

*Welcome to 3.091*

**Lecture 24**

**November 8, 2004**

ANNALEN  
DER  
P H Y S I K  
UND  
C H E M I E.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

VIER UND NEUNZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND SIEBZIGSTER.

170

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN UND ZWEI STEINDRUCKTAFELN.

LEIPZIG, 1855.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIVS BARTH.

Phänomene des Niederschlags, besonders Richtung und Intensität des Windes genau bestimmt werden.

Die Vertheilung der Regenmenge in der jährlichen Periode ist daher in verschiedenen Gegenden sehr verschieden; sie kann aber auch in entfernten Localitäten der Zeit nach dieselbe werden, obgleich ihrem Ursprung nach äußerst verschieden seyn. Ohne Berücksichtigung dieser Bedingungen quantitativ Gleiches in graphischen Darstellungen unter einander verbinden, erschwert das Verständniß, statt es zu fördern.

(Hier folgt die Tabelle.)

IV. Ueber Diffusion; von Dr. Adolf Fick,

Prosector in Zürich.

Die Hydrodiffusion durch Membranen dürfte billig nicht bloß als einer der Elementarfactoren des organischen Lebens sondern auch als ein an sich höchst interessanter physikalischer Vorgang weit mehr Aufmerksamkeit der Physiker in Anspruch nehmen als ihr bisher zu Theil geworden ist. Wir besitzen nämlich eigentlich erst vier Untersuchungen, von Brücke <sup>1)</sup>, Jolly <sup>2)</sup>, Ludwig <sup>3)</sup> und Cloetta <sup>4)</sup> über diesen Gegenstand, die seine Erkenntniß um einen Schritt weiter gefördert haben. Vielleicht ist der Grund dieser spärlichen Bearbeitung zum Theil in der großen Schwierigkeit zu suchen, auf diesem Felde genaue quantitative Versuche anzustellen. Und in der That ist diese so groß, daß es mir trotz andauernder Bemühungen noch nicht hat gelingen wollen, den Streit der Theorien zu

1) Pogg. Ann. Bd. 58, S. 77.

2) Zeitschrift für rationelle Medicin, auch d. Ann. Bd. 78, S. 261.

3) Ibidem, auch d. Ann. Bd. 78, S. 307.

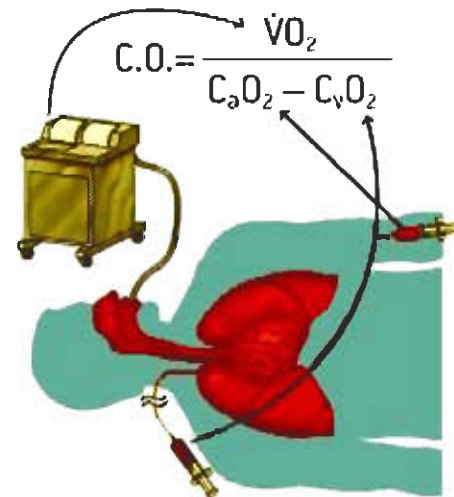
4) Diffusionsversuche durch Membranen mit zwei Salzen. Zürich 1851.

