

Эксперименты с гелием

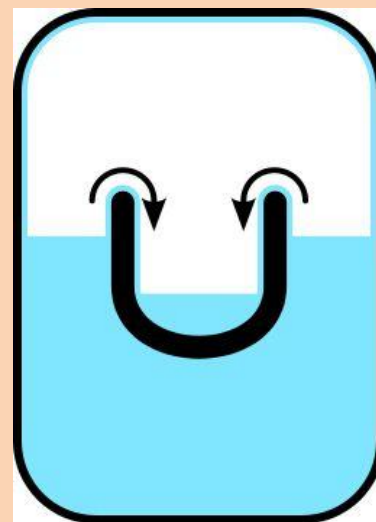
В.Н. Витер

Вступление

Гелий – благородный газ, который практически не образует соединений с другими элементами в весомых количествах. Между собой атомы гелия также «не желают» образовывать химические связи. Если быть совсем точным, известны молекулы вроде HeF, HeCl, HeNe, HgHe₁₀, WHe₂ и некоторые другие. Известна также нейтральная молекула He₂ и молекулярные ионы, например: He₂⁺², HeH⁺ и HeD⁺. Однако все эти частицы (нейтральные молекулы и ионы) очень нестабильны. Они образуются при действии электрического разряда или ультрафиолетового излучения на смеси газов. Упомянутые нейтральные молекулы способны существовать только в возбужденном состоянии, при переходе в основное состояние их ждет неминуемый и быстрый распад.

Таким образом, частицы, в которых гелий образует химические связи, очень неустойчивы и при нормальных условиях быстро распадаются. Однако это не означает, что с гелием нельзя проделать интересные эксперименты.

Гелий – во многих отношениях газ особенный. Подобно водороду гелий значительно легче воздуха, но в отличие от водорода гелий не горит. Гелий обладает высокой теплопроводностью. Если направить на руку струю гелия, чувствуется легкий холодок. Скорость звука в гелии почти в три раза выше, чем в воздухе, что приводит к весьма интересным последствиям. Гелий имеет самую низкую температуру кипения и замерзания среди всех известных веществ. Гелий способен переходить в твердое состояние только при повышенном давлении (25 атм). При атмосферном давлении жидкий гелий не замерзает даже при температурах, очень близких к абсолютному нулю. При охлаждении жидкого гелия он переходит в сверхтекучее состояние (гелий-II), в результате вязкость жидкости



Сверхтекучий гелий способен перетекать в сосудах, отверстие которых расположено выше уровня жидкости

становится практически равной нулю. Благодаря этому жидкий гелий способен перетекать в сосуды, горлышко которых расположено выше его поверхности.

Не лишним будет вспомнить, что явление сверхпроводимости было открыто благодаря охлаждению ртути жидким гелием.

К сожалению, эксперименты с жидким гелием нам пока недоступны, но другие интересные опыты с гелием мы обязательно проведем. Приступим.

Баллон с гелием

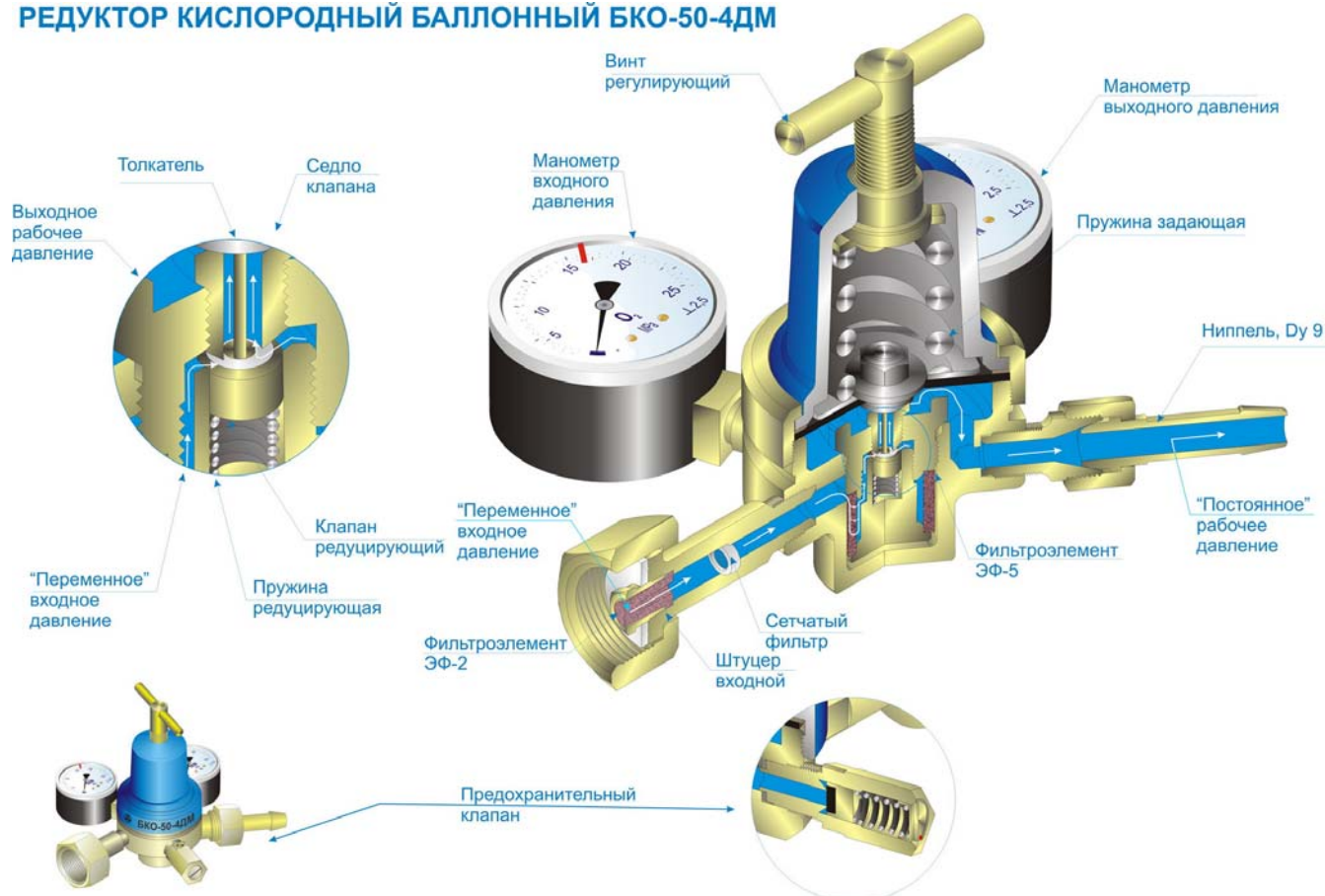
Гелий начинается с баллона. Водород, например, можно получить реакцией металлов с кислотами, алюминия со щелочами или электролизом воды. Промышленность выпускает специальные установки для лабораторного получения водорода электролизом – генераторы водорода.

Однако для гелия подобные методы не подходят, поскольку он практически не образует соединений. Фактически, единственным источником этого газа в лаборатории является баллон со сжатым гелием. Но почему со сжатым – не лучше ли хранить гелий в жидком виде? Оказывается – нет. При комнатной температуре гелий не переходит в жидкое состояние при любом – сколь угодно высоком давлении. Для каждой жидкости существует критическая температура, выше которой она переходит в газообразное состояние, а пар уже не способен снова превратиться в жидкость даже при очень высоком давлении. Например, для воды критическая температура равна 374 °С (647 К), а для гелия – всего минус 268 °С (5.2 К). Другими словами, гелий существует в жидком состоянии только при температуре на пять градусов выше абсолютного нуля. Такие температуры сложно поддерживать даже в лабораторных условиях. Поэтому в лаборатории гелий хранят не в жидком, а в сжатом виде.

Чтобы в баллон поместилось больше гелия, его закачивают туда под высоким давлением. Например, сейчас слева от меня стоит баллон с гелием под давлением 150 атм. Это означает, что на каждый квадратный сантиметр поверхности газ давит с силой в 150 кг. Если мы попробуем открыть такой баллон, газ вырвется из него с сильным свистом. Регулировать поток газа с помощью вентиля баллона практически невозможно: стоит чуть приоткрыть вентиль, и газ устремится мощным потоком. Чтобы расход газа можно было регулировать, к баллону присоединяют редуктор. Редуктор имеет специальный вентиль, с помощью которого выставляют заданный поток газа. Редуктор оснащен двумя манометрами, один из которых показывает давление газа в баллоне, второй – на выходе из редуктора.

Редукторы широко применяются в промышленности и лабораторной практике. Конструкция редукторов может отличаться. Сейчас недалеко от меня находится редуктор обратного действия. Такие редукторы часто стоят на газовых баллонах. При открученном вентиле редуктора обратного действия газ из баллона не выходит, а при полностью закрученном вентиле достигается максимальный поток.

РЕДУКТОР КИСЛОРОДНЫЙ БАЛЛОННЫЙ БКО-50-4ДМ



Строение редуктора кислородного баллона wikipedia.org

Редукторы газовых баллонов бывают нескольких типов. Выходные патрубки баллонов с кислородом и с инертными газами (в том числе и на наш баллон с гелием) имеют правую резьбу. Баллоны с водородом, пропан-бутановой смесью и другими горючими газами имеют патрубки с левой резьбой. (Кроме того, патрубки баллонов с кислородом и инертными газами имеют больший диаметр, чем патрубки баллонов с водородом, пропан-бутановой смесью и другими восстановителями). Соответственно, к каждому из этих типов баллонов подходит свой тип редуктора. Например, редуктор от кислородного баллона не удастся прикрутить к водородному (и наоборот). Это делается с целью предотвращения несчастных случаев.

Итак, чтобы использовать газ из баллона с гелием к нему необходимо прикрутить редуктор. Поскольку газ в баллоне находится под высоким давлением, очень важно, чтобы все соединения были герметичны и не «травили». В противном случае баллон

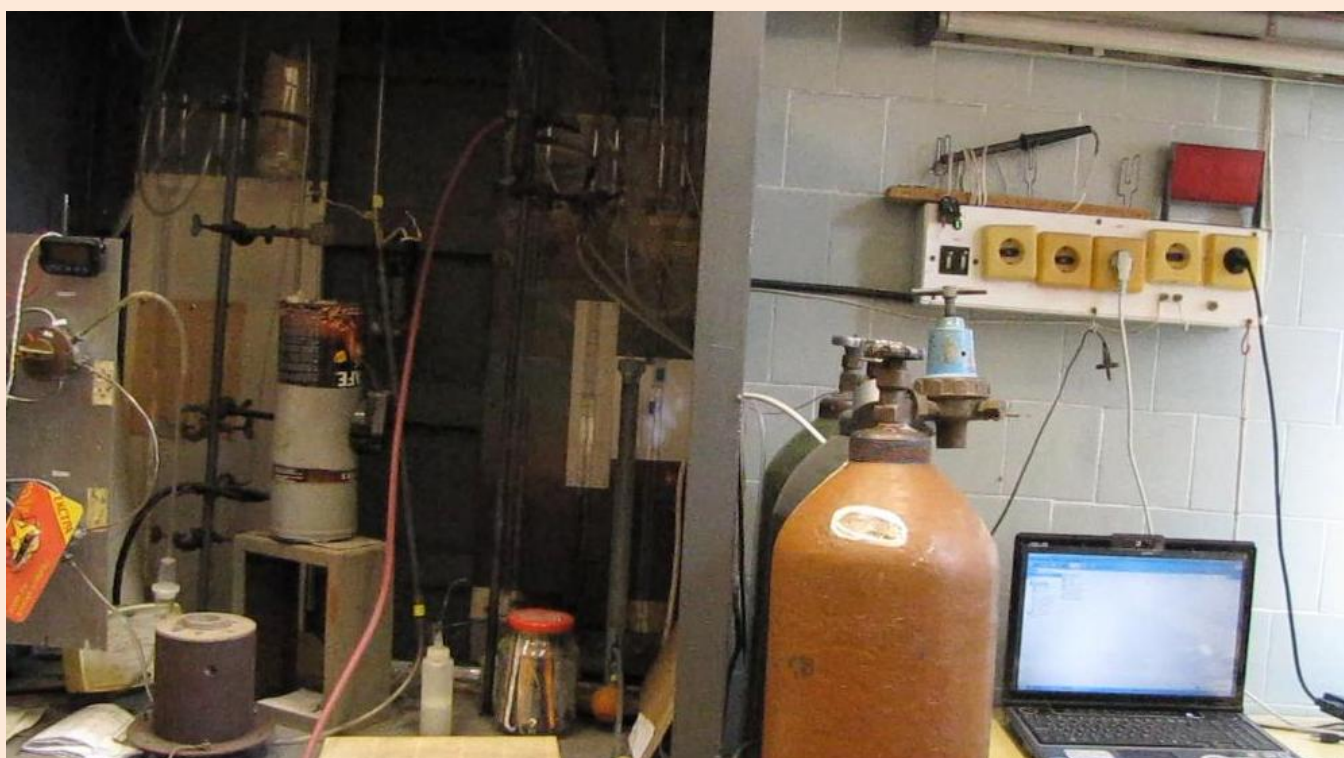
скоро окажется пустым. Особенно это относится к баллонам с гелием. Герметичность соединений проверяют, нанося на них мыльную пену. Если в месте соединения происходит утечка, это четко видно по образованию пузырьков.

