

Эксперименты с пропан-бутановой смесью

В.Н. Витер

Природный газ, который подается в бытовую сеть, состоит в основном из метана с примесью азота, углекислого газа, этана, пропана, бутана и небольшого количества других компонентов. В бытовых газовых баллонах, зажигалках и для заправки легковых автомобилей используют не природный газ, а пропан-бутановую смесь. Дело в том, что метан невозможно превратить в жидкое состояние при комнатной температуре¹ – даже при очень высоком давлении. А пропан и бутан переходят в жидкое состояние довольно легко. Следовательно, в газовый баллон поместится значительно больше сжиженного пропана и бутана, чем сжатого метана.

Но есть и другая существенная разница между метаном и пропан-бутановой смесью: метан легче воздуха, а пропан и бутан – значительно тяжелее. Подобно углекислому газу пропан-бутановая смесь способна заполнять сосуды, поставленные отверстием вверх, растекаться по плоским поверхностям и собираться в низинах. Но в отличие от CO_2 углеводороды горючи и легко воспламеняются от малейшей искры. Описанные ниже эксперименты опасны, поэтому мы рекомендуем их воспроизводить только опытным химикам.

Пропан-бутановая смесь тяжелее воздуха

Поставьте в центр стола глубокий металлический или пластмассовый лоток. Мы использовали отрезанное дно пластиковой канистры размером 30 x 15 см и высотой 5 см. С помощью длинной и тонкой трубки направьте в лоток поток пропан бутановой смеси, через 10-15 сек закройте кран баллона, оставьте в сторону шланг и подожгите газ в лотке. (Лучше всего для этой цели использовать длинную проволоку с горящей бумажкой на конце).

Произойдет сильная вспышка – газ в лотке, а также газ, который растекся по столу, загорится. Горение будет продолжаться около 5 сек. Ни в коем случае не наклоняйтесь над столом и держитесь подальше от пламени.

¹Метан превращается в жидкость при температуре $-161\text{ }^\circ\text{C}$ и атмосферном давлении. Критическая температура метана $-82,3\text{ }^\circ\text{C}$. Выше этой температуры метан не переходит в жидкое состояние даже при очень высоком давлении. При давлении 1 атм. температура кипения пропана и бутана $-42,1$ и $-0,5\text{ }^\circ\text{C}$ соответственно.



Горение пропан-бутановой смеси фото В.Н. Витер













Через несколько секунд пламя погаснет

Второй эксперимент



При покадровом просмотре начала эксперимента видно, как бледно-синий фронт горения пробегает по границе воздух – углеводороды, после чего последует яркая желтая вспышка







Горение пропан-бутановой смеси в стакане

Этот эксперимент менее эффектен, но более безопасен, чем горение пропан-бутановой смеси в лотке. Поставьте на стол широкий стакан на 0.5-1 л, наберите в него пропан. Закройте баллон, уберите в сторону трубку и подожгите пропан в стакане.





Горение пропан-бутановой смеси в стакане фото В.Н. Витер









По столу пробежался синий фронт горения





Газ в стакане загорится – сначала по поверхности раздела пройдет синий фронт горения, потом появится желтое пламя. В нашем случае горение продолжалось около 10 сек. Стенки стакана запотеют – на них конденсируется вода.

При покадровом просмотре можно заметить вспышку газа на поверхности стола.

Горение пропан-бутановой смеси в трехлитровой банке

Заполните трехлитровую банку пропан-бутановой смесью, закройте баллон, отставьте шланг в сторону и подожгите смесь.

Углеводороды загорятся возле горлышка, пламя медленно будет опускаться вниз, затем погаснет. Стенки банки покроются мелкими капельками воды.

Интересно, что поток пропан-бутановой смеси, который выходит из трубки или горлышка банки, вполне можно увидеть по «дрожанию воздуха» - подобно тому как иногда видны восходящие потоки теплого воздуха или водяного пара, освещенные солнцем.





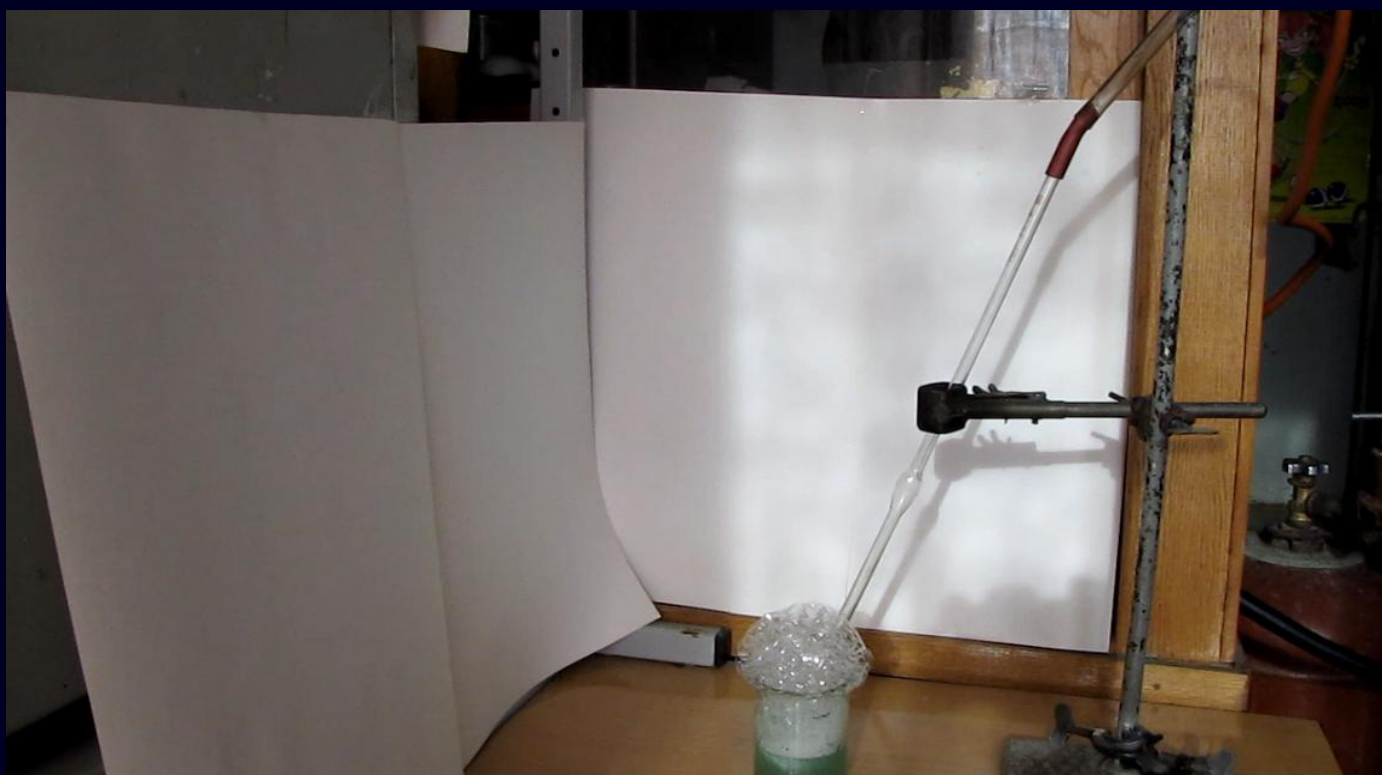
Горение пропан-бутановой смеси в трехлитровой банке фото В.Н. Витер

