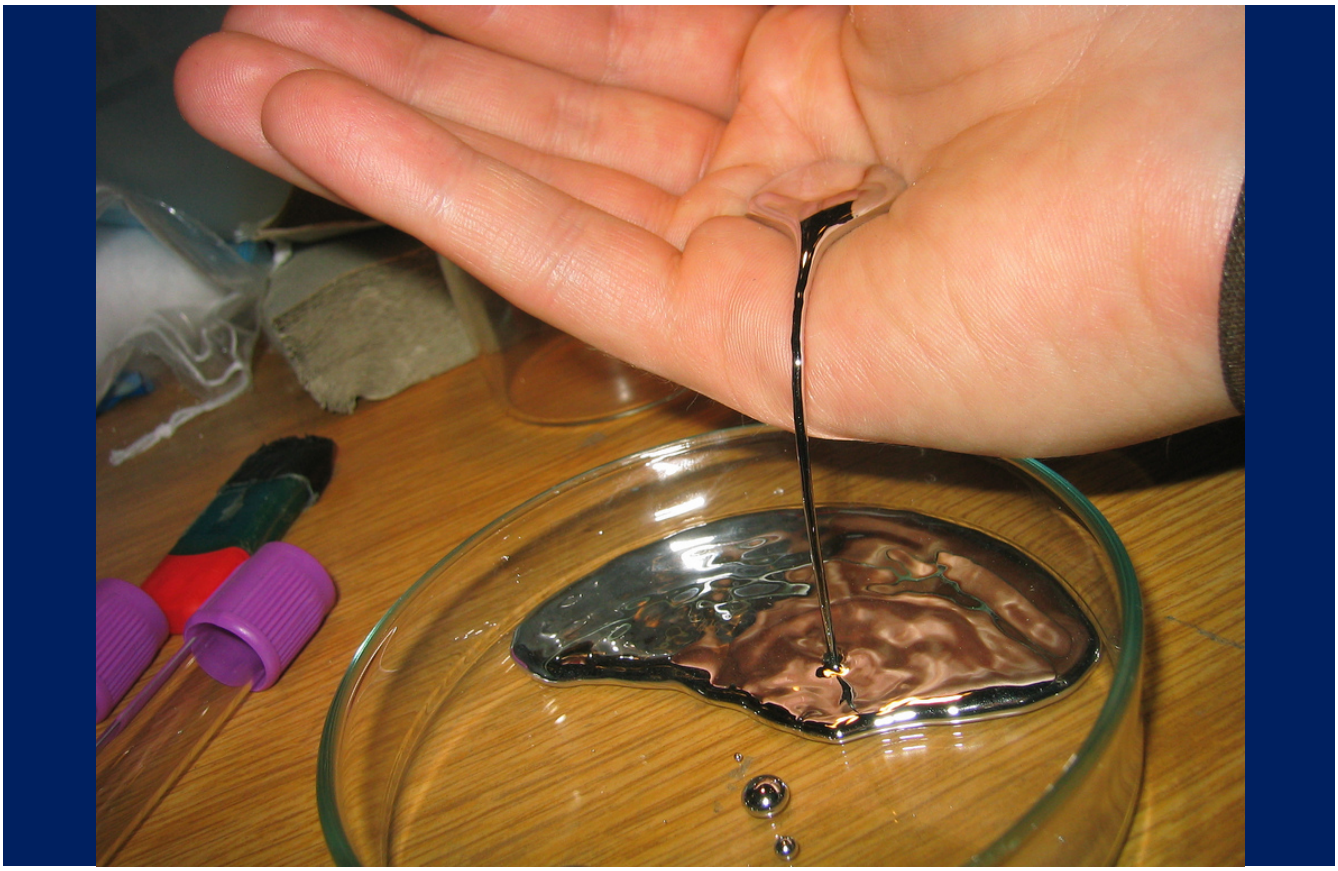
Ртуть

В.Н. Витер

Ртуть известна с глубокой древности. Имя человека, открывшего ртуть, затерялось в глубине веков – это произошло слишком давно, задолго до нашей эры. Известно только, что в Древнем Египте металлическую ртуть и ее основной минерал, киноварь, использовали еще в III тысячелетии до н.э. Индусы узнали ртуть во II-I вв. до н.э. Позднее ртуть заняла исключительно важное место в древнеиндийской алхимии и медицине. В древнем Китае киноварь применяли не только как краску, но и как лекарство. По свидетельству Плиния Старшего римляне умели превращать киноварь в ртуть.