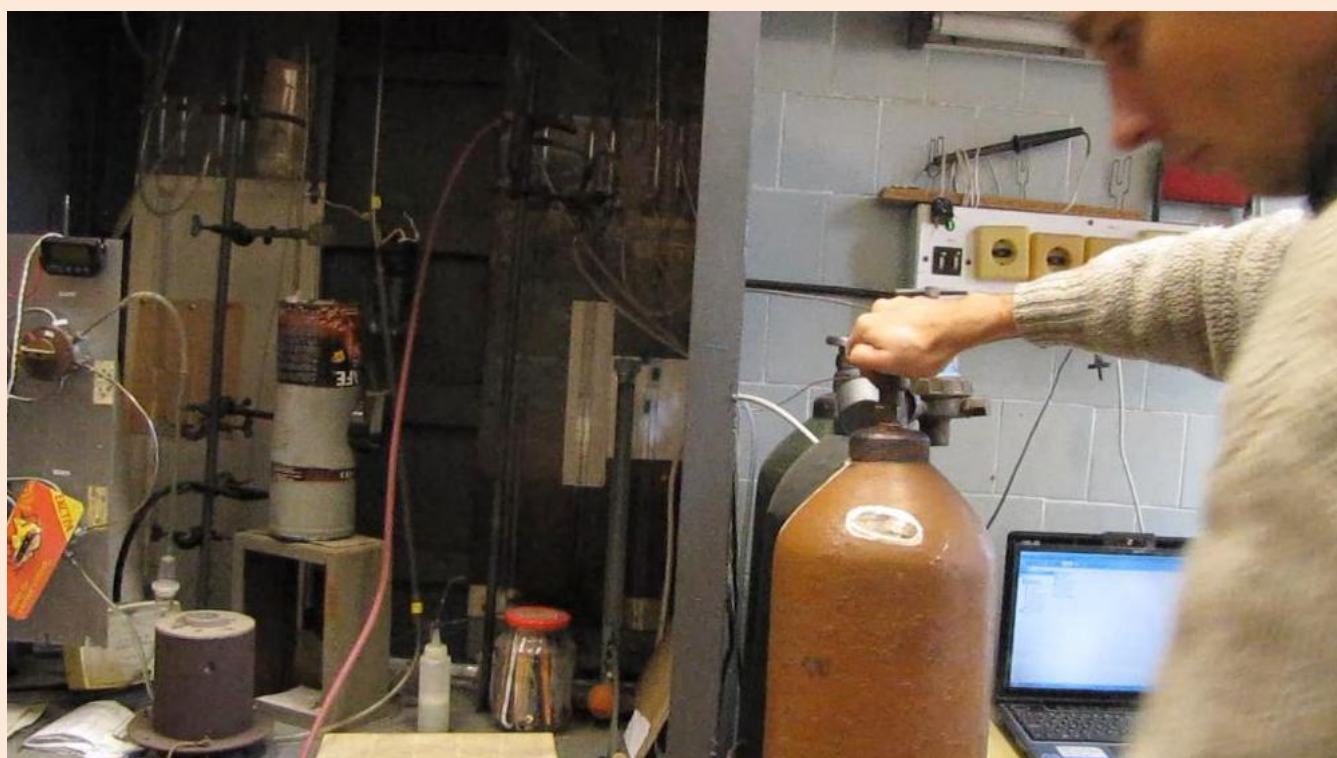
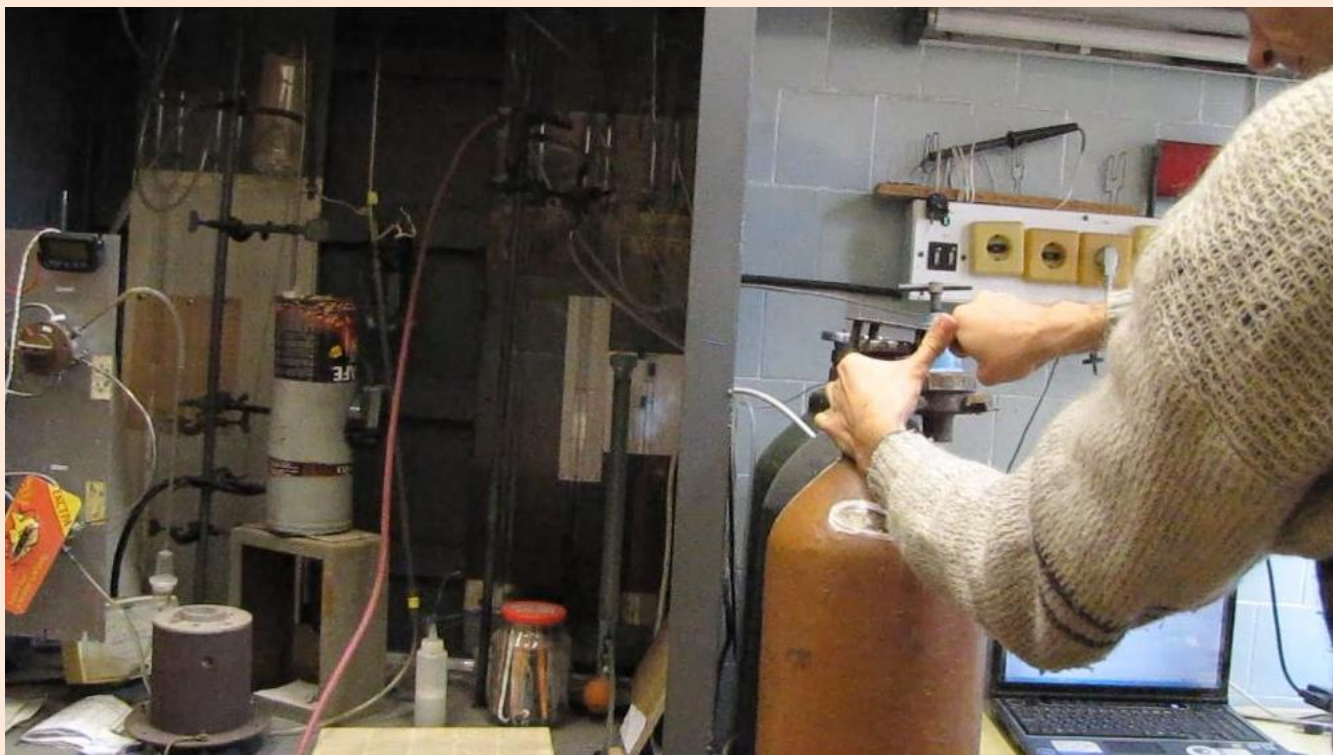
Мы присоединили редуктор, нанесли мыльную пену и открыли вентиль баллона. Утечки не обнаружено, теперь можно закручивать вентиль редуктора, чтобы газ начал поступать в присоединенную к баллону трубку. Начнем эксперименты.

