

Vicent Loscos i Solé

## MASSA MOLECULAR D'UN GAS

### 1. Introducció.

La massa molecular relativa d'un gas es pot determinar, al laboratori, aplicant l'equació dels gasos ideals, respectivament, a una massa determinada d'aquest gas i a la d'un volum igual d'un altre -que normalment serà l'aire- de massa molecular coneguda.

Del compliment del principi d'Arquimedes en les mesures fetes a la balança es dedueix l'expressió que, suposant un comportament ideal, proporciona valors ben acceptables de diverses masses moleculars.

Resultats més precisos s'obtenen fent les correccions derivades de considerar la dilatació del mercuri, el grau d'humitat atmosfèrica i el comportament no ideal dels gasos. La introducció en els càlculs d'aquestes últimes dades pot fer-se de manera gradual, i dependrà del nivell teòric que es vulgui donar a la pràctica.

### 2. Material necessari.

Balança, de precisió 1 cg; termòmetre, de precisió 0,1 °C; i baròmetre de mercuri. Com a recipient per al gas, serveix una ampolla lleugera de plàstic, d'aigua mineral o similar, de les d'1,5 litres, que tanqui bé.

### 3. Els gasos.

Butà: és el gas del què disposarem més fàcilment. Substituirem el cremador del Bunsen per un tub de goma d'uns 40 cm de llarg, subjectat a la sortida de la bombona amb una abraçadora, i acabat per l'altre extrem amb el bec d'un compta-gotes.

Hidrogen: l'hidrogen, que ja es fa servir a les experiències relacionades amb la teoria cinètica, té l'interès -amb l'heli- de ser un gas menys pesant que l'aire; però costa d'obtenir sec. Es pot fer, en un matràs d'1 l, amb 20 g de Zinc i una dissolució de 20 ml d'àcid sulfúric en 400 ml d'aigua. Per purificar l'hidrogen que se satura d'aigua, s'ha de connectar la sortida del matràs a tres Erlenmeyer en sèrie, i fer passar el gas per àcid sulfúric (cal repartir un litre d'àcid sulfúric entre els tres Erlenmeyer), més un seguit de cinc o sis tubs en "U" plens de gel de sílice. El bombolleig ha de ser regular però moderat (durant uns 40 minuts). Evidentment, el procediment és car.

Gas sec: encara que és útil en altres experiències, no és apropiat en aquest cas ja que, el que es troba als recipients que declaren contenir CFC-12, dona resultats que no corresponen al gas pur. A part d'això, cada cop costa més trobar productes d'aquesta espècie que indiquin la composició.

Oxigen i acetilè: es poden obtenir fàcilment en algun taller mecànic. Cal que portem el recipient de plàstic, preparat convenientment, i el tub de goma per agafar la mostra.



Diòxid de carboni: de manera similar, en trobarem en establiments que subministren gas per a cervesa.

Aquests i altres gasos, com l'heli i el nitrogen, els pot servir la casa *Linde* a preus raonables. De tots ells, el butà és el més adequat per a constatar una diferència entre l'aplicació de l'equació dels gasos ideals i la de Van der Waals.

#### 4. Procediment.

L'ampolla, amb tap de rosca, que farà de recipient, s'omple d'aigua fins a vessar. L'aigua que hi entri es buidarà en provetes per determinar-ne el volum.

Després, amb una broca de 4-5 mm es fan dos forats: un al centre del tap i l'altre a la base del recipient. Enroscarem el tap i fixarem una tira de cel.lo a prop de cada forat, per poder tapar-los fàcilment després d'omplir l'ampolla amb el gas problema.

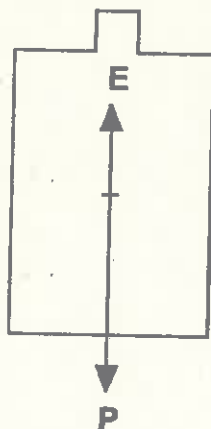
També haurem de tenir preparat el tub de goma amb el bec d'un compta-gotes a l'extrem. Per a manipular el tub còmodament, va bé fer-lo acabar en un tap de goma foradat, per on es fa sortir el pic del compta-gotes.

En aquestes condicions ja es pot pesar el recipient a l'aire i anotar el valor  $m_1$ . Després, introduint l'extrem del compta-gotes en un dels forats practicats a l'ampolla, hi passarem el gas. Convé donar poca velocitat de sortida al gas i deixar-ne passar la quantitat suficient fins a la total substitució de l'aire. El sistema de ventilació del laboratori ha d'estar en marxa, i ser eficaç. Quan considerem que el recipient és ple del gas, es taparan els orificis amb les tires de cel.lo i es tornarà a pesar, anotant el nou valor  $m_2$ .

En aquest moment s'anotaran també les dades de pressió i temperatura. El termòmetre ha d'estar a l'aire, subjectat amb una pinça (si ens hi atansem massa veurem com augmenta la temperatura per efecte de la radiació del nostre cos).

#### 5. Càlculs.

##### 5.1. Aplicació del principi d'Arquimedes a un gas ideal.



Hem de tenir en compte que el valor que ens dona la balança és el pes aparent d'un objecte, això és, la diferència entre el pes real i l'empenta d'Arquimedes:

$$(1) \text{ Pes aparent} = \text{Pes} - \text{Empenta}$$

Si el recipient és de parets primes, es pot considerar que l'empenta és igual al pes de l'aire que omple el volum interior (encara que en els càlculs a fer se simplificarà).