Горящая пена

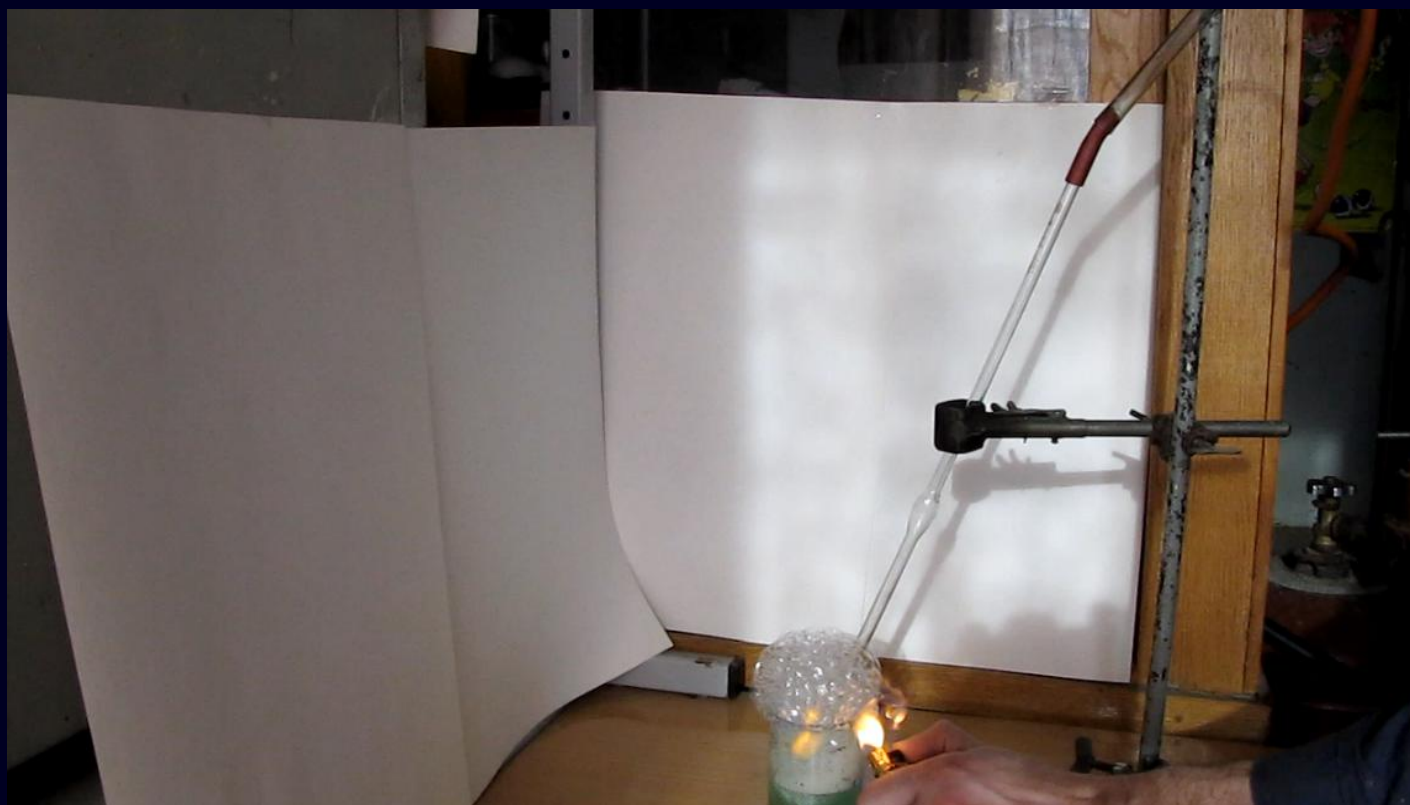
Для тушения пожаров с успехом используют пену, которая содержит углекислый газ. Однако пена из водорода, природного газа или пропан-бутановой смеси отлично горит. Проведем эксперимент.