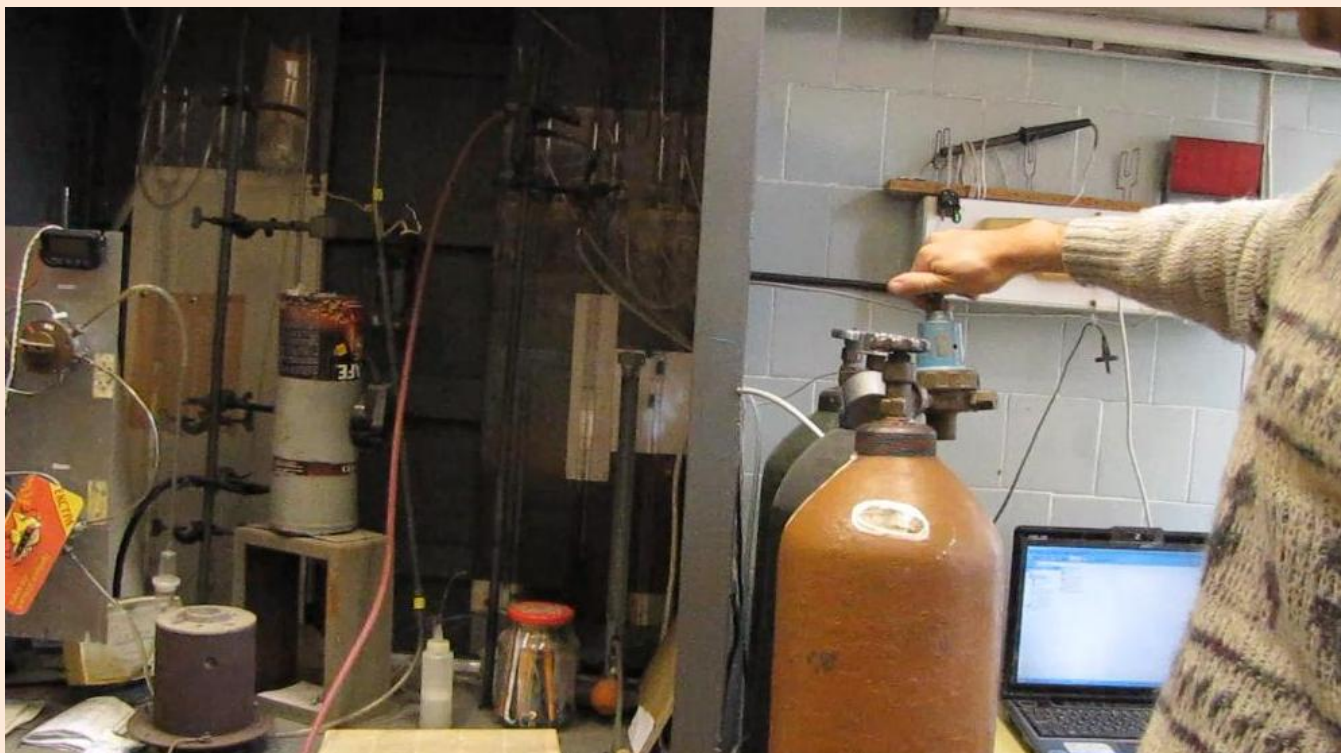


Баллон с гелием (слева) фото В.Н. Витер







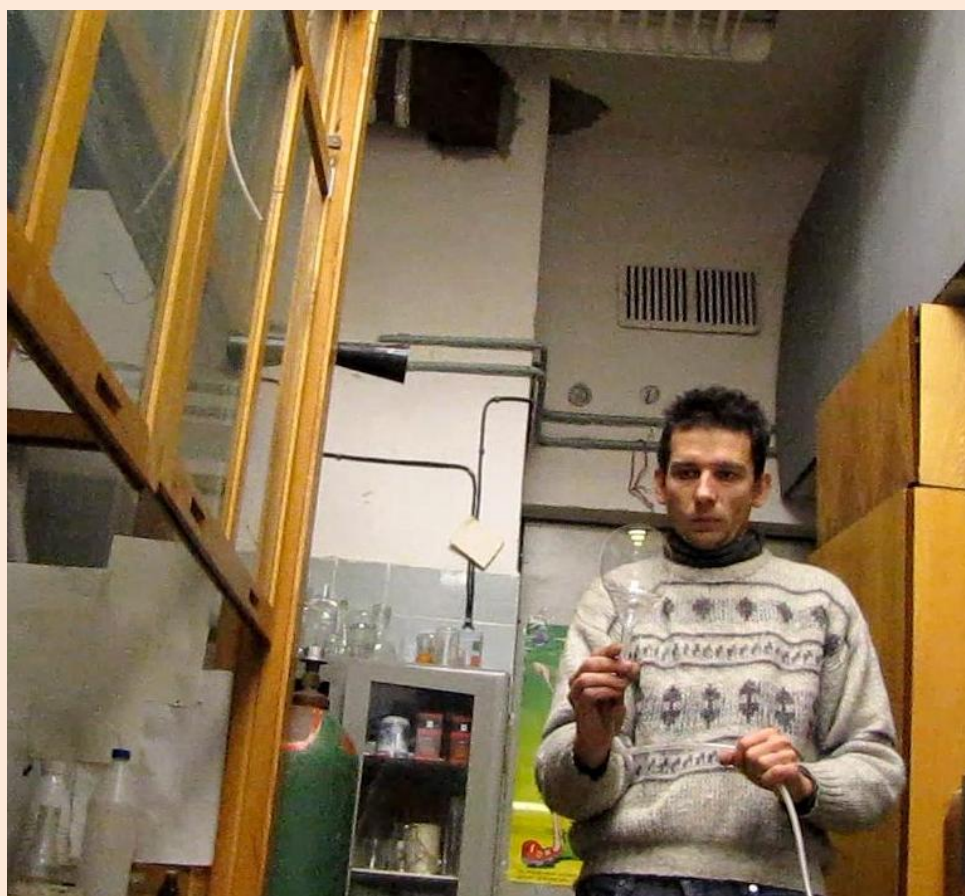


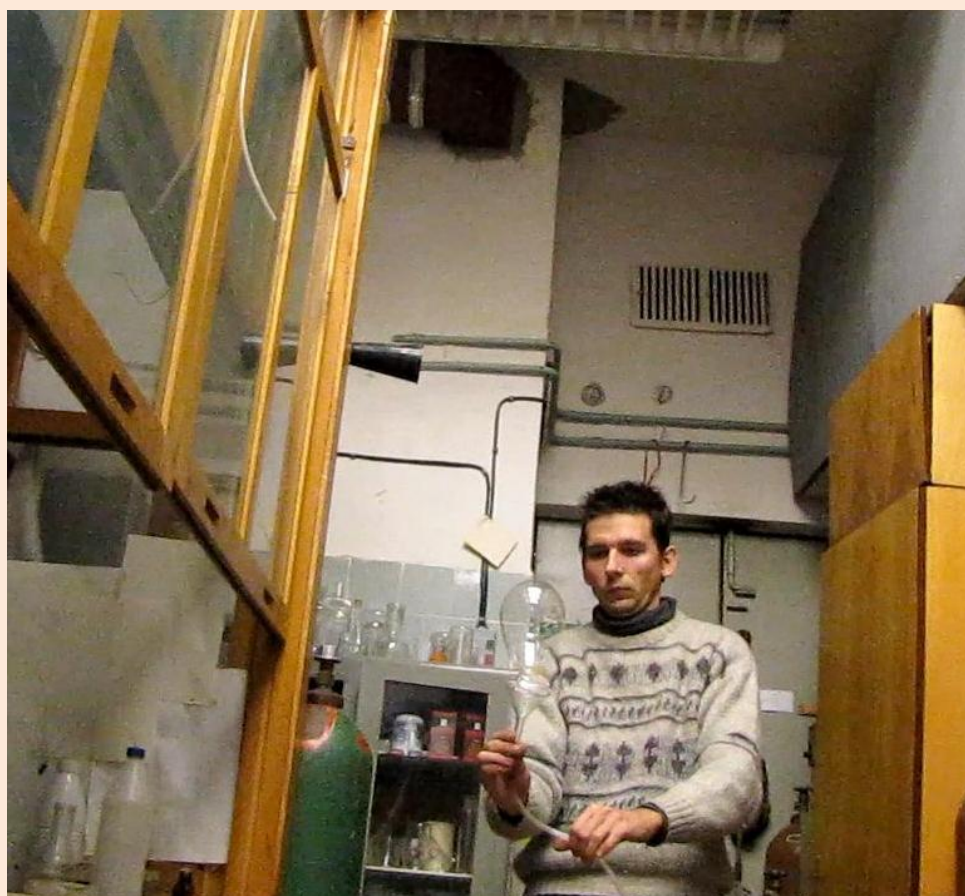
Мыльные пузыри и воздушные шары с гелием

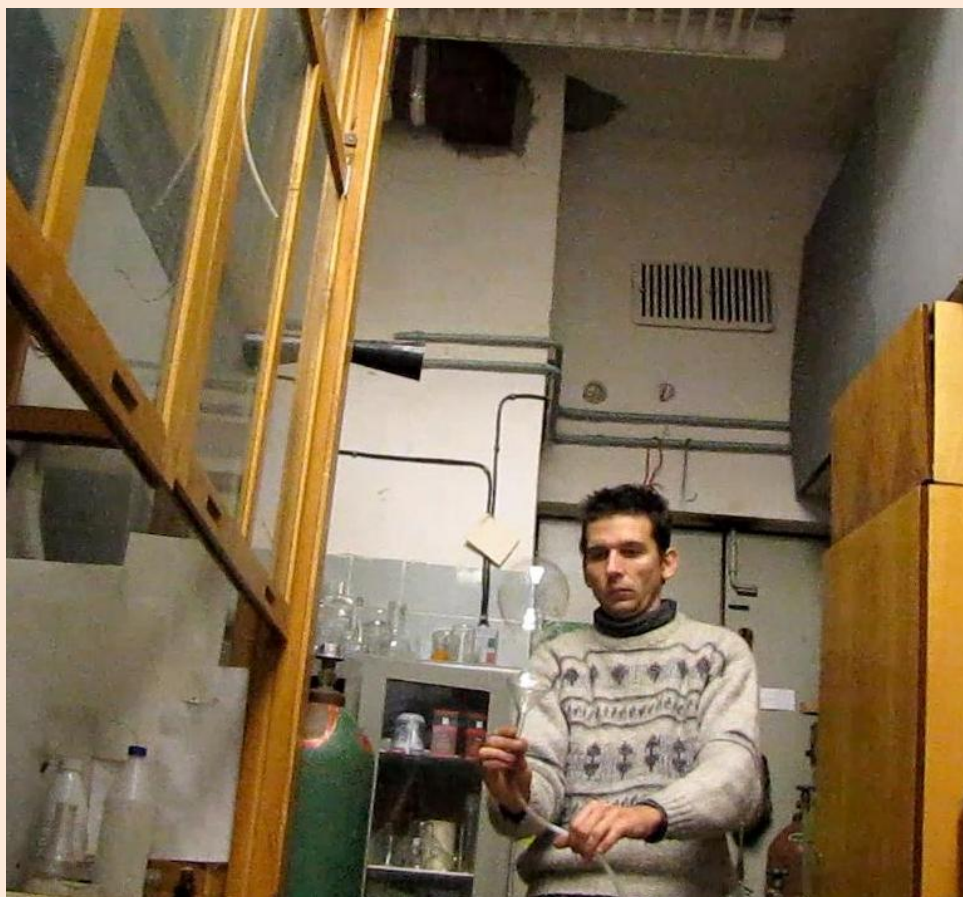
Молекулярная масса гелия – 4, средняя молекулярная масса воздуха – 29, следовательно, гелий в $29/4 = 7.2$ раза легче воздуха. Воздушные шары или мыльные пузыри, заполненные гелием, быстро поднимаются вверх. Для выдувания пузырей мы использовали смесь: вода – жидкое моющее средство Gala – глицерин. Объемное соотношение компонентов 3 : 2 : 1. Пузыри выдували с помощью стеклянной воронки (диаметр – 7.5 см), подсоединенной через трубку к газовому баллону. Воронку окунали в мыльный раствор, после чего держали вертикально, отверстием вверх. Образовывались довольно крупные мыльные пузыри, которые по мере роста приобретали овальную форму, после этого снизу образовывалась перемычка, пузырь отделялся и взлетал. Все это очень напоминало воду, которая капает из пипетки. Правда, в отличие от капель, мыльные пузыри устремлялись не вниз, а вверх, пока через несколько секунд не встречались с потолком. Нередко случалось, что после одного смачивания воронки мыльным раствором удавалось выдуть не один, а сразу несколько мыльных пузырей (до десяти). После отделения очередного пузыря на воронке снова образовывалась мыльная пленка, которая раздувалась, формируя новый мыльный пузырь.

