

## Powietrze atmosferyczne.

140. Powietrze atmosferyczne jest mieszaniną kwasorodu i azotu, z małą ilością kwasu węglanego, pary wody; do nich dołączają się rozmaite wyziewy roślin i zwierząt, z ziemi lub zakładów przemysłowych; one jednak, jako przypadkowe, nie należą do istotnego składu powietrza; zawsze są w bardzo małej ilości. Taka mieszanina, tworzy naokoło ziemi warstwę, blisko  $9\frac{1}{2}$  mil geogr. grubą, którą zwykle *atmosferą* nazywamy.

Powietrze nie ma zapachu i smaku; posiada w najwyższym stopniu własności gazów; jest doskonale przezroczyste, wydaje się bezkolorowém; jednak przeglądając przez całą grubość warstwy atmosfery, okazuje się w całej świetności kolor błękitny, zapewne powietrzu właściwy.

141. Ziemia przyciąga cząstki atmosfery, podobnie jak innych ciał; powietrze więc jest ciężkie i na powierzchni ziemi ciśnie ciężarem, jakby kula ziemską zносиła, gdyby ją otaczała warstwa merkuryusza na  $0^m,76$  albo 28 cali wysoka. Łatwo ztąd obliczyć ciśnienie na jakąkolwiek powierzchnię, np. na 1 decymetr kwadratowy; ponieważ równa się ciężarowi słupa merkuryusza, mającego za podstawę powierzchnię daną, za wysokość  $0^m,76$ . Lit. powietrza w  $0^\circ$  i pod  $0^m,76$ , waży 1gr,2991, albo według późniejszego podania Regnault: 1gr,273189. Jest 770 razy lżejsze od wody. (Lit. wody waży 1000 gramów).

142. Ciśnienie powietrza jest przyczyną wielu fenomenów, jak np. wstępowanie wody w pompach, pod-

noszenie się i opadanie barometrów i t. d. W doświadczeniach chemicznych sprowadza tak zwaną *absorbencyą*, która się zdarza w destyllacyach i przy wywiązywaniu gazów z pomocą ciepła. Jeżeli gaz wywiązuje się z retorki *A* fig. 49, i musi przechodzić przez rozciek w naczyniu *N* będący; wtenczas dopiero zacznie wypływać rurką przewodnią *d*, gdy sprężystością zrównoważy ciśnienie zewnętrzne atmosfery, powiększone ciężarem kolumny rozcieku, zawartej między jego zwierciadłem *z* i otworem *o* rurki przewodniej. Ciśnienie zewnętrzne atmosfery = *B*, wyrażamy wysokością kolumny merkuryusza w barometrze; ciężar kolumny rozcieku w rurce przewodniej zawartego, możemy także wystawić słupem merkuryusza, który toż samo ciśnienie wywiera.

Gdy więc gaz przechodzi przez merkuryusz, i rurka przewodnia w nim się zanurza, np. na 3 centymetry: sprężystość gazu w retortce *A*, będzie =  $B + 0^m,03$ ; przypuszczając  $B = 0^m,76$ , będzie =  $0^m,79$ .

W laboratoriach zwykle prowadzimy gazy przez wodę, albo inne roztwory różnej ciężkości gatunkowej; słupy więc rozcieków w rurce przewodniej zawartych, będą odpowiadać słupom merkuryusza rozmaitej wysokości. Oznaczywszy przez *a*, wysokość słupa rozcieku w rurce przewodniej; jego ciężkość gatunkową przez *g*; wysokość szukaną słupa merkuryusza, wywierającego równe ciśnienie przez *x*, ciężkość gatunkową merkuryusza = *m*, widocznie:

$$xm = ag,$$

złąd  $x = a \cdot \frac{g}{m}$ , to jest: wysokość słupa merkuryusza, wywierającego ciśnienie, jakie wywiera rozciek przez który

gaz przechodzi, wynajduje się: mnożąc wysokość słupa tegoż rozcieku w rurce, przez jego ciężkość gatunkową; dzieląc przez ciężkość gatunkową merkuryuszu. Sprężystość więc gazu w naczyniu, z którego się wywiązuje, będzie wyrażoną przez słup merkuryuszu mający wysokość  $B + a \cdot \frac{g}{m}$ .

