

DOI: 10.55090/19964552_2022_3_218_229

РОЛЬ ИЗОПРОЦЕССОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАБОТЫ СЕРДЦА В МЕДИЦИНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Ельцов Анатолий Викторович,

доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры математики, физики и медицинской информатики

Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова

✉ eltsov17@rambler.ru

Поликарпова Анна Владиславовна,

студент,

Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова

✉ anna.polikarpova17@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

В статье показана роль графических физических задач во время изучения различных изопроецессов при формировании информационной грамотности у студентов медицинского университета. Для самостоятельного изучения в рамках информационной электронно-образовательной среды подобраны и проанализированы учебные задания по изучению работы сердца на основе рассмотренных изопроецессов. Показано важность изучения изометрических и изотонических процессов при сокращении сердечной мышцы. Проиллюстрирована роль изопроецессов при рассмотрении диаграммы работы сердца. Установлено, что работа с предложенным графическим материалом способствует формированию необходимых знаний для будущей профессии выпускников медицинского университета.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *физика, причинно-следственные связи, графические задачи, изопроецессы, диаграммы, работа, сердце, нагрузка*

THE ROLE OF ISOPROCESSES IN THE STUDY OF HEART FUNCTION AT MEDICAL UNIVERSITY

Eltsov A. V.,

Doctor of Pedagogy, Professor, Professor of the Department of Mathematics, Physics and Medical Informatics

Ryazan State Medical University named after Academician I. P. Pavlova

Polikarpova A. V.,

student,

Ryazan State Medical University named after Academician I. P. Pavlova

ABSTRACT

The article shows the role of graphic physical tasks during the study of various isoprocesses in the formation of information literacy among medical university students. For self-study within the framework of the information electronic educational environment, training tasks for studying the work of the heart were selected and analyzed on the basis of the considered isoprocesses.

The importance of studying isometric and isotonic processes during cardiac muscle contraction is shown. The role of isoprocesses is illustrated when considering the diagram of the work of the heart. It has been established that working with the proposed graphic material contributes to the formation of the necessary knowledge for the future profession of medical university graduates.

KEYWORDS: *physics, cause-and-effect relationships, graphic tasks, isoprocesses, diagrams, work, heart, workload*

При подготовке будущего специалиста в области здравоохранения одной из важнейших задач является формирование умения выявлять причинно следственные связи для установления существующих закономерностей, знания которых необходимы для их будущей практической деятельности. Все явления природы детерминированы и подчиняются общим закономерностям, все частные законы отражают те или иные взаимосвязи явлений объективного мира [1].

Одним из методов познания взаимосвязи законов природы является решение физических задач, в процессе их решения студенты сталкиваются

ся с необходимостью применять полученные физические знания в жизни, осуществляя связь теории и практики. Отдельно необходимо сказать о графических задачах, о целенаправленном формировании умений анализировать содержащуюся в них информацию и получать правильные выводы при их решении. Графические изображения физиологических, патологических и других явлений полученных с помощью современных медицинских аппаратов нашли повсеместное применение во всех областях сегодняшней медицины. Графические методы используются при электрокардиографии, электроэнцефалографии, электромиографии, эзофагокимографии, баллистокардиографии, фонокардиографии и других медицинских исследованиях. Современный анализ любых процессов и явлений сегодня немислим без применения графического метода представления данных. Грамотное рассмотрение графиков дает возможность увидеть проблему, установить и исследовать имеющиеся связи, существующие между величинами, установить верный путь при их дальнейшем использовании. Графические задачи имеют особое место в обучении физике, сформированные умения работы с графической информацией определяют уровень логического и абстрактного мышления обучаемого, его способности к анализу, синтезу, абстрагированию, конкретизации и обобщению, являются важнейшей характеристикой его информационной грамотности.

Многоаспектное знакомство с большим количеством графиков представленных в различных системах координат происходит при изучении в курсе физики изопроцесов (*isos* — одинаковый), протекающих при неизменном значении одного из макропараметров (P, V, T), характеризующих термодинамическое состояние идеального газа. При изучении причинно следственных связей данного раздела важно показать, что при переходе из одного состояния термодинамической системы в другое отдельно одно значение давления (P), объема (V) или температуры (T) изменяться не может, они изменяются либо все сразу, либо как минимум две величины. Сделать это удобнее всего на основе рассмотрения различных графиков, на которых всегда два параметра заданы явно, а третий скрыт и для понимания причин изменения состояния системы его требуется найти.