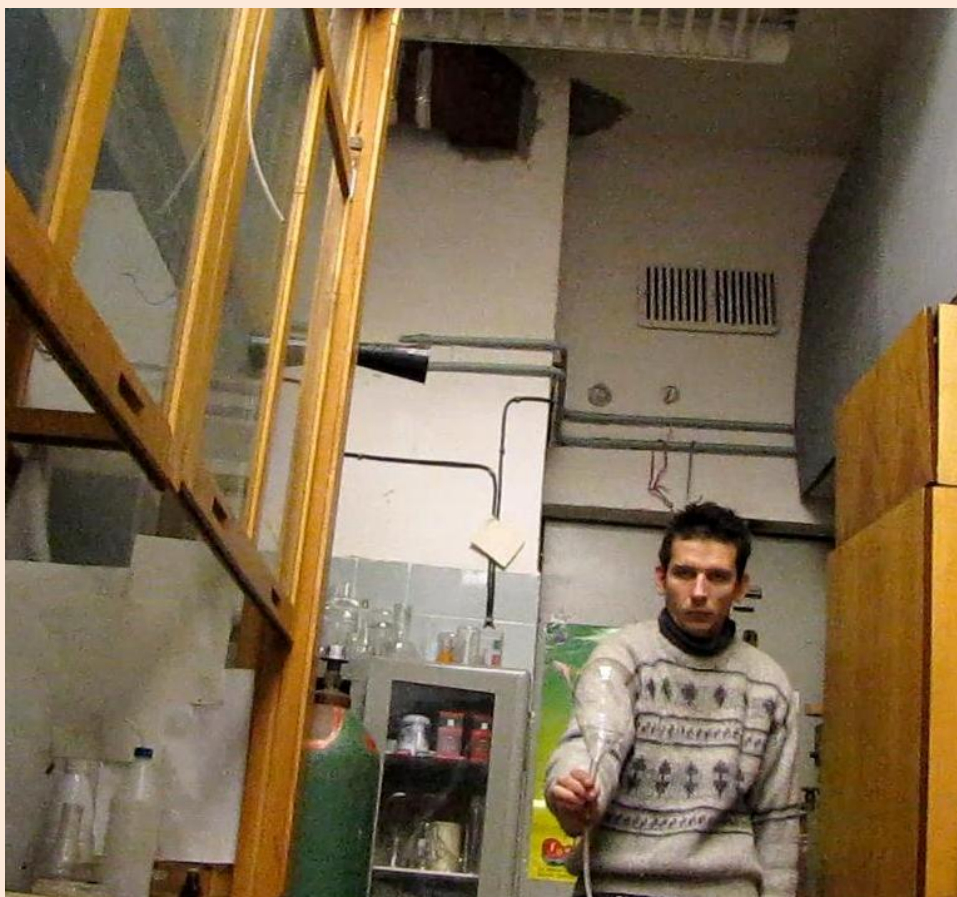


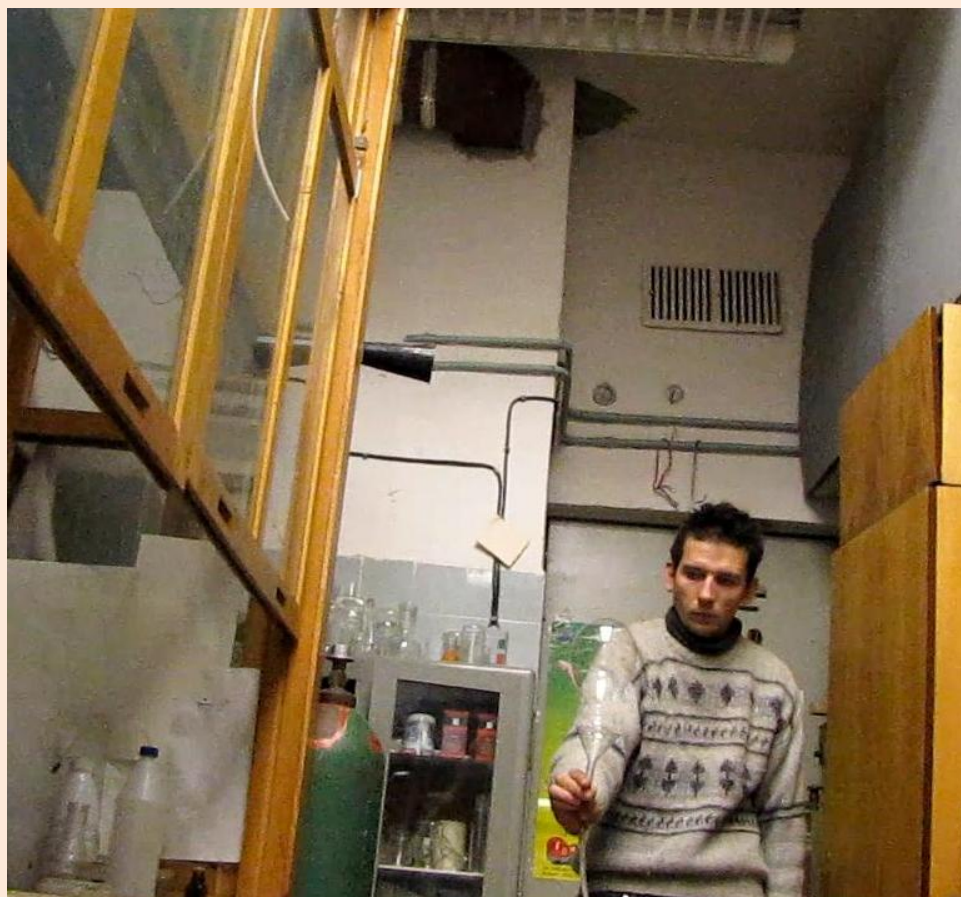
Мыльные пузыри с гелием фото В.Н. Витер











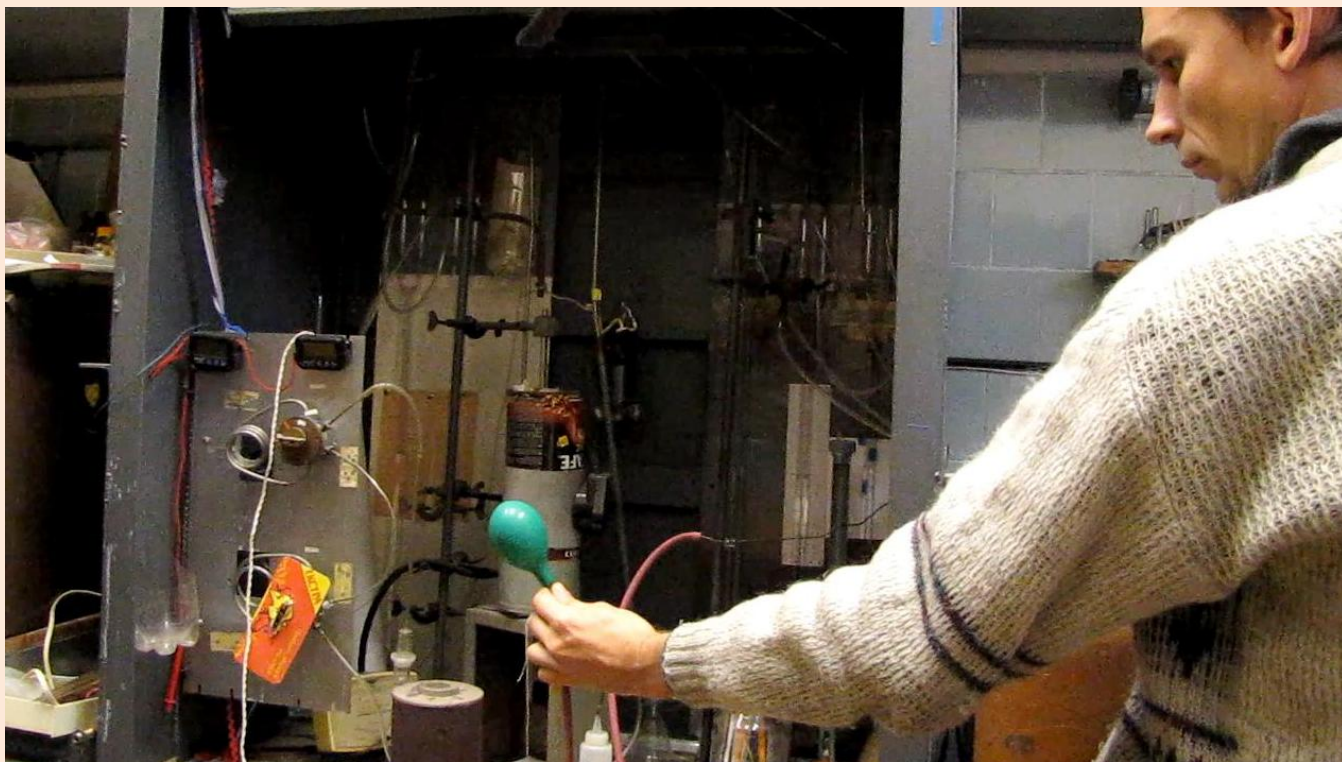




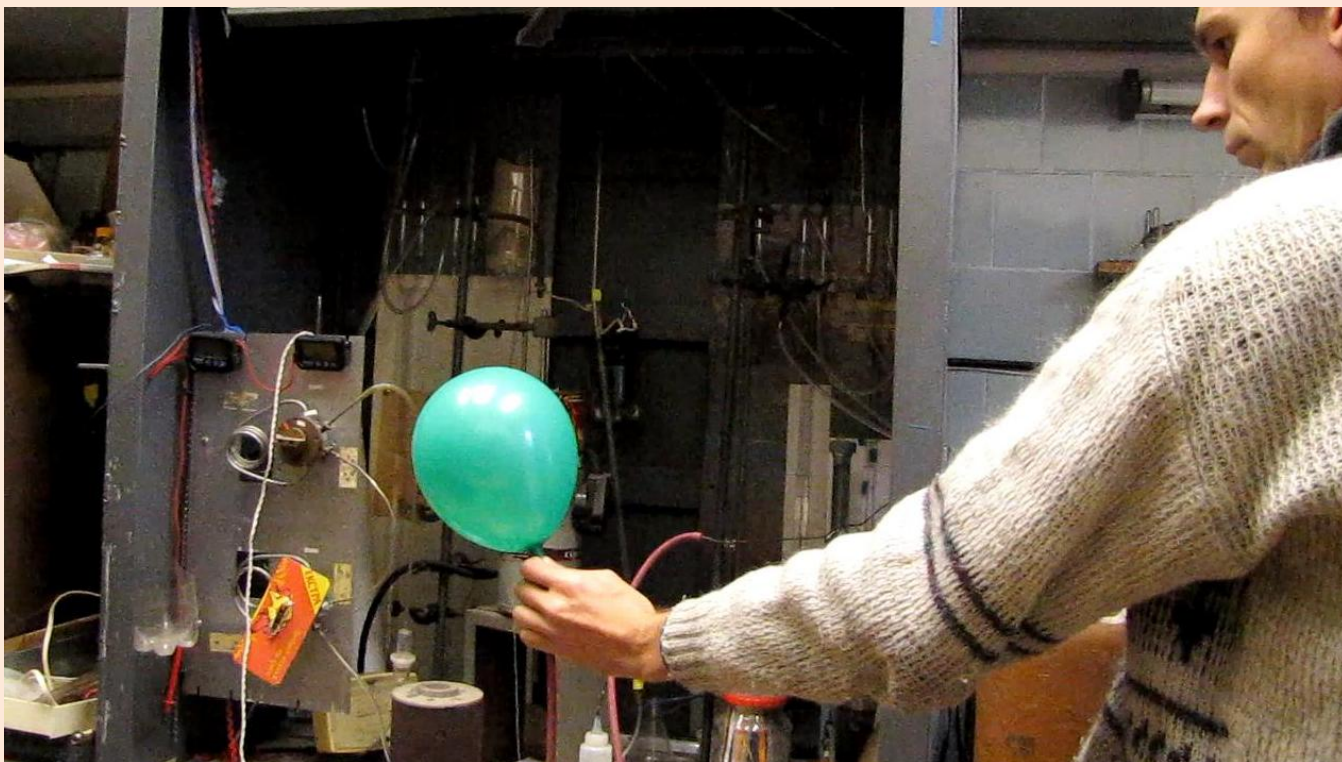


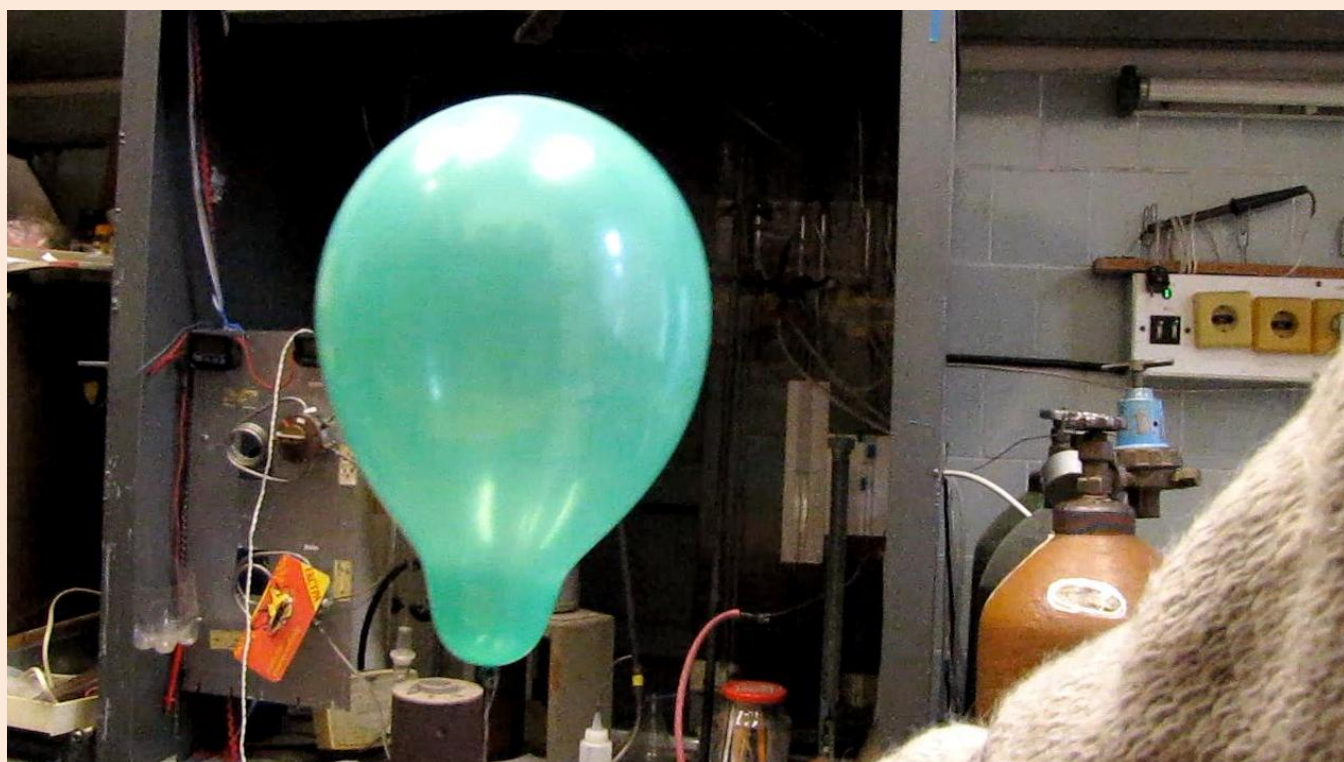


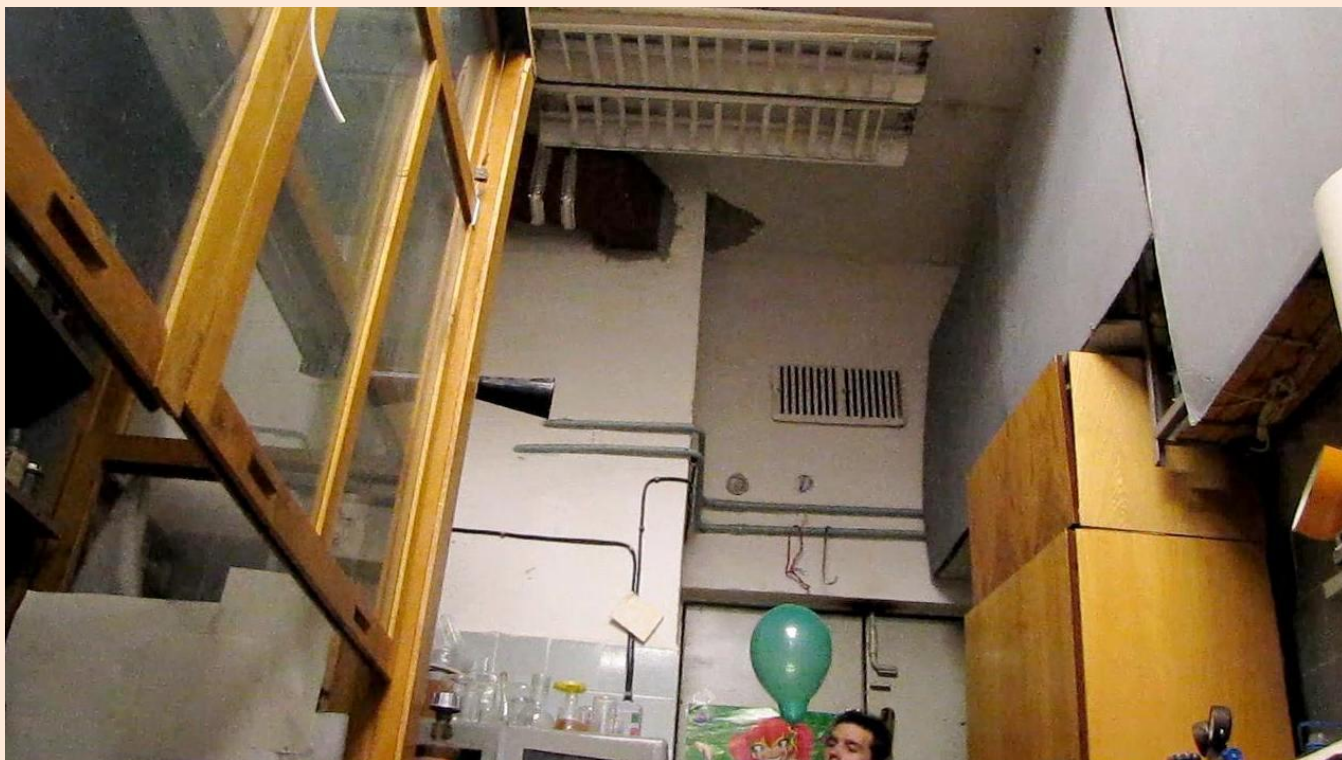


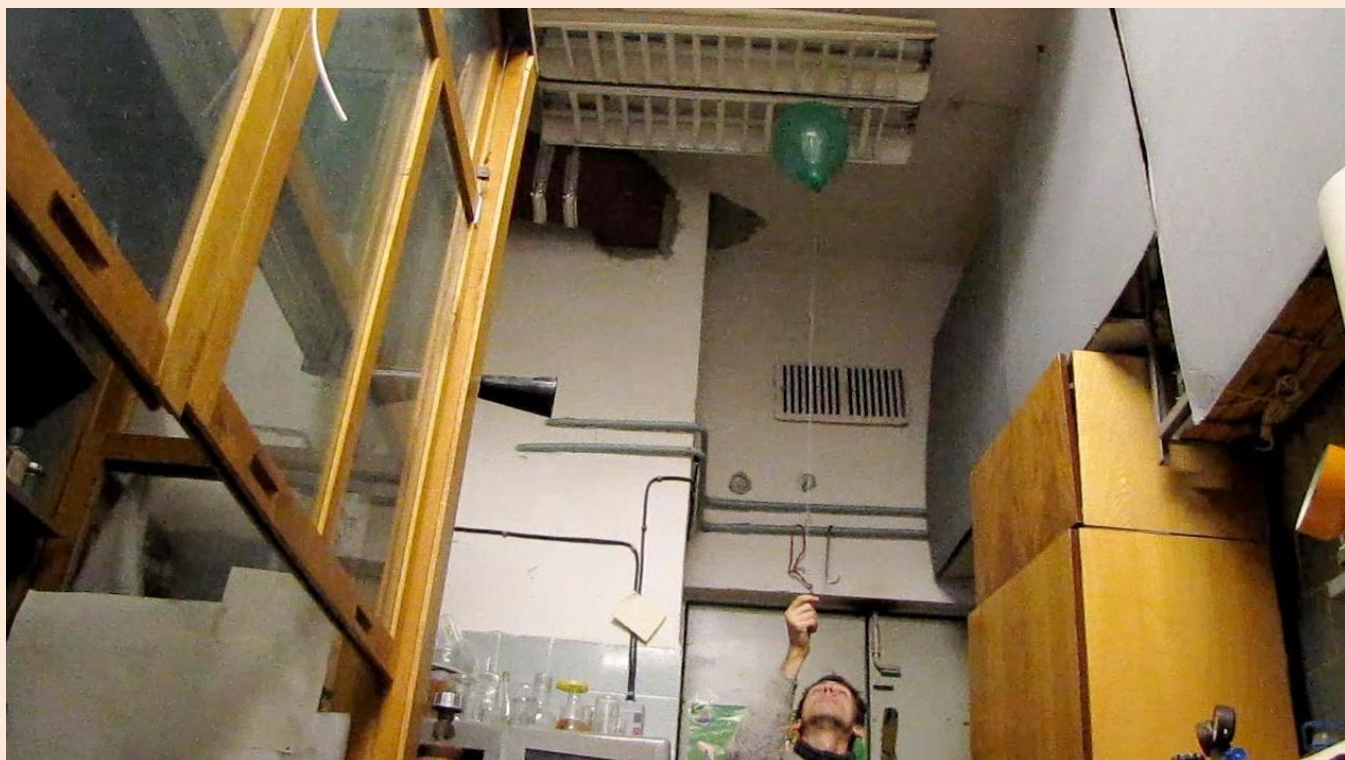


Воздушный шарик с гелием фото В.Н. Витер









Гелий гасит свечу

Многие читатели знают эксперимент «углекислый газ гасит свечу». Суть его довольно проста: с одной стороны углекислый газ не поддерживает горение углеводородов, с другой стороны, CO_2 тяжелее воздуха. В большой стакан или банку помещают зажженную свечу, на дно сосуда опускают газоотводную трубку, через которую начинают подавать углекислый газ. Поскольку углекислый газ тяжелее воздуха, он заполняет сосуд подобно воде. Когда CO_2 поднимется до уровня пламени, свеча гаснет.

В другом варианте эксперимента в сосуд помещают несколько зажженных свечей: одну возле дна, другую повыше, третью еще выше и т.д. до самого верха. Когда начинают подавать газ, первой гаснет нижняя свеча, потом последовательно гаснут свечи, расположенные выше.

В самом простом варианте опыта горящую свечу вносят в сосуд с углекислым газом. Пламя гаснет.