Во времена античности и средневековья алхимики были уверены, что все металлы происходят от ртути. Разницу в свойствах металлов они объясняли присутствием в металле одного из четырех элементов Аристотеля (огонь, воздух, вода и земля). Неудивительно, что подобных взглядов придерживались и многие видные ученые далекого прошлого. Так, великий таджикский врач и химик Авиценна (980...1037 гг. н.э.) считал, что все металлы произошли от ртути и серы. К такому



flickr.com

flickr.com

заключению он мог прийти, наблюдая как взаимодействует ртуть и сера при комнатной температуре.

Со временем взгляды на природу металлов сильно изменились, но ртуть продолжает удивлять нас своими уникальными свойствами.

Это единственный металл, жидкий при комнатной температуре[1]. При атмосферном давлении ртуть способна находиться в жидком состоянии в широком интервале температур: от – 38.9 до 357.2 °С. Последнее обстоятельство очень важно для техники.

Ртуть имеет высокую плотность 13,6 г/см^3 – это очень тяжелая жидкость. На поверхности ртути свободно плавают железные предметы. Найдется не так много металлов, способных тонуть в ртути. Один литр ртути весит больше, чем десятилитровое ведро воды.

По сравнению с другими металлами ртуть имеет высокий коэффициент термического расширения. Электропроводность ртути ниже, чем у большинства металлов, но она значительно выше, чем у многих жидкостей. По сравнению со

[1] При комнатной температуре в жидком состоянии находятся также некоторые сплавы (не содержащие ртуть), например, сплав натрия и калия

Железные предметы тонут в воде, но свободно плавают на поверхности ртути
фото В.Н. Витер

многими жидкостями при комнатной температуре ртуть имеет низкое давление паров.

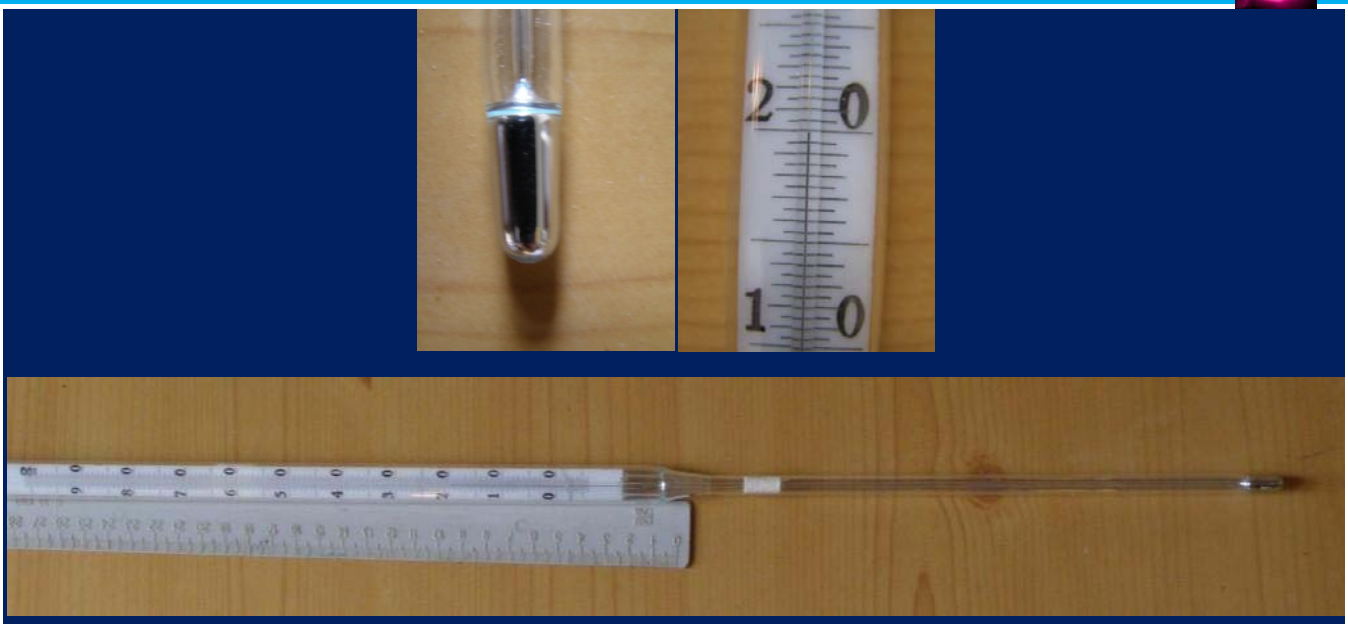
Ртуть способна образовывать сплавы со многими металлами – амальгамы. В зависимости от состава, амальгамы могут быть твердыми и жидкими.