## The Fick Principle

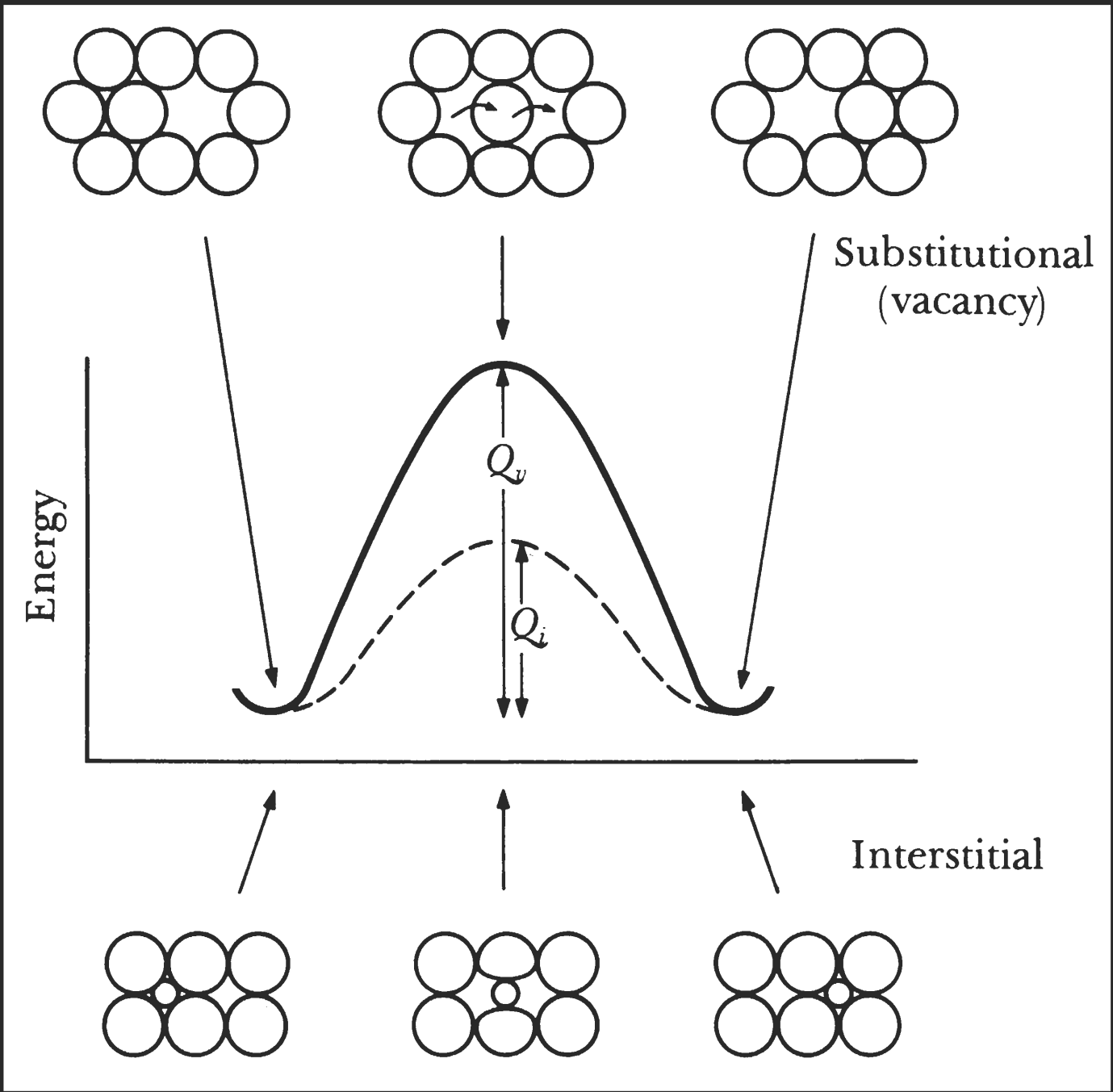
Adolf Fick in 1870 described the first known technique for measuring cardiac output in humans, but never actually made the measurement himself. Fick postulated that the amount of oxygen picked up by the blood as it passes through the lungs must be equal to the amount of oxygen taken up by the patient's lungs during breathing. If one could measure the amount of oxygen taken up by the body during respiration and the difference in oxygen concentration between venous and arterial blood, then the amount of blood pumped through the lungs could be calculated and is equal to the cardiac output. The amount of oxygen uptake can be measured non-invasively at the mouth, while the blood concentrations can be measured from mixed venous and peripheral arterial blood drawings. The Fick principle can also be applied with CO<sub>2</sub> instead of oxygen, and is sometimes used since it is easier to accurately measure CO<sub>2</sub> elimination (CO<sub>2</sub>) than O<sub>2</sub> uptake.

While the conventional Fick method is considered to be a gold standard, its practical application is limited since it does require insertion of a catheter into the right heart for invasive blood samples. This limitation has led to the development of rebreathing techniques, which apply the CO<sub>2</sub> Fick Principle to measure cardiac output non-invasively. The two variations of this method, total rebreathing and partial rebreathing, either indirectly measure or eliminate the need to measure arterial and venous CO<sub>2</sub> levels.

