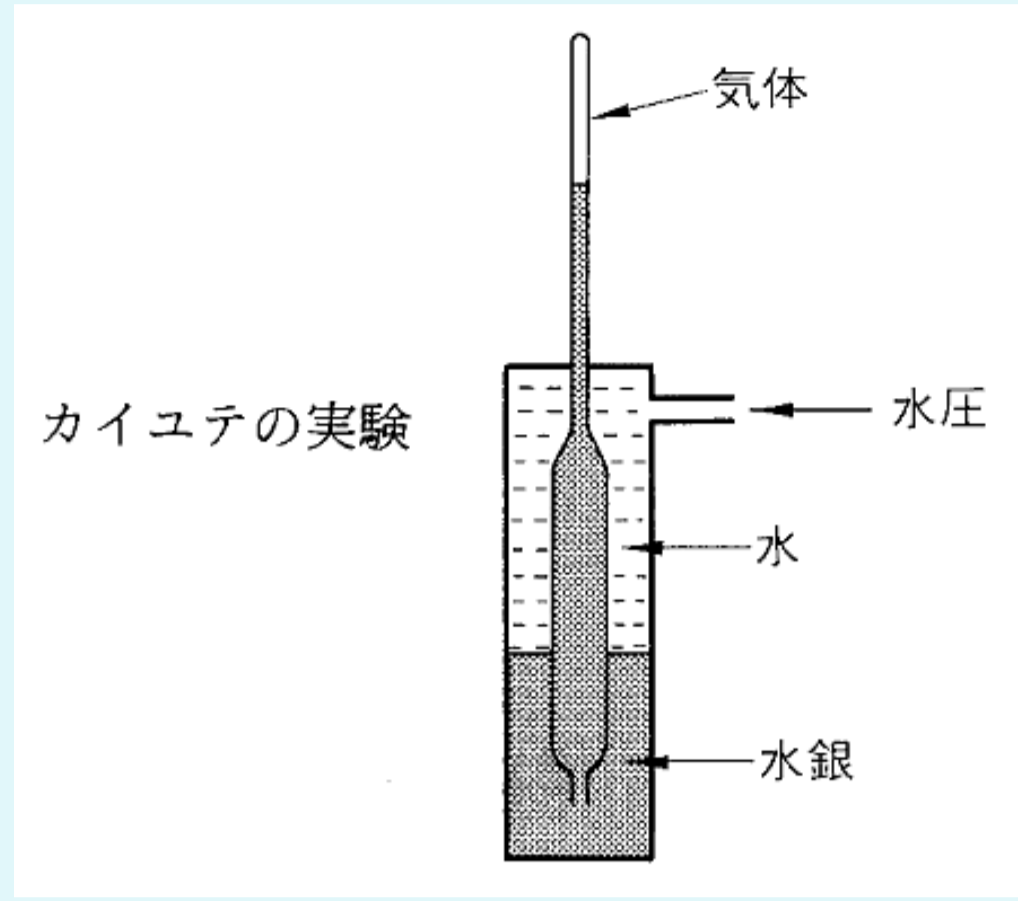
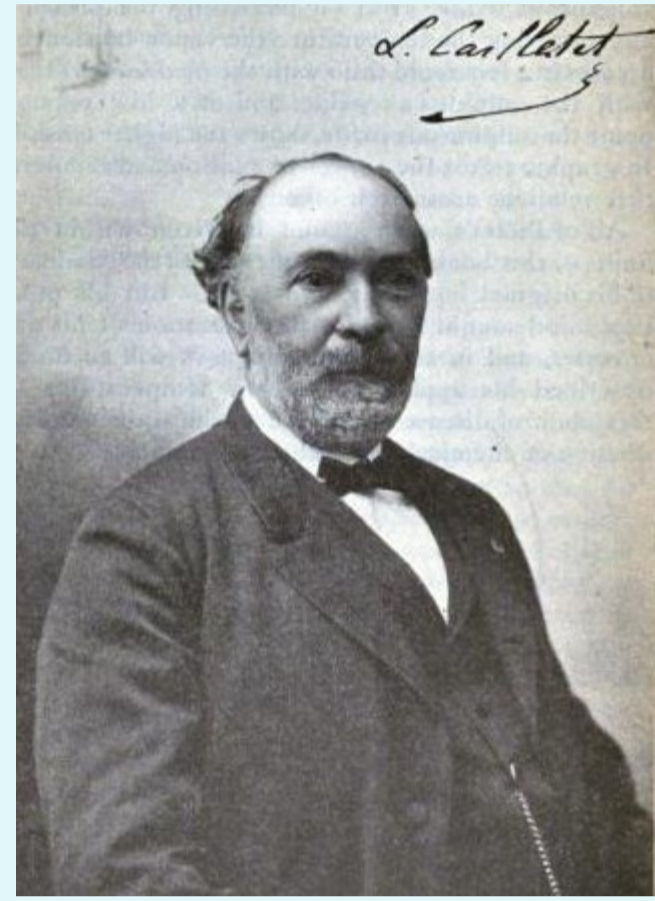