Гелий также не поддерживает горение, и с ним можно провести аналогичные эксперименты, но гелий легче воздуха, поэтому сосуд должен быть расположен вверх дном.

Вариант 1. Поставьте на стол большую красивую свечу, разместите вокруг нее кольцо штатива, чтобы оно располагалось примерно на 10 см ниже фитиля. Рядом поставьте вверх дном литровый стакан или обыкновенную литровую банку для консервирования. Зажгите свечу и накройте пламя банкой (т.е. поставьте банку на кольцо штатива). Свеча продолжит гореть. Снимите банку, вставьте в нее газоотводную трубку и наполните банку гелием. Снова накройте свечу банкой. Пламя сразу же погаснет, поскольку гелий не поддерживает горение.

Вариант 2. Свечу зажигают и накрывают пустой банкой (аналогично тому, как мы это сделали в варианте 1). В банку помещают газоотводную трубку и начинают подавать через нее гелий. Гелий будет вытеснять воздух и заполнять сосуд, начиная с верхней части. Когда уровень гелия достигнет пламени, свеча поблекнет и погаснет.

Для наглядности можно взять два сосуда с разным объемом. Прикрепите газоотводную трубку (к кольцу штатива), пустите поток гелия. Сначала накройте свечу меньшим сосудом. Когда пламя погаснет, снова зажгите свечу и сделайте такой же