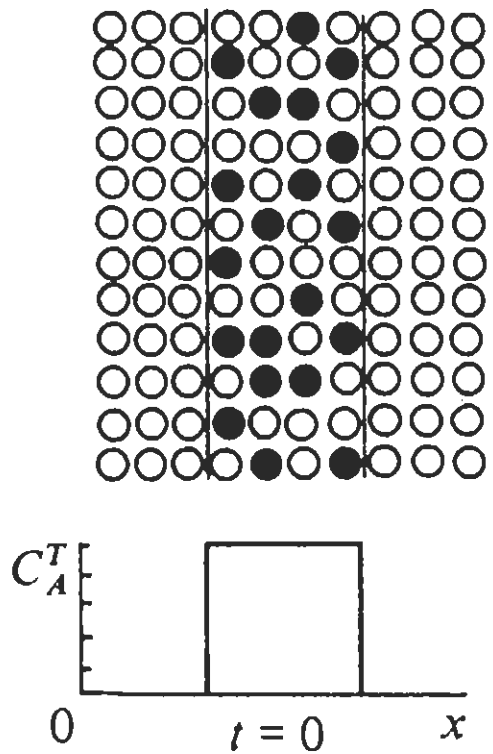
### Direct O<sub>2</sub> Fick (The Gold Standard)



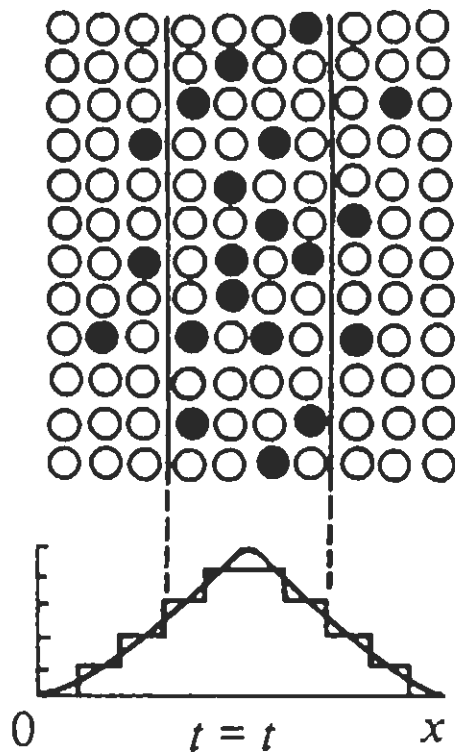
- $\dot{V}O_2$  measured by metabolic cart.
- $C_aO_2$  calculated from arterial blood gas analysis.
- $C_vO_2$  calculated from mixed venous blood gas analysis.
- Intrapulmonary shunt included in the measurement.



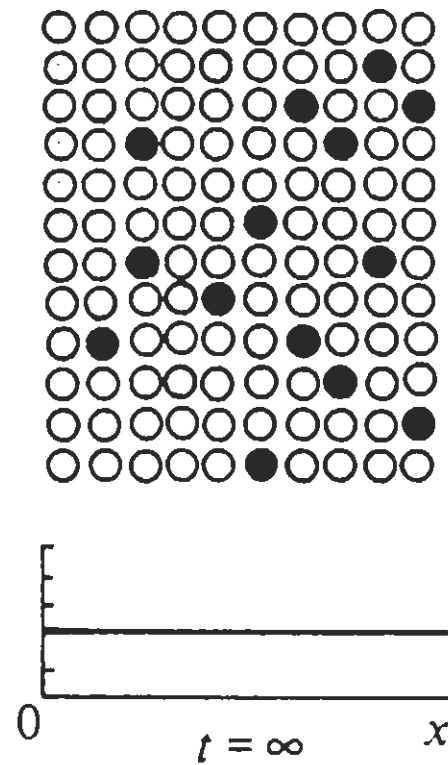
Concentration of  
radioactive atoms



(a)