L'empenta d'Arquimedes modifica inapreciablement el pes de sòlids i líquids. En els gasos, però, el pes i l'empenta són del mateix ordre, i aquest és el nostre cas. Per tant, si apliquem la relació (1) a les dues pesades serà:

Primera:

$$P_1(ap) = P_1 - E = (P_{envàs} + P_{aire}) - P_{aire}$$

Segona:

$$P_2(ap) = P_2 - E = (P_{envàs} + P_{gas}) - P_{aire}$$

Restant-les, tindrem:

$$P_2(ap) - P_1(ap) = P_{gas} - P_{aire}$$

El pes del gas serà, doncs,

$$(2) P_{gas} = P_2(ap) - P_1(ap) + P_{aire}$$

Si referim aquest resultat a les masses respectives queda:

$$(3) m(gas) = m_2 - m_1 + m(aire)$$

On  $m_2$  i  $m_1$  seran les masses que hem determinat anteriorment. Si ara tenim en compte que la massa molecular relativa ha de complir la relació  $Mr = m/n$ , i dividim la (3) per  $n$ , tenim que :

$$(4) Mr(gas) = \frac{m_2 - m_1}{n} + Mr(aire)$$

Les dades de pressió, volum i temperatura ens permetran calcular els mols de gas dins del recipient, segons l'equació dels gasos ideals:

$$(5) n = \frac{PV}{RT}$$

Considerant, finalment, que valor de la massa molecular mitjana de l'aire atmosfèric és 28,8 i substituint el valor de  $n$  de la (5), queda:

$$(6) Mr(gas) = \frac{(m_2 - m_1) RT}{PV} + 28.8$$



### 5.2. Correcció de la lectura baromètrica.

La dilatació del mercuri amb la temperatura fa que sigui convenient corregir la lectura de la pressió. Amb aquesta correcció el seu valor disminuirà uns 2 mm tal com es dedueix de la *Taula 1*, o *Taula 2*, per a escales graduades sobre metall o sobre vidre. Aquesta correcció és la més necessària -i el seu raonament teòric, el més comprensible.

### 5.3. Humitat relativa i massa molecular de l'aire.

El valor 28,8 de l'expressió (6) es pot ajustar si es coneix la humitat relativa de l'aire. Caldrà disposar de dos termòmetres idèntics, que situarem a uns vint cm de distància, subjectats amb pinces. La base d'un dels dos s'envoltarà amb cotó fluix, ben xop d'aigua. Passats uns deu minuts s'anotaran les dues temperatures, seca i humida.

La diferència entre aquestes temperatures ens donarà, a la *Taula 3*, la humitat relativa de l'atmosfera (% d'humitat sobre el valor de saturació a la temperatura que tinguem).

Aplicant aquest % a la pressió del vapor d'aigua saturat, a la temperatura actual, a la *Taula 5*, tindrem la pressió que exerceix el vapor d'aigua a la nostra atmosfera. L'anomenarem *Paig*.

Restant, ara, la pressió deguda a l'aigua, de la baromètrica corregida,  $P_{bar} - Paig$ , ens quedarà la pressió deguda a l'aire sec, *Pair*.

De la *Taula 4* es pot deduir que la massa molecular de l'aire sec és 28,97. L'actual massa molecular de l'aire atmosfèric serà:

$$Mr(\text{aire}) = \frac{Paig}{P_{bar}} 18,02 + \frac{Pair}{P_{bar}} 28,97$$

### 5.4. Comportament no ideal dels gasos.

Amb el valor de  $n$  que proporciona l'equació (5) -i feta la correcció baromètrica- s'obtenen resultats prou satisfactoris per als gasos elementals. En altres, com el butà, acetilè... és possible obtenir més precisió amb l'equació de Van der Waals, que ajusta el valor de  $n$  per a cada gas. Així veurem que per a l'aire dona gairebé el mateix resultat que amb l'equació (5), però en el butà mostra, ja, una diferència significativa. A la *Taula 6* es troben les constants  $a$  i  $b$  per a diversos gasos. Les de l'aire s'han d'obtenir com a valors mitjans, tal com es fa per a la massa molecular (resulten  $a = 1,384$  i  $b = 0,03754$ ).

L'equació de Van der Waals referida a  $n$  mols,

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$



Es pot escriure com a equació de tercer grau, a resoldre amb un full de càlcul, o una calculadora adequada:

$$n^3 - \frac{V}{b} n^2 + \frac{(Pb + RT)V^2}{ab} n - \frac{PV^3}{ab} = 0$$

La solució serà un valor de  $n$  aproximat a l'obtingut amb l'equació (5). Atès que  $n$  és, ara, diferent per a cada gas, no podrem aplicar l'expressió (4) per a obtenir la  $Mr(\text{gas})$ . Per fer-ho anirem a la (3) on calcularem primerament la  $m(\text{aire})$  a partir del valor de  $n$  que es dedueix per als gasos ideals (pot comprovar-se que dóna el mateix resultat). Això ens permetrà saber la  $m(\text{gas})$  i, amb el valor de  $n$  que resulta de l'equació de Van der Waals, la  $Mr(\text{gas})$ .

## 6. Concrecions.

Les taules que acompanyen aquest guió s'han tret del *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, en la seva 58ena edició. A la *Taula 4* hi ha un error, en el valor de la massa molecular del nitrogen, 14,0067. Està clar que cal multiplicar per 2 aquesta xifra. També cal comentar que les constants de Van der Waals de la *Taula 6* es corresponen amb el valor de  $R$  igual a 0,08206. Tant per aquest motiu, com per les dades experimentals que s'han d'anotar, interessa fer els càlculs amb les unitats que convenen a aquest valor de  $R$ , i no amb les del S.I.

Utilitzant l'aire com a gas de referència es pot calcular la massa molecular de qualsevol altre gas, inclòs quan donen un valor semblant, com el nitrogen i l'acetilè, on els valors de  $m_1$  i  $m_2$  seran molt propers. Si es vol augmentar la diferència entre les dues pesades es pot utilitzar un altre gas de referència, com l'heli o el mateix butà.