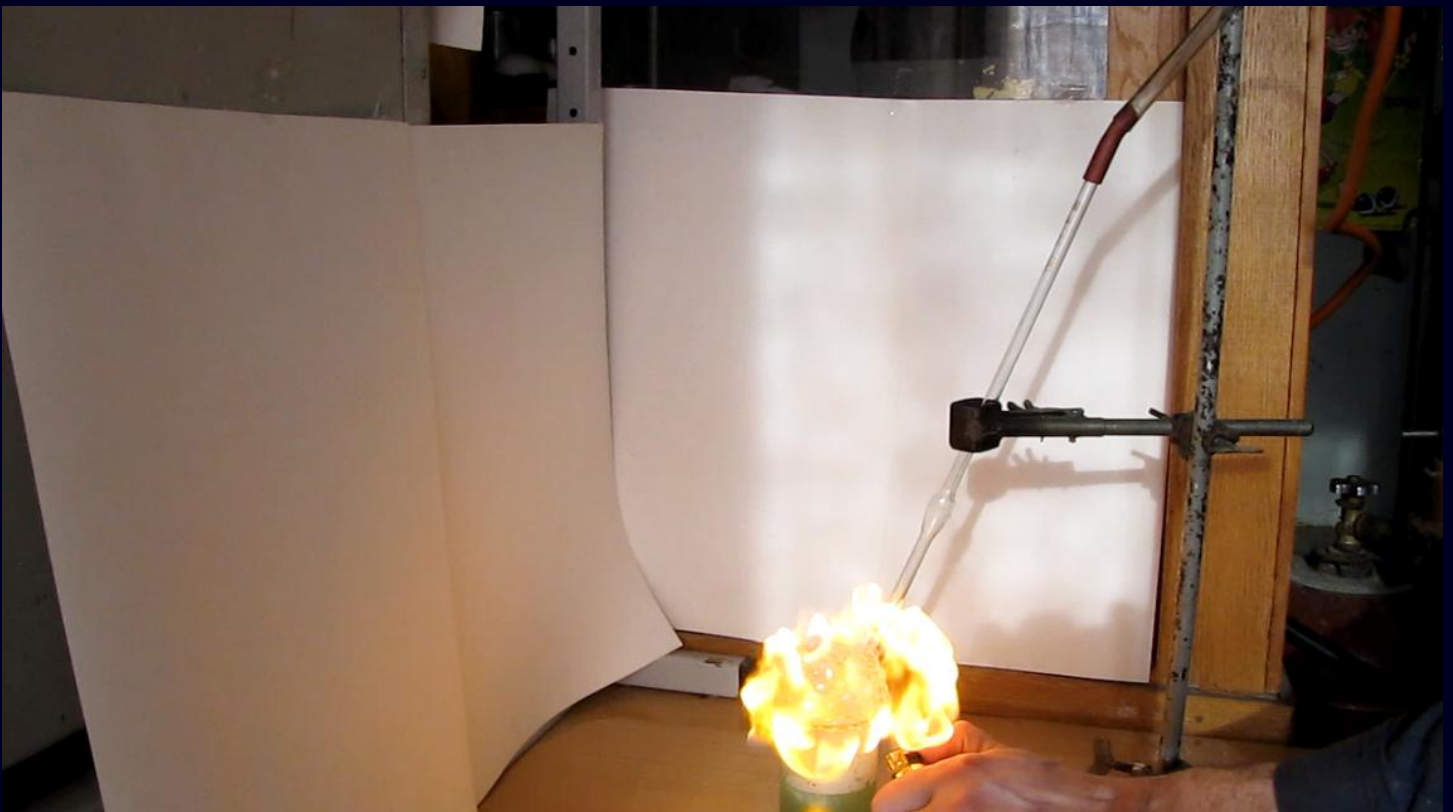
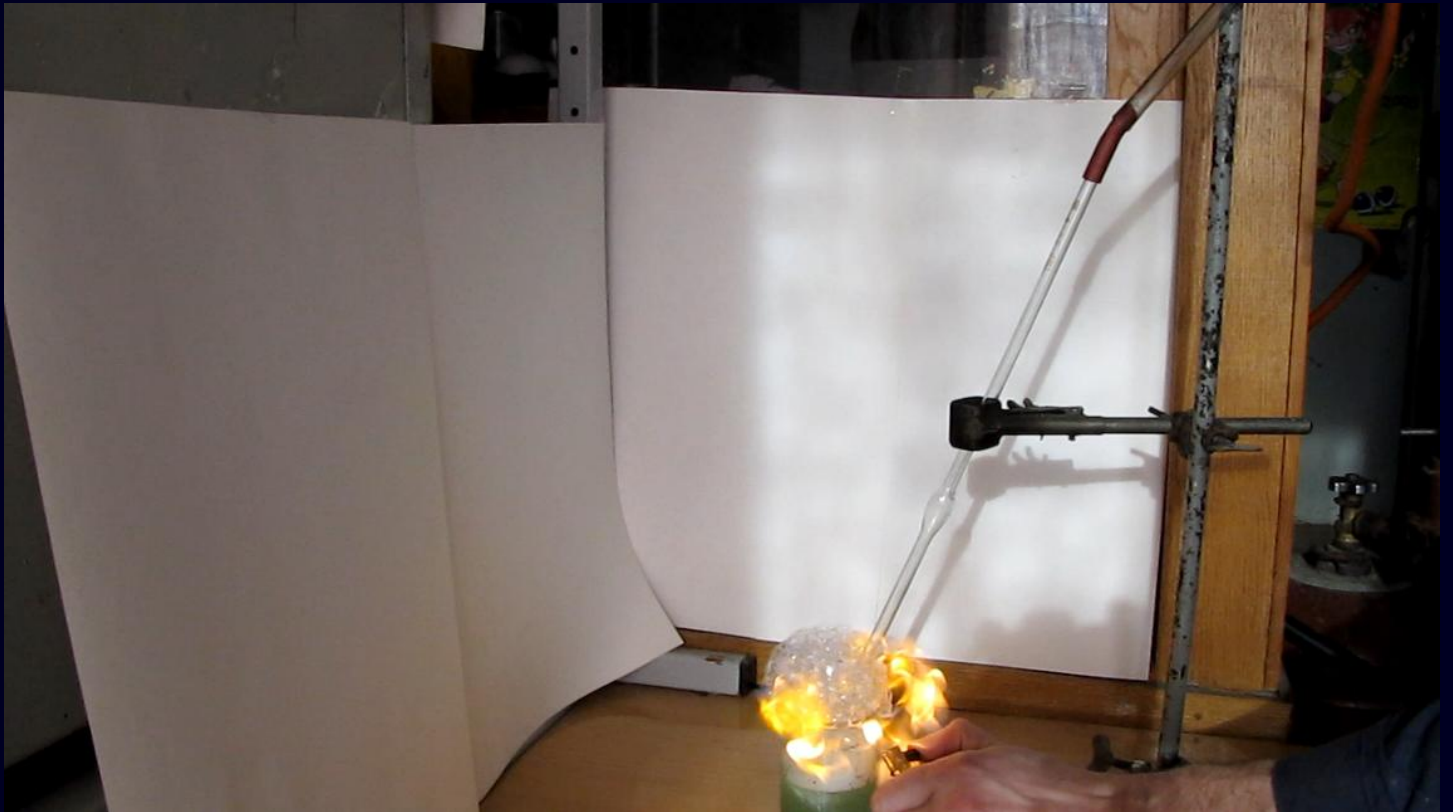
Вариант 1 – Горение пены в стакане. Возьмите стакан на 100-200 мл, налейте туда 20-30 мл моющего средства Gala, разведенного в 3-4 раза водой. Для этой цели подойдет любое средство, содержащее ПАВ – жидкое мыло, шампунь, жидкость для мытья посуды и т.п. Степень разбавления водой определяют опытным путем. Необходимо получить устойчивую пену. Если раствор будет содержать слишком мало или слишком много ПАВ, пена получится неустойчивой.