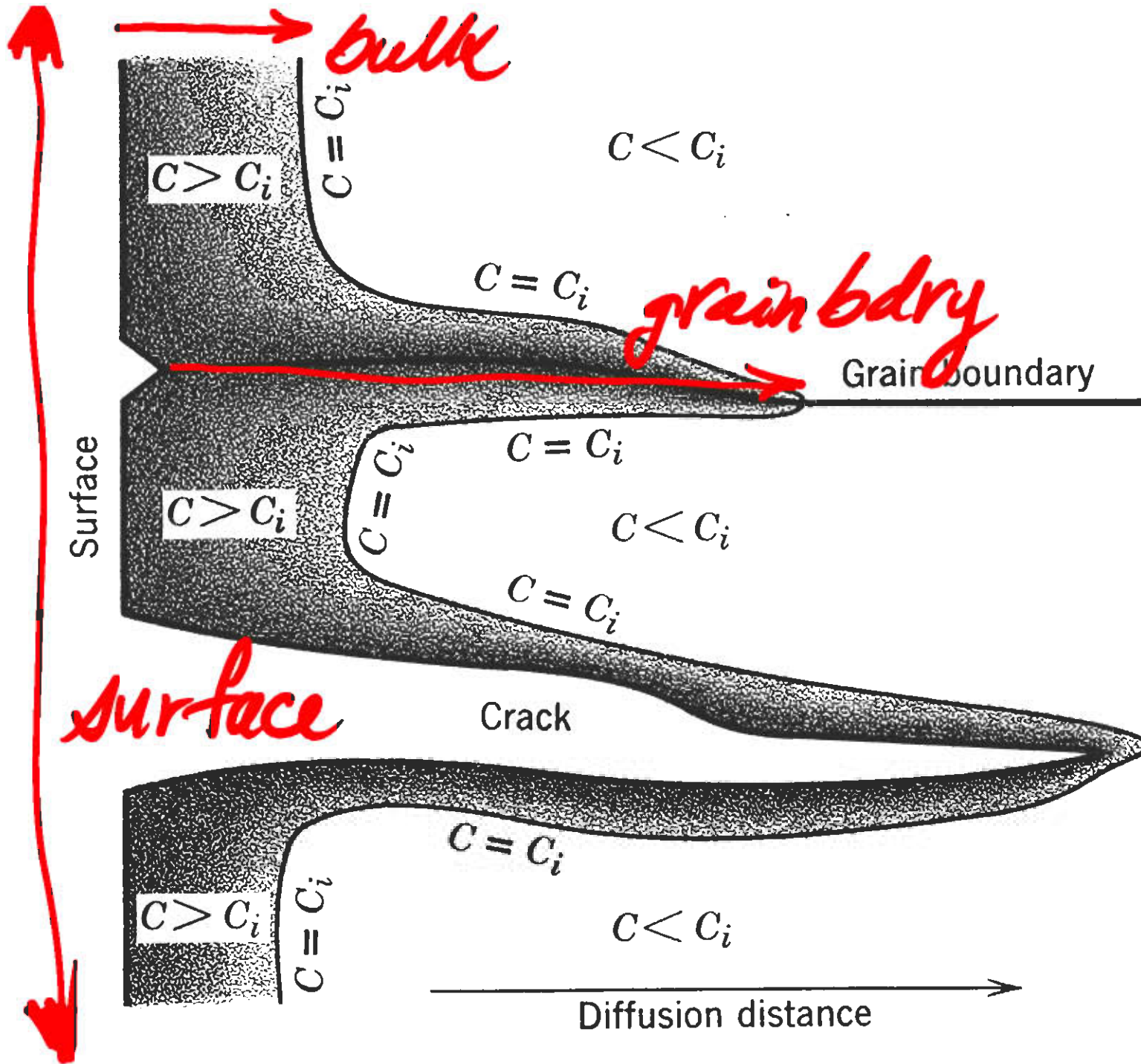


(b)



