

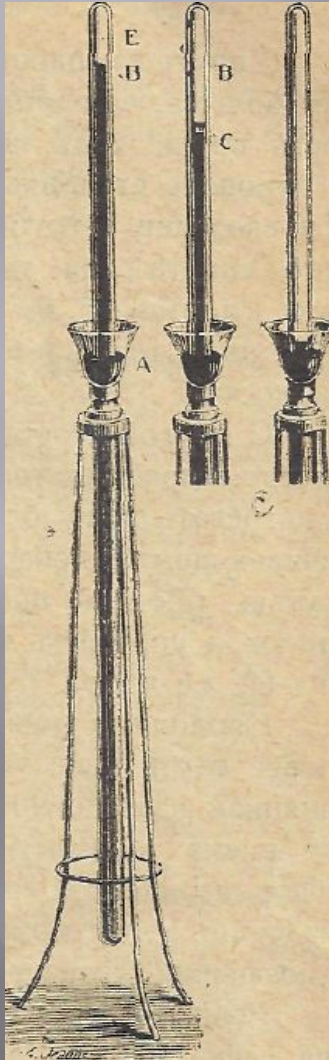
## Низкие температуры, пути достижения. История и современность.



Анту́ан Лора́н Лавуа́зьё

“Если бы земля попала внезапно в среду с очень низкой температурой, подобной, например, температуре Юпитера или Сатурна, - вода, которая ныне образует наши реки и моря и, вероятно, значительное большинство из известных нам жидкостей превратились бы в горы и твердые скалы. В этом случае воздух или, по крайней мере, часть газов, его составляющих, изменили бы свое состояние, превратившись в жидкость из невидимого газа, который существует благодаря нахождению в среде с достаточно высокой температурой, при этом переходе воздуха из одного состояния в друг образовались бы новые, доселе даже не предугадываемые, жидкости”.

## Упругость паров жидкостей. Пары насыщенные и ненасыщенные.



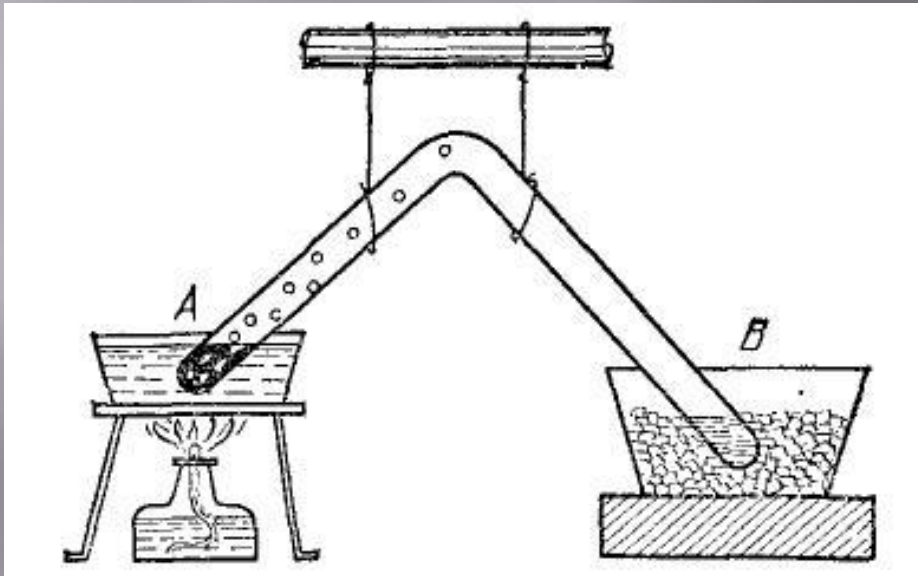
На рисунке изображена барометрическая трубка, заполненная ртутью и погруженная своим открытым концом в сосуд со ртутью же. При этом в пространстве E образуется пустота; известно, что по высоте ртутного столба АВ (приблизительно 760 мм) определяется атмосферное давление. Введем в барометрическую трубку при помощи загнутой пипетки несколько капель какой-нибудь жидкости: воды, спирта и т. д. Эта жидкость, достигнув свободной поверхности ртути, испарится в пустом пространстве E, и мы увидим, что уровень ртути, под влиянием образовавшихся паров, понизится от первоначального уровня В до нового уровня С. Высота ВС определяет силу упругости или давление образовавшихся паров при тех условиях, при которых производится опыт.