El mètode de la diferencial total permetrà calcular l'error absolut que s'ha d'incorporar al resultat, i determinar amb quantes xifres l'hem de donar.

## 7. Seguretat.

Si s'han de fer varies determinacions simultàniament (per exemple, una per grup, amb gas butà, o altres), cal que es manipuli la bombona dins de la campana de gasos. En qualsevol cas, el laboratori haurà d'estar ben ventilat. Amb els altres gasos necessitarem un regulador de la pressió a la sortida de les botelles, i un tub de goma per a gasos a pressió. Els reguladors amb manòmetre són cars, cal buscar-los d'ocasió. Les normes de seguretat específiques per als gasos les facilita l'empresa subministradora.



# Taula 1

## TEMPERATURE CORRECTION FOR BAROMETER READINGS

BRASS SCALE—METRIC UNITS

To reduce readings of a mercurial barometer with a brass scale to 0°C subtract the appropriate quantity as found in the table. These values are based on the coefficient of expansion of mercury  $(181792 + 0.175t + 0.035116t^2) \times 10^{-6}$ , and of brass 0.0000184 per °C. Corrections are in millimeters.

Temp. °C	Observed height in millimeters																		
	520	630	640	650	660	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790	790
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	.10	.10	.10	.11	.11	.11	.11	.11	.11	.12	.12	.12	.12	.12	.12	.13	.13	.13	.13
2	.20	.21	.21	.22	.22	.22	.23	.23	.23	.24	.24	.24	.24	.25	.25	.25	.25	.26	.26
3	.30	.31	.31	.32	.32	.33	.33	.34	.34	.35	.35	.36	.36	.37	.37	.38	.38	.39	.39
4	.40	.41	.42	.42	.43	.44	.44	.45	.46	.46	.47	.48	.48	.49	.50	.50	.51	.52	.52
5	0.51	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.64	0.64
6	.61	.62	.63	.64	.65	.66	.67	.68	.69	.70	.71	.71	.72	.73	.74	.75	.76	.77	.77
7	.71	.72	.73	.74	.75	.77	.78	.79	.80	.81	.82	.83	.85	.86	.87	.88	.89	.90	.90
8	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.89	.90	.91	.93	.94	.96	.97	.98	.99	1.01	1.02	1.03	1.03
9	.91	.92	.94	.95	.97	.98	1.00	1.01	1.03	1.04	1.06	1.07	1.09	1.10	1.12	1.13	1.15	1.16	1.16
10	1.01	1.03	1.04	1.06	1.08	1.09	1.11	1.13	1.14	1.16	1.17	1.19	1.21	1.22	1.24	1.26	1.27	1.29	1.29
11	1.11	1.13	1.15	1.17	1.18	1.20	1.22	1.24	1.26	1.27	1.29	1.31	1.33	1.35	1.36	1.38	1.40	1.42	1.42
12	1.21	1.23	1.25	1.27	1.29	1.31	1.33	1.35	1.37	1.39	1.41	1.43	1.45	1.47	1.49	1.51	1.53	1.55	1.55
13	1.31	1.34	1.36	1.38	1.40	1.42	1.44	1.46	1.48	1.50	1.53	1.55	1.57	1.59	1.61	1.63	1.65	1.67	1.67
14	1.41	1.44	1.46	1.48	1.51	1.53	1.55	1.57	1.60	1.63	1.64	1.67	1.69	1.71	1.73	1.76	1.78	1.80	1.80
15	1.52	1.54	1.56	1.59	1.61	1.64	1.66	1.69	1.71	1.74	1.76	1.78	1.81	1.83	1.86	1.88	1.91	1.93	1.93
16	1.62	1.64	1.67	1.69	1.72	1.75	1.77	1.80	1.83	1.85	1.88	1.90	1.93	1.96	1.98	2.01	2.03	2.06	2.06
17	1.72	1.74	1.77	1.80	1.83	1.86	1.88	1.91	1.94	1.97	1.99	2.02	2.05	2.08	2.10	2.13	2.16	2.19	2.19
18	1.82	1.85	1.88	1.91	1.93	1.96	1.99	2.02	2.05	2.08	2.11	2.14	2.17	2.20	2.23	2.26	2.29	2.32	2.32
19	1.92	1.95	1.98	2.01	2.04	2.07	2.10	2.13	2.17	2.20	2.23	2.26	2.29	2.32	2.35	2.38	2.41	2.44	2.44
20	2.02	2.05	2.08	2.12	2.15	2.18	2.21	2.25	2.28	2.31	2.34	2.38	2.41	2.44	2.47	2.51	2.54	2.57	2.57
21	2.12	2.15	2.19	2.22	2.26	2.29	2.32	2.36	2.39	2.43	2.46	2.50	2.53	2.56	2.60	2.63	2.67	2.70	2.70
22	2.22	2.26	2.29	2.33	2.36	2.40	2.43	2.47	2.51	2.54	2.58	2.61	2.65	2.69	2.72	2.76	2.79	2.83	2.83
23	2.32	2.36	2.40	2.43	2.47	2.51	2.54	2.58	2.62	2.65	2.69	2.73	2.77	2.81	2.84	2.88	2.92	2.96	2.96
24	2.42	2.46	2.50	2.54	2.58	2.62	2.66	2.69	2.73	2.77	2.81	2.85	2.89	2.93	2.97	3.01	3.06	3.08	3.08
25	2.52	2.56	2.60	2.64	2.68	2.72	2.77	2.81	2.85	2.89	2.93	2.97	3.01	3.05	3.09	3.13	3.17	3.21	3.21
26	2.62	2.66	2.71	2.75	2.79	2.83	2.88	2.92	2.96	3.00	3.04	3.09	3.13	3.17	3.21	3.26	3.30	3.34	3.34
27	2.72	2.77	2.81	2.85	2.90	2.94	2.99	3.03	3.07	3.12	3.16	3.20	3.25	3.29	3.34	3.38	3.42	3.47	3.47
28	2.82	2.87	2.91	2.96	3.00	3.05	3.10	3.14	3.19	3.23	3.28	3.32	3.37	3.41	3.46	3.51	3.55	3.60	3.60
29	2.92	2.97	3.02	3.06	3.11	3.16	3.21	3.25	3.30	3.35	3.39	3.44	3.49	3.54	3.58	3.63	3.68	3.72	3.72
30	3.02	3.07	3.12	3.17	3.22	3.27	3.32	3.36	3.41	3.46	3.51	3.56	3.61	3.66	3.71	3.75	3.80	3.85	3.85
31	3.12	3.17	3.22	3.27	3.32	3.37	3.43	3.48	3.53	3.58	3.63	3.68	3.73	3.78	3.83	3.88	3.93	3.98	3.98
32	3.22	3.28	3.33	3.38	3.43	3.48	3.54	3.59	3.64	3.69	3.74	3.79	3.85	3.90	3.95	4.00	4.05	4.11	4.11
33	3.32	3.38	3.43	3.48	3.54	3.59	3.64	3.70	3.75	3.81	3.86	3.91	3.97	4.02	4.07	4.13	4.18	4.23	4.23
34	3.42	3.48	3.53	3.59	3.64	3.70	3.75	3.81	3.87	3.92	3.98	4.03	4.09	4.14	4.20	4.25	4.31	4.36	4.36
35	3.52	3.58	3.64	3.69	3.75	3.81	3.86	3.92	3.98	4.03	4.09	4.15	4.21	4.26	4.32	4.38	4.43	4.49	4.49