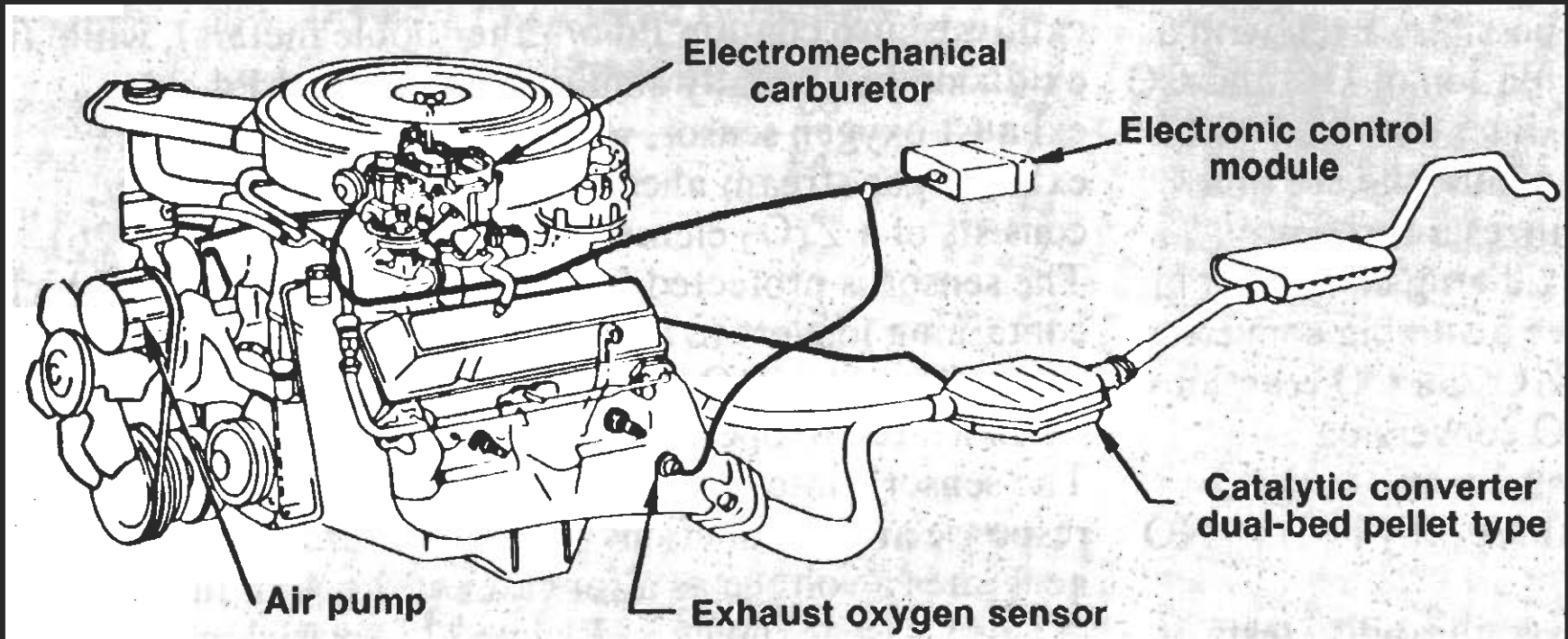
(c)