Gdy gaz przechodzi przez wodę, rurką przewodnią na 0<sup>m</sup>,15 zanurzoną, przy wysokości barometru 0<sup>m</sup>76, sprężystość gazu będzie wyrażać słup merkuryuszu:

$$0,76 + 0,15 \cdot \frac{1}{13,5} = 0,76 + 0,0111 = 0^m,77111.$$

142. Jeżeli wywiązywanie się gazu słabiej w naczyniu *A* (fig. 49), z powodu znizienia temperatury: sprężystość jego w aparacie staje się mniejszą; przeto, ciśnienie atmosfery na powierzchnię rozcieku w naczyniu *N*, zniewała go do wstępowania w rurkę przewodnią. Jeżeli więc rurka nie jest dosyć długa, albo jeżeli gaz łatwo się rozpuszcza: rozciek przejdzie do naczynia w którym się gaz wywiązywał, czyli zostaje *absorbowany*. Wypadkowi temu zapobiegają *rurki bezpieczeństwa* (tubes de surté, Sicherheitsröhren).

Gdy gaz wywiązuje się z rozcieku, rurka bezpieczeństwa może być prosta, lecz końcem nieco zanurzona (fig. 53); jeżeli zaś to nastąpić nie może, używa się rurki krzywój *Weltera* fig. 51 i 52, której kulka *a* w środkowym ramieniu wydęta, dopołowowy rozciekiem napełniona, zamyka ujście dla gazów.

Rurki te działają następującym sposobem;

Gdy sprężystość gazu zmniejsza się wewnątrz naczynia *A* (fig. 53) powietrze zewnętrzne ciśnie na rozciek w *a* i w naczyniu *N* zawarty, podnosi go w rurce *b*,

o tyleż zniża w rurce  $a$ , i mając w niej kolumnę wody mniejszą, to jest ciężar mniejszy dopokowania, wewnątrz przenika i równowagę w pressyi sprowadza.

Używając rurki *Weltera*, gdy ciśnienie wewnątrz i zewnątrz jest jednakowe, rozciek utrzymuje się na jednakowej wysokości w bańce i ramieniu  $s$  z nią połączonem (\*); lecz jeżeli sprężystość gazu wewnątrz słabiej, rozciek z ramienia  $s$  przejdzie do bańki; przez jego warstwę przebiję się powietrze, wejdzie do naczynia  $A$ , powróci w nim równowagę ciśnień, przez to niedozwoli podnieść się rozciekowi w rurce przewodniej. Jeżeli wewnątrz naczynia ilość gazu nagle wzrasta i nie może się rurką przewodnią oddalić: rozciek z bańki wypchnięty coraz wyżej w rurce  $s$  wstępuje, wchodzi do lejka, gdzie przez jego warstwę nadmiar gazu wypływa.

Rurki bezpieczeństwa są istotną częścią aparatów chemicznych; można w nich uważać bieg działania, do niego zastosować kierowanie ogniem; na koniec do naczynia w którym się gaz wywiązuje, wprowadzać rozcieki, niedozwalając przystępu powietrza.