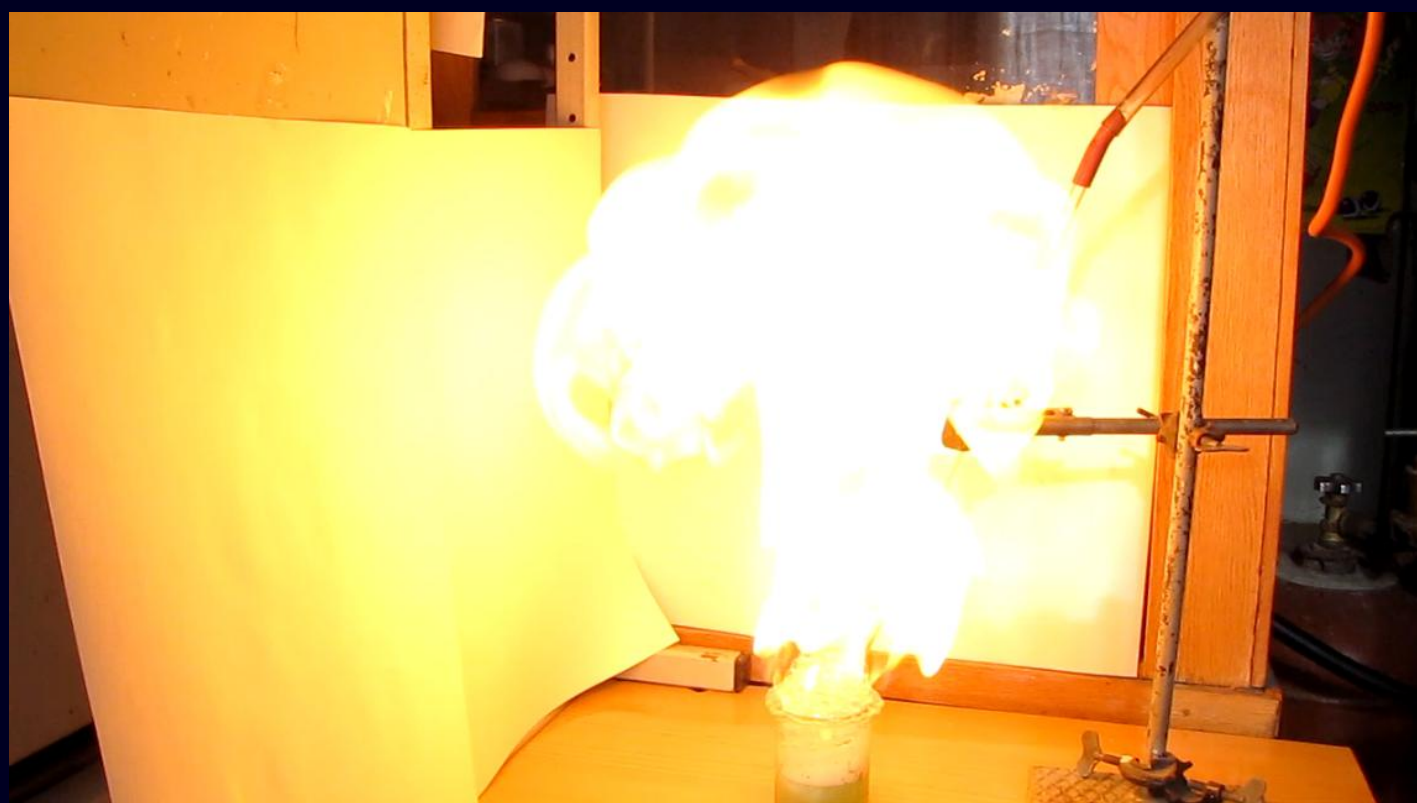
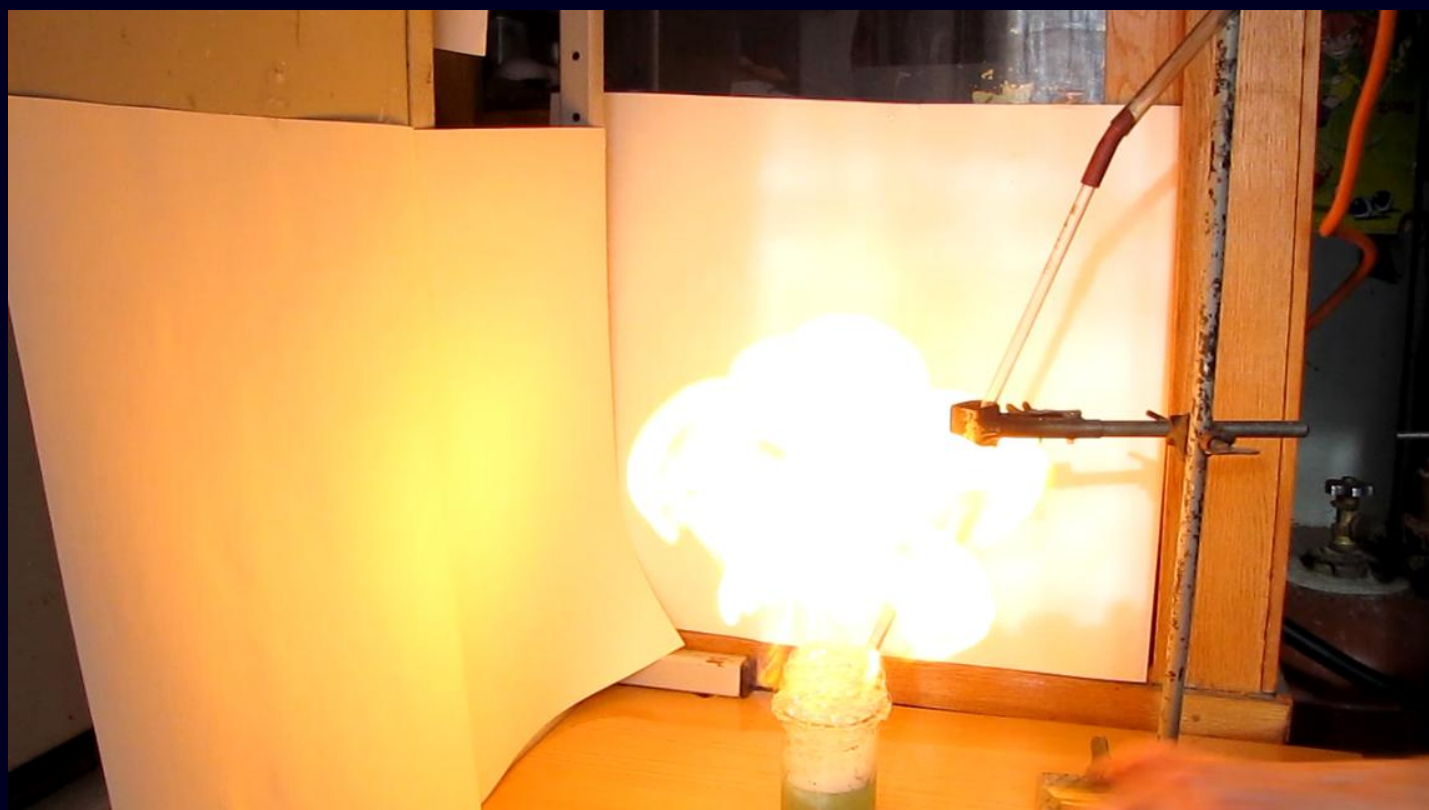
К резиновой трубке, подключенной к пропан-бутановому баллону, присоедините стеклянную пипетку, конец которой опустите в стакан с раствором. Откройте слабый ток газа. В стакане начнет образовываться пена. Когда объем пены будет достаточным (с ладонь), осторожно подожгите ее снизу. Произойдет резкая вспышка. При кадровом просмотре видно, что сперва пузыри пены лопаются, а потом загорается заключенный в них газ.



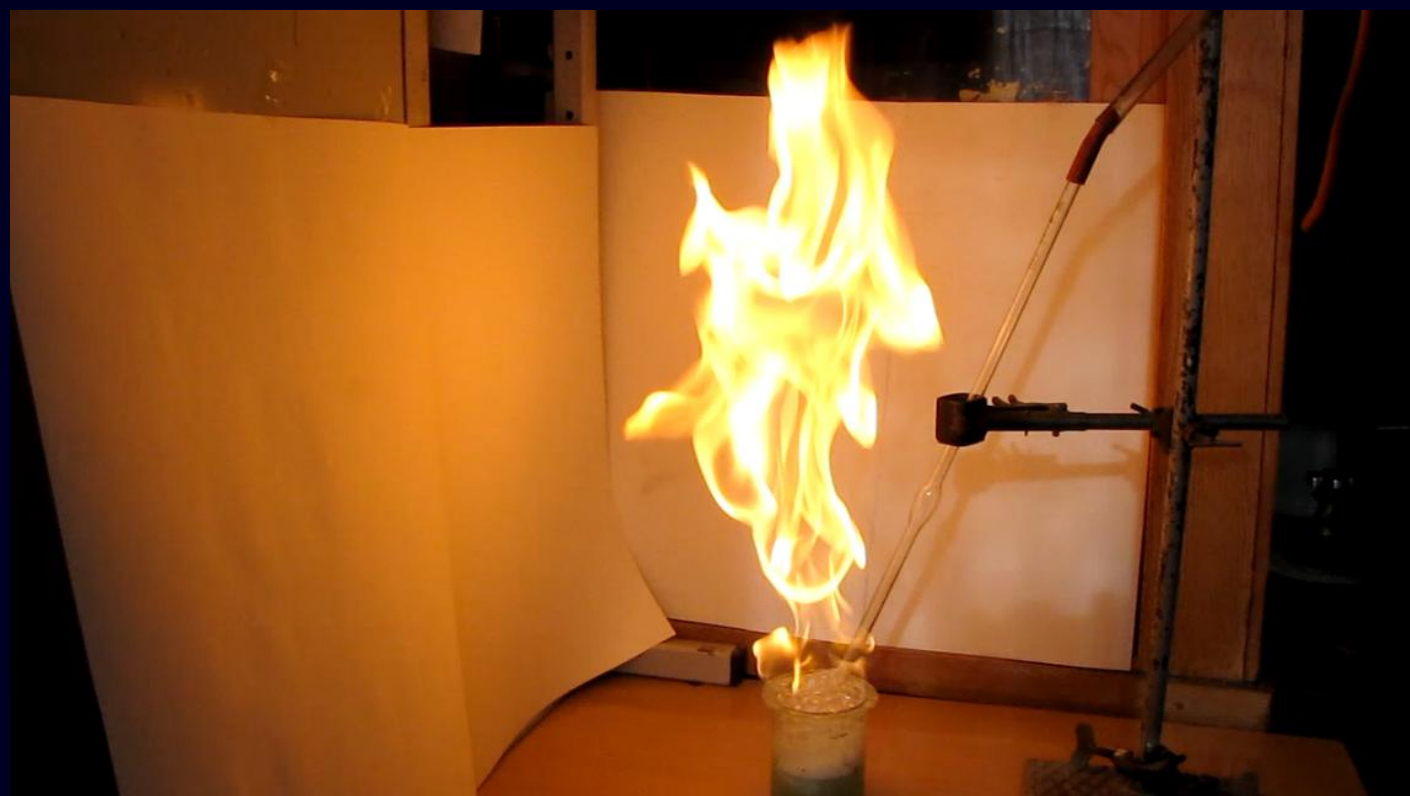
Горение пены, содержащей пропан-бутановую смесь фото В.Н. Витер



