

ISSN 2307-5457	<p>НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ</p>  <p>УЧЕБНАЯ ФИЗИКА</p> <p>Январь - март 2021 №1</p> <p>Издается с января 1997 года</p>
<i>Primum inter pares</i>	
Материалы XXVI Всероссийской научно-практической конференции	
„Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения“	

СОДЕРЖАНИЕ

Основная школа

А. Р. Аржаник Ю. В. Богданова А. Е. Масалов	МАШИНЫ ГОЛДБЕРГА В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ ПО МЕХАНИКЕ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ... 3
Т. С. Гейт Д. А. Семенов Ф. А. Сидоренко	ПРЯМОЕ ИЗМЕРЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ГЛУБИНЫ ПОГРУЖЕНИЯ КАРТЕЗИАНСКОГО ВОДОЛАЗА 9

Старшая школа

В. В. Майер Е. И. Вараксина Ю. А. Корнев	АБСОЛЮТНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ БАКАЛАВРИАТА... 13
В. В. Майер Е. И. Вараксина И. А. Васильев	БЕЗОПАСНЫЙ, МАЛОМОЩНЫЙ И ПРОСТОЙ УДВОИТЕЛЬ СЕТЕВОГО НАПРЯЖЕНИЯ 26

Высшая школа

В. А. Саранин	ИЗОТЕРМА ИЛИ АДИАБАТА? 29
С. А. Герасимов	ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ТЕМНОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ В ЖИДКОСТИ 31

Науковедение

Ю. А. Сауров	ЕЩЕ РАЗ ОБ ИСТОЧНИКАХ ЗНАНИЙ И О ПОНИМАНИИ В ОБУЧЕНИИ..... 36
--------------	--

Исследования

П. В. Зуев Е. С. Кошечева	ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЧЕБНО–ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ 42
Е. И. Вараксина	НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В УЧЕБНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ 46
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
Ю. В. Иванов	к.п.н., доцент, Глазов
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, Педагогический институт, 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 12.05.21. Подписано в печать 15.06.21. Дата выхода в свет: 28.06.21. Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,25.

Заказ 145. Тираж 200 экз. Цена свободная.

Первая страница обложки: Исследование картезианского водолаза (см. статью: Гейт Т. С., Семенов Д. А., Сидоренко Ф. А. Прямое измерение критической глубины погружения картезианского водолаза, с. 9–12).

УДК 53.05:532.31

Т. С. Гейт, Д. А. Семенов, Ф. А. Сидоренко
ПРЯМОЕ ИЗМЕРЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ГЛУБИНЫ
ПОГРУЖЕНИЯ КАРТЕЗИАНСКОГО ВОДОЛАЗА

В отличие от предшествующих работ проведены прямые, а не косвенные измерения критической глубины погружения картезианского водолаза в зависимости от исходного объема воздуха и плотности жидкости. Получено хорошее совпадение измеренных и расчетных значений.

Ключевые слова: картезианский водолаз, критическая глубина.

Введение. Демонстрационный эксперимент «Картезианский водолаз» хорошо известен в учебной практике [1]. В текущем сезоне международного Турнира юных физиков [2] предлагается на основе этого эксперимента выполнить учебное исследование по определению критической глубины погружения и установить, какими факторами оно определяется (задание 6). При этом формулировка условия задания как бы навязывает методику проведения экспериментов. Так, предлагается доставлять «водолаза» (перевернутую пробирку с воздушным пузырем сверху) на некоторую глубину в высокой заполненной жидкостью прозрачной трубе, повышая давление над этой жидкостью, и фиксировать дальнейшее состояние системы. При достаточной высоте трубы найдется точка равновесия (искомая критическая глубина), в которой сила тяжести равна силе Архимеда. Однако равновесие в этой точке является неустойчивым [3]. Малейшее случайное смещение приводит к возникновению суммарной силы, направленной вверх или вниз, и в результате пробирка всплывает или тонет.

Если внешнее давление повышать «бесконечно медленно», то пробирка будет оставаться на грани погружения до достижения критического давления, после чего опустится на дно. По значению критического внешнего давления легко рассчитывается критическая глубина, но ее измерение в этом случае следует признать косвенным.

В нашей работе, кроме описанной методики, использован прямой метод определения критической глубины погружения «Картезианского водолаза».

