

*Welcome to 3.091*

Lecture 24

November 6, 2009

Diffusion

ANNALEN  
DER  
PHYSIK  
UND  
CHEMIE.

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 AMBROSIOUS 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.

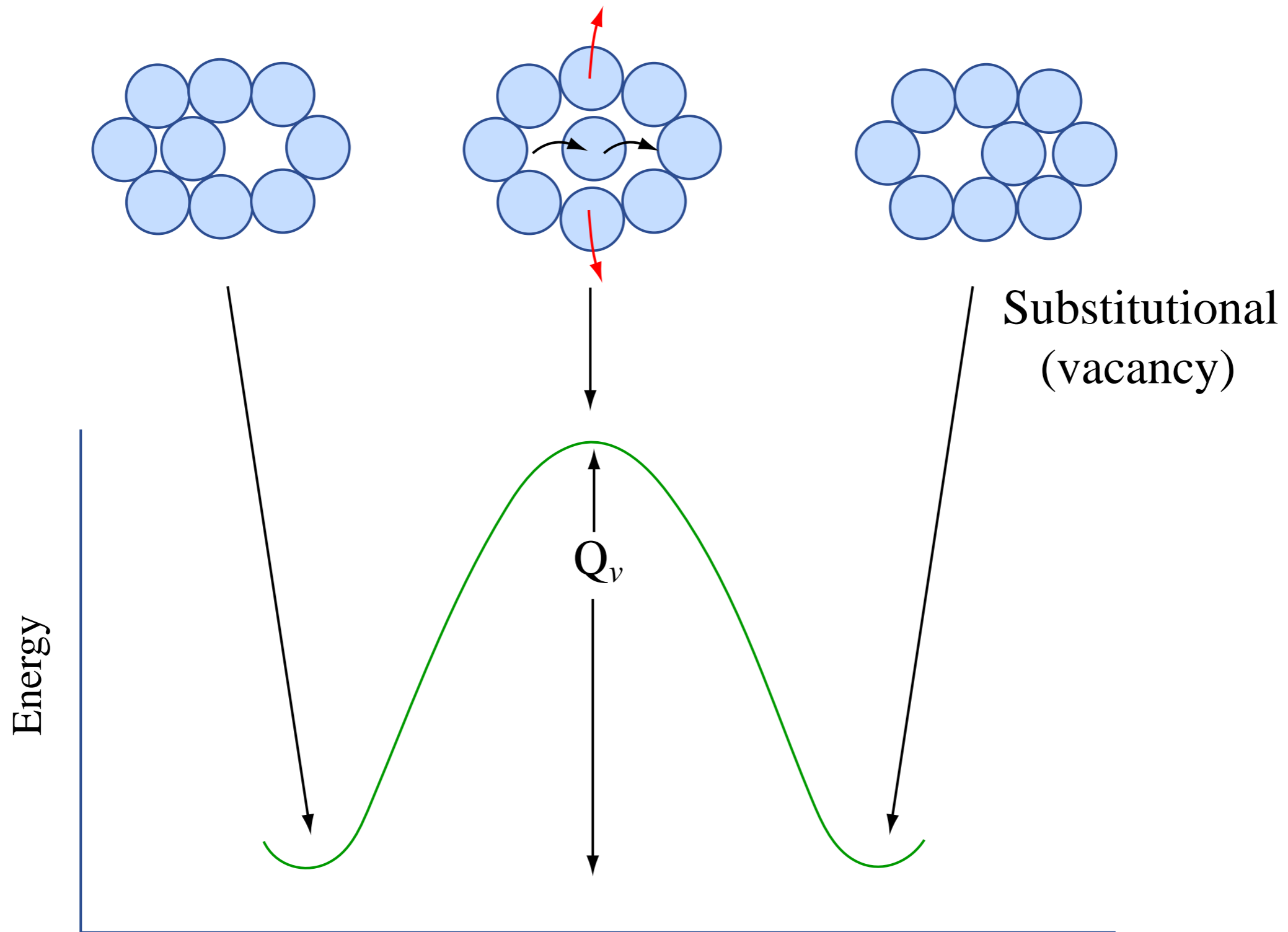
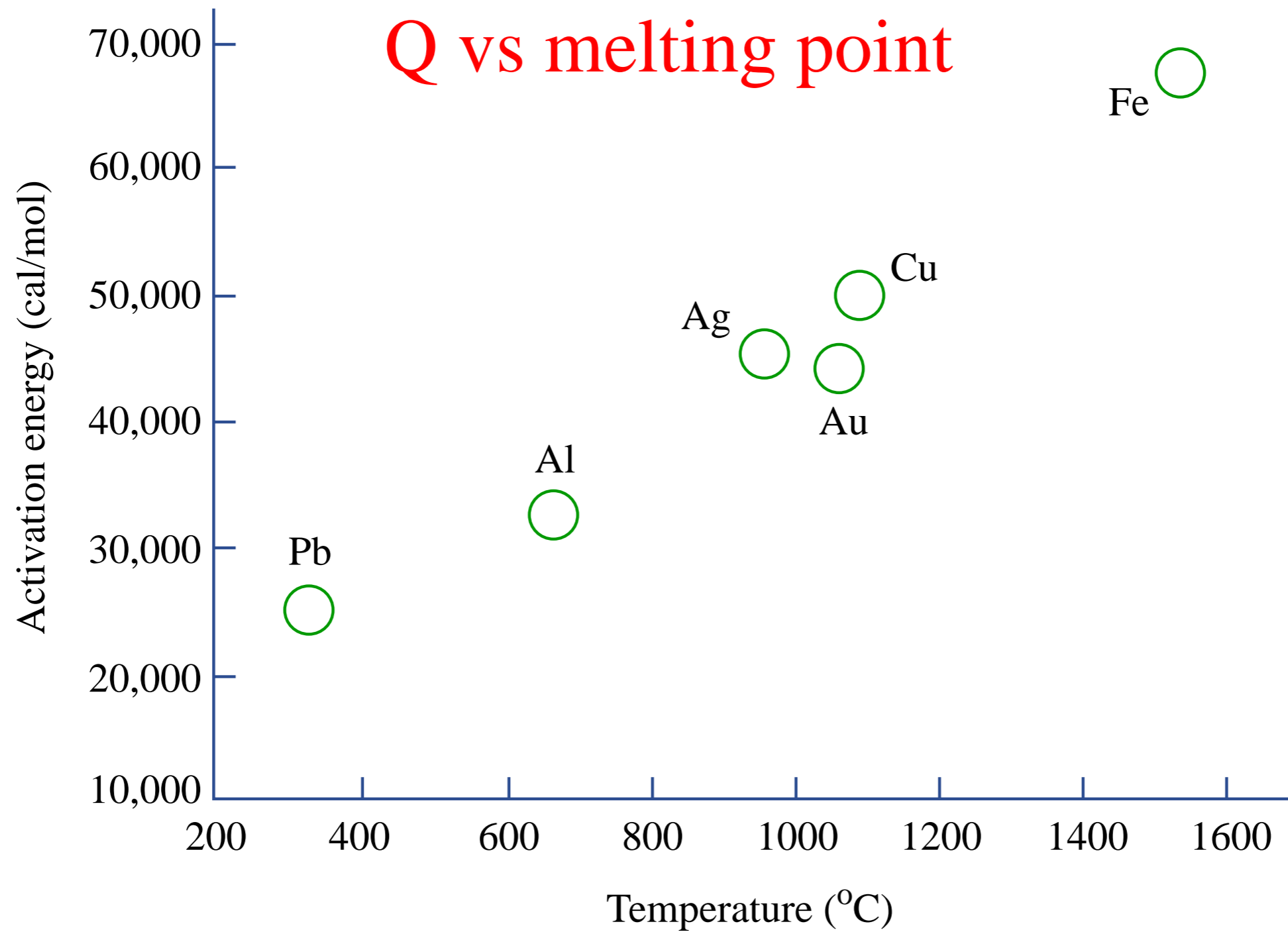
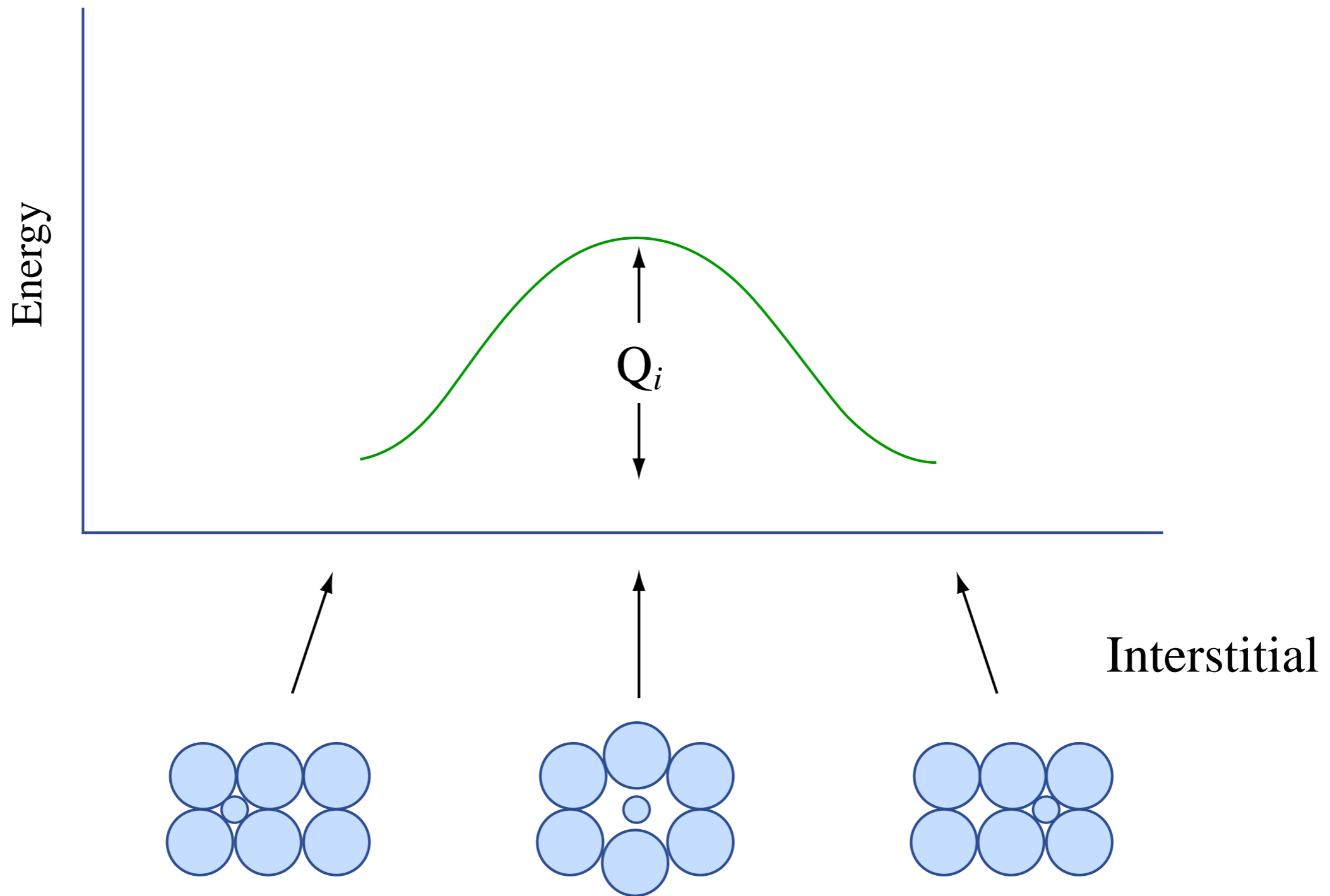
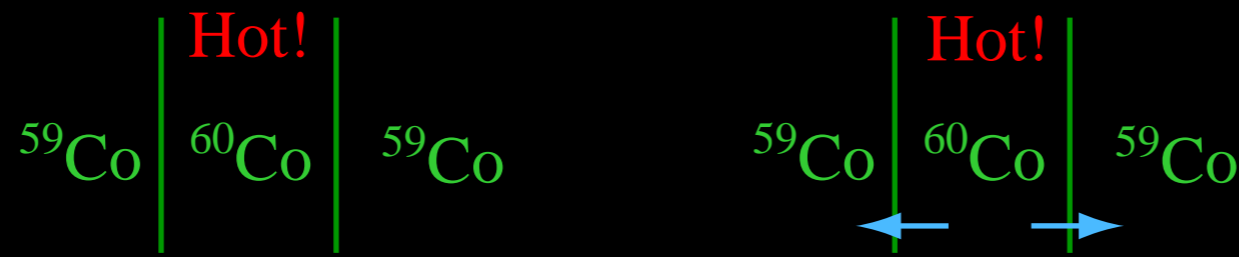