## Исторический экскурс в криогенную технику.

Рассмотрим явления, происходящие при нагревании жидкости в открытом сосуде. Известно, что температура этой жидкости будет непрерывно подниматься до тех пор, пока не будет достигнута точка кипения, после чего повышение температуры сразу приостановится, как бы ни был силен источник нагревания. Изменение физического состояния жидкости, с одной стороны, и, с другой стороны, громадное увеличение ее объема, происходящее во время парообразования с преодолением противодействия атмосферного давления, требуют затраты значительной энергии, которая получается за счет значительного поглощения тепла. Некоторое отдаленное представление о количестве тепла, затрачиваемого при парообразовании, дает нам то ощущение холода, которое испытывает на себе всякий, выходя из ванны, когда происходит медленное испарение воды, оставшейся на теле.

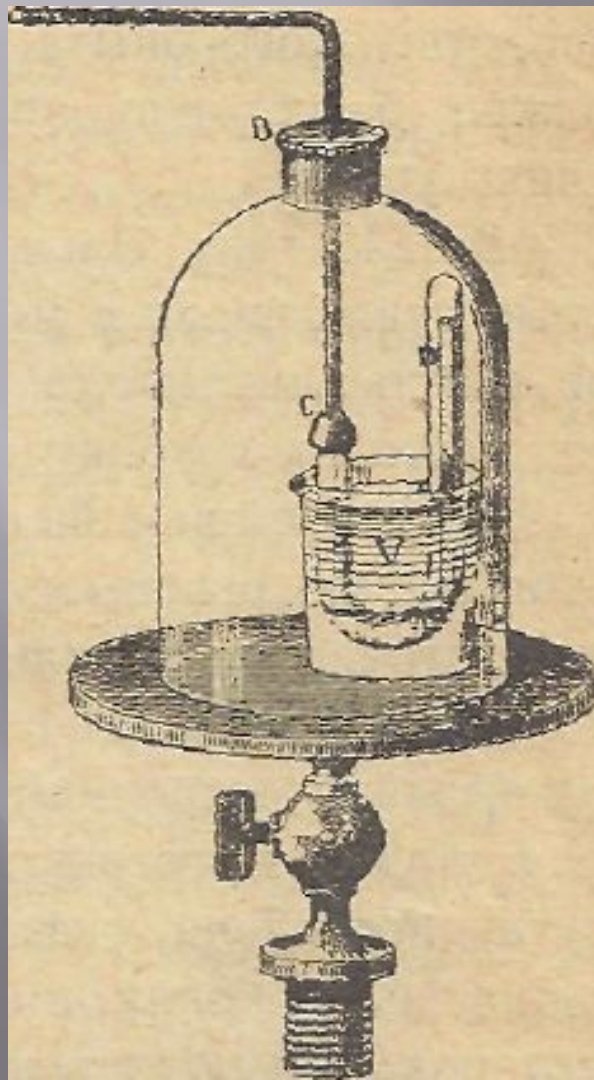
Наименование жидкостей	Температура кипения	Теплота испарения в калор./кг
Эфир	35°C	90
Уксусная кислота	120°C	102
Спирт	78,5°C	208
Метиловый спирт	66,5°C	264
Вода	100°C	537

## Сжижение простым давлением.



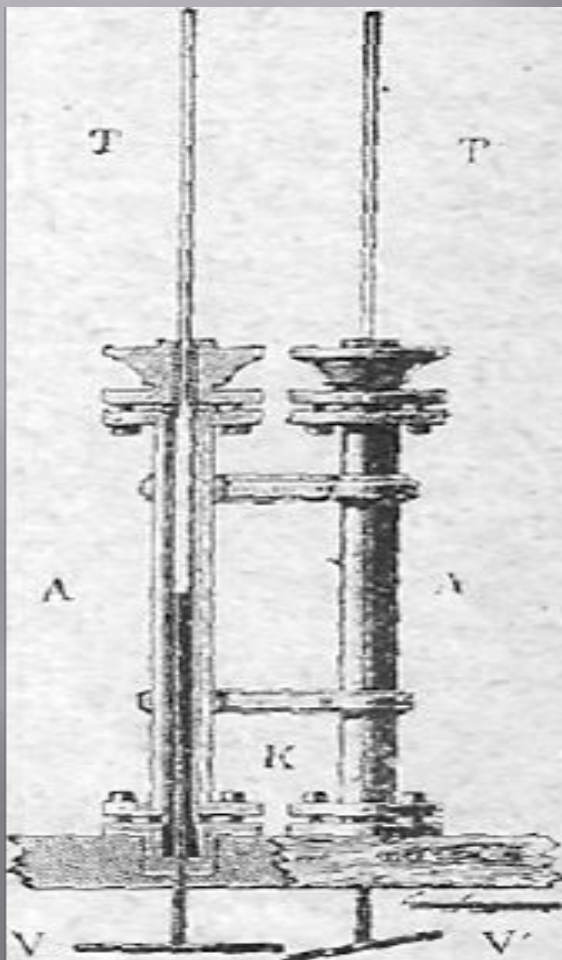
На рисунке показано приспособление Фарадея для сжижения хлора. В колене А запаянной стеклянной трубки помещен сухой гидрат хлора. При нагревании из него выделяется хлор. Конец трубки В помещен в охлаждающую смесь. В нем получается жидкий хлор. Для сжижения таких газов, как хлор или углекислота, их нужно сжать гораздо сильнее, чем пары эфира. Например, чтобы при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  превратить в жидкое состояние хлор, нужно давление  $7\text{ атм}$ , а для углекислоты -  $60\text{ атм}$ . Это - давления их насыщенного пара при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Однако некоторые из газов (водород, азот, кислород и др.) оказались крайне упорными. Никакое доступное Фарадею охлаждение и давление в несколько тысяч атмосфер не вызывали сжижения этих газов.