Методика статического определения критической глубины. Очевидно, что пробирку можно перемещать в трубе с жидкостью сверху вниз с помощью тонкого стержня с колпачком (рис. 1) или ни-



Рис. 1. Прямое измерение критической глубины погружения Картезианского водолаза. Перевернутая вверх дном пробирка с воздушным пузырем исходно плавает на поверхности. Медленное ее продвижение вниз увеличивает общее давление в пузыре, и его объем уменьшается. При этом уменьшается и сила Архимеда, которая на критической глубине становится равной силе тяжести

ти, перекинутой через неподвижный блок внизу трубы. Перемещение должно быть предельно медленным, без толчков. Желательны остановки с выдержкой порядка нескольких секунд. При достижении критической глубины после некоторой выдержки водолаз начнет тонуть. Если приподнять стержень до достижения критической глубины, то водолаз всплывет. Расстояние между верхним уровнем жидкости в трубе и уровнем жидкости в пробирке в момент, когда фиксируется начало самостоятельного погружения пробирки, следует принять за критическую глубину.

Критическую глубину $h_{кр}$ нетрудно связать с основными параметрами эксперимента. Введем следующие обозначения: V_0 — объем воздуха в пробирке при атмосферном давлении p_a , V — объем

воздуха на глубине $h_{кр}$, m — масса пробирки, ρ — плотность жидкости в трубе, ρ_c — плотность материала пробирки, g — ускорение свободного падения. Полагая, что погружение осуществляется медленно и температура воздуха в пробирке остается постоянной, запишем условие равенства силы Архимеда и силы тяжести

$$\rho g \left(V_0 \frac{p_a}{p_a + \rho g h_{кр}} + \frac{m}{\rho_c} \right) = mg. \quad (1)$$

Здесь слева записан вес вытесненной «водолазом» жидкости, объем которой складывается из объемов воздуха и материала пробирки, а справа — сила тяжести. Из записанного равенства получаем формулу для расчета критической глубины погружения

$$h_{кр} = \frac{p_a}{\rho g} \left(\frac{V_0}{m} \cdot \frac{\rho}{1 - \rho/\rho_c} - 1 \right). \quad (2)$$

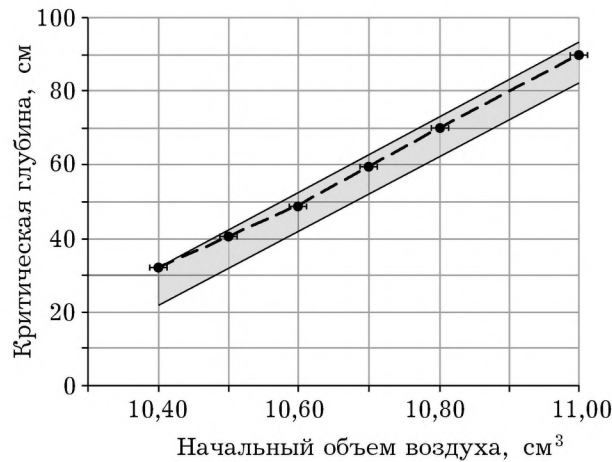


Рис. 2. Зависимость критической глубины от начального объема воздуха в пробирке. Точки и пунктирная линия — эксперимент. Сплошные линии — расчет для интервала возможных значений объема стекла, получаемых делением массы m на плотность ρ_c

Экспериментально полученные зависимости критической глубины от начального объема и от плотности использованной жидкости представлены на рис. 2 и 3.

Как следует из приведенных данных, измеренные значения критической глубины удовлетворительно согласуются с расчетными значениями.

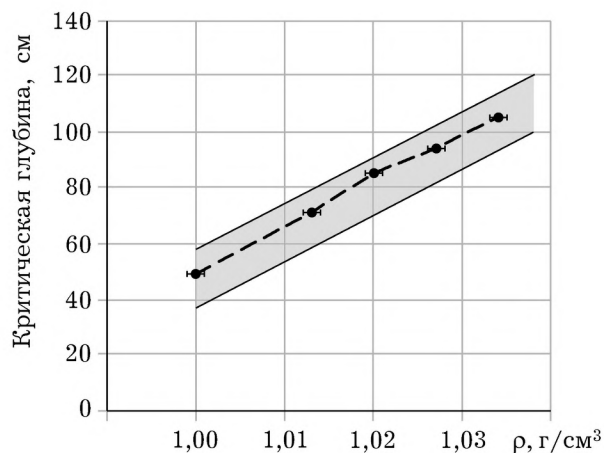


Рис. 3. Зависимость критической глубины от плотности жидкости в трубе. Точки и пунктирная линия — эксперимент. Сплошные линии — расчет для интервала возможных значений начального объема воздуха