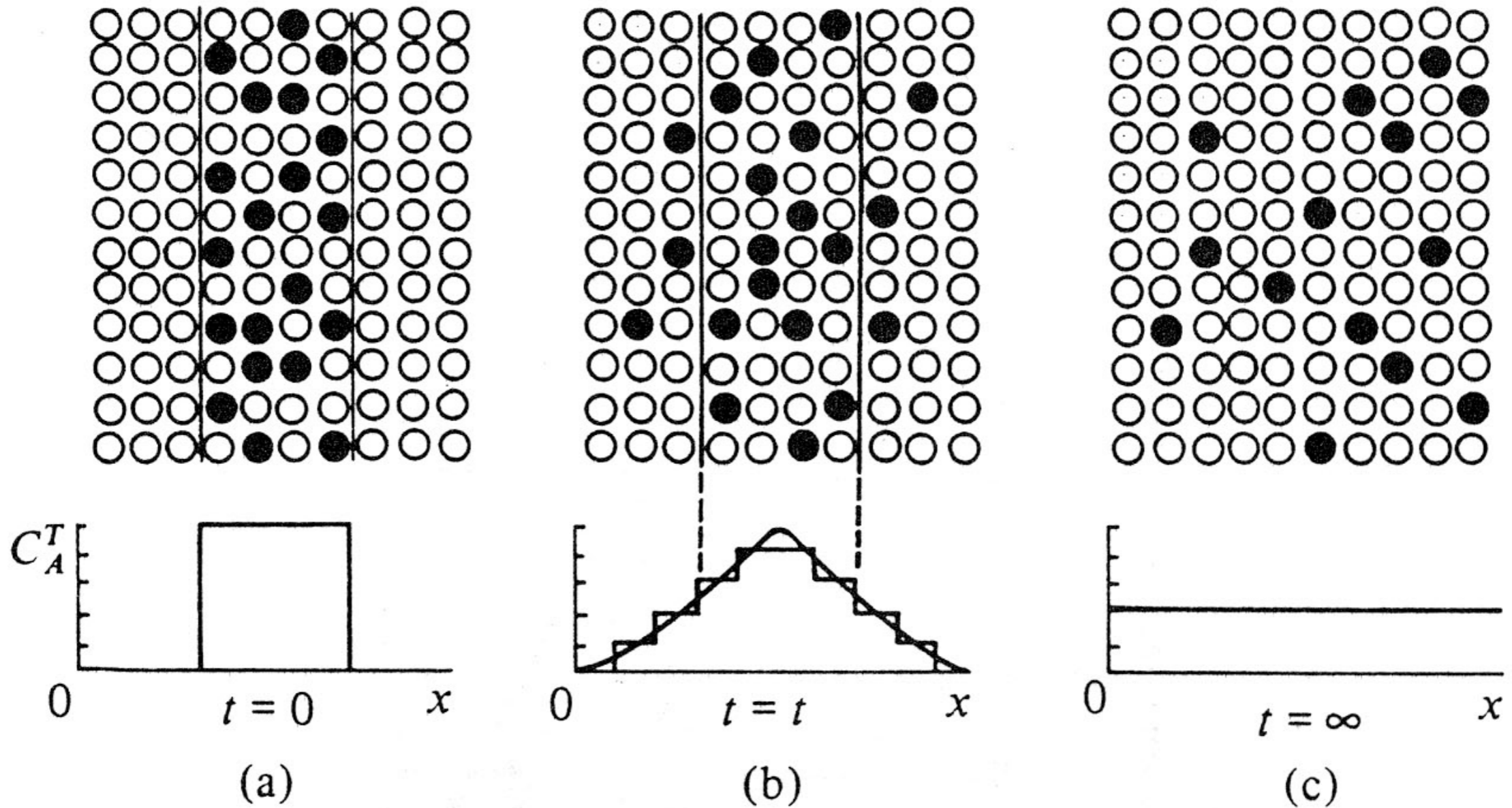
Image by MIT OpenCourseWare. Adapted from Fig. 5-4 in Askeland, Donald R. *The Science and Engineering of Materials*. 2nd ed. Boston, MA: PWS-Kent, 1989. ISBN: 0534916570.