# Taula 2

## TEMPERATURE CORRECTION, GLASS SCALE

METRIC

To reduce readings of a mercurial barometer with a glass scale to 0°C subtract the appropriate quantity as found in table.

Temp. °C	Observed height in centimeters.									Temp. °C	Observed height in centimeters.								
	70	71	72	73	74	75	76	77	78		70	71	72	73	74	75	76	77	78
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	15	0.181	0.184	0.186	0.189	0.191	0.193	0.196	0.198	0.201
1	.012	.012	.013	.013	.013	.013	.013	.013	.014	16	.194	.196	.199	.201	.204	.207	.209	.212	.214
2	.025	.025	.025	.026	.026	.026	.026	.027	.027	17	.205	.208	.210	.213	.216	.219	.221	.224	.227
3	.036	.036	.037	.037	.038	.038	.039	.039	.040	18	.217	.220	.223	.226	.229	.232	.235	.238	.241
4	.048	.049	.049	.050	.051	.051	.052	.053	.053	19	.230	.233	.236	.239	.242	.245	.248	.251	.254
5	0.060	0.061	0.062	0.063	0.064	0.064	0.065	0.066	0.067	20	0.242	0.245	0.248	0.252	0.255	0.258	0.261	0.264	0.268
6	.073	.074	.074	.076	.077	.077	.078	.079	.080	21	.254	.258	.261	.264	.268	.271	.275	.278	.281
7	.085	.086	.087	.088	.089	.091	.092	.093	.094	22	.266	.269	.273	.276	.280	.283	.287	.290	.294
8	.096	.098	.099	.100	.101	.103	.104	.105	.107	23	.278	.282	.285	.289	.293	.296	.300	.304	.308
9	.109	.110	.111	.113	.114	.116	.117	.119	.120	24	.290	.294	.298	.302	.306	.310	.313	.317	.321
10	0.121	0.122	0.124	0.126	0.127	0.129	0.130	0.132	0.134	25	0.303	0.307	0.311	0.315	0.319	0.323	0.327	0.331	0.335
11	.133	.135	.137	.138	.140	.142	.144	.146	.147	26	.315	.319	.323	.327	.332	.336	.340	.344	.348
12	.144	.146	.148	.150	.152	.154	.156	.158	.160	27	.326	.331	.335	.339	.344	.348	.352	.357	.361
13	.157	.159	.161	.163	.165	.167	.169	.171	.174	28	.339	.343	.348	.352	.357	.361	.366	.370	.375
14	.169	.171	.174	.176	.178	.180	.183	.185	.187	29	.351	.356	.360	.365	.370	.374	.379	.384	.388
30	0.363	0.368	0.373	0.378	0.383	0.387	0.392	0.397	0.402										

Taula 3

RELATIVE HUMIDITY FROM WET AND DRY BULB THERMOMETER (CENT. SCALE)

This table gives the approximate relative humidity directly from the reading of the air temperature (dry bulb) (°C) and the wet bulb (°C). It is computed for a barometric pressure of 74.27 cm Hg. Errors resulting from the use of this table for air temperatures above -10°C and between 77.3 and 71 on Hg will usually be within the errors of observation. Condensed from Bulletin of the U. S. Weather Bureau No. 1071