ガスの液化 (19世紀後半の液化競争)

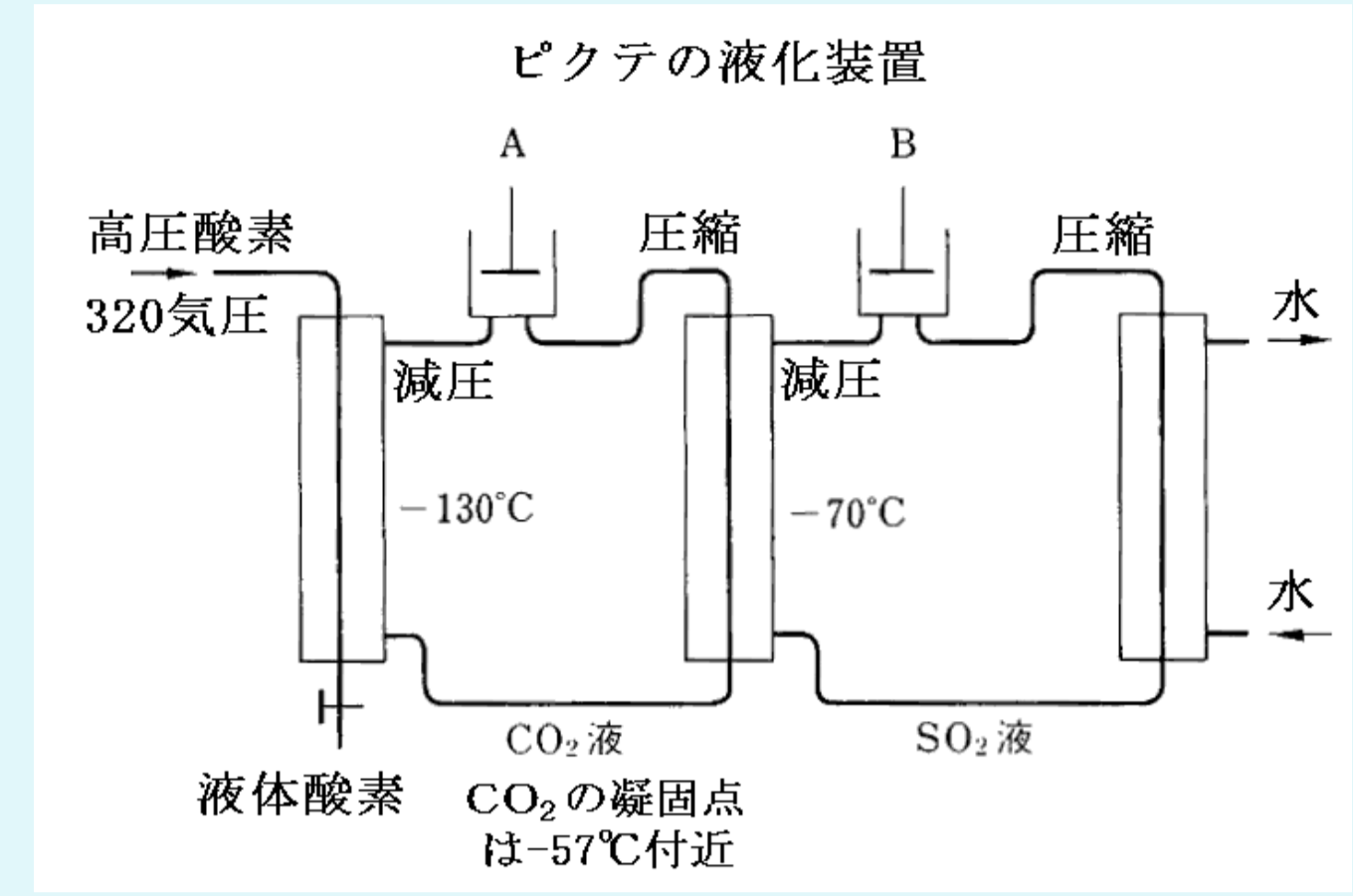
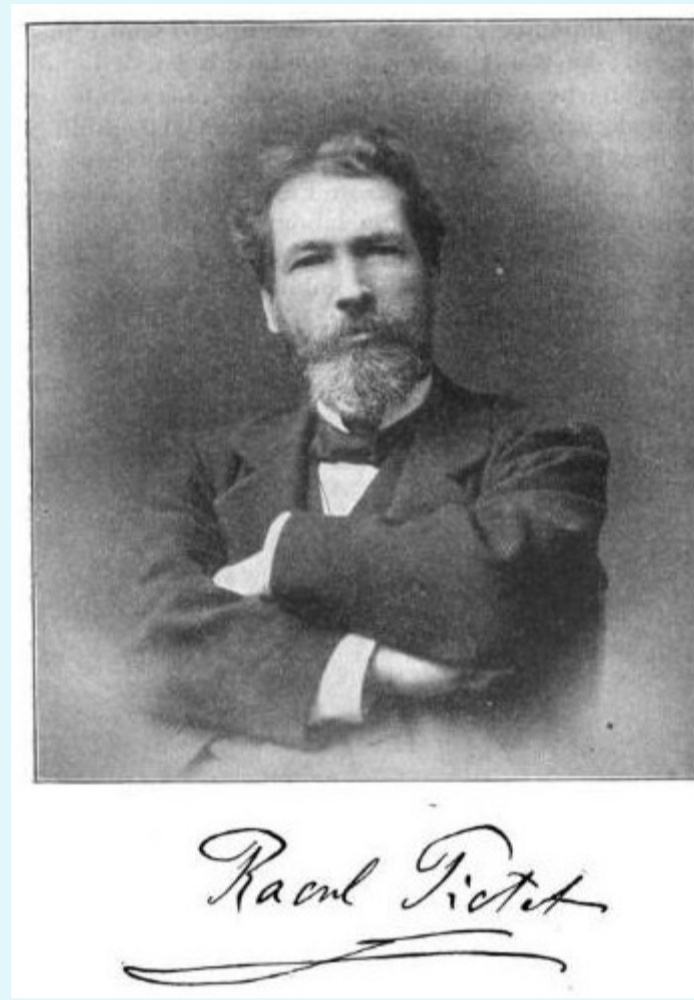
1877年