Concentration of radioactive atoms



- A normal atom
- A radioactive atom

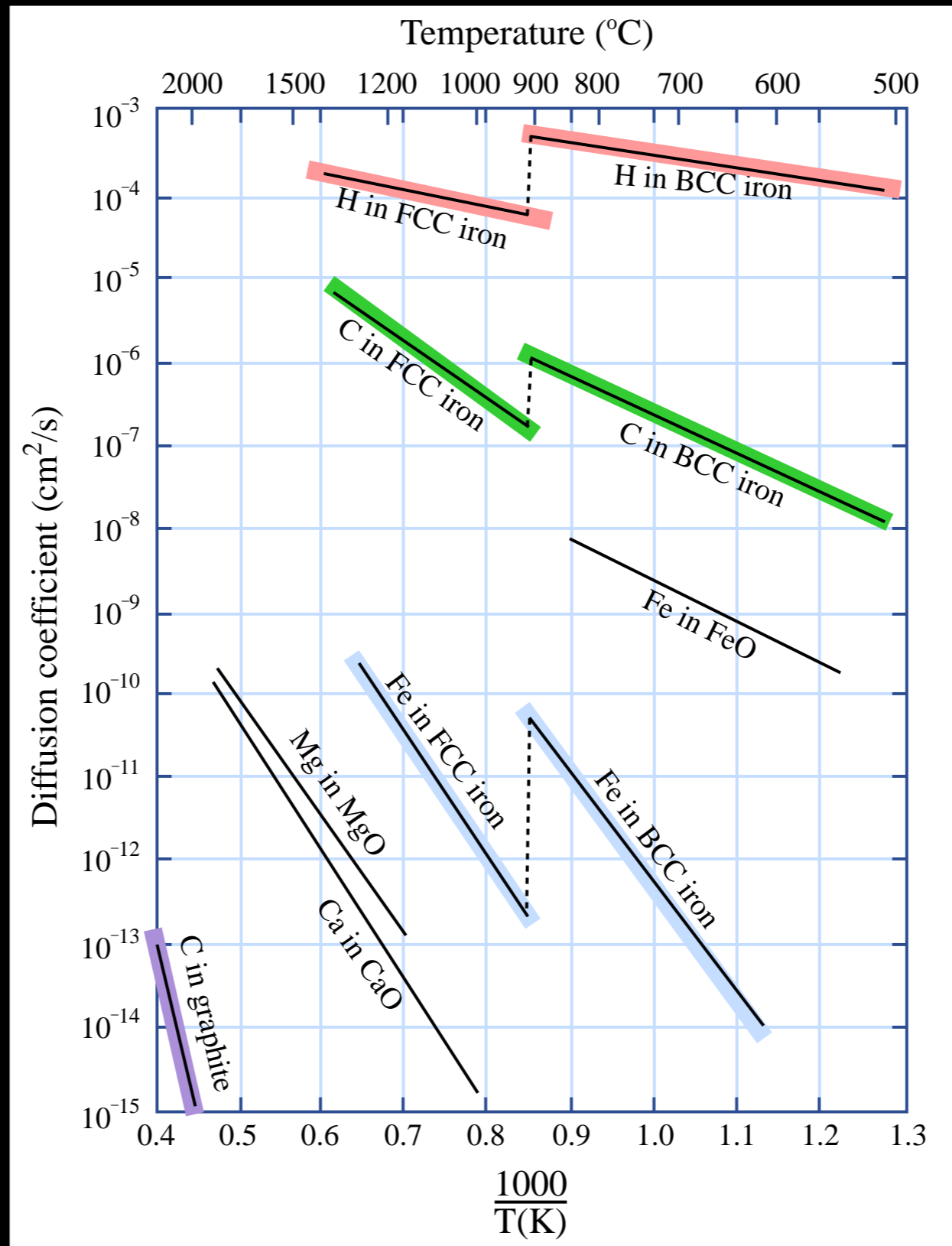
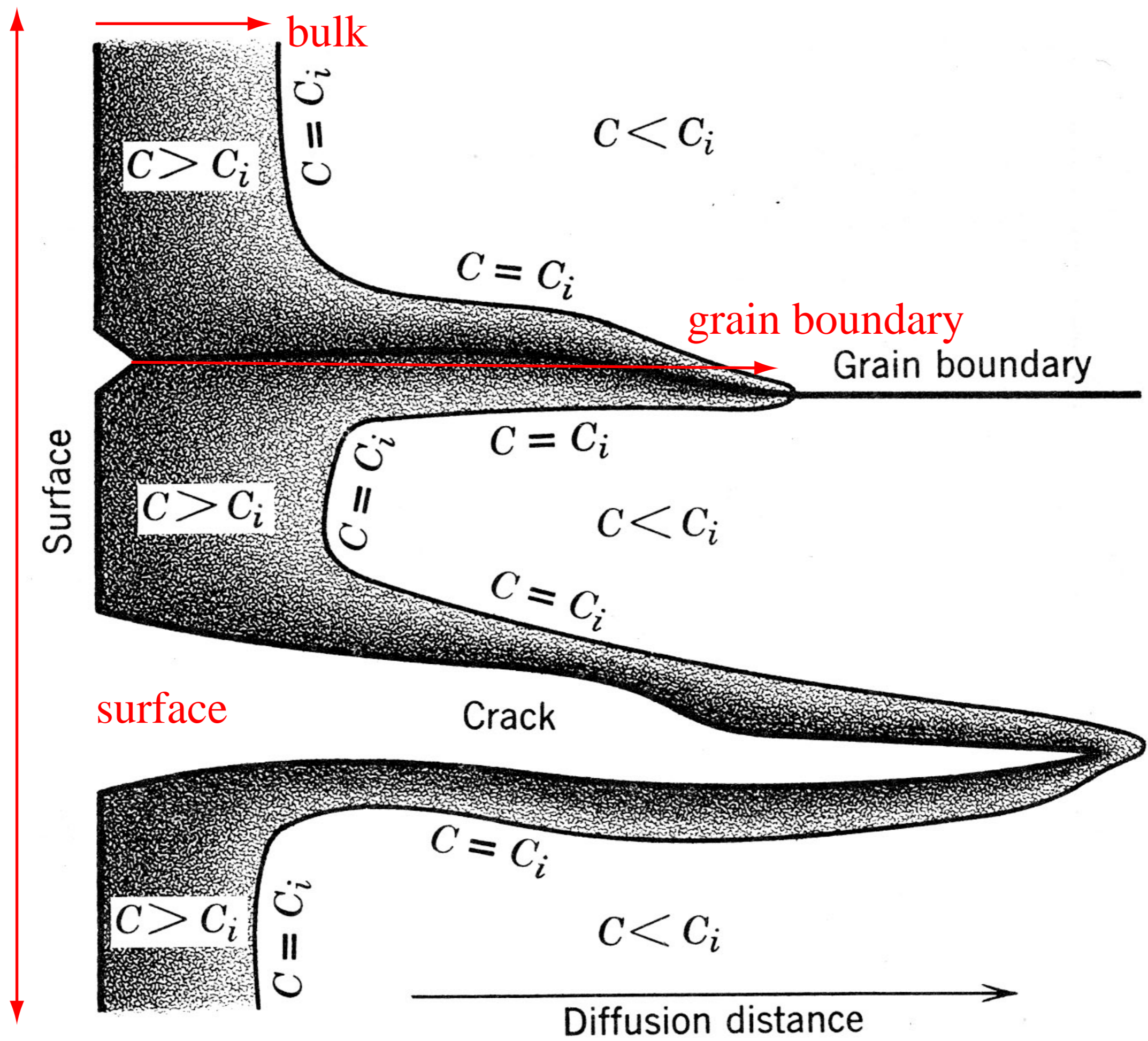
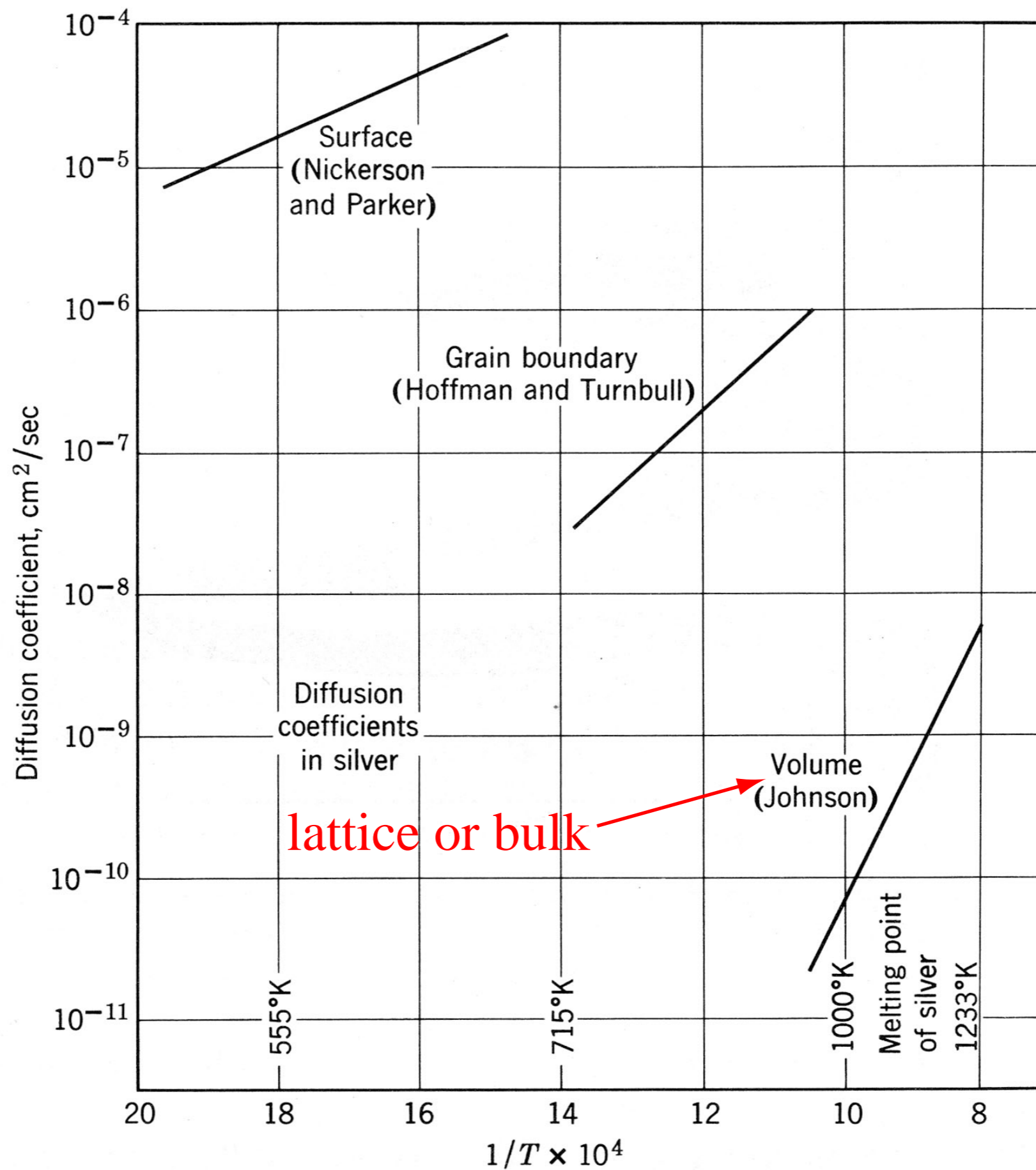