	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0							
-10	93	87	80	74	67	61	54	48	41	35	28	22	16	9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
-9	94	88	81	75	69	63	57	51	45	39	32	27	21	15	9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
-8	94	88	83	77	71	65	60	54	48	43	37	32	26	20	15	10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
-7	95	89	84	78	73	67	62	57	52	46	41	36	31	25	20	15	10	5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
-6	95	90	85	79	74	68	64	59	54	49	45	40	35	30	25	20	15	11	6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
-5	95	90	86	81	76	71	66	62	57	52	48	43	39	34	29	25	20	18	11	7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
-4	95	91	86	82	77	73	68	64	59	55	51	46	42	38	33	29	25	21	17	12	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
-3	96	91	87	83	78	74	70	66	63	57	53	49	45	41	37	33	29	25	21	17	8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
-2	96	92	88	84	79	75	71	68	64	60	56	52	48	44	40	37	33	29	25	22	12	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
-1	96	92	88	84	81	77	73	69	66	63	58	54	51	47	43	40	36	33	29	26	17	8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
0	96	93	89	85	81	78	74	71	67	64	60	57	53	50	46	43	40	36	33	29	21	13	5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
1	97	93	90	86	83	80	76	73	70	66	63	59	56	53	49	46	43	40	36	33	25	17	10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
2	97	93	90	87	84	81	78	74	71	68	65	62	59	55	52	49	46	43	40	37	29	22	14	7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
3	97	94	91	88	84	82	78	76	72	70	67	64	61	58	55	52	49	46	43	40	33	26	19	12	5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
4	97	94	91	88	85	82	79	77	74	71	68	65	63	60	57	54	51	48	45	43	36	29	22	16	9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
5	97	94	91	88	86	83	80	77	75	72	69	67	64	61	58	56	53	51	48	45	39	33	26	20	13	7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
6	97	94	92	89	86	84	81	78	76	73	70	68	66	63	60	58	56	53	50	48	41	35	29	24	17	11	5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...				
7	97	95	92	89	87	84	82	79	77	74	72	69	67	64	62	59	57	54	52	50	44	38	32	28	21	15	10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...				
8	97	95	92	90	87	85	82	80	77	75	73	70	68	65	63	61	58	56	54	51	46	40	35	29	24	19	14	8	...	...	...	...	...	...	...	...	...				
9	98	95	93	90	88	85	83	81	78	76	74	71	69	67	64	62	60	58	56	54	48	42	37	32	27	22	17	12	7	...	...	...	...	...	...	...	...	...			
10	98	96	93	90	88	86	83	81	79	77	74	72	70	68	66	63	61	59	57	55	50	44	39	34	29	24	20	15	10	6	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
11	98	96	93	91	89	86	84	82	80	78	75	73	71	69	67	65	62	60	58	56	51	46	41	36	32	27	22	18	13	9	5	...	...	...	...	...	...	...			
12	98	96	93	91	89	87	85	83	80	78	76	74	72	70	68	66	64	62	60	58	53	48	43	39	34	29	25	21	16	12	8	...	...	...	...	...	...	...	...		
13	98	96	93	91	89	87	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61	59	54	50	45	41	36	32	28	23	19	15	11	7	...	...	...	...	...	...	...		
14	98	96	94	92	90	88	86	84	82	79	78	76	74	72	70	68	66	64	62	60	56	51	47	42	38	34	30	26	22	18	14	10	6	...	...	...	...	...	...	...	
15	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	78	76	74	73	71	69	67	65	63	61	57	53	48	44	40	36	32	27	24	20	16	13	9	6	...	...	...	...	...	...	
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0						
16	95	90	85	81	76	71	67	63	58	54	50	46	42	38	34	30	26	23	19	15	12	8	5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...			
17	95	90	86	81	76	72	68	64	60	55	51	47	43	40	36	33	28	25	21	18	14	11	8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...			
18	95	91	86	83	77	73	69	65	61	57	53	49	45	41	38	34	30	27	23	20	17	14	10	7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...			
19	95	91	87	83	78	74	70	65	62	58	54	50	46	43	39	36	32	29	26	22	19	16	13	10	7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...				
20	96	91	87	83	78	74	70	66	63	59	55	51	48	44	41	37	34	31	28	24	21	18	15	13	9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...			
21	96	91	87	83	79	75	71	67	64	60	56	53	49	46	42	39	36	32	29	26	23	20	17	14	12	9	6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...				
22	96	92	87	83	80	76	72	68	64	61	57	54	50	47	44	40	37	34	31	28	25	21	18	15	12	9	6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...				
23	96	92	88	84	80	76	72	69	65	62	58	55	52	48	45	42	39	36	33	30	27	24	21	19	16	13	11	8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...			
24	96	92	88	84	80	77	73	69	66	63	59	56	53	49	46	43	40	37	34	31	29	26	23	20	18	15	13	10	8	5	...	...	...	...	...	...	...	...			
25	96	92	88	84	81	77	74	70	67	63	60	57	54	50	47	44	41	39	36	33	30	28	25	22	20	17	15	12	10	8	...	...	...	...	...	...	...	...			
26	96	92	88	85	81	78	74	71	67	64	61	58	54	51	49	46	43	40	37	34	32	29	26	24	21	19	17	14	12	10	8	...	...	...	...	...	...	...	...		
27	96	92	89	85	82	78	75	71	68	65	62	58	56	53	50	47	44	41	38	36	33	31	28	26	23	21	18	16	14	12	7	...	...	...	...	...	...	...			
28	96	93	89	86	82	78	75	72	69	66	63	59	56	53	51	48	45	42	40	37	34	32	29	27	25	23	20	18	16	13	9	5	...	...	...	...	...	...	...		
29	96	93	89	86	82	79	76	72	69	66	63	60	57	54	52	49	46	43	41	38	36	33	31	28	26	24	22	19	17	15	11	7	...	...	...	...	...	...	...		
30	96	93	89	86	83	79	76	73	70	67	64	61	58	55	52	49	47	44	42	39	37	35	32	30	28	25	23	21	19	17	13	9	5	...	...	...	...	...	...		
31	96	93	90	86	83	80	77	73	70	67	64	61	59	56	53	51	48	45	43	40	38	36	33	31	29	27	25	22	20	18	14	11	7	...	...	...	...	...	...		
32	96	93	90	86	83	80	77	74	71	68	65	62	60	57	54	51	49	46	44	41	39	37	35	33	31	29	27	24	22	20	16	12	9	5	...	...	...	...	...	...	
33	97	93	90	87	83	80	77	74	71	68	66	63	60	57	55	52	50	47	45	43	40	38	36	33	31	29	27	25	23	21	17	14	10	7	...	...	...	...	...	...	
34	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69	66	63	61	59	56	53	51	48	46	43	41	39	37	35	33	31	29	27	25	23	19	15	12	8	5	...	...	...	...	...	...
35	97	94	90	87	84	81	78																																		

