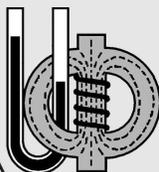


ISSN 2307-5457

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ

*Primum  
inter pares*



**УЧЕБНАЯ  
ФИЗИКА**

Материалы XXX Всероссийской  
научно-практической конференции

Апрель - июнь 2025 №2

„Учебный физический эксперимент:  
Актуальные проблемы. Современные  
решения“

Издается с января 1997 года

## СОДЕРЖАНИЕ

### Основная школа

Е. И. Вараксина	ГЕМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕРДЦА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ ОПЫТОВ	
В. В. Майер	НА УРОКАХ ФИЗИКИ И БИОЛОГИИ.....	3
А. В. Долженко		

### Старшая школа

В. В. Майер	ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ДЕМОНСТРАЦИОННОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ... 13	
Е. И. Вараксина		

### Высшая школа

В. Е. Сидоров	СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ОПТИКЕ НА БАЗЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ТЕХНОПАРКА «КВАНТОРИУМ» .....	21
Б. А. Русанов		
А. П. Усольцев		
В. А. Семериков		
А. А. Сабирзянов		

В. В. Майер	ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ КОНДЕНСАТОРЫ КАК ОБЪЕКТ УЧЕБНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ .....	35
Е. И. Вараксина		
И. И. Мышкин		

### Компьютер в эксперименте

С. В. Барышников	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ ПАНЕЛИ В СОСТАВЕ ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ .....	51
------------------	--	----

### Науковедение

Ю. А. Сауров	О ЖИЗНИ И ПРОБЛЕМАХ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ АКАДЕМИКА В. Г. РАЗУМОВСКОГО .....	59
--------------	---	----

АВТОРЫ ЖУРНАЛА .....	72
----------------------	----

---

---

**Редакция журнала:**

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

**Редакционный совет:**

С. В. Барышников	д.ф.-м.н., профессор, Благовещенск
И. В. Гребенев	д.п.н., профессор, Нижний Новгород
М. Д. Даммер	д.п.н., профессор, Челябинск
П. В. Зуев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
О. В. Лебедева	д.п.н., доцент, Нижний Новгород
Ю. А. Сауров	д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров
А. П. Усольцев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
А. А. Шаповалов	д.п.н., профессор, Барнаул

**Оргкомитет конференции:**

Н. Я. Молотков	д.п.н., профессор, Тамбов
Г. Г. Никифоров	к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
Ф. А. Сидоренко	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Я. А. Чиговская–Назарова	к.филол.н., доцент, ректор ГИПУ, Глазов
Т. Н. Шамало	д.п.н., профессор, Екатеринбург

**Перечень ВАК:** Журнал «Учебная физика» включен Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Минобрнауки России в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

**Адрес редакции, издателя и типографии:** 427621, Удмуртия, Глазов, Первомайская, 25, ФГБОУ ВО «ГИПУ», Телефон: (341 41) 5–32–29.  
*E-mail: uch-fiz@mail.ru, kropach@bk.ru*

---

---

**Учредитель:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Глазовский государственный инженерно-педагогический университет 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.

**Подписной индекс:** 79876.

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

Сдано в набор 02.06.25. Подписано в печать 25.06.25.

Дата выхода в свет: 27.06.25.

Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,5.

Заказ 170. Тираж 200 экз. Цена свободная.

**Первая страница обложки:** Демонстрация дифракции света на тумане.

*Научная статья*

ББК 74.262.23

УДК 372.853+372.857

Е. И. Вараксина, В. В. Майер, А. В. Долженко

ГЕМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕРДЦА  
ДЛЯ ДЕМОСТРАЦИОННЫХ ОПЫТОВ  
НА УРОКАХ ФИЗИКИ И БИОЛОГИИ

Разработано содержание внеурочной проектной деятельности школьников, направленной на создание прибора для моделирования насосной функции сердца. Прибор представляет собой собранный из двух медицинских шприцев жидкостный насос с клапаном внутри поршня и предназначен для использования на уроках физики и биологии. Отличие и преимущество предлагаемой модели от разработанной ранее состоит в том, что новая конструкция обеспечивает жесткую синхронизацию работы предсердия и желудочка, что облегчает демонстрацию опыта.