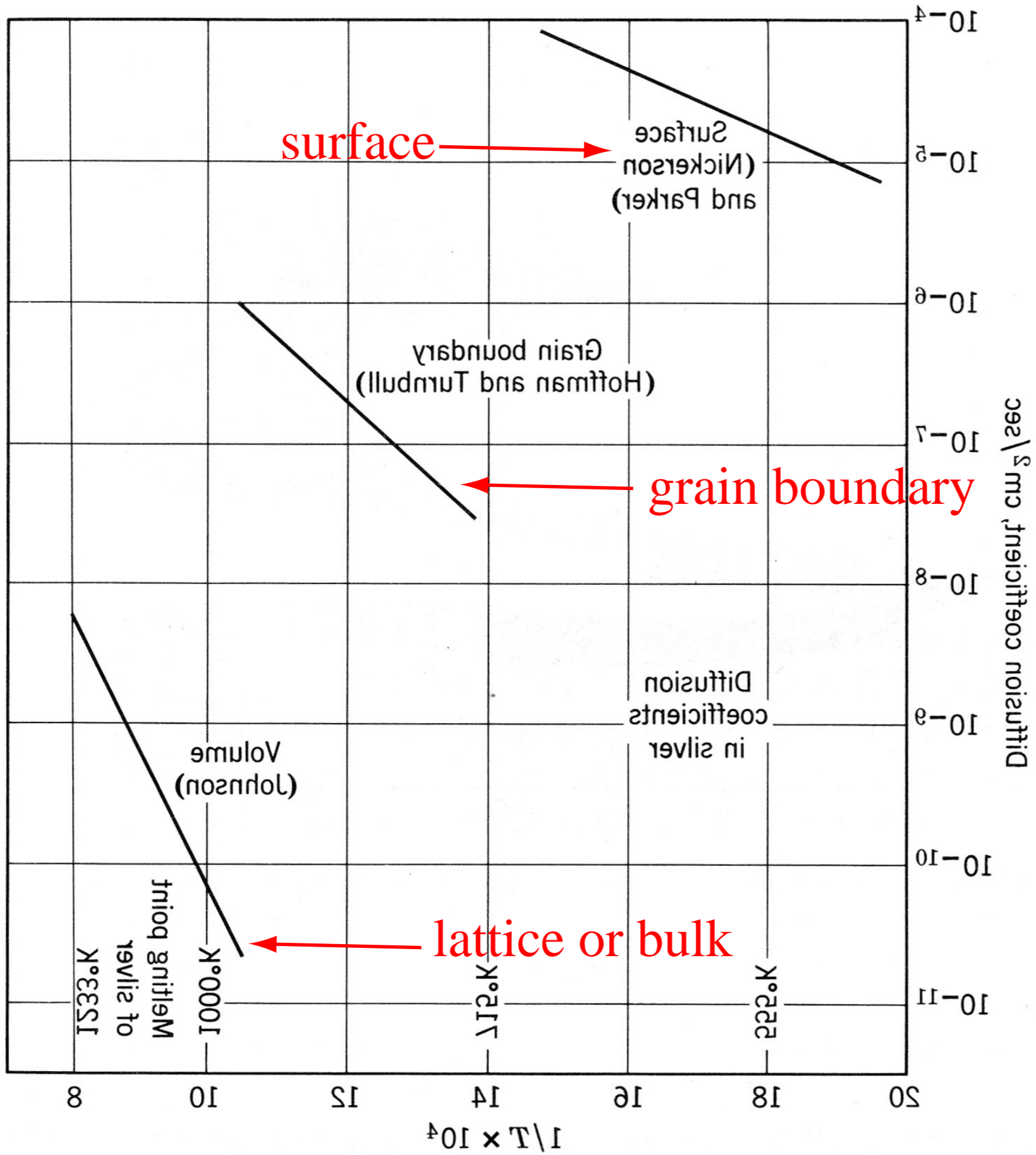
Image by MIT OpenCourseWare. Adapted from Fig. 5-7 in Askeland, Donald R. *The Science and Engineering of Materials*. 2nd ed. Boston, MA: PWS-Kent, 1989. ISBN: 0534916570.