Учебно–исследовательский потенциал «Картезианского водолаза» представляется весьма перспективным. Так, можно поставить эксперименты по прямому определению силы Архимеда с помощью тонкой нити, перекинутой через неподвижный блок у дна сосуда, или исследовать поведение водолаза в жидкости, плотность которой изменяется с высотой. Кстати, не окажется ли равновесие в такой жидкости устойчивым? Интересны также процессы при разнообразных внешних воздействиях на водолаза.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://kvantik.com/diver.pdf>
2. <https://www.iypt.org/problems/problems-for-the-34th-iypt-2021/>
3. Güémez J., Fiolhais C., Fiolhais M. The Cartesian diver and the fold catastrophe // American Journal of Physics. — 2002. — V. 70. — № 7. — P. 710–714; <https://doi.org/10.1119/1.1477433>

Лицей № 130, Екатеринбург;
Уральский федеральный
университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина

Поступила в редакцию 09.02.21.

ABSTRACTS

Arzhanik A.R., Bogdanova J.V., Masalov A.E. E.I. Goldberg machines in a Physics workshop on mechanics in high school. We have proposed a method of using Goldberg machines in a high school physics workshop. *Keywords:* physics workshop, Goldberg machines.

Geyt T.S., Semenov D.A., Sidorenko F.A. Direct measurement of the Cartesian diver critical diving depth. In contrast to the previous works, direct and not indirect measurements of the Cartesian diver critical diving depth have been carried out, depending on the initial volume of air and the density of the liquid. A good match of the measured and calculated values has been obtained. *Keywords:* Cartesian diver, critical depth.

Mayer V.V., Varaksina E.I., Kornev Yu.A. An absolute method of measuring voltage in the physical workshop of the bachelor's degree. For physical workshops of a pedagogical university and high school classes with an in-depth study of physics, a laboratory work is offered to measure the maximum voltage created by a piezoelectric generator. In the process of performing the work, students are introduced to the absolute method of measuring voltage. *Keywords:* voltage measurement, absolute method, piezoelectric generator, physical workshop, pedagogical university, secondary school.

Mayer V.V., Varaksina E.I., Vasiliev I.A. Safe, low-power and simple network voltage doubler. A schematic diagram of a low-power AC voltage doubler of an electric lighting network (220 V) is considered. The design of the device, which gives a constant voltage of 500 V, is simple, affordable and ensures the safety of its operation. *Keywords:* electric lighting network, voltage doubler, training experiment, work safety.

Saranin V.A. Isotherm or adiabatic? The problem about piston oscillations in a vertical vessel with gas is solved. It is shown that the problem has the decision in two statements: oscillations or isothermal or adiabatically. *Keywords:* isothermal process, adiabatically process, piston oscillations in a vessel with gas.

Gerasimov S.A. Series and parallel connection of dark electric currents in liquid. When two conventional current sources are connected in parallel, the internal resistance decreases, and when in series, the electromotive force increases. For dark current sources, not everything is so simple. *Keywords:* voltage, electric current, energy, water, aluminum.

Saurov Yu.A. Once again about the sources of knowledge and understanding in teaching. Methodical, cognitive and project-based activity in teaching physics are always multifactorial and heterogeneous. And the formulated methodological knowledge carries the orientation of educational activity. And this is their didactic meaning. *Keywords:* cognition, understanding, methodology, activity, creativity of methodologists-physicists.

Zuev P.V., Koshcheeva E.S. Improving the effectiveness of learners' educational and research competencies in physics education. The option of increasing the efficiency of research activities of students in the implementation of the metapedmet program is proposed. *Keywords:* efficiency, educational and research activities, scientific knowledge, competence, efficiency directions, qualification analysis.

Varaksina E.I. Scientific activity in educational physical experiment. The paper considers the content of scientific activity in the field of educational physical experiment. A brief description of the systems of demonstration and laboratory university and school experiments developed in the post-war period in the domestic physics education is given. The directions of research that led to the creation of systems of new experiments in the second half of the 20th century are indicated. The analysis of publications on the educational experiment in leading domestic and foreign scientific journals is carried out. The main problem of research activity in the modern educational physical experiment is identified. *Keywords:* educational physical experiment, scientific activity, demonstration experiment, laboratory experiment, novelty, publication.