フランスのルイ・ポール・カイユテ (Louis Paul Cailletet)
酸素(91K)の液化に成功・同年窒素(77K)の液化にも成功



肉厚なガラス管の中に酸素を詰めて水圧機と水銀で300気圧まで加圧した後、ガラス管の周りを寒剤(液化した二酸化硫黄)で囲み-29°Cまで冷却下後に突然圧力を下げて酸素を液化させることに成功した。

ラウル・ピクテ (Raoul Pierre Pictet)

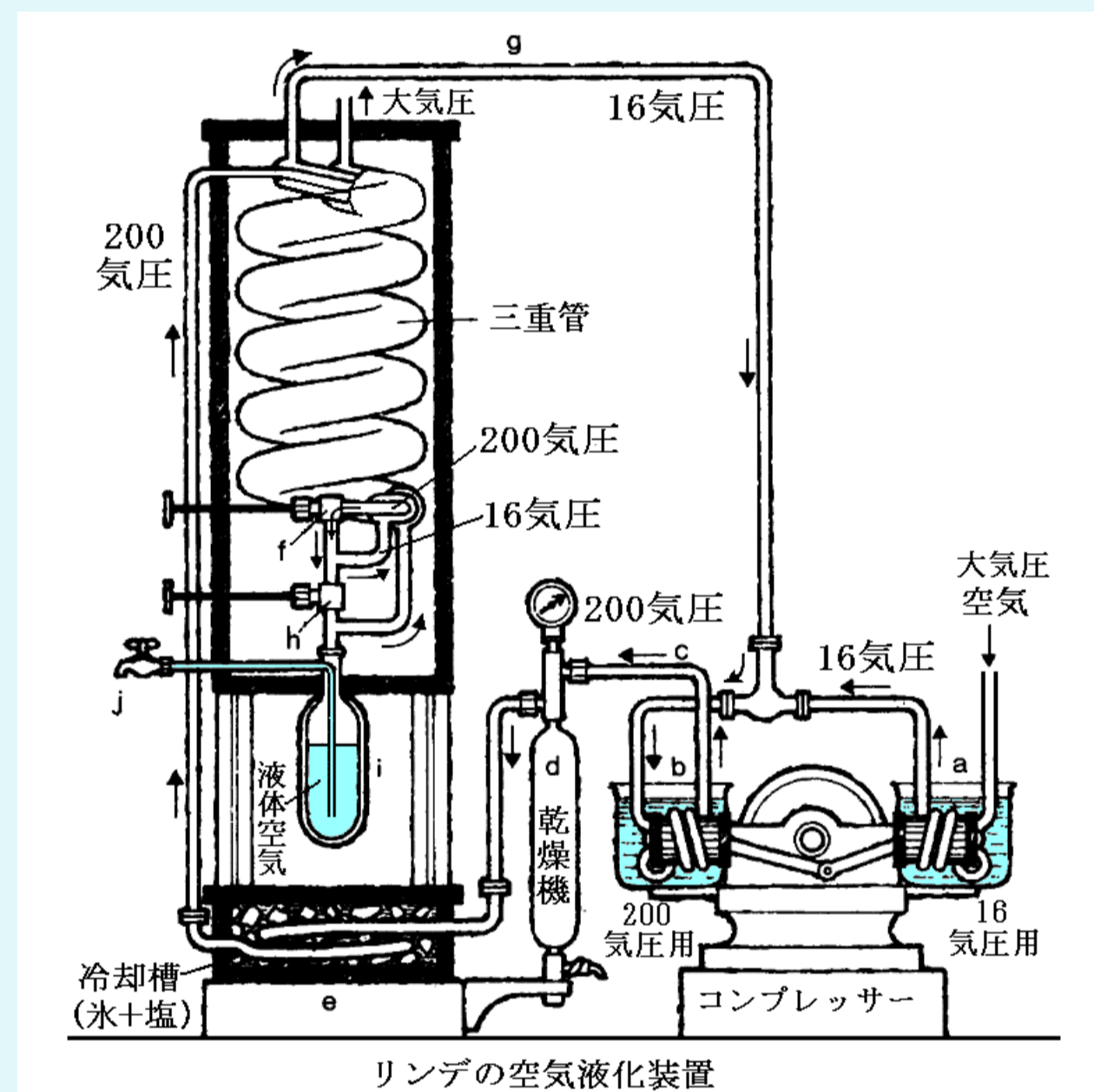
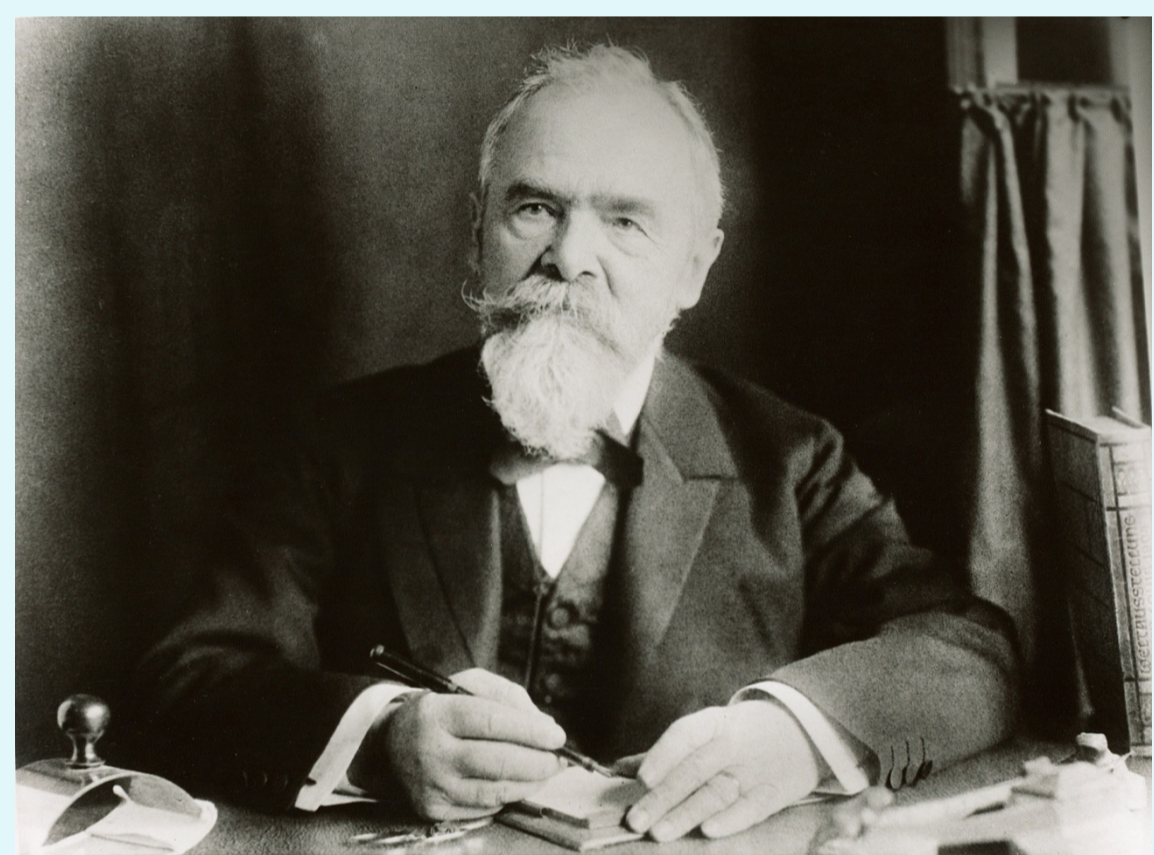