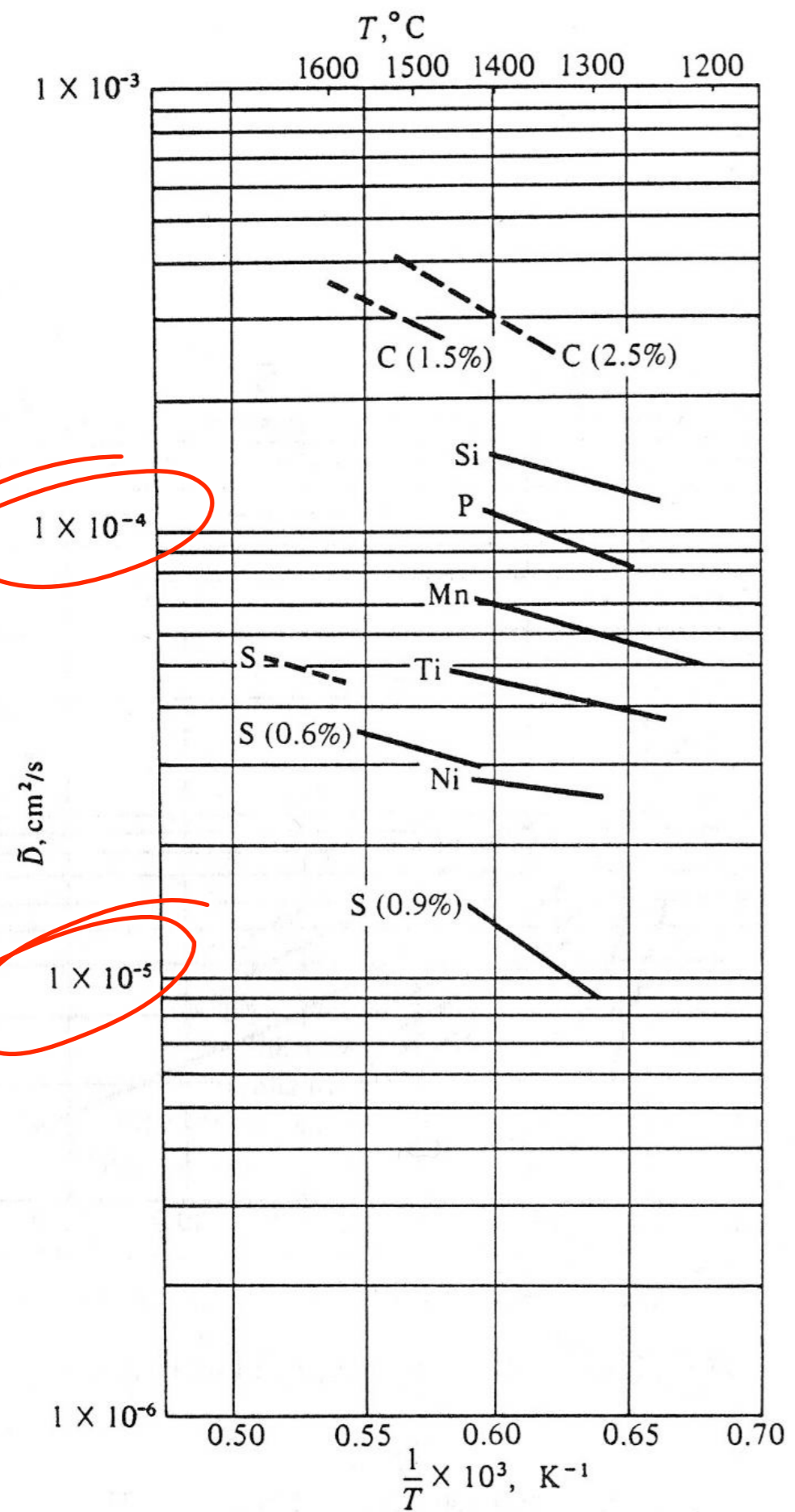


$\log_{10} D$



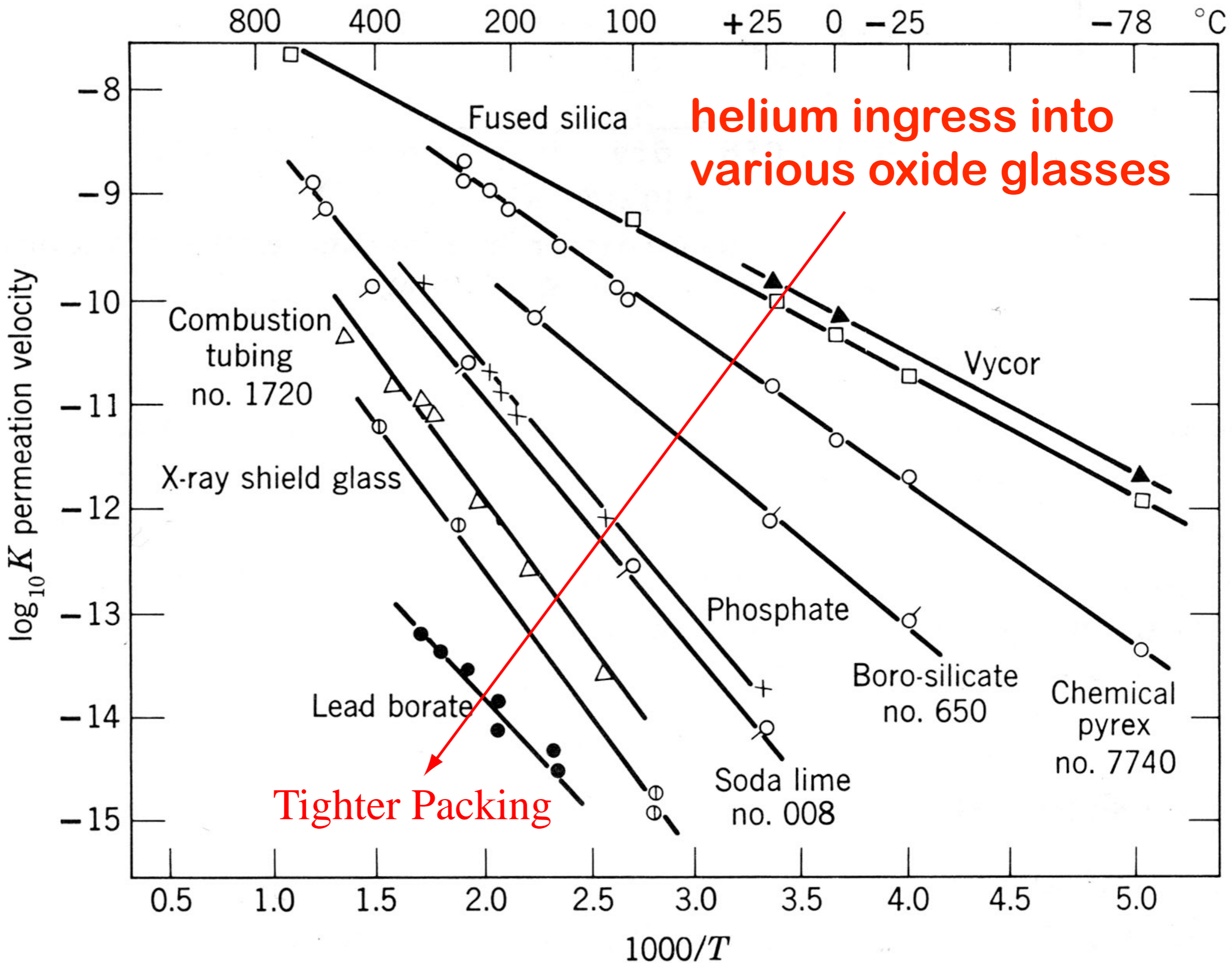
$1/T$

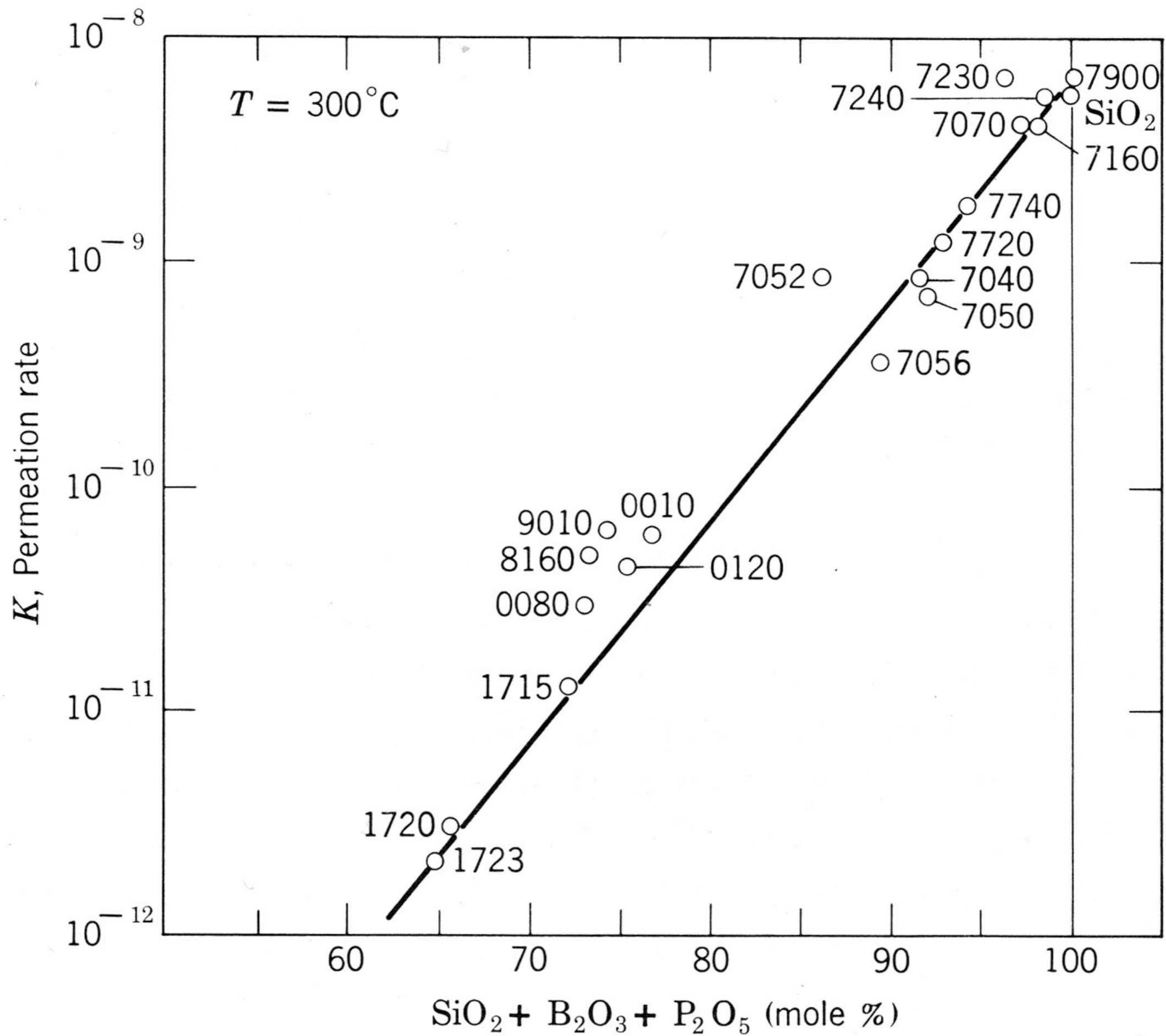
Courtesy of John Wiley & Sons. Used with permission.



# diffusion in molten ferrous alloys

Courtesy of The Minerals, Metals, and Materials Society. Used with permission.