Главной целью нашей работы является анализ, моделирование и проектирование учебных заданий при изучении различных изопроцесов в курсе физики медицинского университета с целью формирования у выпускников вуза информационной грамотности при работе с графическими изображениями. Для достижения поставленной цели необходимо было отобрать

и систематизировать соответствующий учебный материал для самостоятельного изучения в рамках информационной электронно-образовательной среды и подготовить методические рекомендации для его изучения. Проверить как усвоение данного графического материала способствует формированию у студентов умений выявлять причинно следственные связи и оценить уровень их информационной грамотности для последующего успешного усвоения других образовательных дисциплин.

Для развития познавательного интереса у обучаемых вначале дается краткая историческая справка в которой говорится, что первым предложил использовать графический метод для изучения термодинамических процессов французский ученый Бенуа Поль Эмиль Клапейрон, ему же принадлежит авторство уравнения объединенного газового закона для идеального газа, обобщающее частные газовые законы или изопроцессы.

Изотермический процесс, иллюстрирующий зависимость давления газа от объема, при постоянной температуре (therme — теплота) был открыт в 1662 году французским физиком Робертом Бойлем, проводившим эксперименты с сифонообразной трубкой (рис. 1). Позднее этот закон был независимо открыт и описан его соотечественником Эдмом Мариоттом, поэтому носит название закона Бойля-Мариотта. Для газа определенной массы, при неизменном химическом составе, медленном изменении давления и постоянной не очень низкой температуре, произведение давления газа на его объем остается величиной неизменной: $PV = \text{const}$ при $T = \text{const}$. Графиком изотермического процесса в осях P, V является изотерма, чем выше она располагается, тем большей температуре соответствует (рис. 1).

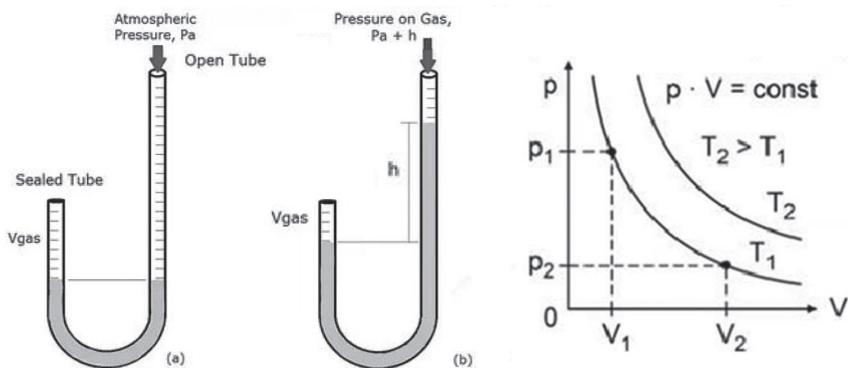


Рис. 1. Экспериментальная установка и график изотермического процесса

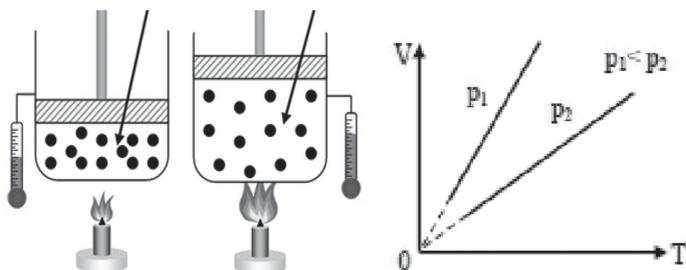


Рис. 2. Экспериментальная установка и график изобарного процесса

Изобарный процесс (*baros* – давление), происходящий при постоянном давлении, был открыт в 1802 году Луи Жозефом Гей-Люссаком, французским физиком и химиком. Нагревая газ под поршнем при неизменном давлении, он установил, что относительное изменение объема данной массы газа прямо пропорционально температуре (рис. 2).

Не зависимо от явлений происходящих внутри сосуда (нагревание, охлаждение, расширение, сжатие) для данной массы газа отношение объема к температуре остается величиной неизменной $V_1 : T_1 = V_2 : T_2$ при $P = \text{const}$. Графиком этого процесса в осях V, T является изобара, прямая линия проходящая через начало координат. Чем ближе располагается изобара к оси T , тем большему давлению она соответствует (рис. 2). Следует также отметить, что для абсолютной температуры близкой к нулевому значению предусмотрена пунктирная линия для обозначения рассматриваемой зависимости.