143. Często potrzeba gaz prowadzić przez kilka naczyń, zawierających rozcieki które go absorbować mają. Jeżeli aparat ma kształt fig. 47 i gaz w  $A$  wywiązany, przechodzi przez szereg flasz, z wodą lub innym roztworem, łatwo znajdziemy jaką sprężystość posiada w każdej flaszy. W flaszy  $E$ , mającej rurkę  $n$

(\*) Gdy rurka przewodnia jest zanurzona, roztwór napełniający bańkę  $a$  rurki bezpieczeństwa będzie stał wyżej w ramieniu  $s$ , ponieważ sprężystość gazu wewnątrz  $A$  jest większa i równoważy ciśnienie atmosfery, powiększone ciężarem słupa rozcieku, zawartego między jego zwierciadłem i otworem rurki przewodniej.

w obu końcach otwartą, na powierzchnię rozcieku działa ciśnienie atmosfery  $= B$ . W flaszcy  $D$ , ciśnienie na powierzchnią rozcieku jest równe ciśnieniu  $B$ , które działa w  $E$ , powiększonemu kolumną merkuryusza równoważną z kolumną rozcieku  $e$ , którą gaz musi zepchnąć w rurce przewodniej, dla wyjścia jej otworem. Kolumna merkuryusza równoważna z  $e$  wyraża się przez

$$e \cdot \frac{g}{m}$$

gdzie  $g$  wyraża ciężar gatunkowy roztworu lub wody. Sprężystość więc gazu we flaszy  $D$  będzie:

$$B + e \cdot \frac{g}{m}.$$

W następującej flaszy  $C$  widocznie będzie:

$$B + e \cdot \frac{g}{m} + d \cdot \frac{g}{m}$$

nakoniec w balonie  $A$ :

$$B + e \cdot \frac{g}{m} + d \cdot \frac{g}{m} + c \cdot \frac{g}{m}.$$

Przypuściwszy, że wywiązywanie się gazu w balonie  $A$  na raz ustaje; widocznie, przy takim urządzeniu aparatu, roztwór z naczynia  $C$  w którym sprężystość jest większa, przejdzie do  $A$ , wskutku tego z  $D$  do  $C$ , z  $E$  do  $D$ ; doświadczenie więc zostaje zepsutém, jeżeli operator nie jest obecny i téj absorbeyi niezapobieży, wyjęciem korka z szyi naczynia  $A$ . Jeżeli zaś w skutku działania chemicznego, otwór jednej z rurek przewodnich zatykają osiadające materye stałe: sprężystość gazu w aparacie coraz więcej wzrasta; jedno z naczyń przed rurką zatkaną leżących, może być rozsadzone. Zwykle pęka balon lub retorta, jako naczynia mniejszej wytrzymałości.

Wypadki te niemają miejsca w aparacie fig. 38, który oddawna znamy pod nazwiskiem *apparatu Wulfa*.

Balon *A* z którego się gaz wywiązuje ma rurkę *Weltera*; flaszę o trzech szyjach, połączone rurkami przewodniami  $p' p'' p'''$ , mają dodane rurki bezpieczeństwa  $x x' x'' x'''$ , bardzo mało w rozcieku zanurzone. Ostatnia flaszka *F* kończy się rurką *o*, w obu końcach otwartą. Przy tém urządzeniu, widocznie eksplozja nie może nastąpić, ponieważ gdy sprężystość gazów w aparacie znacznie się powiększy, część rozcieku zostaje wyrzucona rurkami bezpieczeństwa, i gaz będzie miał wolną komunikacyę z powietrzem.

Nie może téż nastąpić absorbey; bo gdy sprężystość gazu w którémkolwiek naczyniu słabiej, powietrze zniża rozciek w rurce bezpieczeństwa, wchodzi wewnątrz naczynia i równowagę ciśnień sprowadza. Rozciek niewiele się podnosi w rurkach przewodnich, i z flaszki do flaszki przejść nie może.

Z budowy aparatu wynika: że w rurkach bezpieczeństwa flasz bliższych naczynia *A*, rozciek coraz wyższą kolumnę utworzy; najwyżej stanie w rurce *Weltera*, ponieważ sprężystość gazu w naczyniu *A*, będzie największa (k. 105); dla tego ramie *s* powinno być dostatecznie długie.