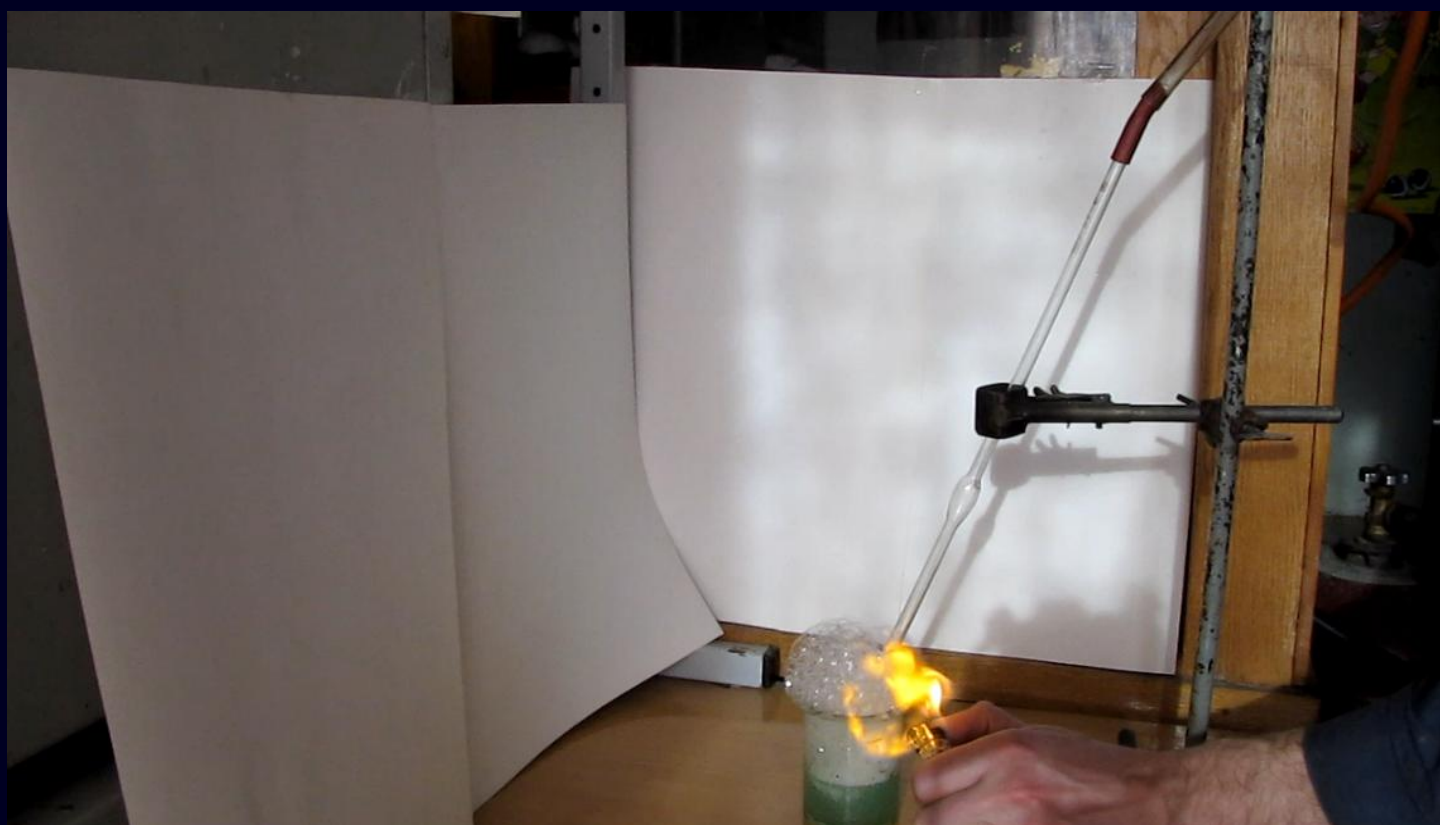
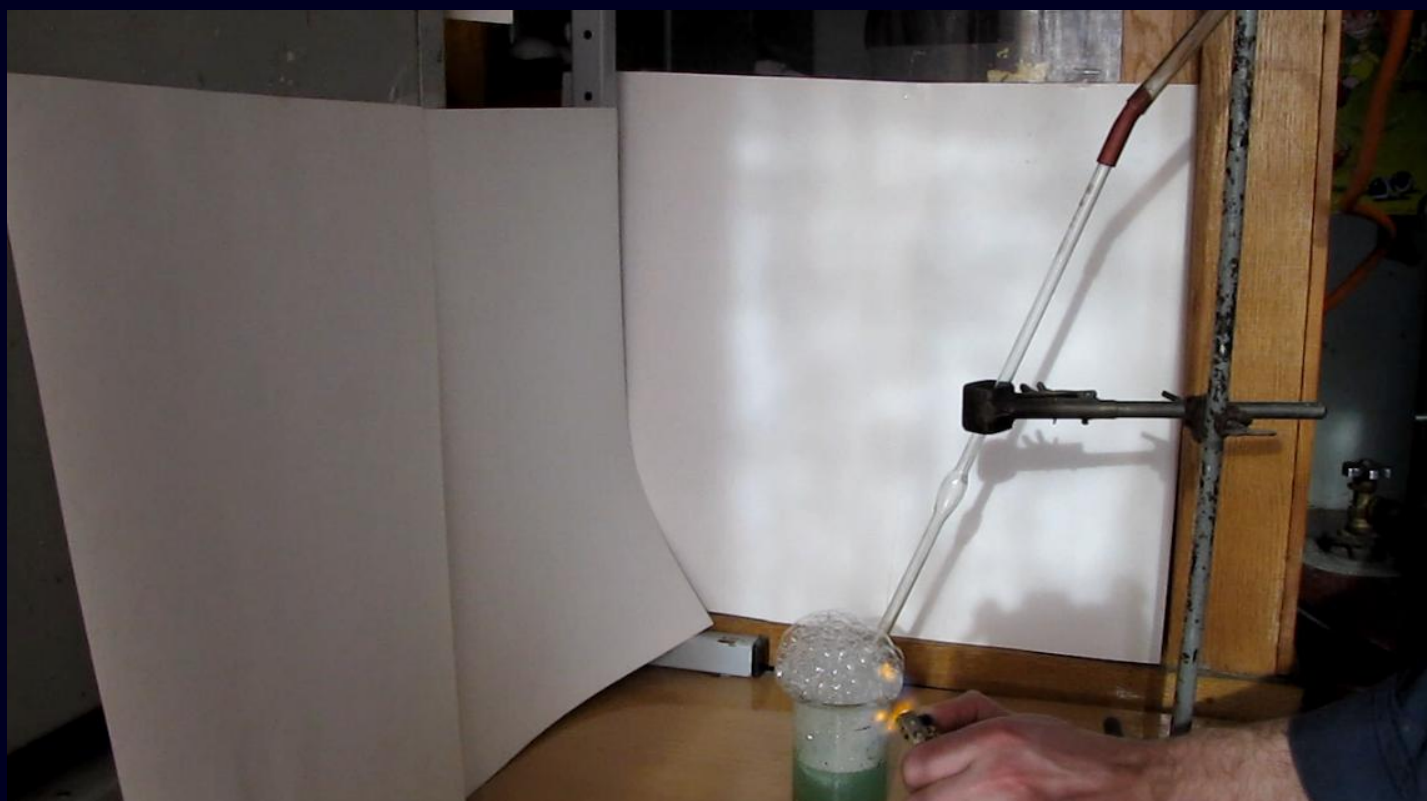