カイユテと、ほとんど同時にスイスのラウル・ピクテも独立に酸素と窒素の液化に成功した。

まず二酸化硫黄ガスを圧縮した後で水で冷却して液体SO₂を得る。これを低圧下(20mmHg程度)で蒸発させると-70°C近くの低温が得られる。それを寒剤として圧縮(5気圧以上)した二酸化炭素を冷却して液化する。さらに液体二酸化炭素を減圧下(数mmHg程度)に置き蒸発させて固体二酸化炭素とし-130°Cの低温を得る。その低温下で、320気圧に加圧した酸素を冷却することにより液化に成功した。

1895年

カール・フォン・リンデ (Carl Paul Gottfried von Linde)
工業用空気液化装置を開発



aで空気を16気圧に圧縮し、さらにbで200気圧に圧縮する。これをdで水分を取り除き、冷却槽で冷やしてから、三重構造のスパイラル管に入れる。それを三重管の中を逆方向に流れる冷却気体で冷やした後に細孔fから噴出させ200気圧から16気圧に下げる。噴出空気はジュール=トムソン効果により温度が下がるが、その冷気の大部分は三重管の中間層に入り、内部の空気を冷やしながらかつてポンプbに戻り以上の過程を繰り返す。

一方fから噴出した16気圧の空気を細孔hから更に大気圧の元に噴出させジュール=トムソン効果により冷却する。この噴出で液化した空気はデュワー瓶iにたまり、それをから取り出す。液化しなかった空気は三重管の外側の層を通り、内側の空気を冷やしながらかつて大気中に放出される。

