

Лабораторная техника.

Методы достижения высокого вакуума.

Цель настоящей статьи—дать обзор способов осуществления высокого вакуума, применяемых в настоящее время как в научной, так и в технической практике. После исключительного по важности изобретения диффузионного насоса, многие из ранее известных насосов приобрели лишь исторический интерес и потому они не будут затронуты. К числу таких нужно отнести все ртутные как ручные, так и автоматические насосы (Теплера, Шпренгеля и др.), а также и известный, сравнительно недавно сконструированный молекулярный насос Gaede, утративший свое значение вследствие головокружительной быстроты современного технического прогресса.

С другой стороны, такие насосы, как ртутный и масляный Gaede, играют и до сих пор большую роль в технике откачки, но ввиду того, что они общеизвестны, в предлагаемом обзоре они не будут затронуты.

Насосы, дающие высокий вакуум, характеризуются тремя параметрами: 1) величиной необходимого предварительного вакуума (Vorvakuum), 2) скоростью откачки и 3) пределом достижимого вакуума.

Изложение будет вестись в следующем порядке:

- 1) Диффузионный насос Gaede.
- 2) Конденсационный насос Langmuir'a.
- 3) Метод Dewar'a.

Кроме того мы считаем необходимым коротко указать метод обезгаживания больших металлических частей, спаиваемых в те или иные физико-технические приборы, подлежащие высокой откачке, как-то: трубка Кудиджа, термоионные лампы большой мощности и пр.

Диффузионный насос Gaede (1).

В простейшем виде диффузионный насос состоит из сосуда *C* (рис. 1), верхняя часть которого является пористой перегородкой. Сосуд покрыт колоколом *B* и снизу охлаждается струей воды, подводимой через трубки *a* и *b*. Водяной пар, получаемый в *A*, оттекает в сосуд *C* и создает пространство между *B* и *C*, насыщенное водяным паром и свободное от воздуха. Пар диффундирует внутрь сосуда *C* и в конденсированном виде скопляется через *d* в *E*. Воздух диффундирует в обратном направлении, вследствие чего ртуть в барометре повышается. Такой насос может дать разрежение до давления паров воды при комнатной температуре, т.-е. до 10 мм.

Основная схема диффузионного насоса, осуществленная в описанном выше простейшем диффузионном насосе, была проведена Gaede и в последующем его одно-

типом ртутном, насосе в котором пористая перегородка была заменена узкой щелью. Устройство этого насоса таково (рис. 2).

Ртуть Q нагревается газовой горелкой или электрической печью и пары текут из A между стальным цилиндром b и трубкой a к конденсатору c , холодная вода подводится в m и n отводится. Стальной цилиндр b погружен в кольцо d , наполненное ртутью, так что пространство A разобщено от B и связь между ними поддерживается через щель l в цилиндре b . Пары ртути текут через щель l , конденсируются на стенках конденсатора c , и затем, опускаясь каплями в кольцо d через край его переливаются обратно в Q . Находящийся в пространстве B воздух течет в обратном направлении через щель l и уносится парами ртути через трубку a , открытую сверху в дру-

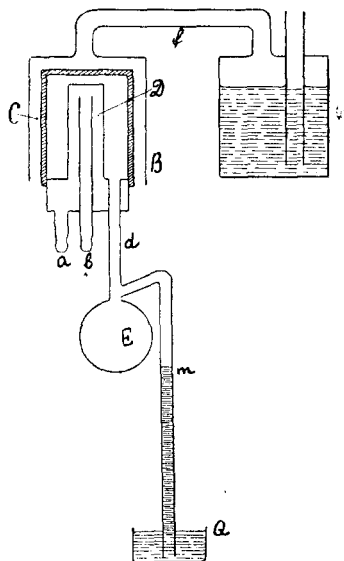


Рис. 1.

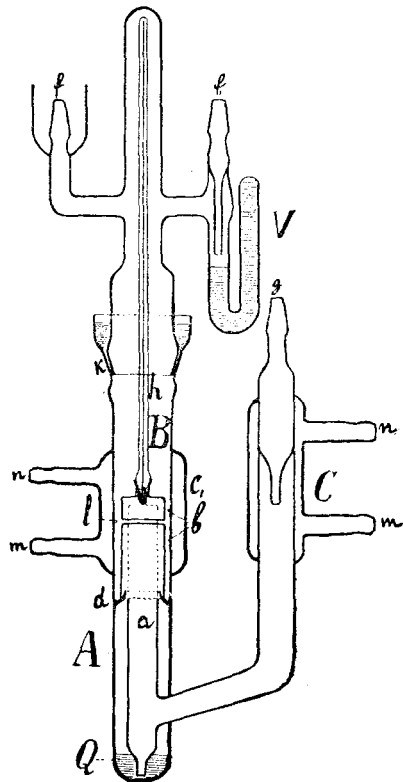


Рис. 2.