Изохорный процесс (*chóros* — пространство), происходящий при постоянном объеме был установлен изобретателем воздушного шара, французом Жаком Шарлем в 1787 году. Для данной массы газа отношение давления к температуре остается величиной неизменной $P_1 : T_1 = P_2 : T_2$ при $V = \text{const}$. Графиком этого процесса в осях P, T является изохора, прямая линия проходящая через начало координат, чем ближе располагается изохора к оси T , тем большему объему она соответствует (рис. 3).

Очень часто при решении графических задач необходимо менять названия рассматриваемых координатных осей, поэтому в качестве самостоятельного задания предлагается обучаемым систематизировать графики указанных изо процессов во всех возможных координатных осях (рис. 4). Здесь очень важно точками отметить начальное (1) и конечное состояние термодинамической системы (2), чтобы проследить за изменением величины каждого макроскопического параметра (P, V, T).

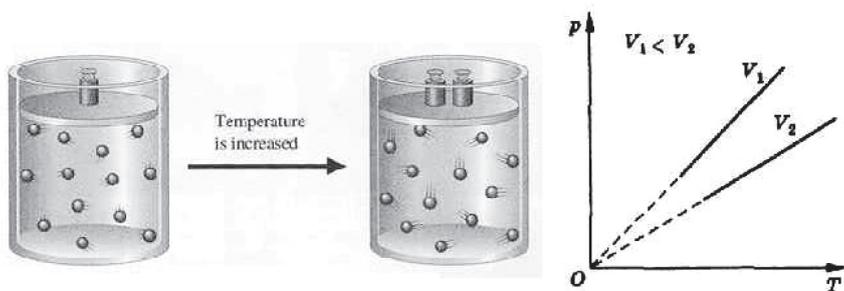


Рис. 3. Экспериментальная установка и график изобарного процесса

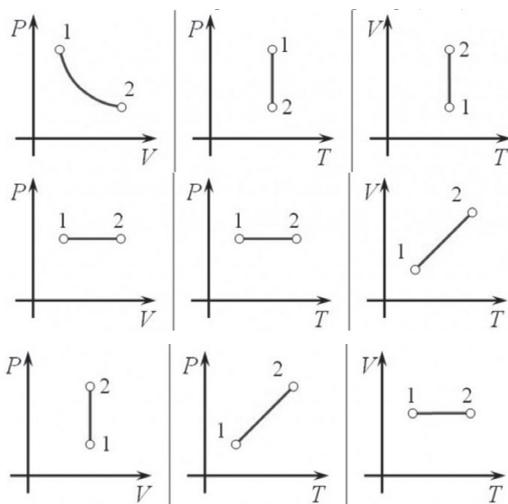


Рис. 4. Графики изопроцессов в различных координатных осях

Далее важно на различных конкретных примерах графических задач выяснить как находится значение скрытого параметра. Проиллюстрируем это на следующем примере: На рисунке 5 представлен график зависимости давления P от температуры T (участок 1-2) при нагревании идеального газа данной массы. Как менялась плотность газа при переходе из состояния 1 в состояние 2?

Вначале необходимо отметить, что продолжение участка 1-2 не проходит через начало координат, поэтому этот отрезок не является частью изохоры. Далее через точки 1 и 2 проводим две изохоры соответствующие объемам

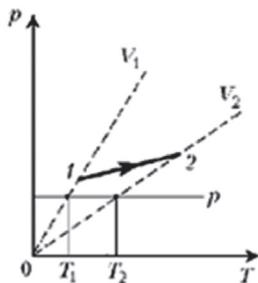


Рис. 5. График зависимости давления P от температуры T

V_1 и V_2 видим, что $V_2 > V_1$. Так как масса газа неизменна, то плотность $V_1 < V_2$, т.е. плотность газа уменьшилась.

В медицинском университете студенты узнают, что сокращение сердечной мышцы зависит от ее первоначальной длины и нагрузки и знакомятся с изометрическим и изотоническим процессом.

При изометрическом сокращении (рис. 6) длина мышцы не меняется $l = \text{const}$, а сила увеличивается от $F_{\text{покоя}}$ до F_{max} . Значение силы ограничено сверху и снизу, т.к. сила мышцы в покое не равна нулю, а возможность мышцы генерировать изометрическую силу ограничена. В латентный период сила мышцы наименьшая и равна $F_{\text{покоя}}$. После действия стимула, значение силы начинает возрастать и достигает максимального значения F_{max} , в этой точке заканчивается фаза изометрического сокращения мышцы и начинается фаза расслабления мышцы, значение силы возвращается к $F_{\text{покоя}}$. Зависимость давления от времени при изометрическом процессе аналогична силе.