*Ключевые слова:* проектная деятельность, жидкостный насос, сердце человека, насосная функция, демонстрационные опыты.

E. I. Varaksina, V. V. Mayer, A. V. Dolzhenko

HEMODYNAMIC MODEL OF THE HEART  
FOR DEMONSTRATION EXPERIMENTS  
IN PHYSICS AND BIOLOGY LESSONS

The content of optional students' project activity aimed at creating a device for modeling the pumping function of the heart has been developed. The device is a liquid pump assembled from two medical syringes with a valve inside the piston and is intended for use in physics and biology classes. The difference and advantage of the proposed model from the previously developed one is that the proposed new design ensures hard synchronization of the work of the ventricle and atrium, which facilitates the demonstration of experiment.

*Keywords:* project activity, liquid pump, human heart, pumping function, demonstration experiments.

DOI: 10.62957/2307-5457-2025-2-3-12

## 1. Введение

В школьном учебнике «Биология–8» параграф, посвященный сердцу, начинается с утверждения, что сердце человека выполняет «роль насоса, проталкивающего кровь по сосудам» [1, с. 115–120]. Поэтому главное, что должны усвоить школьники на начальном этапе знакомства с сердцем — это ответ на вопрос: каково строение сердца и как именно оно выполняет насосную функцию? Но для этого нужно знать устройство и принцип действия жидкостного насоса.

Чтобы осознать значение работы сердца, от непрерывности и слаженности которой зависит жизнь человека [2, с. 112], школьники должны *собственными глазами* увидеть, как работает механический насос при перекачке жидкости. Необходимо на опыте убедиться, что устройство, детали которого (камеры, клапаны, трубки) выполняют функции, подобные функциям частей сердца, способно перекачивать жидкость примерно так, как это делает сердце.

Применение даже грубой натурной модели сердца имеет важное воспитательное значение. Большинство здоровых людей не ощущает сердца, не отдает себе отчета в том, что оно работает с первых недель внутриутробной жизни до самой смерти человека независимо от его воли. И не испытывает восхищения перед таким чудом природы как этот важнейший орган человека.

Знания о поршневых насосах учащиеся получают на уроках физики в 7 классе. К сожалению, изучение таких насосов чаще всего происходит на умозрительном уровне по картинкам из учебника, а их практическое применение подтверждается иллюстрацией устаревшей уличной колонки [3, с. 150].

В статье [4], посвященной проектной деятельности по учебному исследованию гидравлических механизмов в основной школе, рассмотрены конструкция и технология самостоятельного изготовления действующей модели поршневого насоса с клапаном внутри поршня. Как известно, главными элементами такого насоса являются цилиндр, перемещающийся внутри него поршень и два клапана: нижний перекрывает входное отверстие цилиндра, верхний установлен в самом поршне. Эта модель, отличаясь простотой и наглядностью, позволяет убедительно продемонстрировать принцип действия насоса по перекачиванию жидкости из одного сосуда в другой.

## 2. Проблема исследования

Наблюдения показывают, что при изучении сердечно–сосудистой системы учитель нередко движениями кистей и рук изображает (так сказать, *на пальцах*) форму и размер сердца, его биения, клапаны и их работу, круги кровообращения и т. д. Это свидетельствует о

том, что и учителю, и обучающимся необходимы наглядные образы, позволяющие представить скрытые от глаз процессы сердечной деятельности.

Таким образом, обнаружено **противоречие** между потребностью школьного курса биологии в простом, доступном и надежном учебном эксперименте, моделирующем насосную функцию сердца, и недостаточной разработанностью содержания проектной деятельности учащихся основной школы, в процессе которой может быть создан учебный прибор для модельной демонстрации перекачивания жидкости по замкнутому кругу на уроках физики и биологии.

Необходимость разрешения этого противоречия определяет **актуальность** нашего исследования и позволяет сформулировать его **проблему**: каким должно быть содержание внеурочной деятельности школьников, чтобы результаты их проектов по учебному исследованию жидкостных насосов могли быть использованы на уроках физики и биологии?