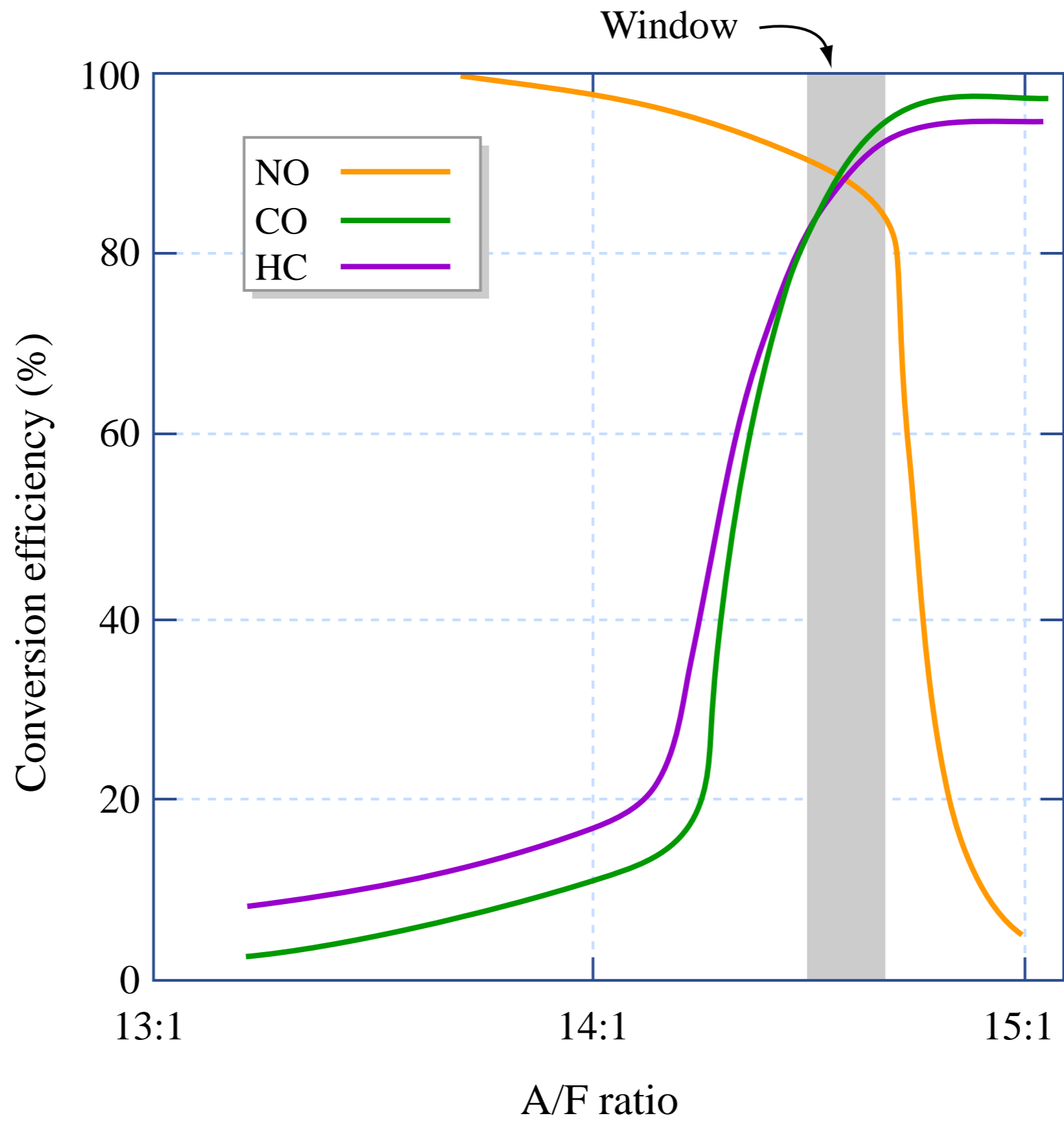




**Table 5.1 Tabulation of Error Function Values**

$z$	$erf(z)$	$z$	$erf(z)$	$z$	$erf(z)$
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

Courtesy of John Wiley & Sons. Used with permission.