144. Powietrze jest ściśliwe i rozszerzalne; na objętość jego wpływa ciepło i ciśnienie; przy mierzeniu więc gazów należy uważać temperaturę i wysokość barometru, ażeby rzeczywistą objętość *a* z niej wagę oznaczyć. Dla otrzymania wypadków porównalnych, zgodzono się objętości gazów mierzyć pod 0<sup>m</sup>, 76 i w temperaturze 0°. Jeżeli ciśnienie i temperatura są różne od tych punktów normalnych, robi się poprawki, dla znalezienia odpowiedniej objętości.

Według doświadczeń *Gay - Lussaca*, rozszerzalność gazów pod ciśnieniem normalném, od  $0^{\circ}$ — $100^{\circ}$  jest  $=0,375$  objętości w  $0^{\circ}$  odmierzonej. W  $+50^{\circ}$  równa się połowie; w  $+25^{\circ}$  jest czwartą częścią téj ilości i t. d. Słowem okazuje się jednostajną jak w merkuryuszu; na każdy stopień termometru stu-stopniowego, wynosi  $0,00375$ , czyli  $\frac{1}{267}$  objętości w  $0^{\circ}$  odmierzonej. Późniejsze doświadczenia *Magnusa* i *Regnaulta*, podają współczynnik rozszerzalności  $=0,003665$ . Jednostka więc objętości, np. 1 centymetr sześcienny gazu na  $0^{\circ}$ , przechodząc do temperatury  $+1^{\circ}$ , zamienia się na  $1+0,00375$ ; w  $+12$  będzie  $=1+0,00375.12=1,045$ ; a zatém dwie jednostki objętości na  $0^{\circ}$ , ogrzewając się na  $+1^{\circ}$  wydadzą:  $2(1+0,00375)$ ; w  $+12^{\circ}$  zajmą objętość  $=2(1+0,00375.12)=2.1,045$  i t. d. Czyli wyrażając się ogólnie: jeżeli  $V_0$  oznacza liczbę jednostek objętości gazu w  $0^{\circ}$  odmierzonych,  $t$  stopień ciepła; objętość gazu w téj temperaturze będzie:

$$V_t = V_0(1 + 0,00375.t) \quad (1).$$

$$\text{z tąd } V_0 = \frac{V_t}{(1 + 0,00375.t)} = V_t \frac{1}{(1 + 0,00375.t)} \quad (2).$$

Jeżeli odmierzono np. 30 cent. sześ. gazu w  $+16^{\circ}$ , objętość jego w  $0^{\circ}$  według (2) będzie:

$$\frac{30}{1 + 0,00375.16} = \frac{30}{1,06} = 28,302.$$

Odwrotnie, 28,302 na  $0^{\circ}$ , przechodząc do  $+16^{\circ}$ , podług (1) zajmą objętość:

$$28,302(1 + 0,00375.16) = 28,302.1,06 = 30.$$

Ten sam wypadek można otrzymać wiedząc, że na każdy stopień termometru stu-stopniowego, gazy powię-

ksząją się o  $\frac{1}{267}$  objętości w  $0^{\circ}$  odmierzonej; to jest: 267 jednostek objętości na  $0^{\circ}$ , zamieniają się na 268 w  $+1^{\circ}$ ; na 269 w  $+2^{\circ}$ ; na  $267+16=283$  w  $+16^{\circ}$ , i t. d. A zatem: 28,302 jednostek objętość w  $0^{\circ}$ , dadzą w  $+16^{\circ}$ :

$$267 : 267+16 = 28,302 : x$$

$$x = \frac{267+16 \times 28,302}{267} = 99,998 \dots 30$$

Nawzajem, 30 jednostek objętości w  $+16^{\circ}$ , dają w  $0^{\circ}$ :