- $A$  normal atom
- $A$  radioactive atom

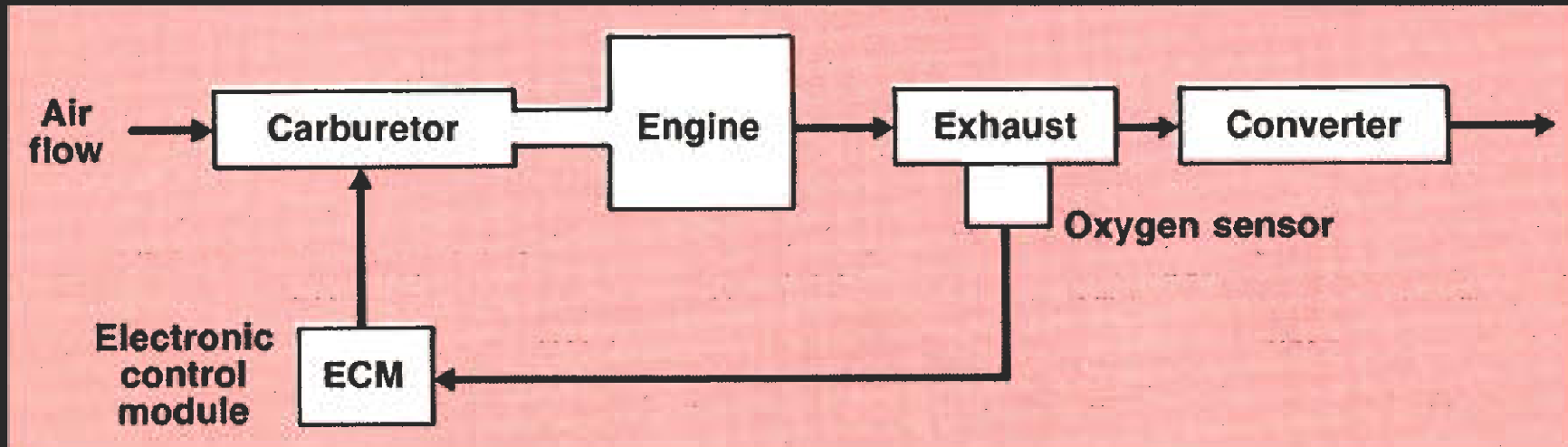


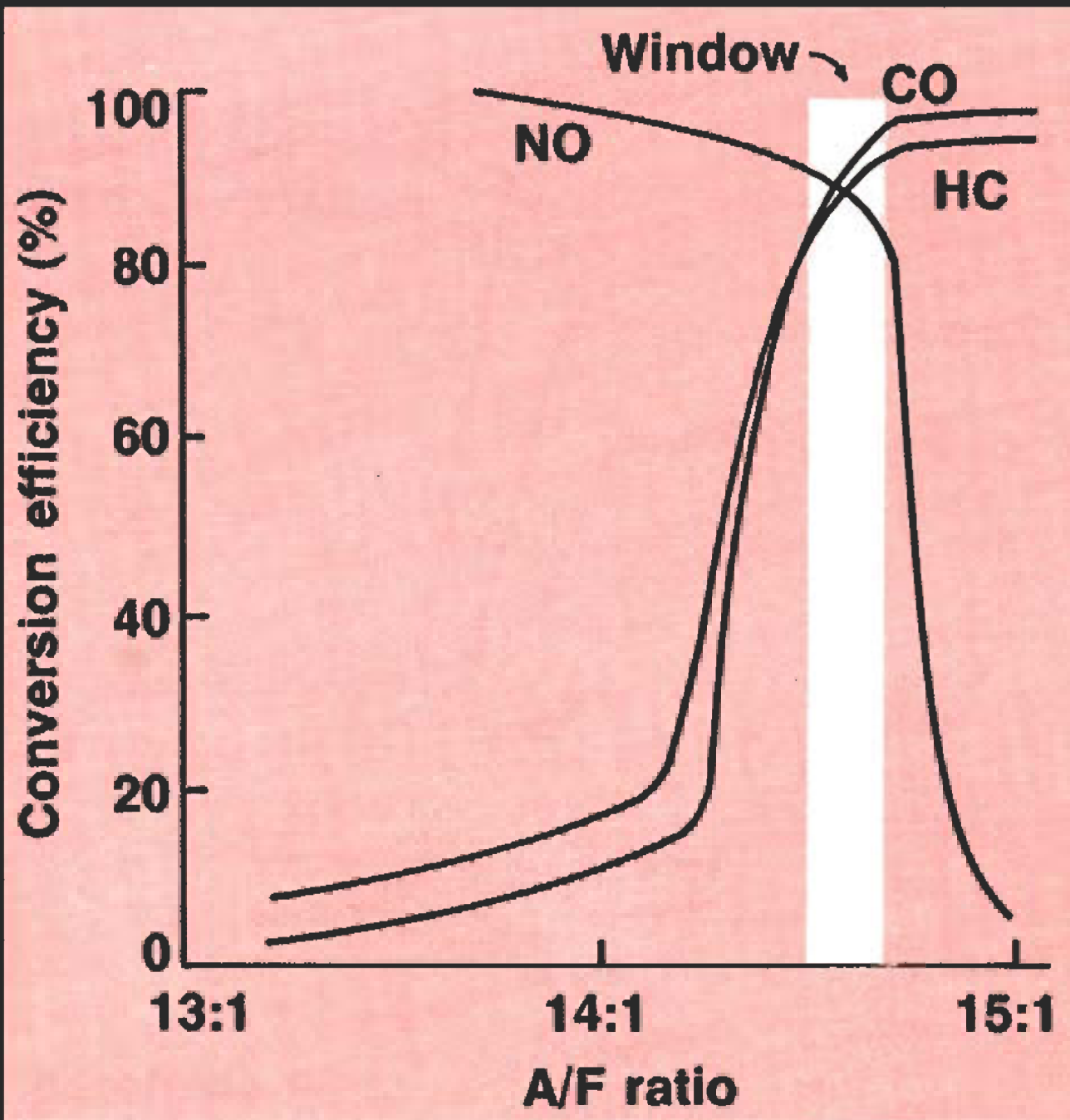
**Table 5.1 Tabulation of Error Function Values**