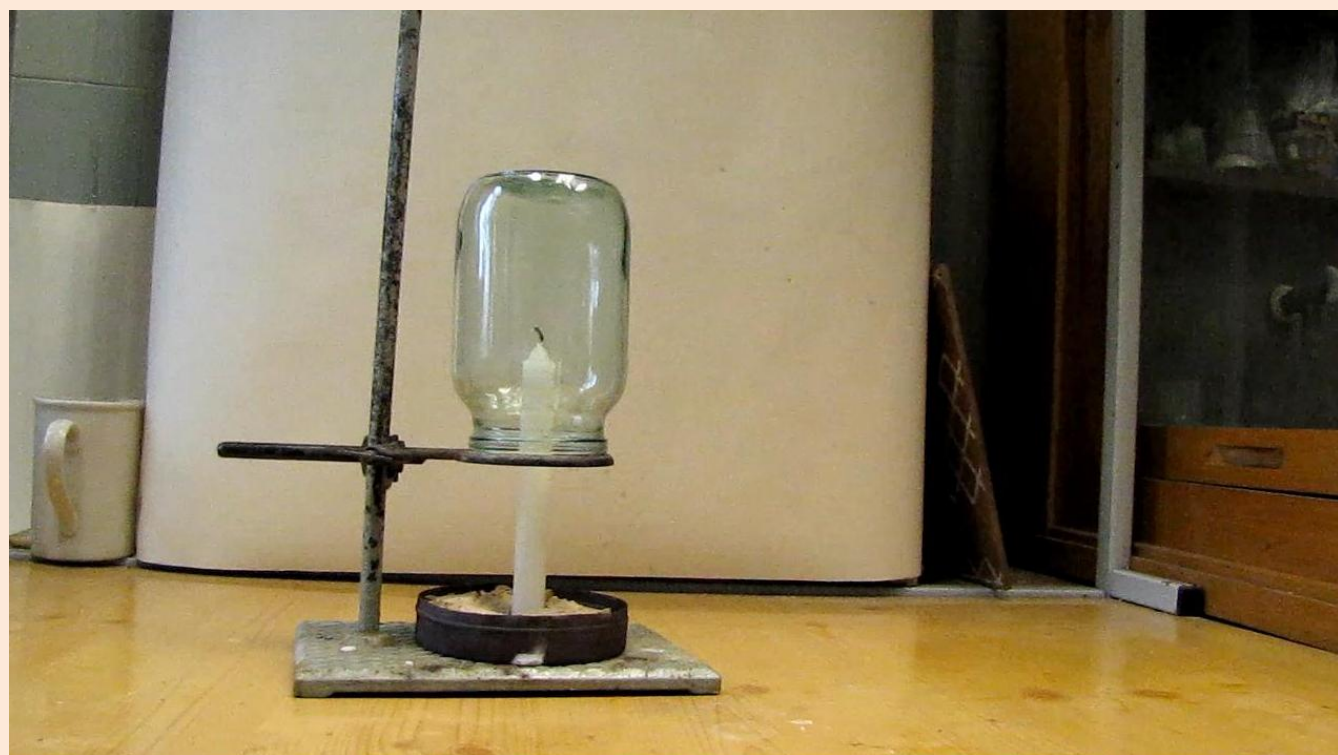
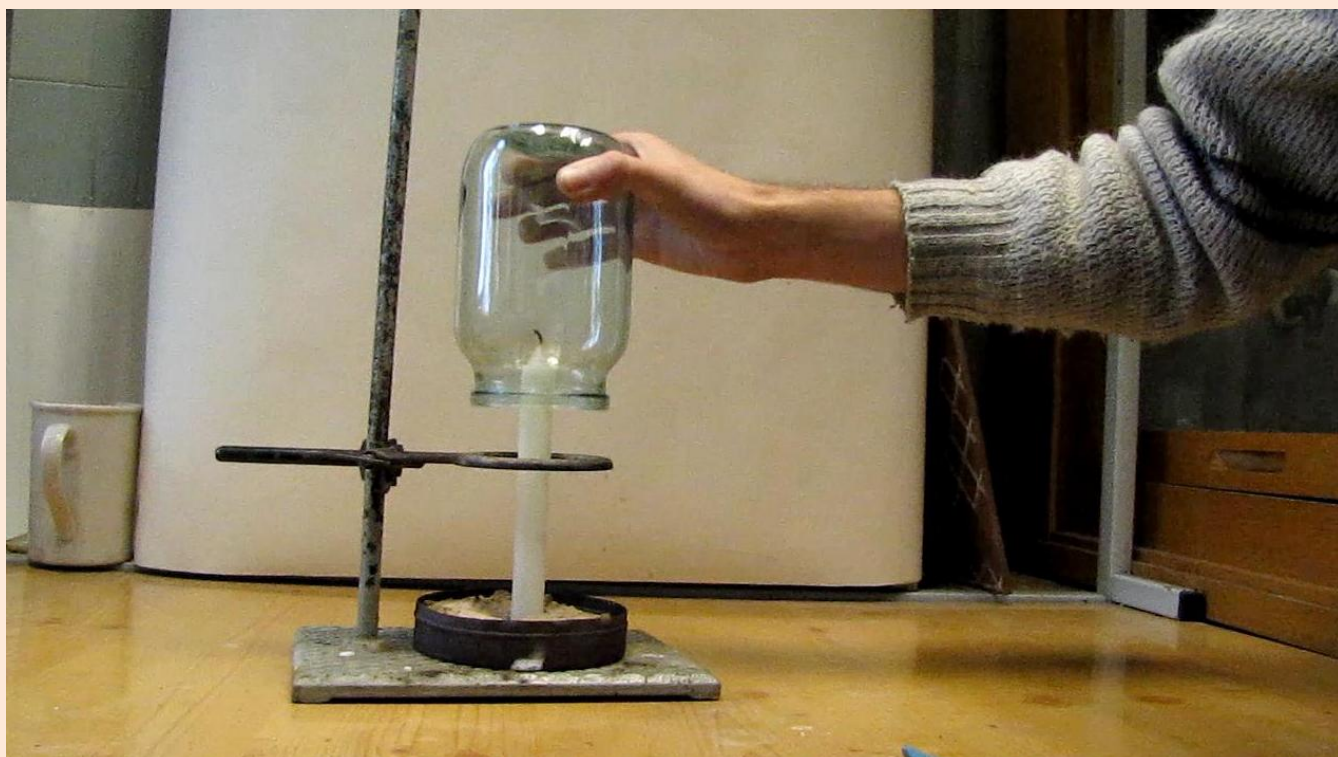
эксперимент с бóльшим сосудом. Во втором случае свеча будет гореть дольше (поскольку необходимо большее время для заполнения сосуда гелием).



Гелий гасит свечу (вариант 1) фото В.Н. Витер

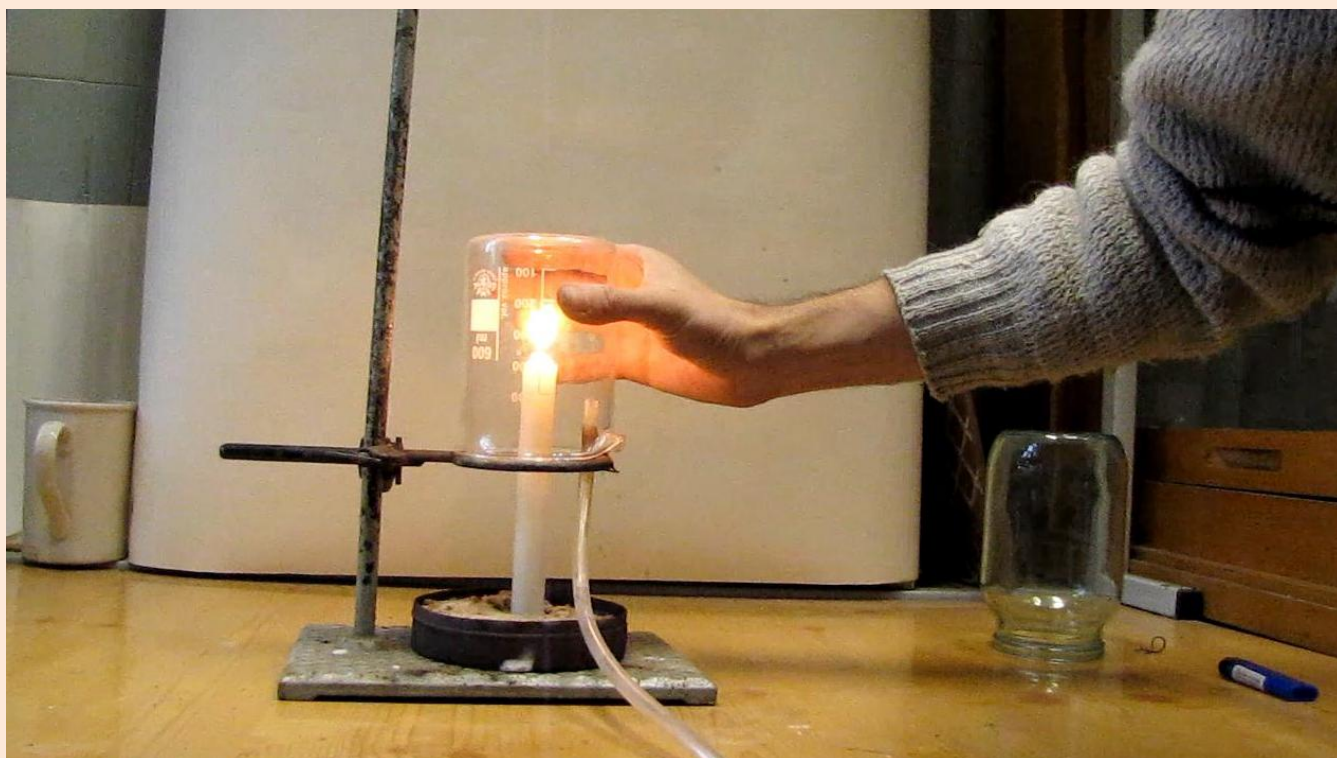


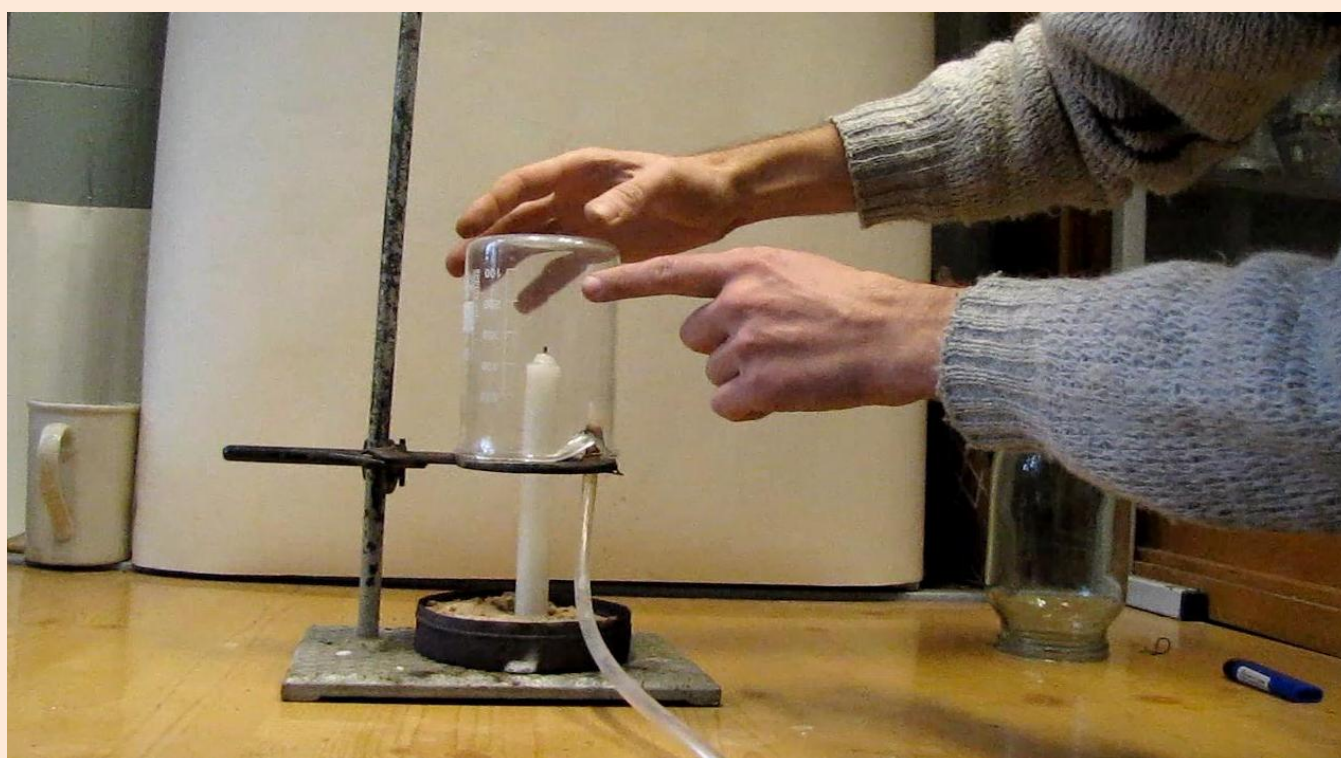
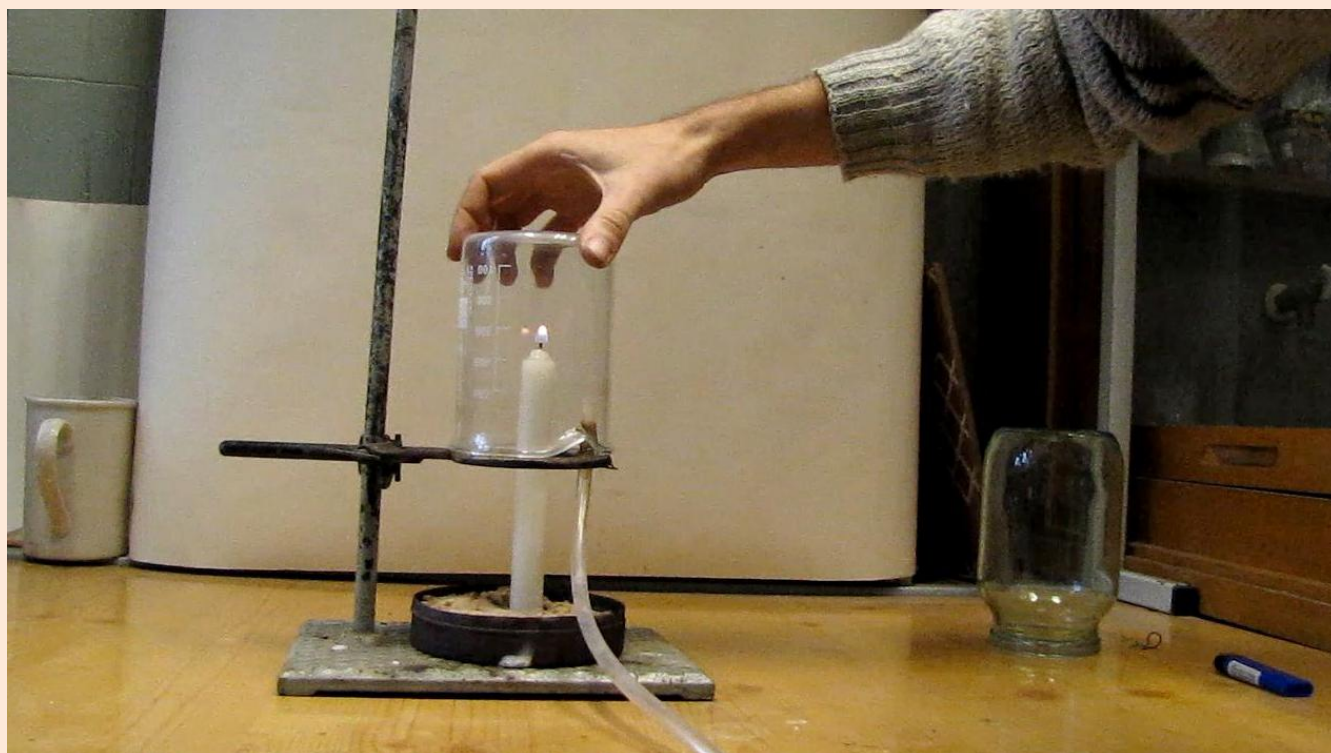