гой конденсатор C , сообщающийся с *Vorvakuum* через g . Так как теория показывает, что скорость откачки имеет оптимум при определенном давлении паров ртути, то для определения соответствующего давления внутрь насоса вносится термометр h . K — ртутный шлиф, позволяющий разобрать насос и обратно собрать его, f — шлиф для откачиваемого сосуда.

V — вентиль отделяющий *Vorvakuum* от откачиваемого сосуда. Скорость откачки в этом сосуде равна разности количеств газа 1) текущего из B в A и 2) увлекаемого парами ртути и переносимого обратно из A в B .

Из теоретических соображений следует, что ширина щели должна быть порядка средней длины пути молекулы откачиваемого газа в парах ртути. В насосах Gaede она была порядка 0,1—0,05 mm.

Существование оптимума в давлении паров ртути следует из простых соображений. При очень большом давлении пар будет оказывать слишком большое сопротивление текущему навстречу газу, а при очень малом газ из *Vorvakuum*'а будет перетекать обратно в откачиваемый сосуд. Отсюда необходимость измерять температуру стального цилиндра, имеющего щель. Отсюда же существование

некоторой максимальной скорости откачки, которая видна из чертежа 3, где по оси абсцисс нанесена температура t , а по оси ординат скорость откачки.

Недостаток в основной схеме, а именно, прямо противоположное направление потоков пара и газа порождает два следующих недостатка, 1) необходимость предельного Vorwakuump'a, который должен быть порядка не выше 0,1 mm., и 2) малая скорость откачки около $80 \frac{\text{cm}^3}{\text{sec}}$. Существование острого максимума в скорости откачки в зависимости от температуры также представляет существенное неудобство насоса Gaede. Колебания в 10° уже вызывают значительные изменения в скорости.

Достоинством его является постоянство скорости и отсутствие предельного достижимого давления. В виду того, что в настоящее время имеются более совершенные насосы, чем насос Gaede, последний тоже утратил практическое значение, но вследствие плодотворности его идеи, вызвавшей в дальнейшем целый ряд попыток устранить недостатки, присущие насосу Gaede, ему и следовало уделить значительное внимание.

Конденсационный насос Langmuir'a (2).

Вслед за работой Gaede в 1917 появилась работа Langmuir'a, в которой был предложен исключительный по простоте насос, дающий высокий вакуум и лишенный всех тех недостатков, которые присущи диффузионному насосу Gaede. Можно сказать, что задача сконструировать весьма простой насос, работающий от весьма незначительного Vorwakuump'a (даваемого водоструйным насосом) с очень большой скоростью и дающий возможность получить сколь угодно высокий вакуум, была блестяще разрешена Langmuir'ом в его конденсационном насосе.

Устройство его следующее (черт. 4):

Пары ртути из балона A , подогреваемого или бунзеновой горелкой или электрической печью, протекают по трубке B к выходному отверстию L , где они, увлекая откачиваемый газ, конденсируются на стенках охлаждаемых проточной водой (K_1, K_2) и стекают каплями через D обратно в A . Откачиваемый сосуд припаивается

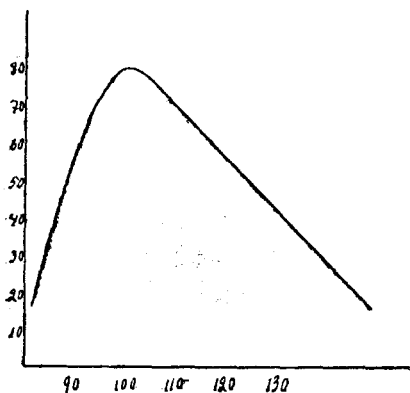


Рис. 3.