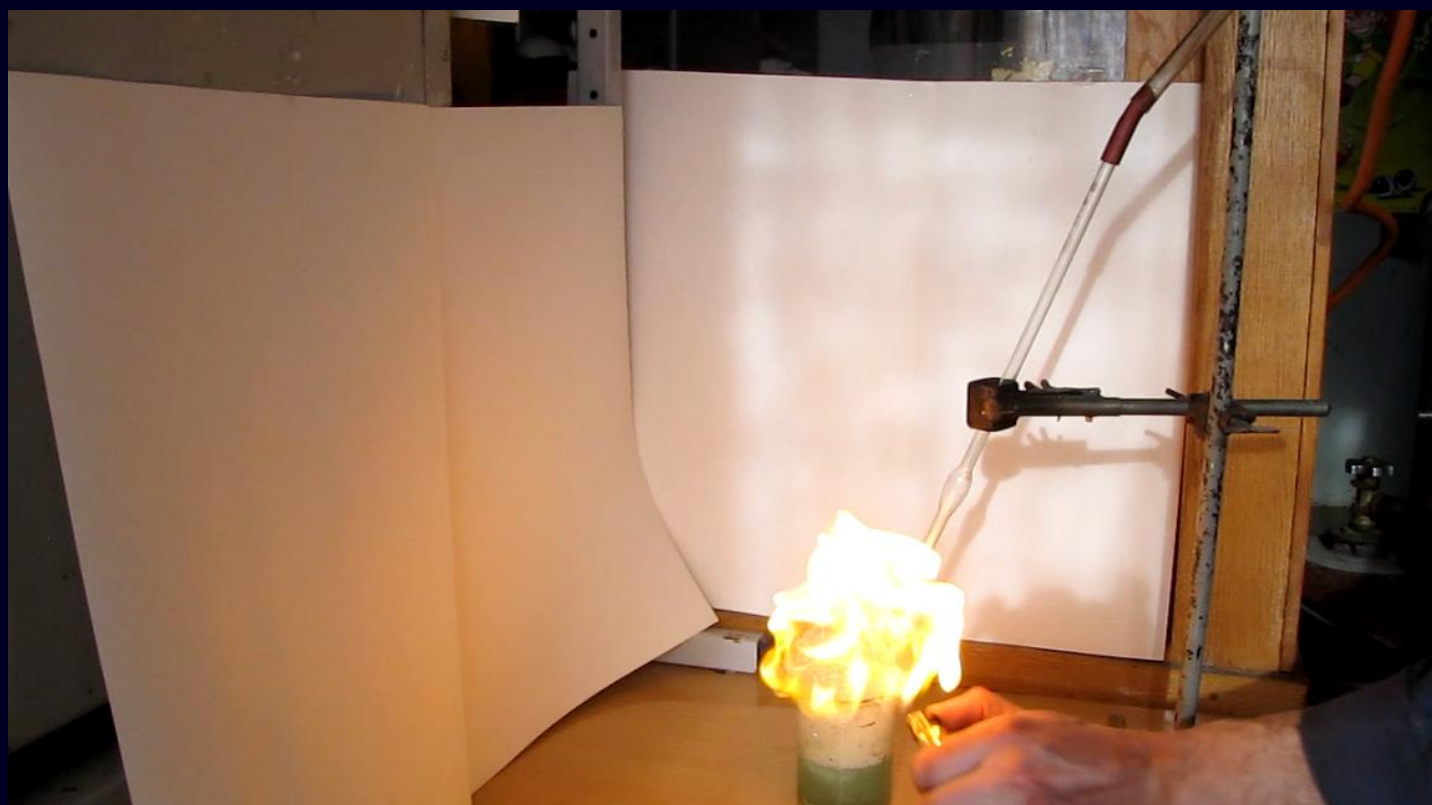
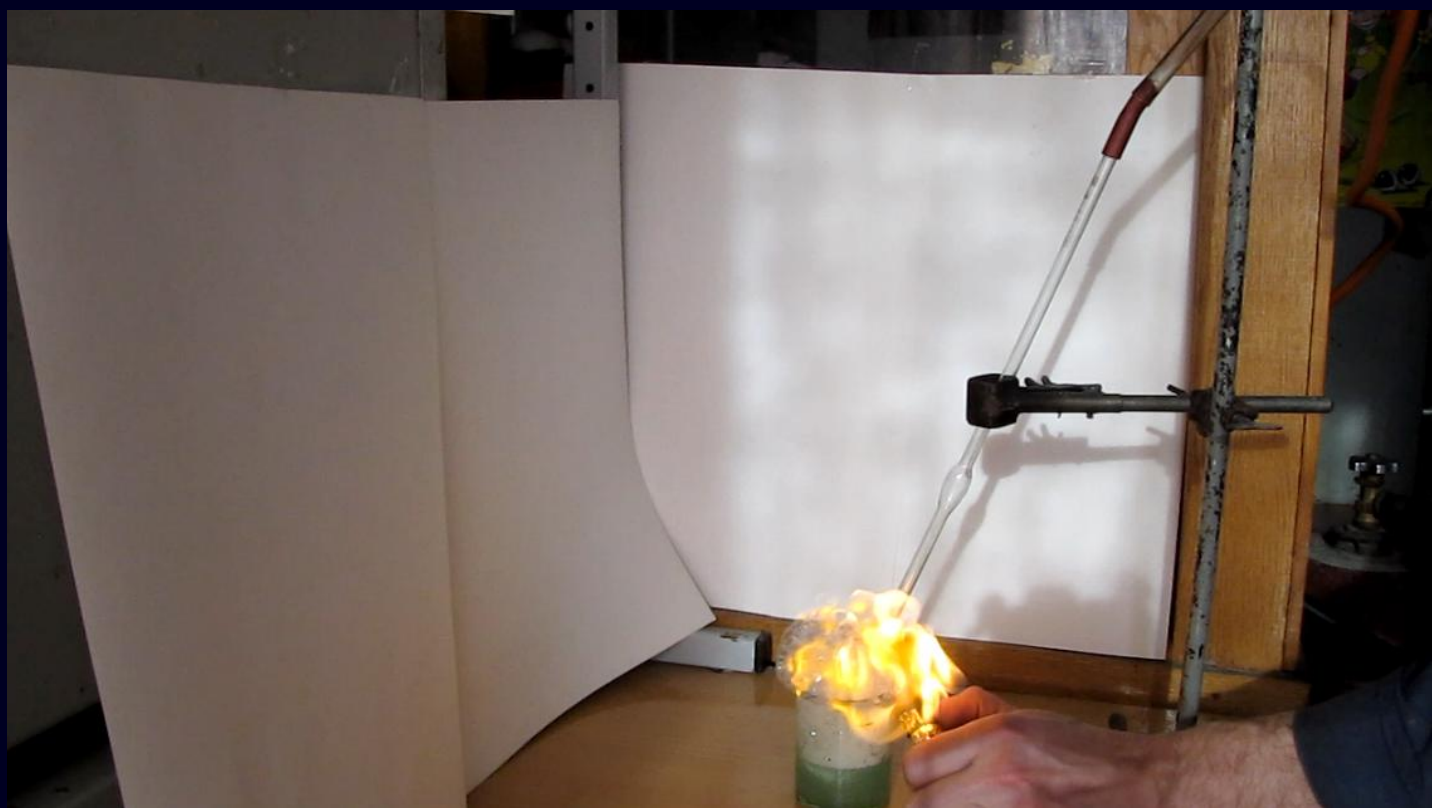