$$267+16 : 267 = 30 : x.$$

$$x = \frac{267 \cdot 30}{267+16} = 28,302.$$

145. Poprawki objętości ze względu na ciśnienie barometryczne, robią się na zasadzie prawa *Mariotta*, według którego: *objętości gazów są w stosunku odwrotnym ciśnień*; to jest: 100 jednostek objętości pod ciśnieniem normalnym ( $= 0^m,76$ ) odmierzonych, przechodząc pod ciśnienie dwa razy mniejsze, zajmą objętość dwa razy większą  $= 100 \times \frac{76}{38} = 200$ . Odwrotnie, objętość pod  $0^m,73$  odmierzona, zmniejszy się pod  $0^m,76$  i będzie:

$$100 \times \frac{73}{76} = 96,05.$$

Oznaczywszy przez  $V$  objętość gazu odmierzoną pod ciśnieniem danym  $b$ ; przez  $V_1$  objętość szukaną, jaką zajmować będzie pod ciśnieniem żądanym  $= z$ , otrzymamy:

$$V_1 = V \frac{b}{z}.$$

Jeżeli np. odmierzo 10 jednostek objętości gazu, pod ciśnieniem barometrycznym  $0^m,72$  ( $= b$ ); objętość jego pod ciśnieniem żądanym  $0^m,76$  ( $= z$ ), będzie:

$$10 \times \frac{72}{76} = 9,37368.$$



Nawzajem 9,47368 pod 0<sup>m</sup>,76 odmierzone, zajmą pod 0<sup>m</sup>,72:

$$9,47368 \times \frac{76}{72} = 9,99.....10.$$

W ogóle, robiąc poprawkę objętości ze względu na ciśnienie, potrzeba: *objętość gazu pomnożyć przez liczbę wyrażającą wysokość kolumny merkuryszu w barometrze podczas mierzenia, a podzielić przez liczbę wyrażającą ciśnienie, pod jakim objętość gazu chcemy mieć oznaczoną.* W największej liczbie przypadków, poprawki mają na celu, wynalezienie objętości pod ciśnieniem normalném = 0<sup>m</sup>,76.

146. Ciśnienie i temperatura, prawie zawsze nie są normalne w czasie doświadczeń z gazami; potrzeba więc robić razem obiedwie poprawki. Oznaczywszy przez  $V_n$  objętość żadaną, normalną, gdy  $t = 0^{\circ}$ ,  $z = 0^m,76$ ; przez  $V_t$  objętość daną w temp.  $= t$ , wyższej od  $0^{\circ}$ ; pod ciśnieniem obserwowaném  $= b$ , otrzymamy:

$$V_n = V_t \frac{b}{z} \frac{1}{(1 + 0,00375.t)}$$

Jeżeli  $V_t = 50$ ;  $b = 0^m,72$ ;  $t = 12^{\circ}$ ,  $z = 0^m,76$  :

$$V_n = 50 \times \frac{72}{76} \frac{1}{(1 + 0,00375.12)} = 47,368 \frac{1}{(1,045)} = 45,328.$$

Odwrotnie, gdy  $V_n$  (pod  $0^{\circ}$  i 0<sup>m</sup>,76) = 45,328 przechodzi do temperatury  $t = 12^{\circ}$ , pod ciśnienie  $z = 0^m,72$ ; objętość jego będzie:

$$\begin{aligned} V_t &= V_n \frac{b}{z} (1 + 0,00375.12) \\ &= 45,328 \times \frac{76}{72} (1 + 0,00375.12) = \\ &= 47,846(1,045) = 49,999.....50. \end{aligned}$$

W wzorach powyższych,  $b$  oznacza wysokość barometru wziętą w czasie mierzenia gazu; lecz jeżeli gaz nie jest zupełnie suchy, gdy go zebrano np. nad wodą, objętość jego będzie większa od objętości jakąby zajmował, gdyby nad merkuryuszem był odmierzony; ponieważ zawiera ilość pary odpowiadającą temperaturze wody gaz zamykającej, i sprężystość téj pary w części równoważy ciśnienie atmosfery. Chcąc przeto poznać prawdziwe ciśnienie jakie gaz znosi, potrzeba odciągnąć od wysokości barometru, ilość wyrażającą tensyą pary, w temperaturze w której gaz odmierzone. Następująca tablica wyraża w milimetrach sprężystość pary od  $0^{\circ}$ — $40^{\circ}$  to jest: w granicach ciepła, które w zwykłych okolicznościach doświadczeniom towarzyszyć może.