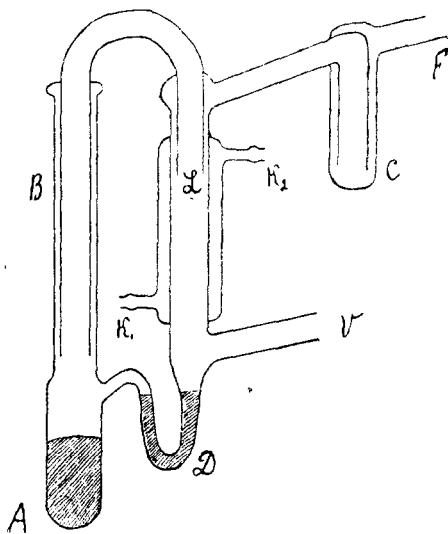


Рис. 4.

к трубке F , Vorwakuump' присоединяется к V . Ширина кольцеобразной щели в насосе Langmuir'a достигает от 1 до 3 mm., скорость откачки в этом насосе может быть получена от 1500 до $3000 \frac{\text{cm}^3}{\text{sec}}$. В противоположность предшествующему насосу Gaede,

для конденсационного насоса не существует критической температуры, а отсюда и предельного Vorwakuim'a.

Еще в 1918 г. автором, совместно с Папалекси в Московском физическом институте была показана возможность достижения высокого вакуума двумя, последовательно соединенными насосами Langmuir'a непосредственно от водоструйного насоса. Для этого необходимо повысить температуру сосуда А до 330° С, также прогревать подводящую трубку В электрическим током, чтоб тем самым поднять давление пара в трубке в выходном отверстии L.

В настоящее время на Западе и в Америке изготавливаются кварцевые насосы Langmuir'a с целью производить откачку непосредственно от водоструйного насоса.

Предел достигаемого вакуума определяется давлением паров ртути в сосуда С, т.е. при охлаждении его жидким воздухом этот предел теоретически доходит до 10^{-27} (практически 10^{-8} см.). Помимо работы Langmuir'a идея диффузионного насоса вызвала целый ряд других попыток улучшить диффузионный насос Gaede. Сюда относятся насосы, предлагаемые Williams'ом (3) Knipps'ом (4) Jones и Russel'em (5) и др. В настоящее время фирмой Simens и Galske изготавливаются насосы Langmuir'a с подогревом при помощи ртутной дуги, впаянной непосредственно в него.

Диффузионный насос Gaede, а равно и Langmuir'a откачивают все газы и пары, в том числе и пары воды, и потому не требуют осушителей.

Метод Dewar'a.

В 1875 г. Dewar обнаружил возможность получения вакуума, пользуясь способностью угля поглощать газы и пары. С понижением температуры эта способность сильно увеличивается, что видно из прилагаемой таблицы. В первом столбце показан поглощенный объем на 1 гр. угля при температуре 0° С, а во втором при температуре жидкого воздуха. Все данные относятся к нормальному давлению.

	0° С	—185° С.
Водород	4 см ³	135 см ³
Азот	15 „	155 „
Кислород	18 „	230 „
Аргон	12 „	175 „
Гелий	2 „	15 „
Окись углерода	21 „	190 „

Исследования Baerwald'a (7) показали, что высокой поглощательной способностью обладают угли 1) из сердцевины бузины, 2) липовый, 3) из скорлупы кокосового ореха и 4) из ядра того же ореха.

Наибольшей поглощательной способностью обладает первый, т.е. уголь из сердцевины бузины. Для практических целей наиболее удобным являются угли или липовые, или из скорлупы кокосового ореха.

K. Scheel и W. Heuse (8) следующим образом рекомендуют готовить угли для поглощения газов и паров. Скорлупа кокосового ореха или другого материала подвергается горению в закрытом фарфоровом сосуде в течение $\frac{3}{4}$ ч., после чего нагревание продолжается в вакуум-эксикаторе. Приготовленный таким образом уголь вносится в стеклянный сосуд, припаянный к сосуду, где хотят получить сильное разрежение. Затем при низком давлении уголь подвергается прогреванию до 500° С, при чем он отдает все поглощенные газы и пары. После этого он охлаждается и вносится в сосуд с жидким воздухом. В зависимости от первоначального давления, при котором начинается процесс адсорбции, полученный вакуум будет различен. Так, K. Scheel и W. Heuse, ведя предварительную откачку водоструйным насосом до 12 мм. давления, имели возможность довести давление методом Dewar'a до 0,00153 мм. В том же случае, когда Vorwakuim был создан ртутным Gaede, вакуум достигался до 0,000007 мм.