При невысокой температуре ртуть устойчива к действию кислорода, щелочей, многих кислот и агрессивных газов. Она незаменима в химических и физических лабораториях.

Благодаря уникальным свойствам ртуть применяется в металлургии, химической промышленности, гальванических элементах, гальванотехнике, медицине, сельском хозяйстве и многих других отраслях.

Особенно большое значение имеет ртуть в лабораторной практике. Она применяется в термометрах, манометрах, всевозможных регулирующих устройствах и затворах. В лаборатории используется электролиз с ртутным катодом, колонки с амальгамированными металлами, каломельный электрод сравнения и ртутно-кадмиевый элемент Вестона.

Ртутные реле flickr.com, seilnacht.com



Ртутный термометр фото В.Н. Витер

Благодаря ртути возник одни из самых удобных и чувствительных методов химического анализа – полярография. Ртуть применяют для исследования пористой структуры углей, силикагелей и других материалов.

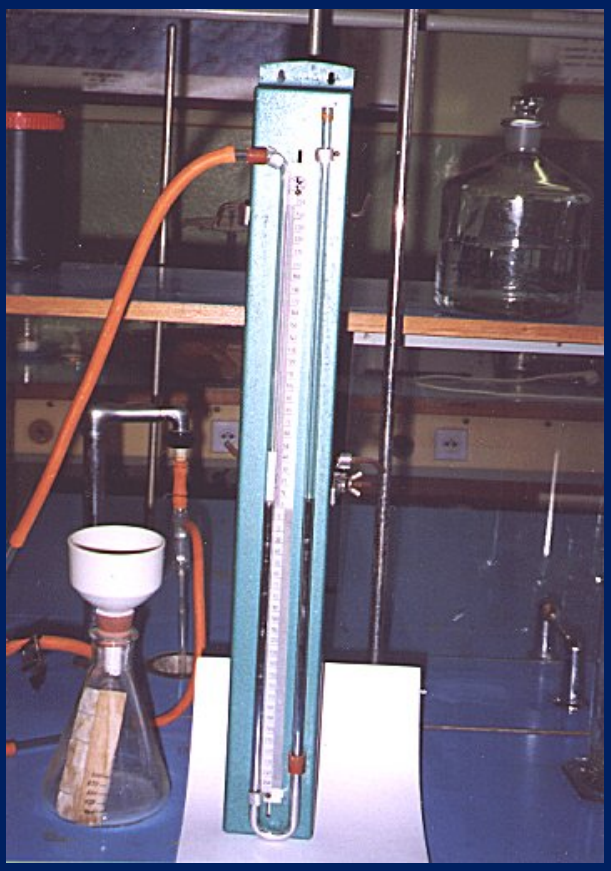
Ртуть широко используют в вакуумной технике. Ртутный диффузионный насос незаменим для создания глубокого вакуума (10^{-13} мм. рт. ст.). Он применяется в масс-спектрометрах, ускорителях частиц, установках, которые используют фотоэмиссию или имитируют условия космического вакуума.