### 3. Учебные модели сердца

Выполняемые учащимися проекты содержат проектировочную, технологическую и рефлексивную фазы, причем фаза проектирования ученической проектной деятельности включает стадии мотивации, информации и планирования [5, с. 16–17]. Информационная стадия проекта по моделированию сердца должна формировать понятие модели в цикле научного познания и рассмотрение различных моделей сердца.

**Графическая модель.** На рис. 1 воспроизведено изображение строения сердца из школьного учебника биологии [2, с. 112]. Понятно, что учащемуся необходимо богатое воображение и немалое усердие, чтобы по такой графической модели представить работу человеческого сердца как насоса, перекачивающего кровь по организму.

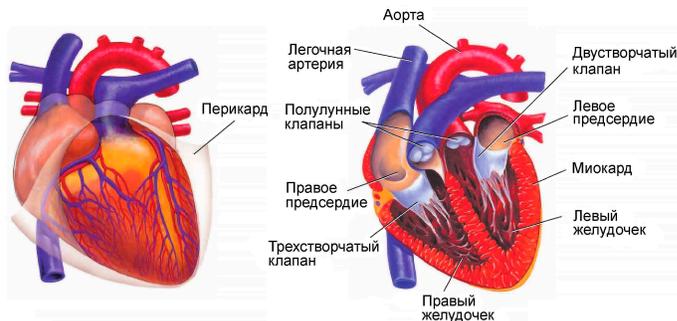


Рис. 1. Графическая модель сердца: изображение внешнего вида сердца и его продольного разреза (иллюстрация из учебника [2, с. 112])

Для изучения насосной функции сердца более приемлема иллюстрация из книги [6, с. 173], в которой мы оставили только важнейшие для понимания работы сердца детали. Так получилась схематическая модель, в которой выделена левая половина сердца, обеспечивающая движение крови по большому кругу (рис. 2). В этой графической модели обозначены: 1 — легочная вена; 2 — устье левого предсердия; 3 — левое предсердие; 4 — митральный (створчатый) клапан; 5 — левый желудочек; 6 — аортальный (полулунный) клапан; 7 — аорта [7].

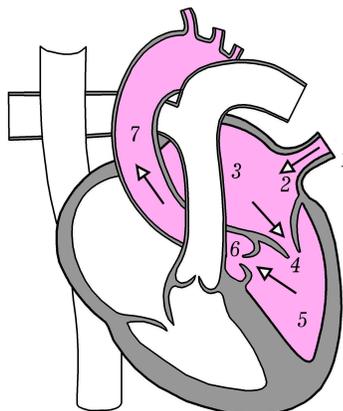


Рис. 2. Схематическая модель сердца построена на основе иллюстрации из книги [6, с. 173]

**Натурная модель.** Оригинальная натурная модель сердца предложена в работе [8]. В ней насосная функция сердца моделируется серией действий демонстратора с медицинским шприцем (рис. 3). Вначале в цилиндре шприца перемещением поршня создают разрежение, которое втягивает жидкость в цилиндр, а затем обратным

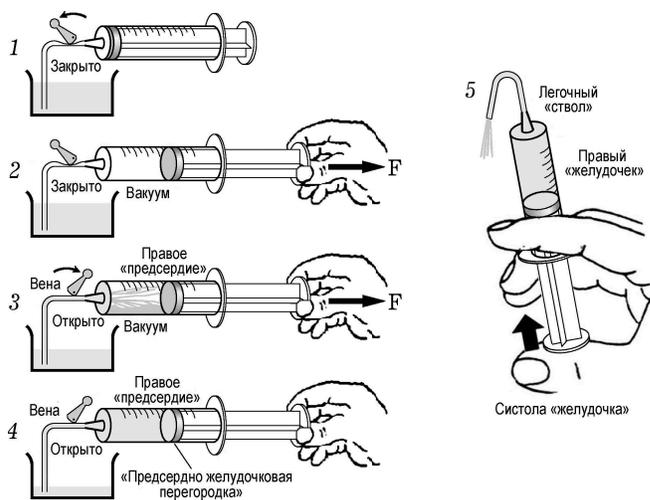


Рис. 3. Натурное моделирование насосной функции сердца (иллюстрация из статьи [8, с. 92])

движением поршня, выталкивают набранную жидкость из цилиндра. Поэтапно эти действия изображены на рис. 3: 1 — устье вены перекрыто; 2 — устье по-прежнему закрыто, движением поршня в цилиндре создается разрежение; 3 — устье открывается и в правое предсердие впрыскивается кровь; 4 — предсердие заполнено кровью; 5 — кровь собирается в правом желудочке и при его сокращении впрыскивается в аорту.

