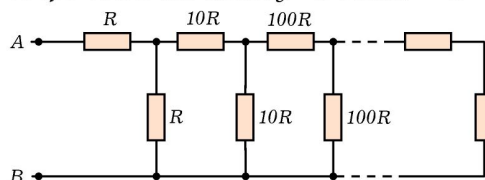


Рис. 5

Отметим, что, если цепь была бы бесконечная, то решение было бы традиционное — на бесконечно убывающую геометрическую прогрессию. А эту задачу на конечную цепь учащиеся решить в общем виде не смогут! Это задача на так называемые цепные дроби, и решается приближенно! Более подробно решение задачи мы дали в [2]. Вычисление сопротивления цепи можно завершить уже после присоединения 4-го звена (с точностью до 6-го знака после запятой!).

Задача 12. Если каждый из двух источников звука в некоторой точке пространства создает шум громкостью 50 дБ, то какова будет суммарная громкость от этих источников шума?

Традиционно звучит неправильный ответ $50 + 50 = 100$ дБ! В действительности же, если источники звука некогерентные, то шумомеры дадут суммарное значение громкости около 53 дБ, а если когерентные, то 56 дБ. Отметим, что данная задача с шумомерами была нами подробно проанализирована в [3, 4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Зиятдинов Ш. Г. Уточнение решения одной задачи // Физика в школе. — 2002. — № 5. — С. 39.
2. Зиятдинов Ш. Г. Стоит ли решать задачи в общем виде? // Физика. — 2005. — № 7. — С. 16–20.
3. Зиятдинов Ш. Г. Акустические загадки // Учебная физика. — 2011. — № 2. — С. 33–35.
4. Зиятдинов Ш. Г. Загадки акустики // Физика. — 2013. — № 1. — С. 20–22.

Бирский филиал Башкирского
государственного университета

Поступила в редакцию 25.11.21.

ABSTRACTS

XXVII All–Russia scientific and practical conference «The Educational Physics Experiment: Topical problems. Modern solutions». A report on XXVII All–Russian scientific and practical conference «The Educational Physics Experiment: Topical problems. Modern solutions» is presented. The conference was organized in Glazov on 28–29 January 2022. The names of the reports are given. *Keywords:* didactics of physics, educational physics experiment, conference.

Mayer V. V., Kurbanaliev K. M. Total internal reflection of light and modern gradient optics at school optional lesson. The content of an optional lesson for 8th grade students has been developed. The lesson is devoted to the phenomena associated with the total internal reflection of light in optically homogeneous and inhomogeneous media. *Keywords:* optional lesson, basic school, total internal reflection, gradient optics.

Bakulin V. N., Tolmacheva M. I. Rope is not an easy verve. Different methodological approaches to solving problems with rope are compared. The reasons for discrepancies in the results of solving problems by different methods are analyzed: dynamic and energetic. The results of the application of various approaches by senior physics students to solving rope movement problems are discussed. *Keywords:* educational task, motion models, dynamic and energetic approaches.

Ziyatdinov Sh. G. Trap tasks in the school physics course. The necessity of drawing students' attention to tasks requiring an unconventional approach to their solution is discussed. *Keywords:* school physics course, workshop on solving physical problems, trap tasks.

Mukushev B. A. Experimental setup simulating the force of universal gravity. The article presents the principles of operation and structure of the experimental setup necessary to simulate the movement of a body in a field of central force similar to the force of universal gravity. *Keywords:* electrical circuit of the installation, alternating current coil, magnetic field, Wood proof, conical motion of a steel ball.

Sabirzyanov A. A. Construction of electrostatic field lines by Maxwell's method. Maxwell's method of constructing force lines for a system of two point charges is considered. The force lines are represented by approximating polylines. The equation of force lines is derived in trigonometric form through the functions of two guiding angles. The pictures of force lines for several cases differing in the values and signs of charges are given. *Keywords:* electrostatic field, force lines, construction, Maxwell's method.

Gerasimov S. A. Electric current in liquid and negative magnetoresistivity. Not to confirm, but to understand — that is the purpose of this work. The magnetic field should reduce the current in the substance. This is the result of the so-called magnetoresistivity. It turned out the opposite. The electric current in the electrolyte increases under the influence of a magnetic field. *Keywords:* magnetic field, electric current, temperature, electrolyte, magnetoresistivity.

Kovalenko A. P., Simukova S. V. Research of alternating current rectifier at a laboratory workshop in physics. The article considers the research of the dependence of the ripple ratio, as well as the variable and steady components of the rectified voltage on the load current strength for single-half-period and two-half-period rectifiers. *Keywords:* single-half-period rectifier, two-half-period rectifier, steady component, variable component, ripple ratio.

Mayer V. V., Perminov A. A. Using a smartphone to determine the gradient of the refractive index. For the undergraduate physics workshop of a pedagogical university, a laboratory work is proposed to determine the gradient of the refractive index in the layer between a solution of table salt and pure water. The main measuring device is a smartphone with the program «Radius of curvature of the beam». *Keywords:* laboratory work, refractive index gradient, smartphone, software, photographing curved light beam.