# Taula 5

## VAPOR PRESSURE OF WATER BELOW 100°C

Pressure of aqueous vapor over water in mm of Hg for temperatures from  
-15.8 to 100°C. Values for fractional degrees between 50 and 89 were  
obtained by interpolation.

Temp. °C	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	Temp. °C	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
-15	1.436	1.414	1.390	1.368	1.345	42	61.50	62.14	62.80	63.46	64.12
-14	1.560	1.534	1.511	1.485	1.460	43	64.80	65.48	66.16	66.86	67.56
-13	1.691	1.665	1.637	1.611	1.585	44	68.26	68.97	69.69	70.41	71.14
-12	1.834	1.804	1.776	1.748	1.720	45	71.88	72.62	73.36	74.12	74.88
-11	1.987	1.955	1.924	1.893	1.863	46	75.65	76.43	77.21	78.00	78.80
-10	2.149	2.116	2.084	2.050	2.018	47	79.60	80.41	81.23	82.05	82.87
-9	2.326	2.289	2.254	2.219	2.184	48	83.71	84.56	85.42	86.28	87.14
-8	2.514	2.475	2.437	2.399	2.362	49	88.02	88.90	89.79	90.69	91.59
-7	2.715	2.674	2.633	2.593	2.553	50	92.51	93.5	94.4	95.3	96.3
-6	2.931	2.887	2.843	2.800	2.757	51	97.20	98.2	99.1	100.1	101.1
-5	3.163	3.115	3.069	3.022	2.976	52	102.09	103.1	104.1	105.1	106.2
-4	3.410	3.359	3.309	3.259	3.211	53	107.20	108.2	109.3	110.4	111.4
-3	3.673	3.620	3.567	3.514	3.461	54	112.51	113.6	114.7	115.8	116.9
-2	3.956	3.898	3.841	3.785	3.730	55	118.04	119.1	120.3	121.5	122.6
-1	4.258	4.196	4.135	4.075	4.016	56	123.80	125.0	126.2	127.4	128.6
0	4.579	4.513	4.448	4.385	4.320	57	129.82	131.0	132.3	133.5	134.7
1	4.926	4.847	4.770	4.695	4.620	58	136.08	137.3	138.5	139.9	141.2
2	5.294	5.205	5.120	5.037	4.953	59	142.60	143.9	145.2	146.6	148.0
3	5.685	5.588	5.494	5.401	5.308	60	149.38	150.7	152.1	153.5	155.0
4	6.101	6.000	5.902	5.806	5.711	61	156.43	157.8	159.3	160.8	162.3
5	6.543	6.435	6.330	6.227	6.124	62	163.77	165.2	166.8	168.3	169.8
6	7.013	6.900	6.790	6.682	6.575	63	171.38	172.9	174.5	176.1	177.7
7	7.513	7.395	7.280	7.167	7.055	64	179.31	180.9	182.5	184.2	185.8
8	8.045	7.922	7.802	7.684	7.567	65	187.54	189.2	190.9	192.6	194.3
9	8.609	8.481	8.357	8.235	8.114	66	196.09	197.8	199.5	201.3	203.1
10	9.209	9.076	8.947	8.820	8.694	67	204.96	206.8	208.6	210.5	212.3
11	9.844	9.706	9.572	9.440	9.308	68	214.17	216.0	218.0	219.9	221.8
12	10.518	10.375	10.236	10.098	9.961	69	223.73	225.7	227.7	229.7	231.7
13	11.231	11.084	10.941	10.799	10.658	70	233.7	235.7	237.7	239.7	241.8
14	11.987	11.835	11.688	11.542	11.397	71	243.9	246.0	248.2	250.3	252.4
15	12.788	12.631	12.479	12.328	12.178	72	254.6	256.8	259.0	261.2	263.4
16	13.634	13.471	13.313	13.156	13.000	73	265.7	268.0	270.2	272.6	274.8
17	14.530	14.362	14.199	14.038	13.878	74	277.2	279.4	281.8	284.2	286.6
18	15.477	15.304	15.136	14.969	14.803	75	289.1	291.5	294.0	296.4	298.8
19	16.477	16.299	16.126	15.954	15.783	76	301.4	303.8	306.4	308.9	311.4
20	17.535	17.352	17.174	17.000	16.826	77	314.1	316.6	319.2	322.0	324.6
21	18.650	18.462	18.279	18.099	17.919	78	327.3	330.0	332.8	335.6	338.2
22	19.827	19.634	19.446	19.262	19.078	79	341.0	343.8	346.6	349.4	352.2
23	21.068	20.870	20.681	20.496	20.311	80	355.1	358.0	361.0	363.8	366.8
24	22.377	22.175	21.983	21.795	21.607	81	369.7	372.6	375.6	378.8	381.8
25	23.756	23.549	23.352	23.160	22.968	82	384.9	388.0	391.2	394.4	397.4
26	25.209	25.000	24.807	24.618	24.428	83	400.6	403.8	407.0	410.2	413.6
27	26.739	26.526	26.332	26.142	25.951	84	416.8	420.2	423.6	426.8	430.2
28	28.349	28.131	27.942	27.756	27.569	85	433.6	437.0	440.4	444.0	447.5
29	30.043	29.820	29.636	29.455	29.272	86	450.9	454.4	458.0	461.6	465.2
30	31.824	31.596	31.417	31.242	31.065	87	468.7	472.4	476.0	479.8	483.4
31	33.695	33.462	33.280	33.103	32.924	88	487.1	491.0	494.7	498.5	502.2
32	35.663	35.425	35.248	35.075	34.899	89	506.1	510.0	513.9	517.8	521.8
33	37.729	37.486	37.304	37.135	36.962	90	525.76	529.77	533.80	537.86	541.95
34	39.898	39.650	39.463	39.299	39.129	91	546.05	550.18	554.35	558.53	562.75
35	42.175	41.922	41.731	41.565	41.395	92	566.99	571.26	575.55	579.87	584.22
36	44.563	44.305	44.110	43.948	43.777	93	588.60	593.00	597.43	601.89	606.38
37	47.067	46.803	46.613	46.455	46.287	94	610.90	615.44	620.01	624.61	629.24
38	49.692	49.422	49.236	49.081	48.907	95	633.90	638.59	643.30	648.05	652.82
39	52.442	52.167	51.976	51.825	51.647	96	657.62	662.45	667.31	672.20	677.12
40	55.324	55.044	54.848	54.699	54.517	97	682.07	687.04	692.05	697.10	702.17
41	58.34	58.056	57.855	57.700	57.514	98	707.27	712.40	717.56	722.75	727.98
						99	733.24	738.53	743.85	749.20	754.58
						100	760.00	765.45	770.93	776.44	782.00
						101	787.57	793.18	798.82	804.50	810.21