Основной недостаток рассмотренной модели состоит в том, что она малоприспособна для создания наглядного образа насосной функции сердца, поскольку предназначена лишь для подтверждения идеи авторов [8], что для работы сердца необходимо разрежение, создаваемое в предсердии.

#### 4. Поршневой насос в качестве модели сердца

На рис. 4 схематически изображена предлагаемая нами натурная модель левой половины сердца. Цифрами на ней обозначены детали модели и соответствующие им названия элементов сердца: 1 — шланг входной (вена легочная); 2, 4 — цилиндр большой с поршнем (предсердие); 3 — клапан входной (устье); 5 — клапан внутри поршня (митральный или створчатый); 6, 7 — цилиндр малый подвижный с неподвижным поршнем (желудочек); 8 — клапан выходной (аортальный); 9 — шланг выходной (аорта); 10, 11 — шток и обойма с держателем, скрепляющая неподвижные элементы модели (перикард).

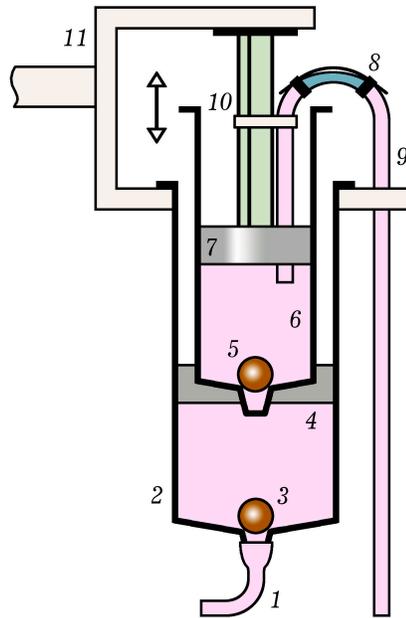


Рис. 4. Эскиз натурной модели левой половины сердца

Клапаны входной 3 и внутри поршня 5 представляют собой тяжелые шарики, свободно лежащие на отверстиях в конических углублениях цилиндров шприцев. Клапан выходной 8 смоделирован отрезком мягкой трубки, который сминается атмосферным давлением при снижении давления внутри проходящей через него жидкости.

Таким образом, предсердие смоделировано объемом большого цилиндра 2 между устьем 3 вены 1 и клапаном 5. Желудочек моде-

лирует объем малого цилиндра *б* между митральным клапаном *5* и поршнем *7*. Большой цилиндр *2*, поршень *7* и его шток *10* неподвижно закреплены в обойме *11*, которая представляет собой модель перикарда. Перемещаться вверх и вниз в направлении двойной стрелки может только малый цилиндр *б*.

### 5. Демонстрационный прибор

Для модели сердца готовят следующее оборудование (рис. 5.1): шприцы медицинские *1* объемом 100 мл и *2* объемом 50 мл, подыгольные конусы которых расположены по центру их цилиндров;