Широкое применение ртути в науке отразилось на выборе размерностей физических величин: долгое время давление измеряли в миллиметрах ртутного столба. Согласно одному из определений Ом – это электрическое сопротивление столбика ртути длиной 106,3 см и сечением 1 мм^2.

Ртутные выпрямители электрического тока долгое время были наиболее важным, мощным и широко применяемым в промышленности типом выпрямителей. Со временем их заменили на более безопасные и экономичные полупроводниковые приборы. Зато люминесцентные лампы, которые заполнены парами ртути, находят все более широкое применение. Люминесцентные лампы значительно более долговечны, экономичны и универсальны по сравнению с лампами накаливания.

В свое время металлическую ртуть применялась во взрывателях снарядов. Одной из главных деталей взрывателя было пористое кольцо из железа или никеля. Поры заполняли ртутью. В полете снаряд все быстрее вращался вокруг своей оси, в

Полярограф Я. Гейровского – первооткрывателя метода полярографии
wikipedia.org



Ртутный манометр фото А.В. Зубко, schule.de

результате ртуть выступала из пор и замыкала электрическую цепь. Фульминат ртути $Hg(CNO)_2$ (гремучая ртуть) активно использовали в капсулях-детонаторах. Это первое известное человеку инициирующее взрывчатое вещество.

Широкое применение находят амальгамы. Некоторые из них, например амальгамы серебра и кадмия, химически инертны и тверды при температуре человеческого тела, но легко размягчаются при нагревании. Из них до сих пор делают зубные пломбы.

Зубные пломбы из амальгамы
sciencemag.org, wikipedia.org

Амальгама таллия затвердевает только при –60°С, ее применяют в специальных низкотемпературных термометрах.

Старинные зеркала были покрыты не тонким слоем серебра или алюминия, как это делается сейчас, а амальгамой, в состав которой входило 70% олова и 30% ртути. В прошлом амальгамация была важнейшим технологическим процессом при извлечении золота из руд. В XX столетии она не выдержала конкуренции и уступила более совершенному процессу – цианированию. Однако этот процесс находит применение и сейчас, главным образом при извлечении золота, тонко вкрапленного в руду. Для выделения золота из амальгамы ртуть отгоняют при высоких температурах, конденсируют и возвращают в производство.

Некоторые металлы, в частности железо, кобальт, никель, практически не образуют амальгам. Это позволяет транспортировать жидкий металл в емкостях из обыкновенной стали. (Особо чистую ртуть перевозят в таре из стекла, керамики или пластмассы). Кроме железа и его аналогов, не амальгамируются тантал, кремний, рений, вольфрам, ванадий, бериллий, титан, марганец и молибден, то есть почти все металлы, применяемые для легирования стали. Это значит, что и легированной сталь устойчива к действию ртути.

Щелочные металлы способны легко образовывать амальгамы. В промышленности для получения едкого натра и хлора применяют электролиз поваренной соли с ртутным катодом. Первоначально на таком катоде образуется амальгама натрия, которую потом разлагают водой, при этом образуется едкий натр, водород и ртуть. Теоретически вся ртуть возвращается в производство, но на практике потери неизбежны, поэтому для получения тонны едкого натра нужно несколько сот грамм ртути, иногда эта цифра превышала 5000 грамм ртути.

Амальгамы щелочных и щелочноземельных металлов, алюминия, цинка, кадмия и других металлов используют в качестве восстановителей в химическом синтезе. Особенно сильными восстановительными свойствами обладают амальгамы щелочных металлов.