# Taula 6

## VAN DER WAALS' CONSTANTS FOR GASES

(Calculated from Amagat units in Landolt-Bornstein Physical Chemical Tables)

Van der Waals' equation is an equation of state for real gases. It may be written

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT \text{ for one mole.} \quad \text{or} \quad \left(P + \frac{na}{V^2}\right)(V - nb) = nRT \text{ for } n \text{ moles.}$$

The term  $a$  is a measure of the attractive forces between the molecules. The term  $b$  is due to the finite volume of the molecules and to their general incompressibility. It is known that  $a$  and  $b$  vary to some extent with temperature.

The values for  $a$  and  $b$  in the following table are those to be used when the pressure is in atmospheres and the volume is in liters. Thus  $R$  in the above equation will be 0.08206 liter atmospheres per mole per degree.  $T$  is degrees Kelvin.

Name	Formula	$a$		$b$			
		(liters) <sup>2</sup> × atm. (mole) <sup>2</sup>	liters mole	(liters) <sup>2</sup> × atm. (mole) <sup>2</sup>	liters mole		
Acetic acid.....	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> H	17.59	0.1068	n-Hexane.....	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	24.39	0.1735
Acetic anhydride.....	(CH <sub>3</sub> CO) <sub>2</sub> O	19.90	0.1263	Hydrogen.....	H <sub>2</sub>	0.2444	0.02661
Acetone.....	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	13.91	0.0904	Hydrogen bromide.....	HBr	4.451	0.04431
Acetonitrile.....	CH <sub>3</sub> CN	17.58	0.1108	Hydrogen chloride.....	HCl	3.667	0.04081
Acetylene.....	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	4.390	0.05136	Hydrogen selenide.....	H <sub>2</sub> Se	5.268	0.04037
Ammonia.....	NH <sub>3</sub>	4.170	0.03707	Hydrogen sulfide.....	H <sub>2</sub> S	4.431	0.04287
Amyl formate.....	HCO <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	27.58	0.1730	Iodobenzene.....	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> I	33.08	0.1656
Amylene.....	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub>	15.90	0.1207	Krypton.....	Kr	2.318	0.03978
Isomylene.....	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub>	18.03	0.1405	Mercury.....	Hg	8.093	0.01696
Adipine.....	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> NH <sub>2</sub>	26.50	0.1369	Mesitylene.....	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>3</sub>	34.32	0.1979
Argon.....	A	1.345	0.03219	Methane.....	CH <sub>4</sub>	2.253	0.04278
Benzene.....	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	18.00	0.1154	Methyl acetate.....	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	15.29	0.1091
Benzonitrile.....	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CN	33.39	0.1724	Methyl alcohol.....	CH <sub>3</sub> OH	9.523	0.06702
Bromobenzene.....	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Br	28.56	0.1539	Methylamine.....	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	7.130	0.05992
n-Butane.....	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	14.47	0.1226	Methyl butyrate.....	C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> CO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	23.94	0.1569
iso-Butane.....	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	12.87	0.1142	Methyl isobutyrate.....	C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> CO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	24.50	0.1637
iso-Butyl acetate.....	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	28.50	0.1833	Methyl chloride.....	CH <sub>2</sub> Cl	7.471	0.06483
iso-Butyl alcohol.....	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	17.03	0.1143	Methyl ether.....	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O	8.073	0.07246
iso-Butyl benzene.....	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	38.59	0.2144	Methyl ethyl ether.....	CH <sub>3</sub> OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	11.95	0.09775
iso-Butyl formate.....	HCO <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	22.54	0.1476	Methyl ethyl sulfide.....	CH <sub>3</sub> SC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	19.23	0.1304
Butyronitrile.....	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> CN	25.72	0.1596	Methyl fluoride.....	CH <sub>2</sub> F	4.631	0.05284
Capronitrile.....	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> CN	34.16	0.1984	Methyl formate.....	HCO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	10.84	0.08068
Carbon dioxide.....	CO <sub>2</sub>	3.592	0.04267	Methyl propionate.....	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> CO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	19.91	0.1360
Carbon disulfide.....	CS <sub>2</sub>	11.62	0.07883	Methyl sulfide.....	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	12.87	0.09213
Carbon monoxide.....	CO	1.485	0.03985	Methyl valerate.....	C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> CO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	28.96	0.1845
Carbon oxysulfide.....	COS	3.933	0.05817	Naphthalene.....	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	39.74	0.1937
Carbon tetrachloride.....	CCl <sub>4</sub>	20.39	0.1383	Neon.....	Ne	0.2107	0.01709
Chlorine.....	Cl <sub>2</sub>	6.493	0.05822	Nitric oxide.....	NO	1.340	0.02789
Chlorobenzene.....	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	25.43	0.1453	Nitrogen.....	N <sub>2</sub>	1.390	0.03913
Chloroform.....	CHCl <sub>3</sub>	15.17	0.1022	Nitrogen dioxide.....	NO <sub>2</sub>	5.284	0.04424
m-Cresol.....	CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OH	31.38	0.1607	Nitrous oxide.....	N <sub>2</sub> O	3.782	0.04415