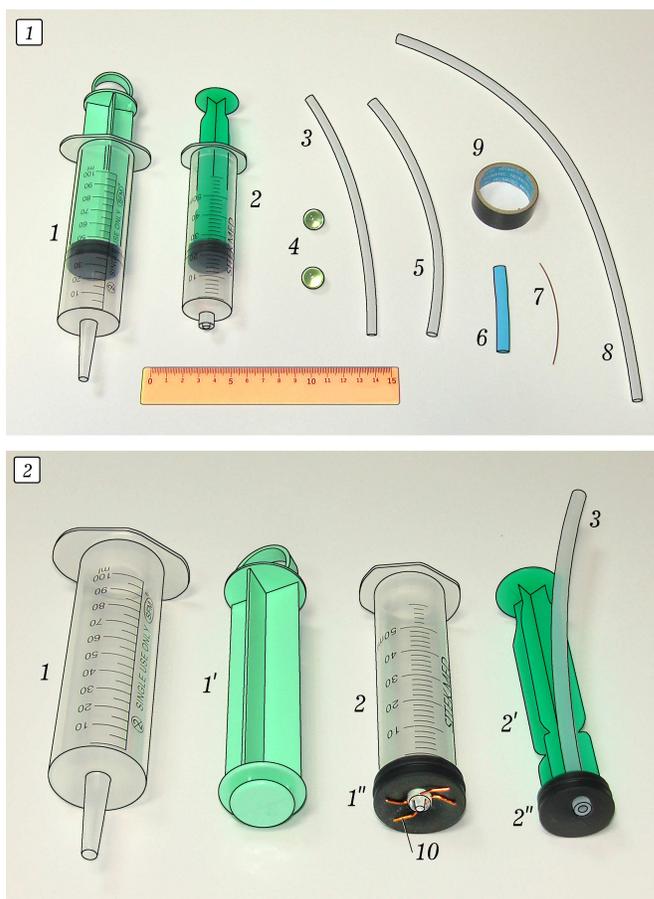


Рис. 5. Подготовка оборудования и сборка главного компонента модели левой половины сердца

силиконовый шланг (3, 5, 8) внешним диаметром 7 мм, внутренним 4 мм и длиной примерно 1 м; воздушный шар из латекса длинный, для моделирования (при заполнении воздухом без раздутия оболочка имеет длину 320 мм и диаметр 7 мм), из которого вырезают отрезок 6 длиной 50 мм; два одинаковых стеклянных (во избежание коррозии) шарика 4 диаметром примерно 15 мм; медную проволоку 7 диаметром примерно 1 мм и длиной около 100 мм; изоленту 9; 10% раствор аммиака (нашатырный спирт) или раствор щелочи; раствор фенолфталеина; два химических стакана объемом не менее 500 мл; штатив с двумя муфтами и двумя лапками.

В доработке нуждаются только шприцы. На рис. 5.2 показано, что из цилиндра шприца 1 объемом 100 мл нужно достать шток 1' и снять с него резиновый поршень 1''. В центре этого поршня пробковым сверлом делают отверстие такого диаметра, чтобы он плотно насаживался на предназначенный для иглы конец шприца 2 объемом 50 мл. В стенке этого конца раскаленной иглой проделывают два параллельных отверстия диаметром 1 мм. Далее на шприц 2 надевают поршень 1'' и фиксируют его двумя медными проволочками 10, продетыми в предназначенные для них отверстия. Концы каждой проволочки отгибают в противоположные стороны, чтобы этот крепеж не проворачивался в отверстиях. Описанный здесь способ изготовления большого поршня прост и обеспечивает надежные результаты. На последнем этапе доработки в малом поршне 2'' проделывают отверстие такого диаметра, чтобы получилось герметичное соединение резинового поршня и силиконового шланга 3.

После этого собирают поршневым насос с клапаном внутри поршня, как это показано на рис. 6.1. На нем видно, что в отличие от рис. 4 натурная модель не содержит специальную обойму для фиксации положений большого цилиндра и поршня малого цилиндра. Вместо нее использованы две лапки, закрепленные в муфтах, которые расположены на стойке штатива. Такая конструкция значительно упрощает изготовление демонстрационного прибора. Но при сборке модели сердца нужно обеспечить соосность обоих цилиндров и не пережимать лапками закрепленные в них большой цилиндр и шток поршня малого цилиндра.

## 6. Модельная демонстрация работы сердца

В стакан объемом 600 мл до половины наливают отстоявшуюся или прокипяченную воду комнатной температуры и вливают в нее 1 мл 10% раствора аммиака или растворяют одну–две гранулы щелочи (например, КОН). В этот слабощелочной раствор добавляют 1% спиртовой раствор фенолфталеина. Получившуюся ярко-малиновую жидкость разбавляют водой до нужной окраски.

В стакан с подкрашенной жидкостью опускают трубку, моделирующую легочную вену. Модель аорты опускают в пустой стакан

(рис. 6.1). Несколько раз полностью опуская и поднимая подвижный поршень, заполняют модель левой половины сердца подкрашенной жидкостью (рис. 6.2).