Долгое время в промышленности применялась реакция Кучерова - гидратация ацетилена и его гомологов под действием солей ртути (II). При гидратации ацетилена образуется ацетальдегид, в случае замещенных ацетиленов — главным образом кетоны:

$$CH{\equiv}CH + H_2O \dashrightarrow CH_2{=}CH(OH) \dashrightarrow CH_3\text{-}CHO$$

$$C_6H_5\text{-}C{\equiv}CH + H_2O \dashrightarrow C_6H_5\text{-}C(OH){=}CH_2 \dashrightarrow C_6H_5\text{-}CO\text{-}CH_3$$

В наше время эта реакция почти не используется, из-за токсичности катализатора. Зато сулема $HgCl_2$, нанесенная на активированный уголь, до сих пор служит катализатором присоединения HCl к ацетилену с целью получения хлорвинила, который производят в очень больших количествах (миллионы тонн в год).

Применение ртути в медицине не ограничивается амальгамами. Ртуть – один из самых сильных антисептиков. Раньше врачи часто пользовались полотенцами, смоченными раствором сулемы $HgCl_2$ - с целью дезинфекции. Применяются также мази на основе соединений ртути. У Ярослава Гашека описан эпизод, когда его любимый поручик Лукаш заразился лишаем, и Гашек вылечил поручика ртутной мазью, в результате чего получил медаль «За храбрость». В ряде стран каломель Hg_2Cl_2 до сих пор используют в качестве слабительного.

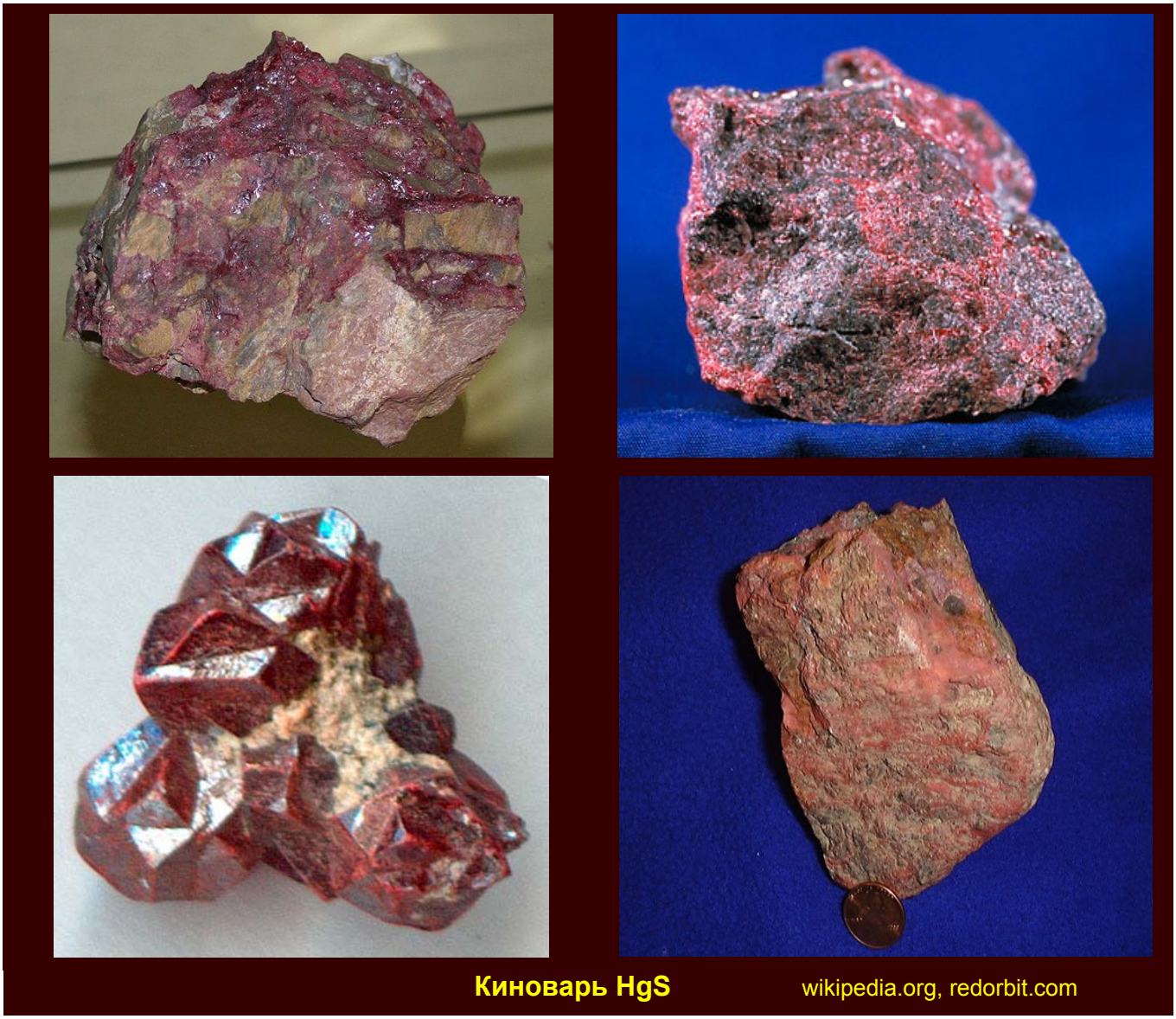
Сулема используется для консервации дерева, нитрат ртути – для обработки меха. Каломель служит в качестве эффективного фунгицида. Некоторые органические соединения ртути используются как пестициды и средства для протравки семян.