<i>z</i>	<i>erf(z)</i>	<i>z</i>	<i>erf(z)</i>	<i>z</i>	<i>erf(z)</i>
0	0	0.55	0.5633	1.3	0.9340
0.025	0.0282	0.60	0.6039	1.4	0.9523
0.05	0.0564	0.65	0.6420	1.5	0.9661
0.10	0.1125	0.70	0.6778	1.6	0.9763
0.15	0.1680	0.75	0.7112	1.7	0.9838
0.20	0.2227	0.80	0.7421	1.8	0.9891
0.25	0.2763	0.85	0.7707	1.9	0.9928
0.30	0.3286	0.90	0.7970	2.0	0.9953
0.35	0.3794	0.95	0.8209	2.2	0.9981
0.40	0.4284	1.0	0.8427	2.4	0.9993
0.45	0.4755	1.1	0.8802	2.6	0.9998
0.50	0.5205	1.2	0.9103	2.8	0.9999





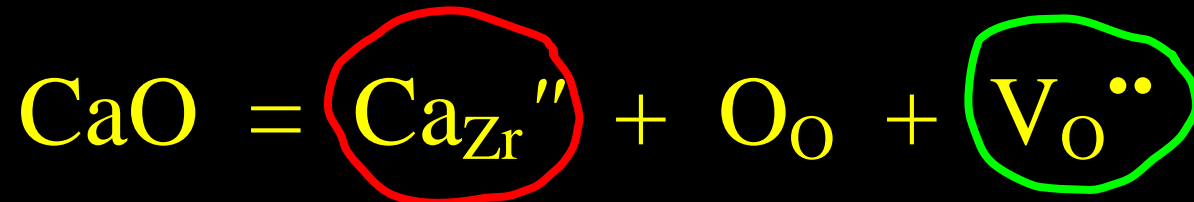




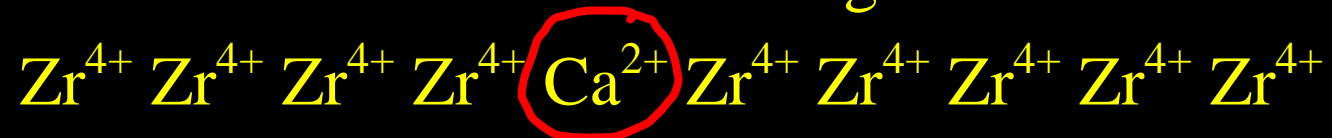
# oxygen sensors in automobiles:

ZrO<sub>2</sub> doped with subvalent oxides

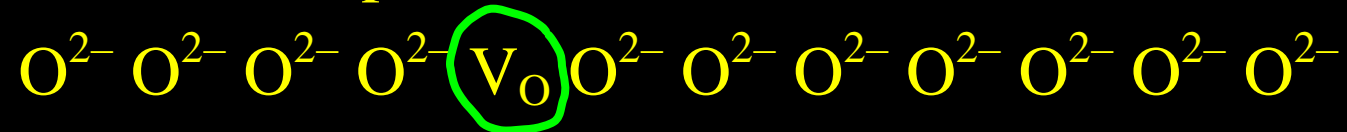
- \* stabilizes the cubic crystal structure at low T
- \* creates oxygen vacancies



Ca<sup>2+</sup> on a Zr<sup>4+</sup> site can be viewed as “negative”



V<sub>O</sub> can be viewed as “positive”



∴ V<sub>O</sub> compensates for local charge imbalance on Zr sublattice

⇒ higher [V<sub>O</sub>] means higher D<sub>O</sub>