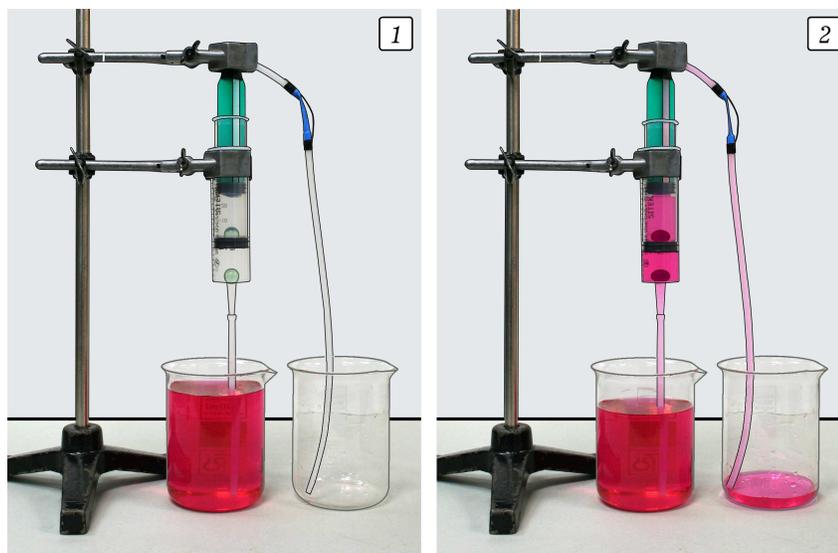


Рис. 6. Подготовленная к демонстрации экспериментальная установка

Обращают внимание обучающихся, что в этой модели суммарный объем предсердия и желудочка остается постоянным.

Вначале рассматривают работу предсердия. Вверх и затем вниз перемещают поршень, отделяющий предсердие от желудочка. При движении этого поршня вверх предсердие расслабляется, устье открывается, и кровь из легочной вены поступает в предсердие. На рис. 7.1 и 7.2 хорошо видно, что поднятие поршня ведет к смещению шарика, перекрывающего устье легочной вены.

При движении поршня вниз (рис. 7.3) устье закрывается, предсердие сокращается, открывается митральный клапан и кровь поступает в желудочек. На рис. 7.3 хорошо видно, что шарик, моделирующий митральный клапан, смещается вправо.

После предсердия обращаются к желудочку. При движении поршня вниз (рис. 7.3) желудочек расслабляется и наполняется кровью через открытый митральный клапан. Движение поршня вверх сжимает желудочек, митральный клапан закрывается (рис. 7.1 и 7.2), и кровь выбрасывается в аорту через открытый аортальный клапан.

Продолжают периодически поднимать и опускать поршень, перекачивая жидкость из одного сосуда в другой. Внимательные школьники замечают, что предсердие и желудочек сокращаются (систола)

и затем расслабляются (диастола) по очереди. По аорте во время систолы желудочка бежит пульсовая волна, а при периодических движениях поршня наблюдается пульс.

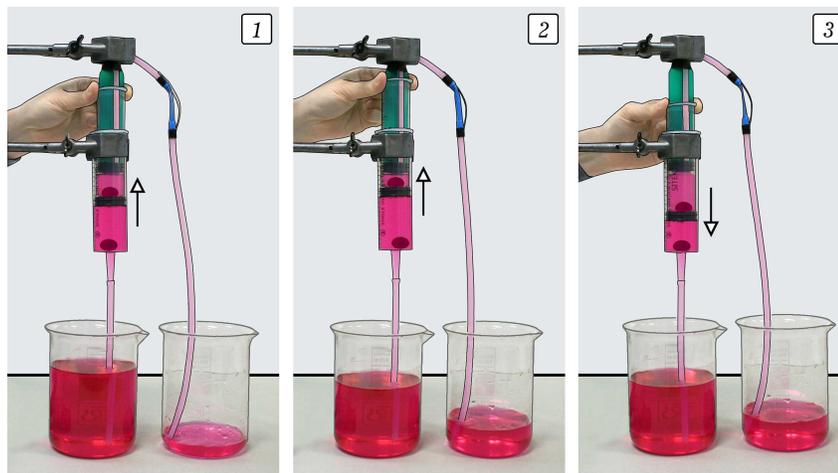


Рис. 7. Последовательность выполнения демонстрационного опыта

## 7. Заключение

В статье дано простое и доступное решение проблемы определения содержания внеурочной проектной деятельности в основной школе по учебному исследованию жидкостных насосов с целью моделирования работы сердца. Результаты этой деятельности исполнители проектов могут продемонстрировать на уроках физики и биологии, а преподаватели этих предметов использовать их на тех же уроках для совершенствования методики изучения в классе искусственных и естественных насосов.