Tempera- tura	Sprężystość pary	Tempe- ratura	Sprężystość pary	Tempe- ratura	Sprężystość pary
$0^{\circ}$	4,525	$14^{\circ}$	11,882	$28^{\circ}$	28,148
$1^{\circ}$	4,867	$15^{\circ}$	12,677	$29^{\circ}$	29,832
$2^{\circ}$	5,211	$16^{\circ}$	13,519	$30^{\circ}$	31,602
$3^{\circ}$	5,619	$17^{\circ}$	14,409	$31^{\circ}$	33,464
$4^{\circ}$	6,032	$18^{\circ}$	15,351	$32^{\circ}$	35,419
$5^{\circ}$	6,471	$19^{\circ}$	16,345	$33^{\circ}$	37,473
$6^{\circ}$	6,939	$20^{\circ}$	17,396	$34^{\circ}$	39,630
$7^{\circ}$	7,436	$21^{\circ}$	18,505	$35^{\circ}$	41,893
$8^{\circ}$	7,964	$22^{\circ}$	19,675	$36^{\circ}$	44,268
$9^{\circ}$	8,525	$23^{\circ}$	20,909	$37^{\circ}$	46,758
$10^{\circ}$	9,126	$24^{\circ}$	22,211	$38^{\circ}$	49,368
$11^{\circ}$	9,751	$25^{\circ}$	23,582	$39^{\circ}$	52,103
$12^{\circ}$	10,421	$26^{\circ}$	25,026	$40^{\circ}$	54,969
$13^{\circ}$	11,130	$27^{\circ}$	26,547	—	—

Przypuśćmy, że odmierzone 50 objętości gazu w  $+14^{\circ}$ , pod ciśnieniem 770 milimetrów; ponieważ sprężystość

pary w  $+14^{\circ}$ , według tablicy jest  $=11^{\text{mil}},882$ : przeto objętość normalna gazu suchego, będzie:

$$50 \times \frac{770 - 11,882}{76} \cdot \frac{1}{(1 + 0,00375 \cdot 14)} = 47,3891.$$

## Rozbiór powietrza.

147. Dawniejsi chemicy uważali powietrze za element; wprawdzie *Jan Rey* i *Brun* okazali, że cyna przez topienie w powietrzu na popiół zamieniona, powiększa swą wagę; podobny wypadek otrzymał *Bayen* z merkuryuszem; jednak te spostrzeżenia niezmieniły wyobrażeń o naturze powietrza; ponieważ niewyjaśniały czy metalle połykają je w całości, albo tylko pewną część przyswajają. Dopiero *Lavoisier* przedmiot ten roztrzygnął i okazał: że powietrze składa się z dwóch gazów, mających własności chemiczne zupełnie przeciwnie. Doświadczenie to, ważne w nauce, wykonał następującym sposobem: Cztery uncje merkuryuszu wlał do retorki *A* (fig. 56), mającej długą szyję; koniec jej w górę zagięty, poddał pod dzwon *B* podzielony, zawierający powietrze, kąpielą merkuryuszową *C* zamkniętą. Ogrzewając retorkę na piecyku *PP* przez kilka dni utrzymywał merkuryusz we wrzeniu. Drugiego dnia, okazały się na powierzchni metalu drobne cząstki materii czerwonej, które w ciągu 4—5 dni wzrastały co do liczby i objętości. Gdy dalszém ogrzewaniem już się więcej niezmieniały i w ciągu 12 dni następnych kalcynacja merkuryuszu nieczyniła postępów, doświadczenie uważał za ukończone. Skład aparatu użytego