Красный оксид ртути и киноварь являются пигментами. Киноварь люди использовали еще в глубокой древности. Раньше в качестве пигмента для художественных красок применяли гидрофосфат ртути $HgHPO_4$. Соединения ртути добавляют в краску, которой покрывают корпуса морских судов, это позволяет бороться с обрастанием подводных частей кораблей водорослями и моллюсками.

В промышленности ртуть получают из сульфидов. Концентраты, содержащие ртуть в виде киновари HgS, подвергают окислительному обжигу:

$$HgS + O_2 = Hg + SO_2$$

Обжиговые газы, пройдя пылеуловительную камеру, поступают в трубчатый холодильник из нержавеющей стали или монель-металла. Жидкая ртуть стекает в железные приемники. Для очистки сырую ртуть пропускают тонкой струйкой через высокий (1-1,5 м) сосуд с 10%-ной HNO_3, промывают водой, высушивают и перегоняют в вакууме.



Киноварь HgS wikipedia.org, redorbit.com

Киноварь с вкраплениями металлической ртути redbor.pl

Кристаллы киновари на доломите wikipedia.org

Возможно также гидрометаллургическое извлечение ртути из руд и концентратов растворением HgS в сульфиде натрия с последующим вытеснением ртути алюминием. Разработаны способы извлечения ртуть электролизом сульфидных растворов.

Ртуть и ее соединения нашли широкое и разнообразное применение в науке и технике. С другой стороны, ртуть и почти все ее соединения токсичны, поэтому использование ртути часто является нежелательным, а в некоторых случаях – просто недопустимым. Ртуть не только ядовита, но и очень коварна. Особенно опасны ее пары. Они не имеет цвета и запаха, пары ртути никак не ощущаются организмом. Даже при небольшом количестве ртути ее пары способны быстро насытить невентилируемое помещение и проявить свое токсическое действие. При постоянном воздействии пары ртути поражают, прежде всего, на центральную нервную систему. Как правило, это происходит до того, как удается распознать факт отравления ртутью.

Каждый уважающий себя химик должен знать, как действует ртуть на организм, как избежать этого губительного влияния, как обнаружить и вовремя обезвредить ртутные загрязнения. Этим вопросам посвящены несколько следующих статей.