В начале XX в. — английский физиолог Эрнест Генри Старлинг проиллюстрировал сокращение изолированной мышцы сердца при ее различной начальной длине и установил зависимость, которая продемонстрировала причину изменения генерации силы при изотермическом сокращении — чем сильнее предварительное растяжение изолированной мышцы, тем большая сила возникает при ее стимуляции.

Вследствие механизма Франка-Старлинга изоволюметрическое давление (изменение давления при постоянном объеме — volume), развиваемое при

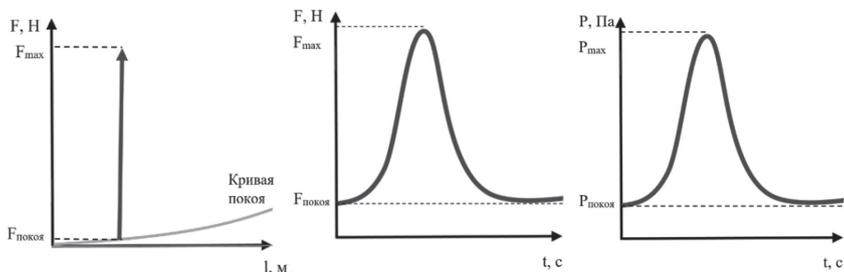


Рис. 6. Графики изометрического процесса

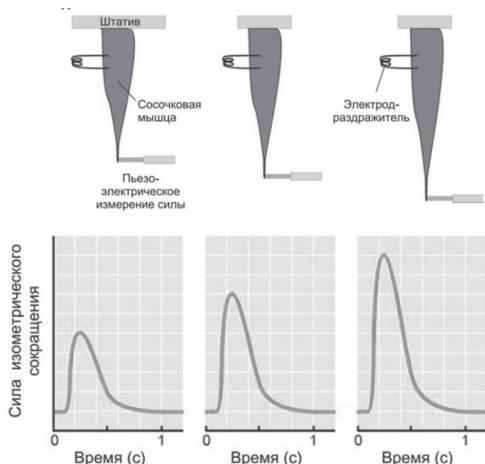


Рис. 7. Схематическое изображение экспериментальной установки для регистрации силы изометрического сокращения на примере изолированной сердечной мышцы.

электрическом раздражении стенки желудочка сердца, тем больше, чем больше объем желудочка перед сокращением (синие стрелки). Красные стрелки и пунктирная красная дуга иллюстрируют повышение изоволюметрического давления после введения адреналина (рис. 9).

Если сердечная мышца сокращается с постоянной силой, то такой процесс называется изотоническим (рис. 9). При изотоническом сокращении значение силы не изменяется $F = \text{const}$, при этом ее начальное значение силы также будет лежать на кривой покоя, но так как возможность сокращения мышцы ограничена, то зависимость будет определена на определенном промежутке значения длины. В латентный период длина мышцы соответствует $l_{\text{покоя}}$ после стимуляции длина начинает уменьшаться до некоторого минимального значения l_{min} , этот процесс соответствует фазе сокращения. Затем мышца вступает в фазу расслабления, она удлиняется и длина возвращается к исходному значению $l_{\text{покоя}}$.

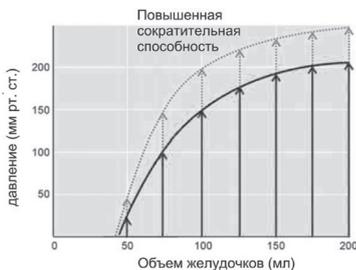


Рис. 8. Графики изоволюметрического давления при различной сократительной способности сердца

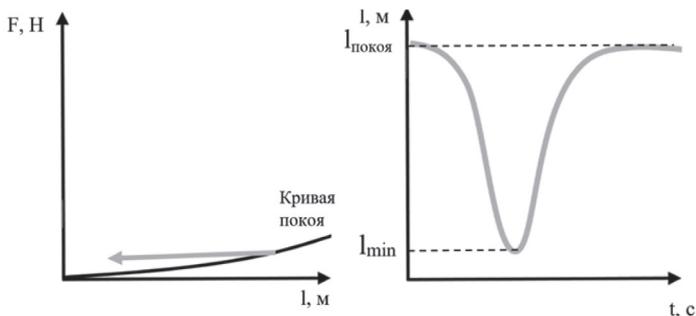


Рис. 9. Графики изотонического процесса

Когда мышечное напряжение невелико и мышца обладает сократительным потенциалом, превышающим это напряжение, то мышца изотонически сокращается (участок 1-2-3) на графике (рис. 10). Если в результате увеличения изометрической нагрузки, сила возрастает, а длина не изменяется, то напряжение возрастает, и мышца не может сократиться на длину большую, чем та длина, при которой ее сократительный потенциал равен максимальной сократительной способности (участок 1-4-5) (рис. 10).