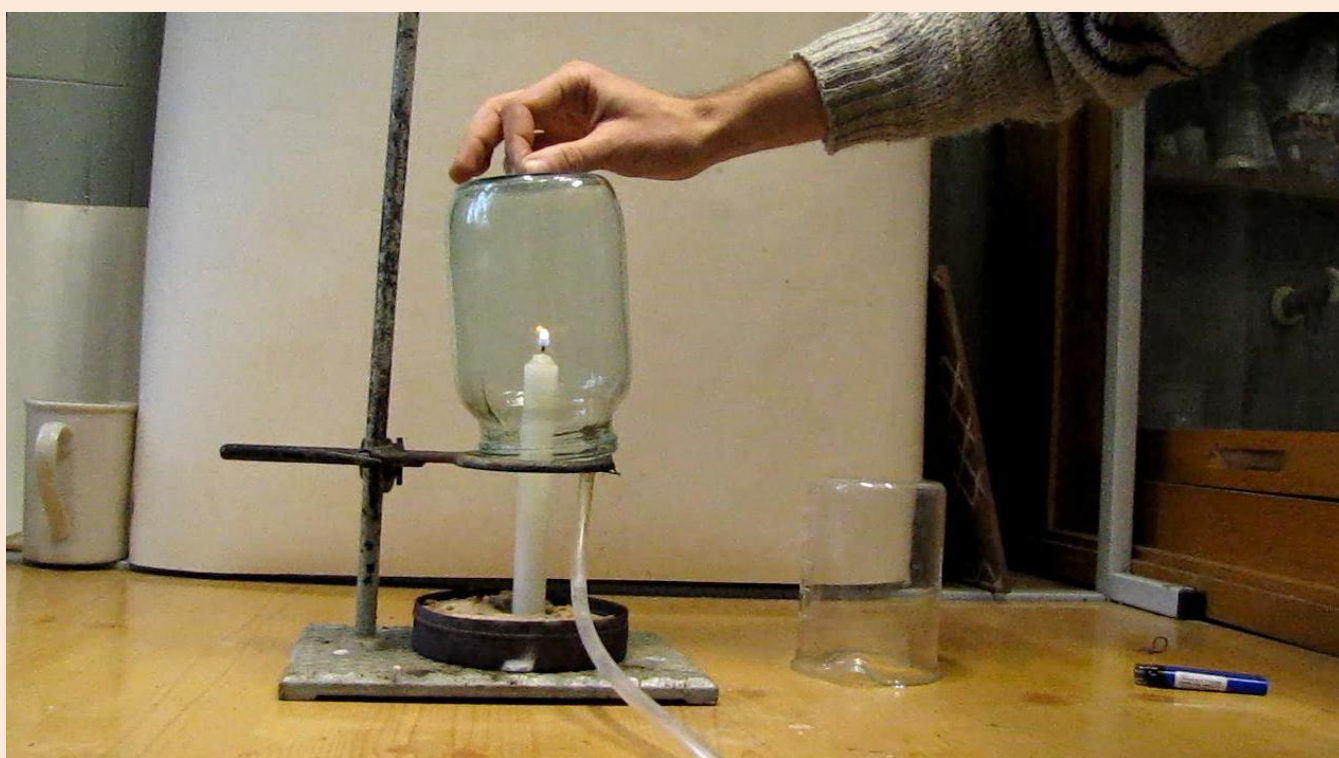


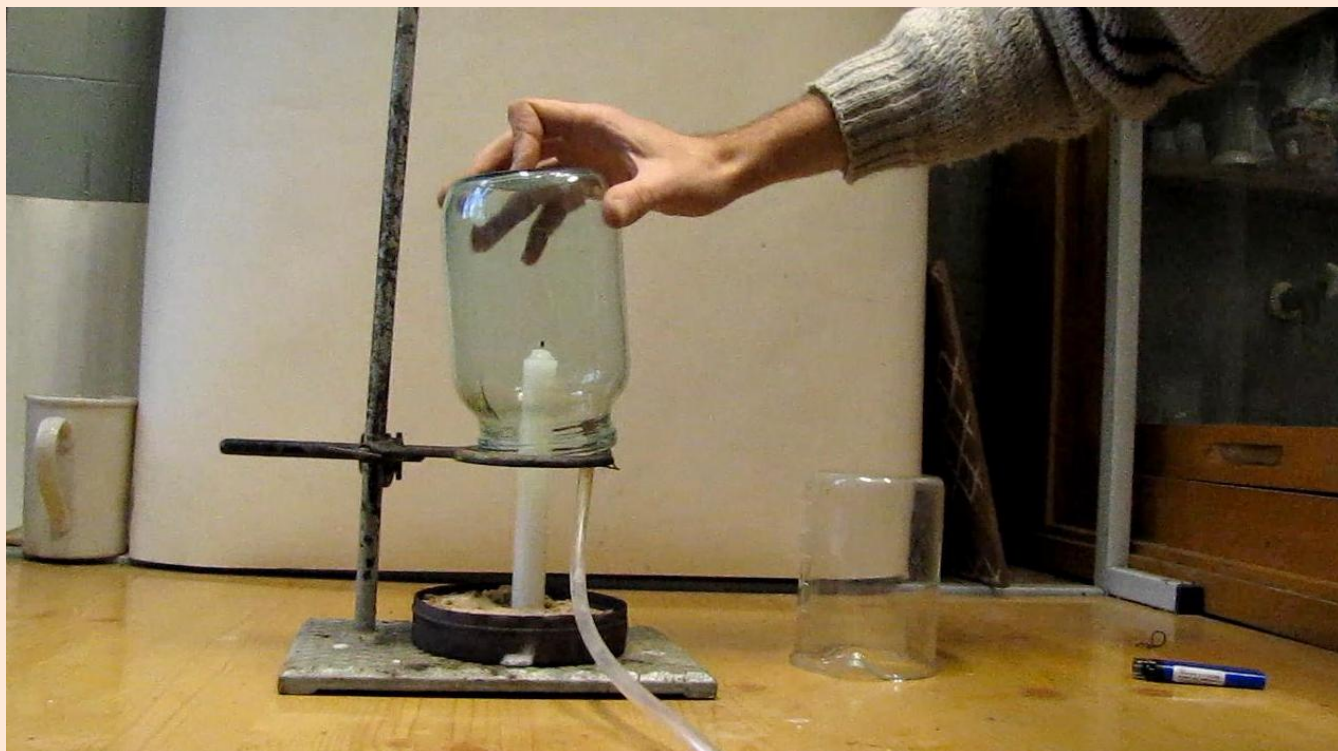
Гелий гасит свечу (вариант 2) фото В.Н. Витер











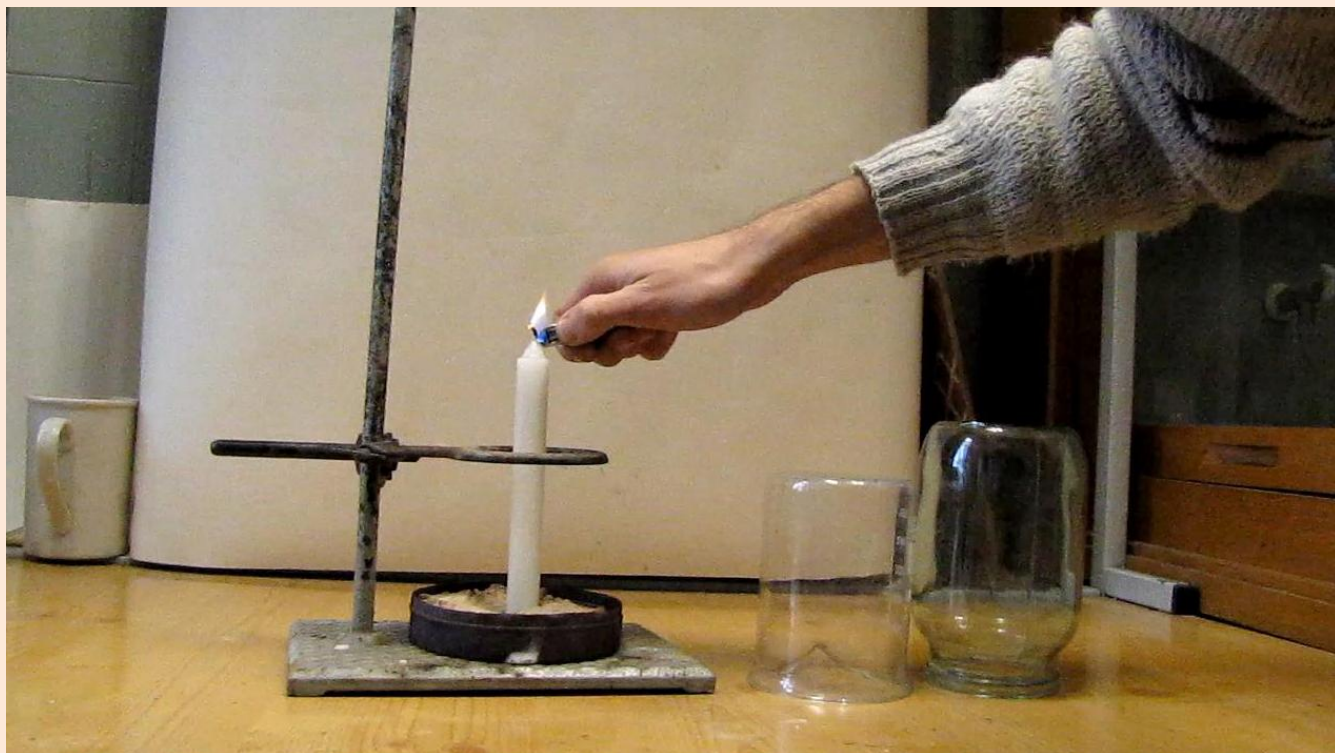
Переливание гелия

Гелий можно переливать из сосуда в сосуд, подобно углекислому газу или воде. Разница состоит в том, что гелий легче воздуха, и сосуды должны располагаться дном вверх.

Вокруг свечи закрепляют кольцо штатива аналогично предыдущим экспериментам. Рядом ставят две банки или два стакана, расположенные вверх дном. В одном из сосудов воздух, во втором – гелий. Зажигают свечу и накрывают ее сосудом с воздухом. Пламя продолжит гореть. Возьмите в одну руку сосуд с воздухом, в другую – сосуд с гелием и перелейте гелий из второго сосуда в первый.