## Сжижение при помощи одновременного сжатия и охлаждения.



В своем новом аппарате Фарадей не использовал сжатия, получающегося в результате выделения сжижаемых газов, так как газы, которые предполагались к опытной работе и, главным образом, водород, кислород и азот не всегда легко поддавались очистке в его первоначальном примитивном аппарате. В этом аппарате изучаемый газ, предварительно очищенный и осушенный, последовательно проходит через два насоса, которые поднимают его давление сначала до 16-20 атм., а затем, по мере надобности, до 50; после этого он попадает в U-образную трубку, в которой находится небольшой манометр со сжатым воздухом, предназначенный для определения давления в каждый данный момент, путем перемещения ртутного столба в капиллярной трубке, заполненную воздухом, И - образная трубка окружена охлаждающей смесью Тилорье, а сам аппарат, в случае надобности, может, быть, как это показано на рисунке, помещен под колокол воздушного насоса. С помощью этого аппарата были получены изумительные результаты. Не только упрявившиеся до сих пор газообразные: соляная, бромистоводородная, иодистоводородная и кремнефтористо-водородная кислоты, мышьяковистый и фосфористый водород, а также и этилен были легко сжижены, но даже большинство газов, подвергнувшихся этим опытам были заморожены: так, сернистый водород принял форму белой кристаллической массы, похожей на камфору; закись азота приняла форму красивого бесцветного кристаллического тела, хлорноватистая кислота - рыхлой, кристаллической массы красного цвета и т. д. А ведь это почти точное и окончательное подтверждение пророческого предвидения Лавуазье.

## Опыты Эндьюса



Тщательно откалиброванная трубка Т, вмазана в металлический сосуд А, снабженный винтовой нарезкой, по которой ходит безукоризненно уплотненный сальником винт V. Трубка и часть цилиндра заполнены углекислым газом; часть цилиндра свободная от газа заполнена ртутью, которая при ввинчивании винта V в цилиндр А действует на газ как поршень и перегоняет его мало-по-малу в калиброванную трубку. Вторая система А, Т, V заключает в себе ртуть и воздух и связана с первой посредством трубки С, проходящей ниже уровня ртути. Таким образом, углекислый газ и воздух в каждый данный момент подвержены равным давлениям, и так как воздух, в условиях опыта, достаточно точно подчиняется закону Мариотта, то трубка Т представляет собой ничто иное, как манометр с сжатым воздухом, показывающий в каждый данный момент то давление, которое он испытывает.

## Аппарат Кальете.

Кальете начал с того, что скомбинировал для своих опытов очень удобный аппарат; последний был почти идентичен аппарату Эндрюса, повторяя, вместе с тем то расположение приборов, которое Колладон за пятьдесят лет до него применил в упоминавшихся нами опытах. Ртуть, заключенная в стальном сосуде В при помощи гидравлического насоса, может быть вытеснена в стеклянный резервуар Т, в котором находится изучаемый газ. Этот резервуар имеет продолжение вне стального сосуда в виде узкой трубки Т: Когда давление достигает достаточной величины, ртуть вытесняет газ в верхнюю часть трубки Т, выдерживающую, высокое давление в силу незначительности своего внутреннего сечения. Благодаря объему расширенной части стеклянного сосуда части стеклянного сосуда, имеется возможность, оперировать с довольно значительной массой газа и все интересные фазы явления протекают на глазах наблюдателя. При помощи этого столь простого аппарата, четыре из известных в то время пяти “постоянных” газов были окончательно освобождены от этого абсурдного определения и даже были замечены не оставляющие сомнений признаки сжижения водорода. Помимо своего огромного научного значения этот факт не лишен известной поучительности. Несколько ранее нами было указано, что работы Эндрюса наметили путь, для последующих изысканий и что после них для сжижения постоянных газов, не оставалось ничего другого, как следуя заветам Фарадея, подвергать газы действию более низких температур, чем те, которые достигались.