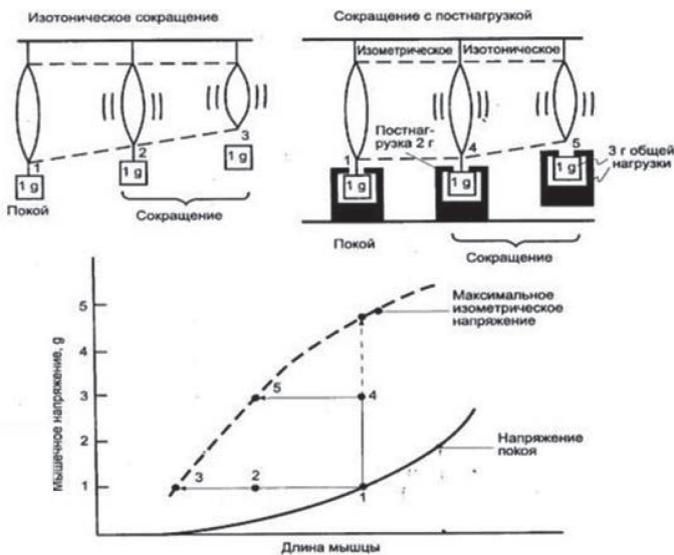


Рис.10. Графики при изотоническом и изометрическом сокращении мышцы

После рассмотрения данных изопроцессов рассматривается материал, объясняющий диаграмму работы сердца (на примере работы левого желудочка сердца), которая представлена на рисунке 11.

Участок АВ соответствует фазе напряжения — изоволюметрическому расширению, в точке В открывается аортальный клапан аорты и начинается фаза изгнания, которая завершается в точке С, которая находится на линии максимального изометрического расширения, кривая конечного соотношения систолического давления и объема. Небольшое повышение давления во время фазы изгнания связано с эластичными свойствами аорты и сопротивлением сосудистого русла. Точка С является началом фазы изоволюметрического расслабления, которая заканчивается в точке D, лежащей на кривой покоя, показывающей диастолическое давление в зависимости от конечного объема в желудочке. Участок DA соответствует фазе наполнения, из-за разницы давлений кровь из левого предсердия поступает в желудочек, объем которого увеличивается. Однако из-за ограниченной возможности стенки желудочка к растяжению, возникающая в стенке сила упругости, прямо пропорциональная деформации, приводит к выравниванию давлений в предсердии и желудочке [2].

Далее раскрывается роль преднагрузки, постнагрузки и сократимости в экспериментах на изолированном сердце (рис. 12). Рассматривается работа изолированного сердца у которого преднагрузка (давление в предсердии) регулируется располо-

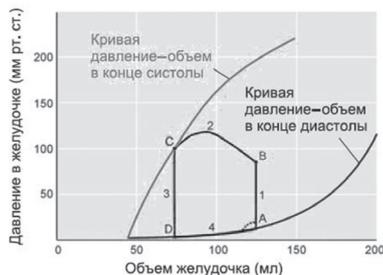


Рис. 11. Диаграмма работы сердца

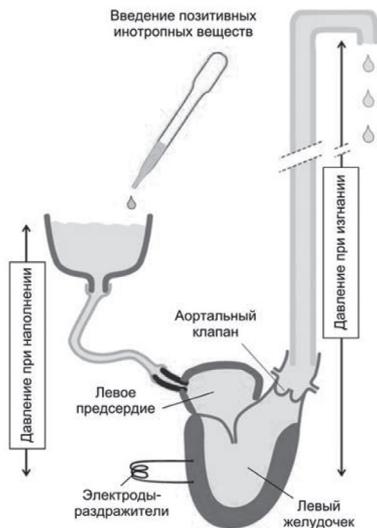


Рис. 12. Роль преднагрузки, постнагрузки и сократимости в эксперименте на изолированном сердце.