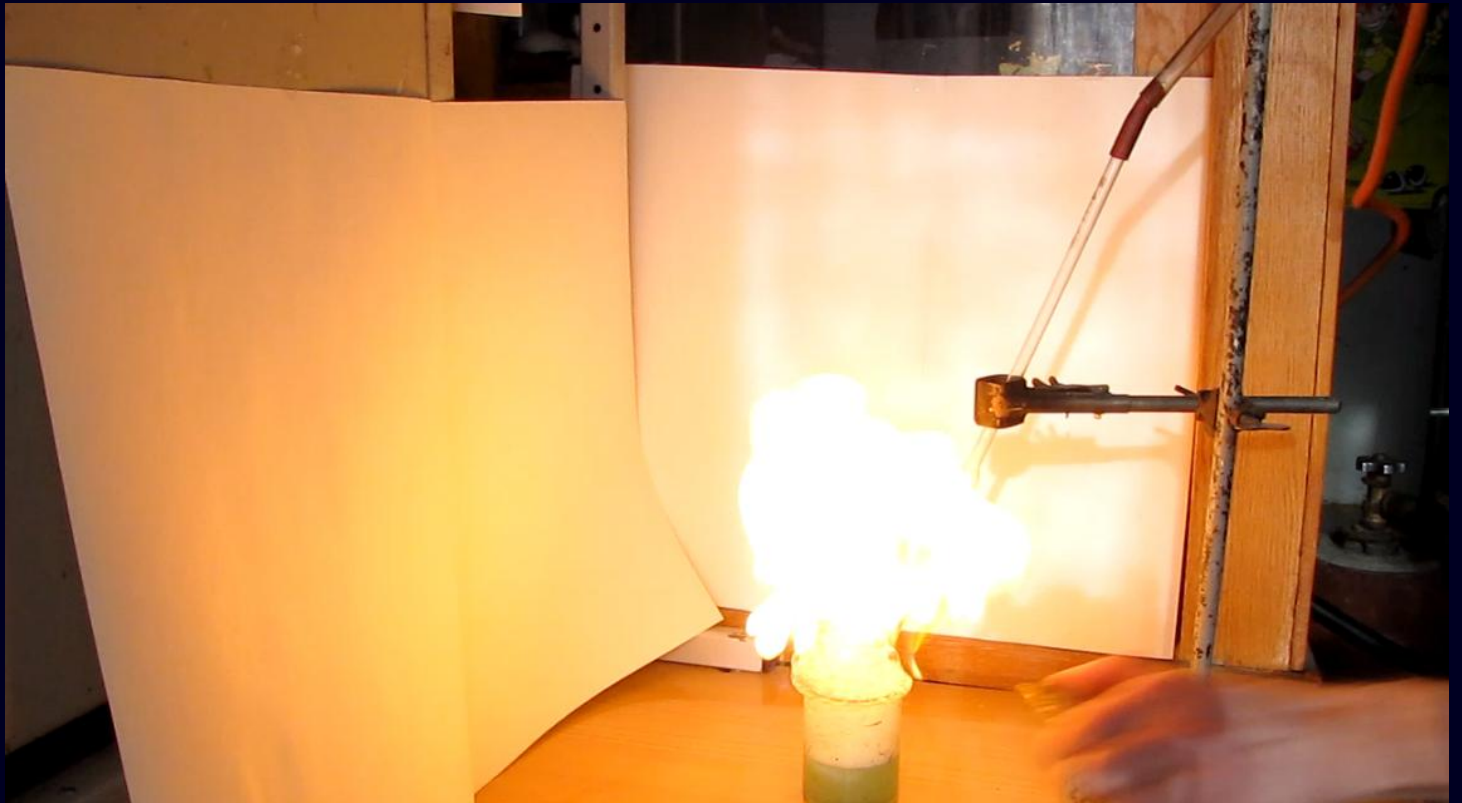




Попробуем еще раз...







Вариант 2 – Горение пены в лотке. Поставьте на стол металлический или пластмассовый лоток. Мы использовали тот же лоток, что и в первом эксперименте. В лоток налейте раствор моющего средства, чтобы образовался слой глубиной 0.5-1.0 см. К трубке от газового баллона присоедините стеклянный переходник с внешним диаметром 1.5 см. Мы взяли стеклянную насадку для перегонки. Откройте несильный поток газа и опустите конец переходника в раствор. Плавно водите трубкой по всей площади лотка, чтобы он заполнился пеной. Закройте баллон, отставьте в сторону переходник и осторожно подожгите пену сбоку. Произойдет сильная вспышка, на несколько секунд появится большое желтое пламя.

Ни в коем случае не наклоняйтесь над столом, при поджигании пены не держите руку над лотком!



Горение пропан-бутановой пены в лотке фото В.Н. Витер













Огонь на ладони

Приготовьте в поддоне пропан-бутановую пену, как описано выше. Смочите ладонь в мыльном растворе. Аккуратно зачерпните пену ладонью, отведите руку в сторону от поддона и подожгите пену. Произойдет желтая вспышка, после которой ладонь останется неповрежденной. Горячие газы, которые образуются при вспышке, уйдут вверх.

Пальцы следует держать горизонтально, поджигайте пену сбоку, ни в коем случае не наклоняйтесь над рукой! Если вы будете держать ладонь слишком близко к лотку, газ и пена в лотке могут вспыхнуть, что грозит ожогами.