この装置は熱交換器とジュール=トムソン効果を最初に採用した装置で、今日リンデ=ハンプソン型空気液化機と言われる。

1898年

ジェームス・デュワー (James Dewar)
水素(20.4K)の液化に成功



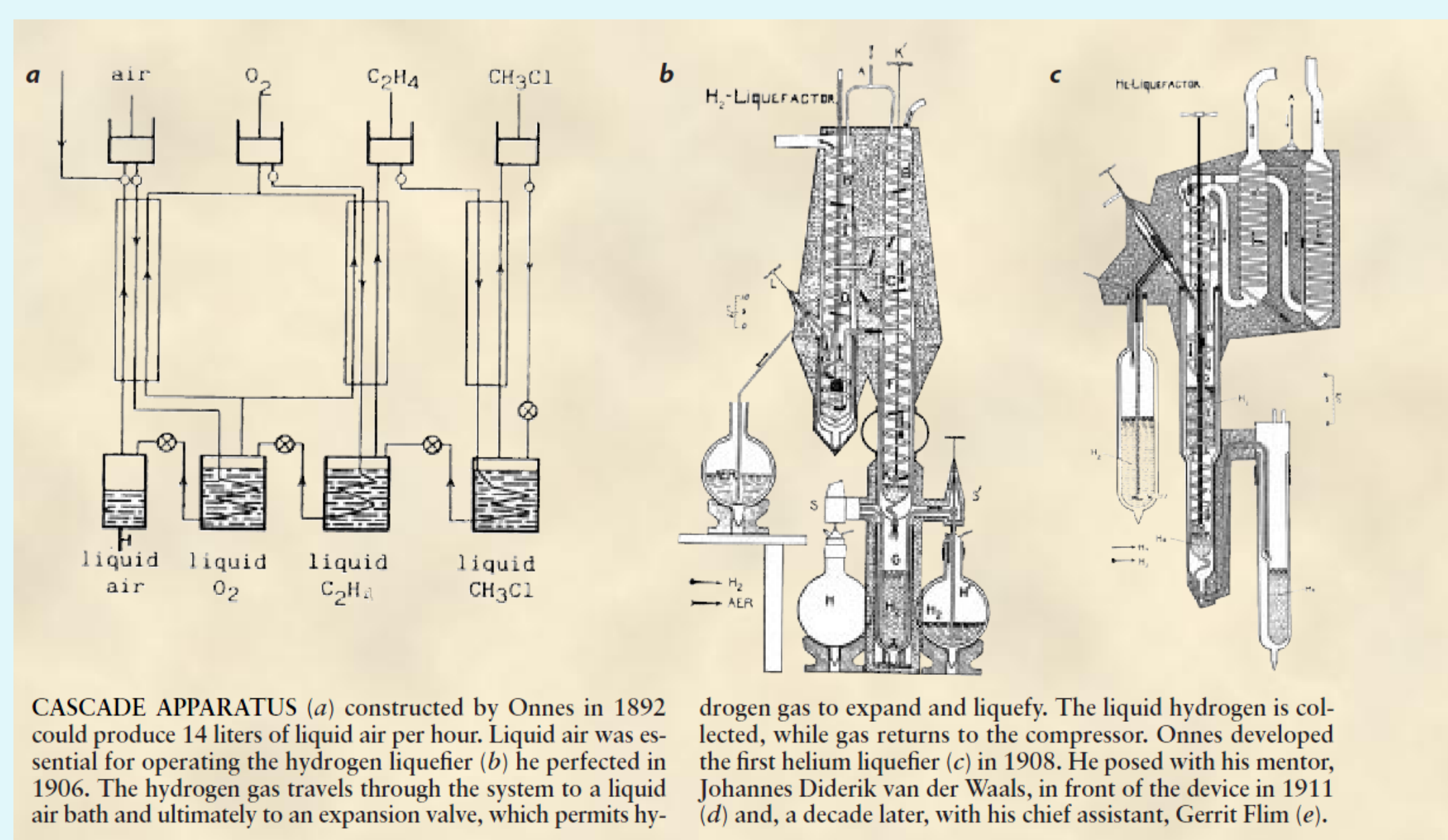
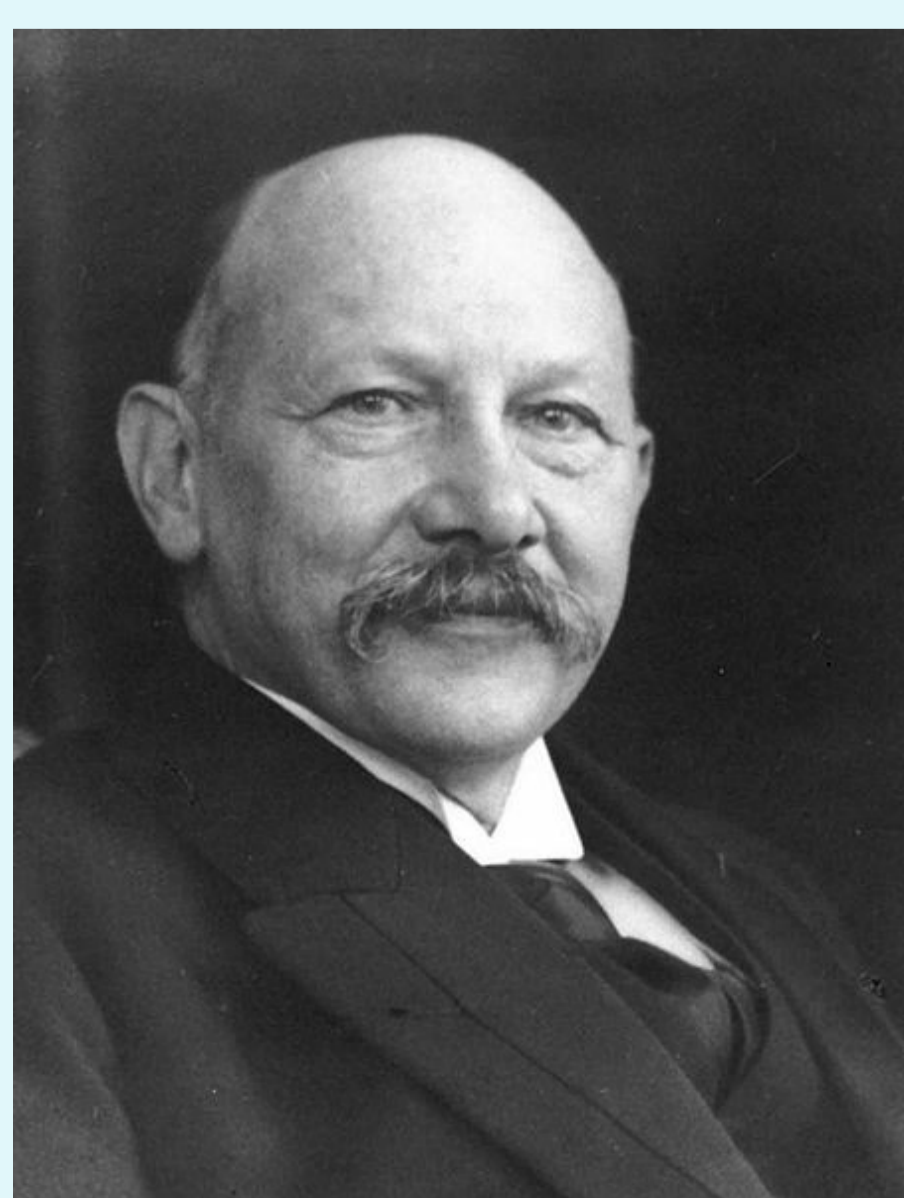
まず液体酸素[大気圧の沸点-183°C(90.2K)]を大量に作りデュワー瓶に蓄える。この液体酸素を減圧排気(0.04気圧以下)によりさらに-205°C(68K)まで冷却する。この中に、18MPa(約180気圧)まで加圧した水素を通して冷やした後、細孔から噴出させてジュール=トムソン効果を利用してさらに冷却して、史上初めて20ccばかりの液体水素の生成に成功した。

ところで、水素の臨界温度は-240°C(33.2K)、臨界圧力12.8気圧なので、-205°C(68K)ではいくら加圧しても液化は起こらない。液化にはジュール=トムソン効果の使用が必須だった。

デュワーはヘリウムの液化を目指したが、不純物のネオンが先に凍結して装置を詰まらせてしまい、不成功に終わった。

1908年

ハイケ・カメルン・オンネス (Heike Kamerlingh Onnes)
ヘリウム(4.2K)の液化に成功



1908年7月9日。まず装置aにより75リットルの液体空気が作られた。翌日の早朝から装置bにより液体水素の液化を始め午後には20リットルの液体水素ができたので、午後4時20分から装置cによりヘリウムの液化に取りかかった。午後7時30分、液体水素がなくなりかけた頃についてヘリウムの液化が確認された。これにより、気体は全て液化可能なことが明らかになった。

液体ヘリウムの屈折率が1に近いので、最初オンネスたちは、液化されたヘリウムがたまっていることに気がつかず、あきらめかけていた。見物に来ていたシュライネメッカー教授が光を当ててみるよう進言して、初めて発見された。