Найденное решение проблемы допускает дальнейшее развитие. Например, если в экспериментальной установке вместо стеклянных использовать пластиковые стаканы и соединить их вблизи дна одной или несколькими трубками, то получится действующая модель кругового кровообращения, состоящая из моделей сердца, сосудов и капилляров.

Отличие и преимущество предлагаемой модели от разработанной ранее [7, 9] состоит в том, что новая конструкция обеспечивает жесткую синхронизацию работы предсердия и желудочка, что облегчает демонстрацию опыта. Значимость предлагаемой работы для отечественного физического образования определяется развитием содержания продуктивной проектной деятельности учащихся

на начальном этапе изучения физики. Актуальность этой проблемы обоснована ранее в статьях [10, 11, 12], посвященных подготовке учащихся к инженерно–технической деятельности в основной и начальной [13] школе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сивоглазов В. И., Каменский А. А., Сарычева Н. Ю. Биология. 8 класс: учеб. для общеобразоват. организаций. — М.: Просвещение, 2021. — 240 с.
2. Биология: 9–й класс: базовый уровень: учебник / В. В. Пасечник, А. А. Каменский, Г. Г. Швецов, З. Г. Гапонюк; под ред. В. В. Пасечника. — М.: Просвещение, 2023. — 272 с.
3. Перышкин И. М. Физика: 7 класс: базовый уровень: учебник / И. М. Перышкин, А. И. Иванов. — М.: Просвещение, 2024. — 239 с.
4. Майер В. В., Вараксина Е. И., Исакова М. Л. Содержание и технология проектной деятельности по учебному исследованию гидравлических механизмов // Учебная физика. — 2012. — № 2. — С. 3–16.
5. Майер В. В., Вараксина Е. И. Образовательные ресурсы проектной деятельности школьников по физике: монография. — М.: Флинта: Наука, 2015. — 224 с.
6. Эшкрофт Ф. Искра жизни: Электричество в теле человека / Пер. с англ. — М.: Альпина нон–фикшн, 2024. — 394 с.
7. Mayer V. V., Varaksina E. I., Dolzhenko A. V. Lecture demonstration of heart function as a piston pump for liquid circulation. Рукопись статьи, отправленная на рассмотрение 20.04.2025.
8. Завьялов А. И., Завьялов Д. А., Лузина Л. А. Теория насосной функции сердца в содержании дисциплины «Физиология и теория спорта» // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева (Вестник КГПУ). — 2017. — № 1(39). — С. 91–95.
9. Долженко А. В., Вараксина Е. И., Майер В. В. Простейшая натурная модель сердца для школьных демонстрационных опытов // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 41. — М.: ИСРО РАО, 2025. — С. 60–61.
10. Фаддеев М. А., Масленникова Ю. В. Практикум по физике как один из этапов подготовки учащихся к обучению в передовой инженерной школе // Учебная физика. — 2024. — № 3. — С. 3–11.
11. Куимов А. С., Зуев П. В. Формирование элементов технической грамотности учащихся при проведении физического эксперимента // Учебная физика. — 2024. — № 2. — С. 58–65.
12. Даммер М. Д., Сибатуллин А. А., Демин П. А., Горбунов П. В. Самодельное оборудование при изучении статики на уроках физики // Учебная физика. — 2023. — № 3. — С. 6–17.
13. Зуев П. В. Простые опыты и наблюдения как средство повышения эффективности экспериментальной подготовки учащихся // Учебная физика. — 2022. — № 2. — С. 51–54.

Глазовский государственный  
инженерно–педагогический  
университет имени В. Г. Короленко

Поступила в редакцию 19.05.25.