Для этого сосуд с воздухом держат вертикально (дном вверх), прислоняют к нему сбоку сосуд с гелием и быстро переворачивают последний так, чтобы отверстия совпали, и гелий, поднимаясь вверх из второго сосуда, попал в первый. Желательно, чтобы сосуд с воздухом имел большее отверстие, а сосуд с гелием – больший объем.

Снова накройте свечу тем сосудом, в котором раньше был воздух. Пламя погаснет, поскольку сосуд теперь заполнен гелием.

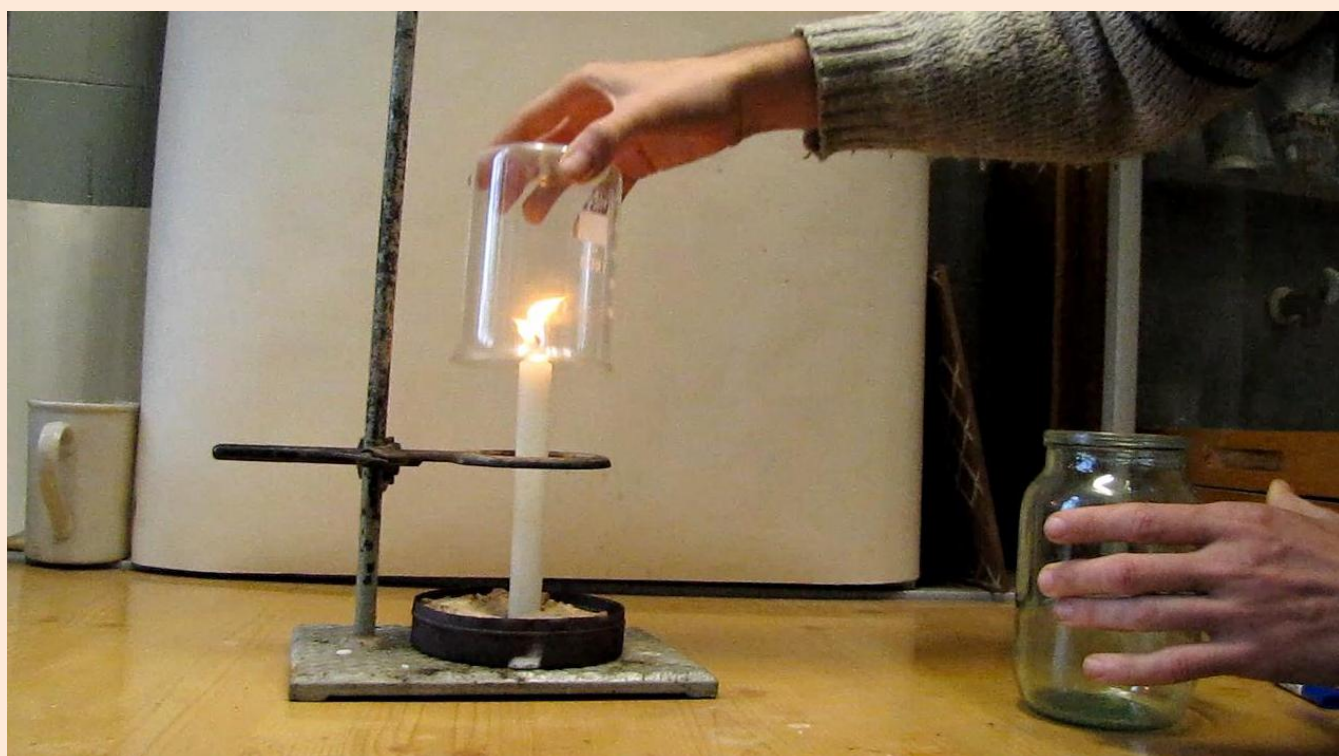


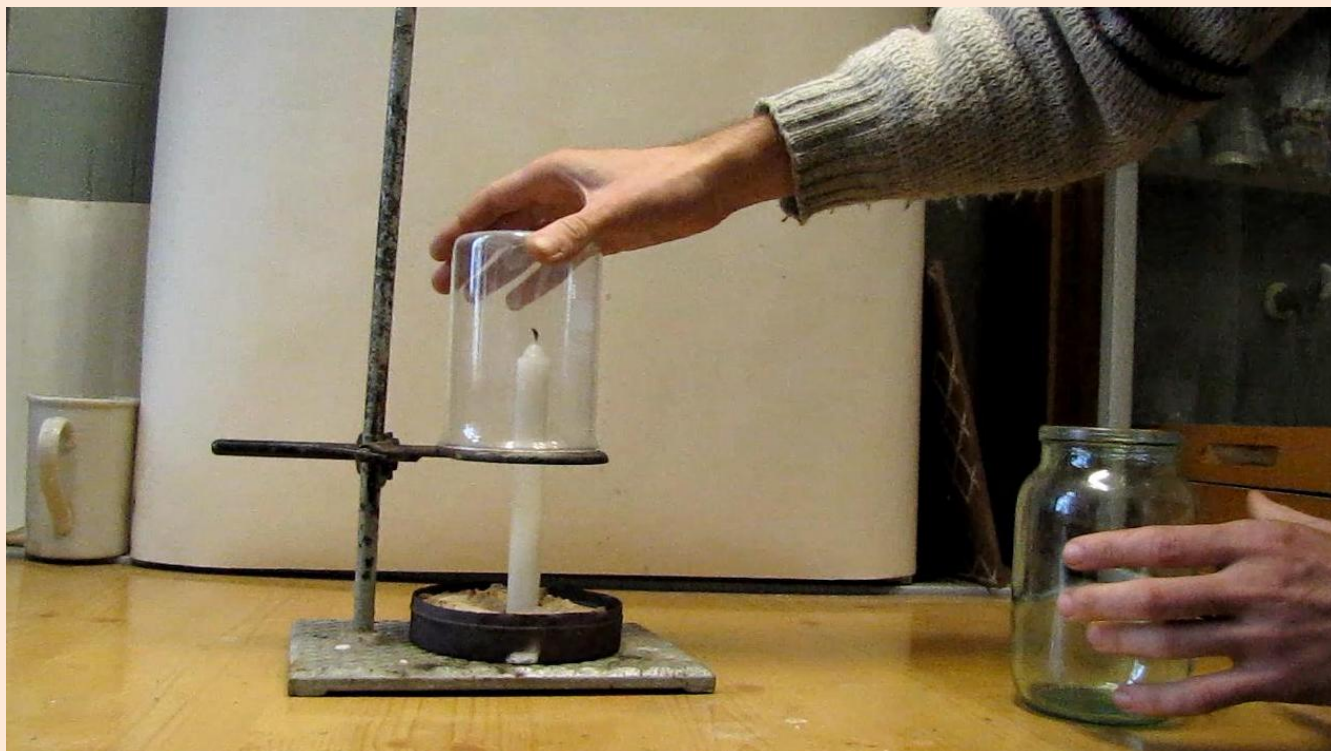
Переливание гелия фото В.Н. Витер











Гелий гасит газовую горелку

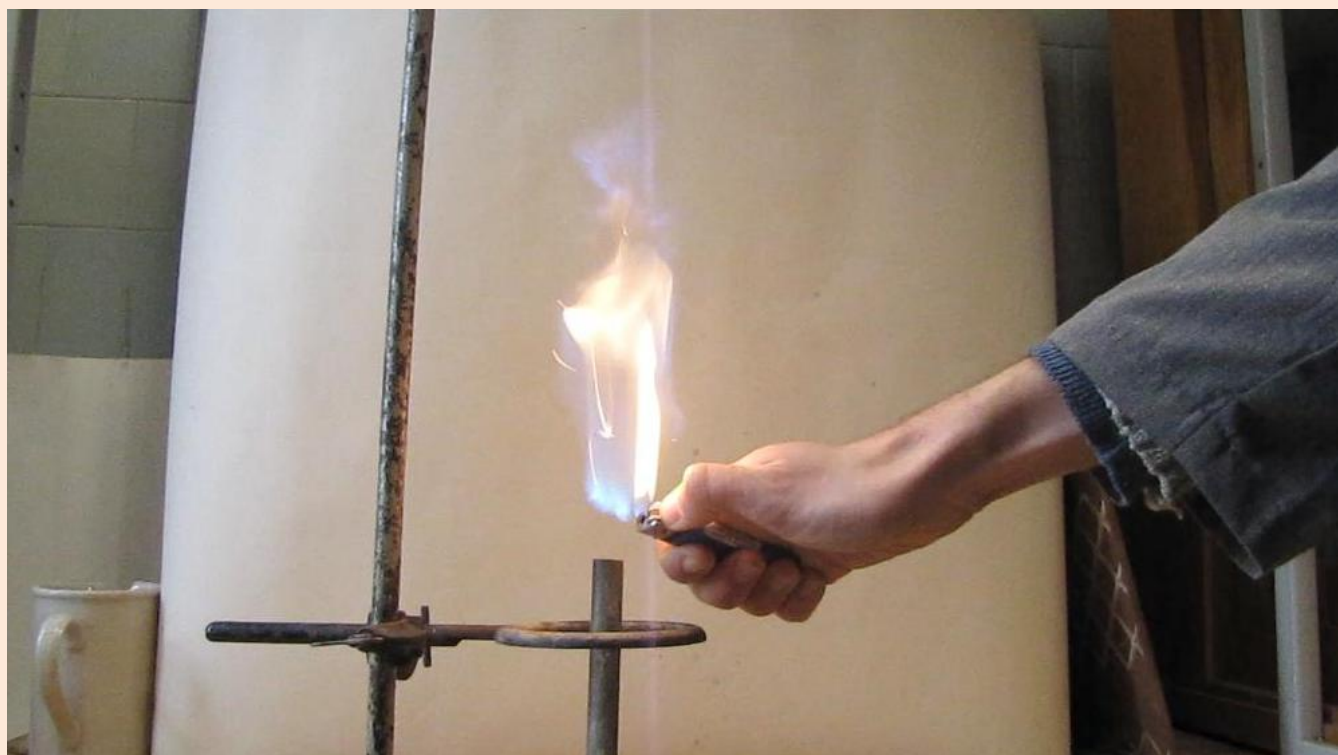
Эксперимент аналогичен опытам со свечей. Вокруг газовой горелки размещают кольцо штатива. Зажигают горелку и накрывают ее стаканом или банкой с гелием. Пламя сразу же гаснет. В нашем опыте литровая банка треснула. Скорее всего, не последнюю роль тут сыграла высокая теплопроводность гелия.

Опыт выглядит более эффектно, чем эксперимент со свечей.



Гелий гасит газовую горелку фото В.Н. Витер











Гелий изменяет голос

При вдыхании гелия или смеси гелия с кислородом голос человека сдвигается в высокочастотную область. При этом голос может измениться до неузнаваемости. В атмосфере гелия речь человека напоминает кряканье утки. Скорость звука в гелии примерно в 2.8 раза выше, чем в воздухе (при 0° C).

В первом эксперименте вдыхание гелия производилось постепенно, поэтому переход голоса осуществлялся плавно, в последующих опытах экспериментатор вдыхал гелий резко и большими порциями. Это дало значительно более очевидный эффект.

При вдыхании гелия никаких особых ощущений не наблюдалось. И только спустя некоторое время стала чувствоваться легкая гипоксия.¹

Во время подобных экспериментов рядом должен находиться второй человек с целью страховки.

Гелиево-кислородная смесь используется для дыхания водолазов, которые работают на больших глубинах. Изменение частоты голоса в результате вдыхания этой смеси может создать значительные проблемы во время общения водолазов между собой или с людьми на поверхности.

При вдыхании ксенона голос человека сдвигается в низкочастотную область, что противоположно эффекту в случае гелия. Голос становится более басистым. Аналогично ксенону действует гексафторид серы (шестифтористая сера или элегаз, SF₆). Это обусловлено тем, что скорость звука в газе падает при увеличении его молекулярной массы (плотности). Воздух имеет большую плотность, чем гелий и меньшую, чем ксенон.

¹ Видео экспериментов доступны на сайте журнала.



Эксперимент по вдыханию гелия фото В.Н. Витер