жением резервуара соединенным с предсердием на определенной высоте, чем больше высота тем больше давление. Постнагрузка (давление в аорте, которое препятствует выталкиванию крови из сердца), определяется высотой столба жидкости над аортой. Сократимость сердца изменяется введением в раствор инотропных веществ (например, адреналина). Частота сердечных сокращений сохраняется постоянной, за счет внешнего электрического стимулирования желудочков. В данном эксперименте можно проанализировать работу левого желудочка сердца независимо от функции кровообращения [2].

Вначале проанализируем увеличение преднагрузки, за счет увеличения высоты расположения резервуара соединенного с предсердием. При этом давление в предсердии будет увеличиваться, что приведет к более сильному наполнению желудочка, его растяжению и увеличению конечного диастолического давления (точка А на кривой покоя сдвигается вправо). Из-за большей растянутости стенок желудочка он будет интенсивнее опорожняться, фракция выброса крови равная работе желудочка (площадь фигуры ABCD) будет увеличиваться (рис. 13).

При увеличении постнагрузки, увеличении высоты столба жидкости над аортой (при неизменной начальной преднагрузке), аортальный клапан будет открываться позже, при достижении большего давления в желудочке (точка В на диаграмме сдвигается вверх). Фаза изгнания будет сокращаться (участок ВС), что приведет

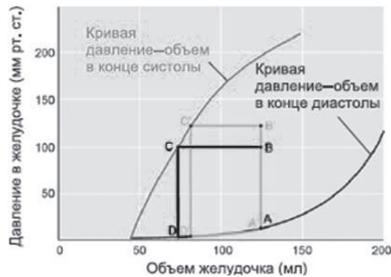


Рис. 14. Влияние постнагрузки на диаграмму работы сердца

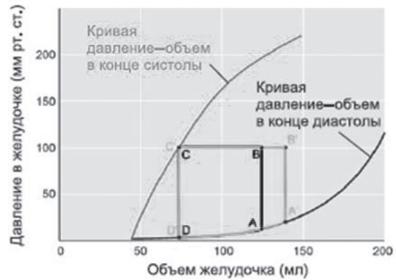


Рис. 13. Влияние преднагрузки на диаграмму работы сердца

к уменьшению объема выталкиваемой крови (рис. 14).

При рассмотрении увеличения сократительной способности сердца кривая повышенной сократительной способности сдвигается влево и вверх (рис.), так как повышение сократимости вызывает большее развитие силы при изометрическом сокращении и более сильное сокращение при изотоническом сокращении (точка

С сдвигается влево, при неизменной начальной преднагрузке). При равном начальном растяжении сердце развивает большее давление в конце систолы, вследствие этого конечный систолический объем уменьшается, а фракция выброса увеличивается (рис. 15).

Изучая и анализируя подобранный графический материал в курсе физики медицинского университета, студенты учатся выявлять причинно-следственные связи, развивают способности к абстрагированию и обобщению. Это способствует развитию их информационной грамотности и формированию необходимых знаний для их будущей профессии. ■

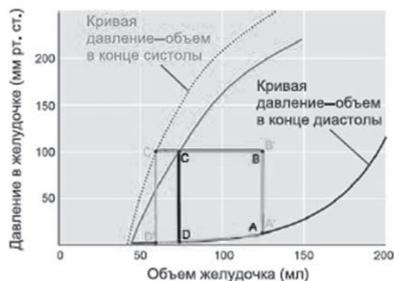


Рис. 15. Влияние сократительной способности на диаграмму работы сердца

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Давыдовский И. В. Проблема причинности в медицине. Москва — 1962. 130 с.
2. Физиология человека с основами патофизиологии: в 2 т. Т. 2 / Под ред. Р. Ф. Шмидта, Ф. Ланга, М. Хекманна; пер. с нем. под ред. М. А. Каменской и др. 2-е изд., испр., электрон. М.: Лаборатория знаний, 2021. — 497 с.
3. Ельцов А. В. Интегративный подход как теоретическая основа осуществления школьного физического эксперимента. Издательство РГУ имени С. А. Есенина, Рязань, 2007. — 248 с.
4. Ельцов А. В., Авачева Т. Г. Возможности единой информационной образовательной среды для изучения физики в медицинском вузе // Школа будущего. 2018, № 3, С. 53-63.
5. Ельцова Л. Ф. Концепты пространства в медицинской терминологии. Автореф. дисс. канд. филол. наук. Рязань, 2000. 29 с.
6. Ельцов А. В. О роли интернета в организации современного образовательного пространства // Школа будущего. 2020, № 3, С. 272-279.
7. Ельцов А. В. О формировании образов в процессе обучения физике // Школа будущего. 2020, №2. С. 44-53.