Огонь на ладони фото В.Н. Витер









Горящие мыльные пузыри

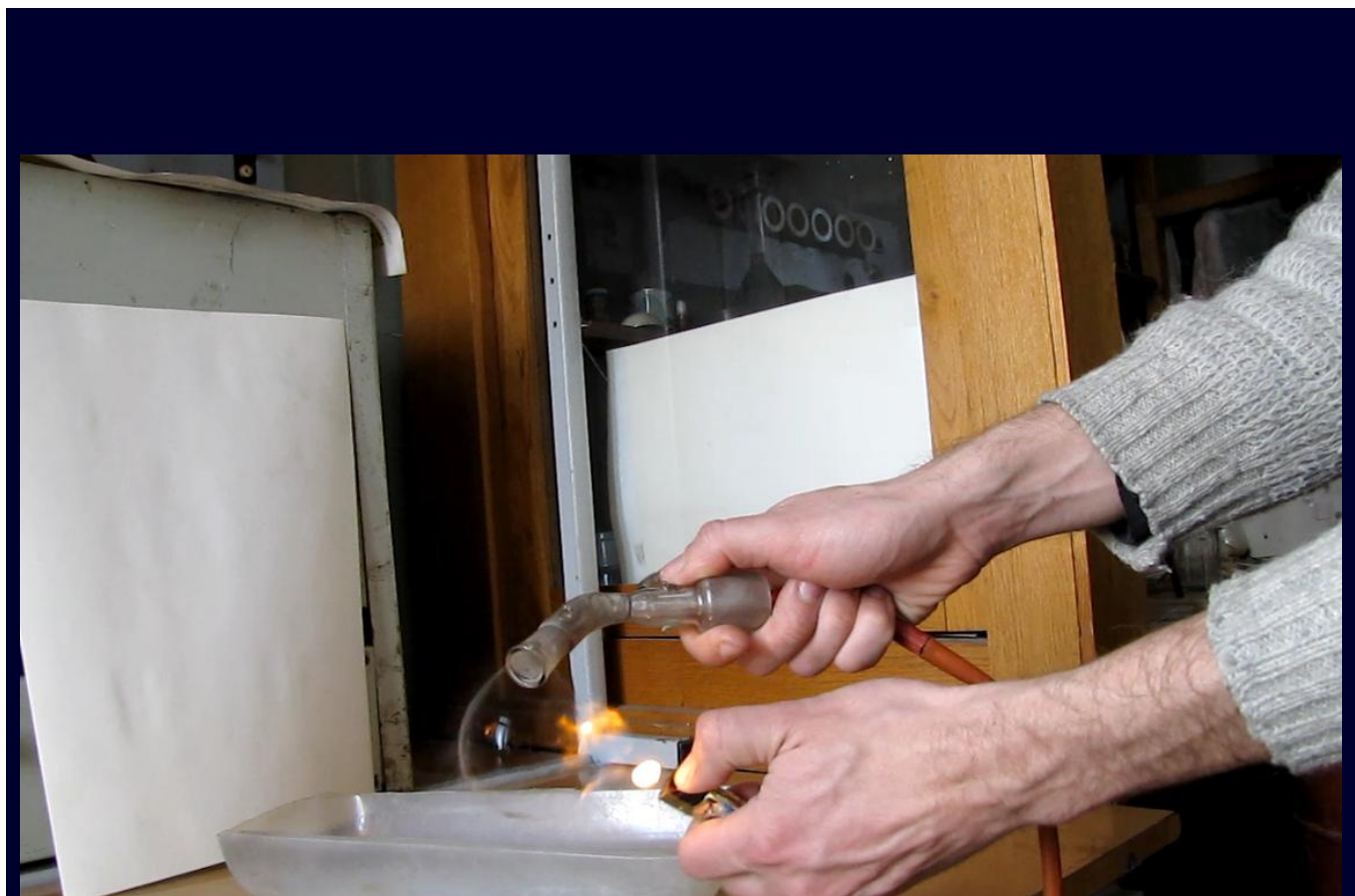
Если мыльные пузыри заполнить водородом, метаном или другим горючим газом, они будут легко вспыхивать при поджигании. В данном случае мы использовали пропан-бутановую смесь и раствор жидкого моющего средства Gala. Для получения устойчивых пузырей необходимо опытным путем подобрать степень разбавления моющего средства (ориентировочно в 3-5 раз). Полезно также добавить в раствор глицерина, но его под рукой не оказалось. Пузыри выдували с помощью стеклянной насадки для перегонки (диаметр 1.5 см). Края стекла смазали хозяйственным мылом. В лоток налейте раствор ПАВ, отрегулируйте поток газа, и начинайте выдувать мыльные пузыри.

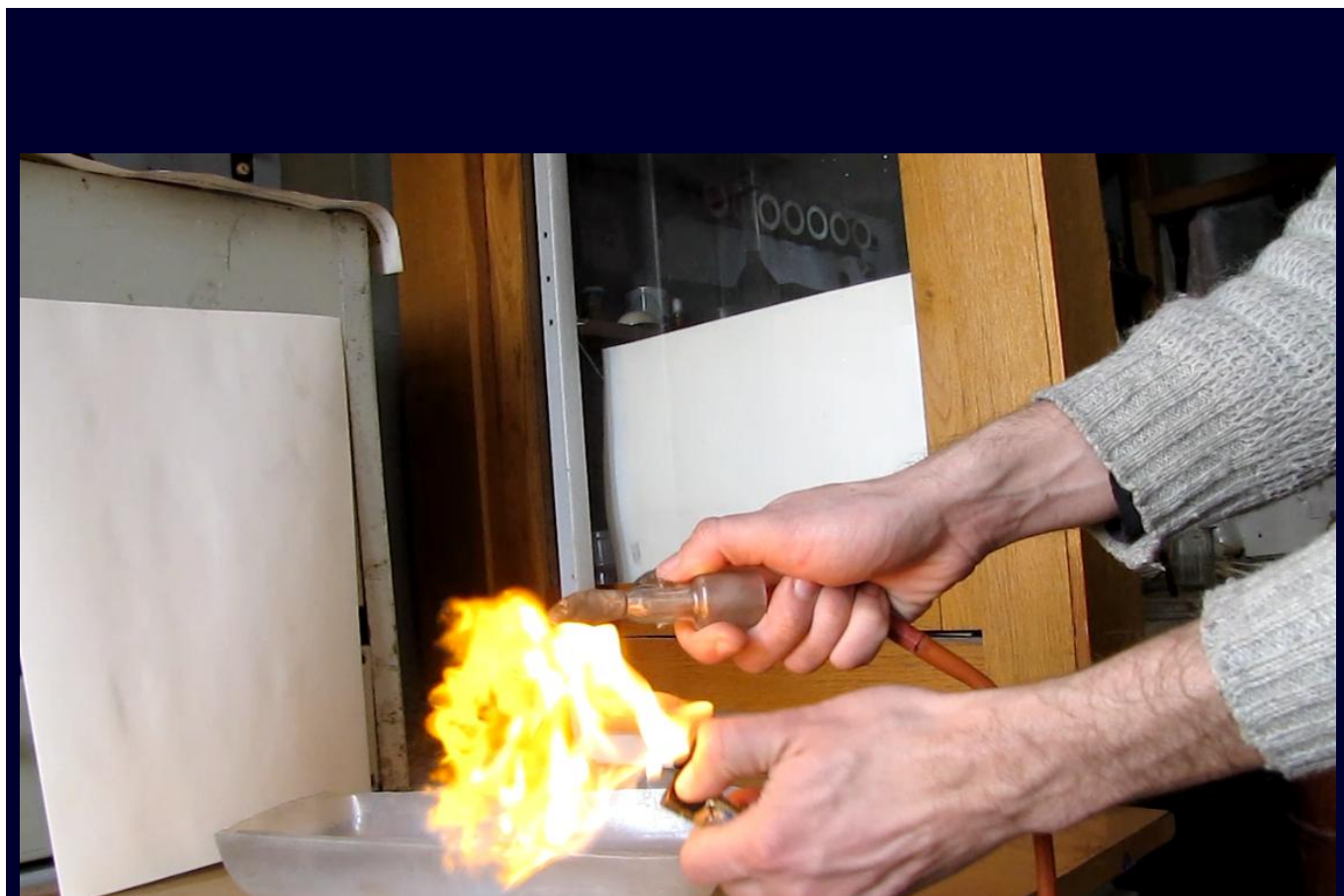
В правой руке держите насадку, в левой – зажигалку. Как только пузырь достигнет нужного диаметра – подожгите его снизу или сбоку (но не сверху!). При покадровом просмотре четко видно, как оболочка пузыря деформируется и становится тонкой, потом лопается и только потом постепенно загорается газ. Иногда удается поджечь мыльные пузыри в воздухе или даже газ из пузырей, которые лопнули сами по себе.

После вспышки резко подуйте на конец стеклянной трубки, чтобы погасить пламя. Пузыри можно выдувать и поджигать много раз, но не забывайте о технике безопасности.



Горящие мыльные пузыри фото В.Н. Витер









Когда на трубку подули сбоку, пламя «оторвалось» от источника

Техника безопасности

Описанные эксперименты не допускается выполнять одному человеку. Необходимо, чтобы рядом присутствовали коллеги, способные подстраховать экспериментатора. Держите наготове воду и средства против ожогов. В нескольких метрах от места проведения эксперимента не должно быть горючих материалов.

Все опыты выполняйте в очках или защитной маске, ни в коем случае не наклоняйтесь, над местом, где будет вспышка. Газовый баллон следует защитить от возможного действия пламени и держать на расстоянии (не так, как показано на фотографиях!).

Помните, что пропан-бутановая смесь хорошо растекается по плоским поверхностям (лабораторный стол, пол) и может загореться от пламени, расположенного в нескольких метрах от источника газа.