Cyanogen.....	C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	7.667	0.06901	n-Octane.....	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	37.32	0.2368
Cyclohexane.....	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	22.81	0.1424	Oxygen.....	O <sub>2</sub>	1.360	0.03183
Cymene.....	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	42.16	0.2336	n-Pentane.....	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	19.01	0.1460
Decane.....	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	48.55	0.2905	iso-Pentane.....	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	18.05	0.1417
Di-isobutyl.....	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	34.97	0.2296	Phenol.....	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	35.16	0.1983
Diethylamine.....	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	19.15	0.1392	Phenolph. ....	Ph <sub>3</sub>	4.631	0.05156
Dimethylamine.....	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH	10.38	0.08570	Phosphonium chloride.....	PH <sub>4</sub> Cl	4.054	0.04545
Dimethylaniline.....	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	37.49	0.1970	Phosphorus.....	P	52.94	0.1566
Diphenyl.....	(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub>	32.79	0.2480	Propane.....	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	8.664	0.08445
Diphenyl methane.....	(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>	39.20	0.2240	Propionic acid.....	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CO <sub>2</sub> H	20.11	0.1187
Dipropylamine.....	(C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> NH	27.72	0.1820	Propionitrile.....	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CN	18.44	0.1064
Di-isopropyl.....	(C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>2</sub>	23.13	0.1669	Propyl acetate.....	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	24.63	0.1619
Durene.....	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	45.32	0.2424	Propyl alcohol.....	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	14.92	0.1019
Ethane.....	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	5.489	0.06380	Propylamine.....	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NH <sub>2</sub>	14.99	0.1090
Ethyl acetate.....	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	20.45	0.1412	Propyl benzene.....	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	35.85	0.2028
Ethyl alcohol.....	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	12.02	0.08407	iso-Propyl benzene.....	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	35.64	0.2025
Ethylamine.....	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	10.60	0.08409	Propyl chloride.....	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> Cl	15.91	0.1141
Ethyl benzene.....	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	28.60	0.1667	Propyl formate.....	HCO <sub>2</sub> C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	18.95	0.1280
Ethyl butyrate.....	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> CO <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	30.07	0.1919	Propylene.....	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	8.379	0.08272
Ethyl isobutyrate.....	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> CO <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	28.87	0.1894	Pseudo-cumene.....	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	36.61	0.2021
Ethyl chloride.....	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	10.91	0.08651	Silicon fluoride.....	SiF <sub>4</sub>	4.195	0.05571
Ethyl ether.....	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O	17.38	0.1344	Silicon tetrachloride.....	SiCl <sub>4</sub>	4.320	0.05786
Ethyl formate.....	HCO <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	14.80	0.1056	Stannic chloride.....	SnCl <sub>4</sub>	26.91	0.1642
Ethyl mercaptan.....	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	11.24	0.08098	Sulfur dioxide.....	SO <sub>2</sub>	6.714	0.05836
Ethyl propionate.....	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CO <sub>2</sub> C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	24.39	0.1615	Thiophene.....	C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S	20.72	0.1270
Ethyl sulfide.....	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S	18.75	0.1214	Toluene.....	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	24.06	0.1463
Ethylene.....	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	4.471	0.05714	Triethylamine.....	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> N	27.17	0.1831
Ethylene bromide.....	(CH <sub>2</sub> Br) <sub>2</sub>	13.98	0.08684	Trimethylamine.....	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	13.02	0.1084
Ethylene chloride.....	(CH <sub>2</sub> Cl) <sub>2</sub>	16.91	0.1086	Xenon.....	Xe	4.194	0.05105
Ethylene chloride.....	CH <sub>2</sub> CHCl <sub>2</sub>	15.50	0.1073	m-Xylene.....	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	30.36	0.1772
Fluorobenzene.....	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> F	19.93	0.1284	o-Xylene.....	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	29.98	0.1755
Germanium tetrachloride.....	GeCl <sub>4</sub>	22.60	0.1485	p-Xylene.....	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	30.93	0.1809
Helium.....	He	0.03412	0.02370	Water.....	H <sub>2</sub> O	5.464	0.03049
n-Heptane.....	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	31.51	0.2065				

### VAN DER WAALS' RADII IN Å

	N	O	H
	1.5	1.40	1.2
	P	S	F
	1.9	1.85	1.35
	As	Se	Cl
	2.0	2.00	1.80
	Sb	Te	Br
	2.2	2.20	1.95
			I
			2.15

Methyl group CH<sub>3</sub> and methylene CH<sub>2</sub>: 1.8. Half thickness of aromatic nucleus 1.55.