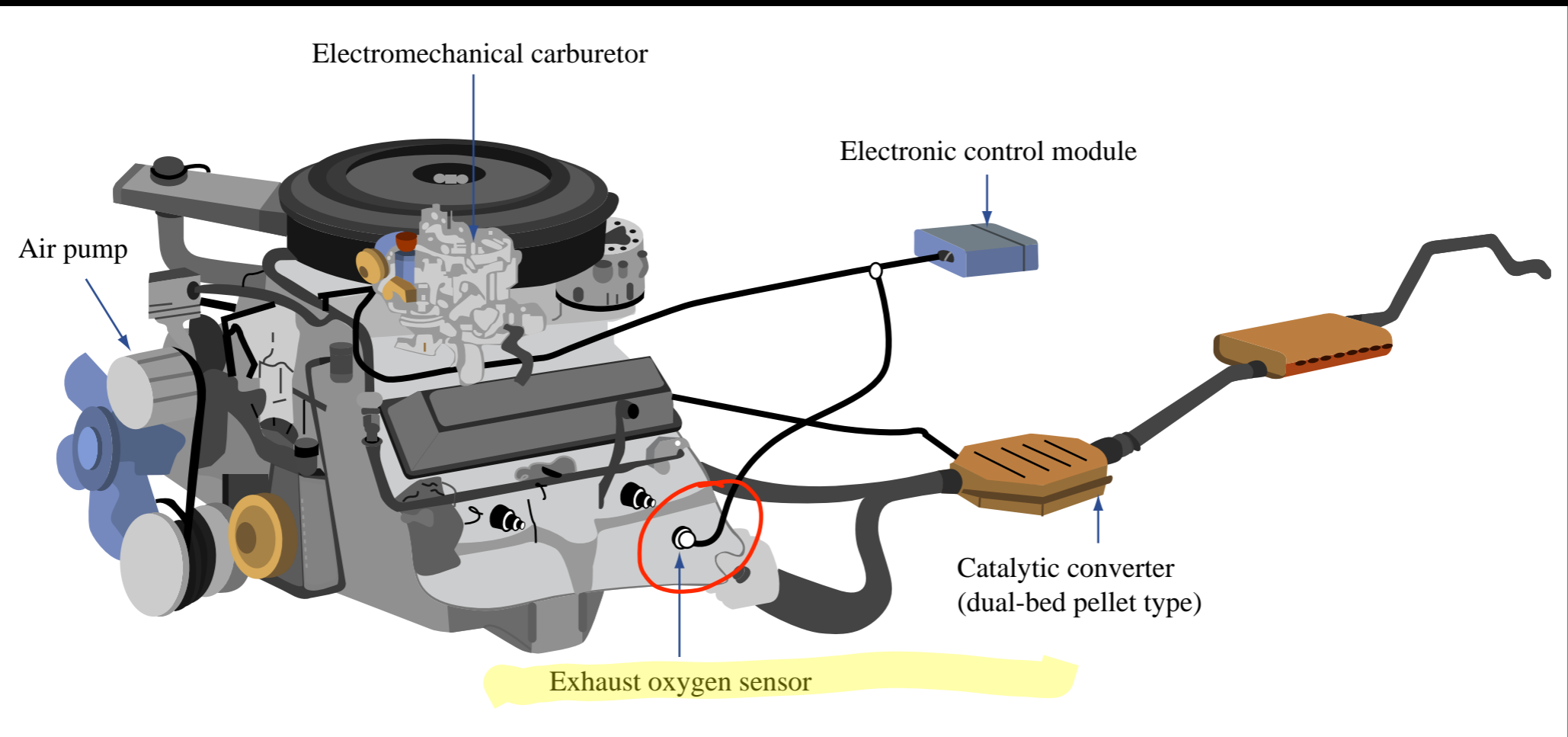
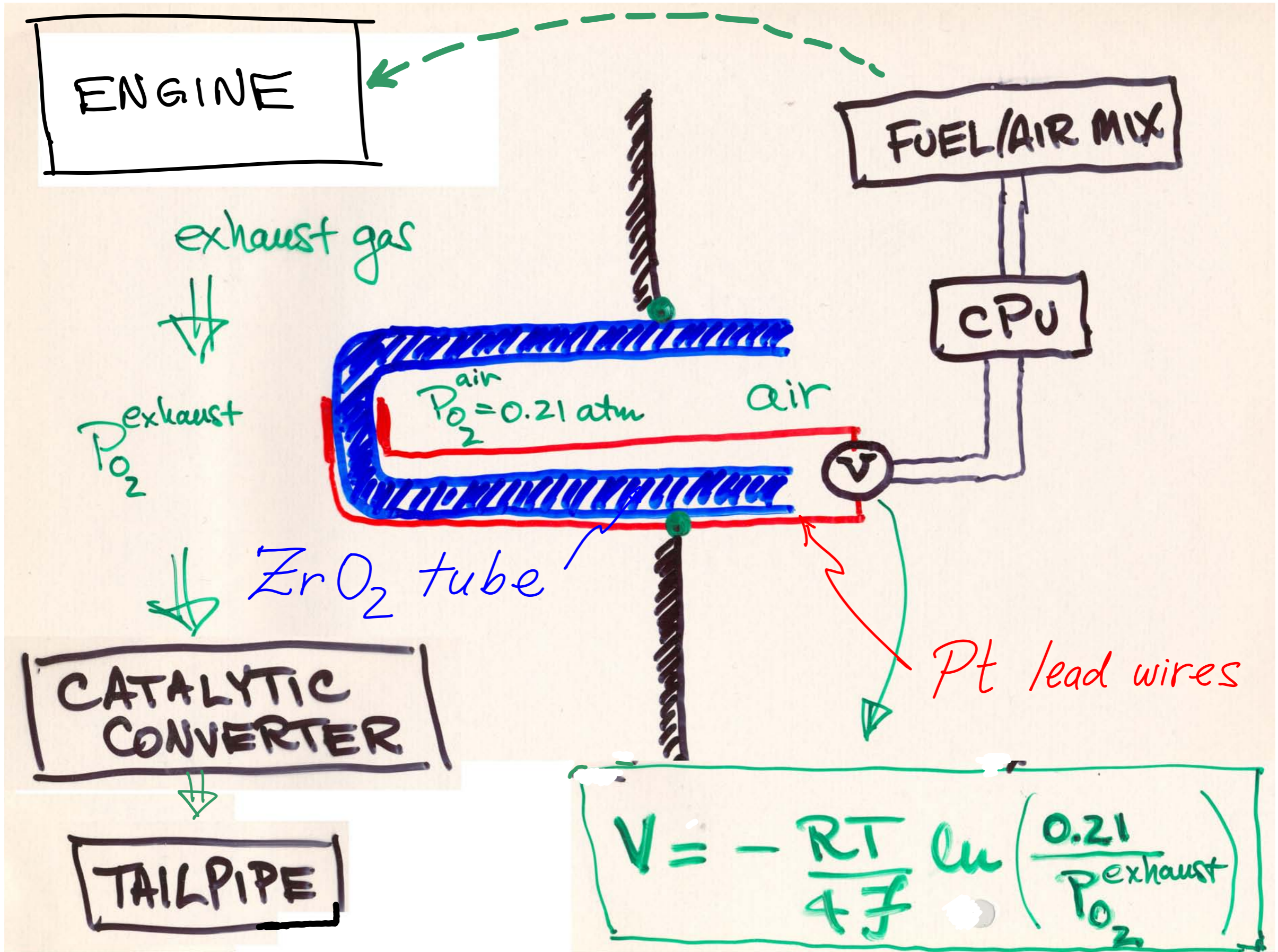


Image by MIT OpenCourseWare.



# How an Oxygen Sensor Works



# oxygen sensors in automobiles:

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

- \* stabilizes the cubic crystal structure at low T

- \* creates oxygen vacancies

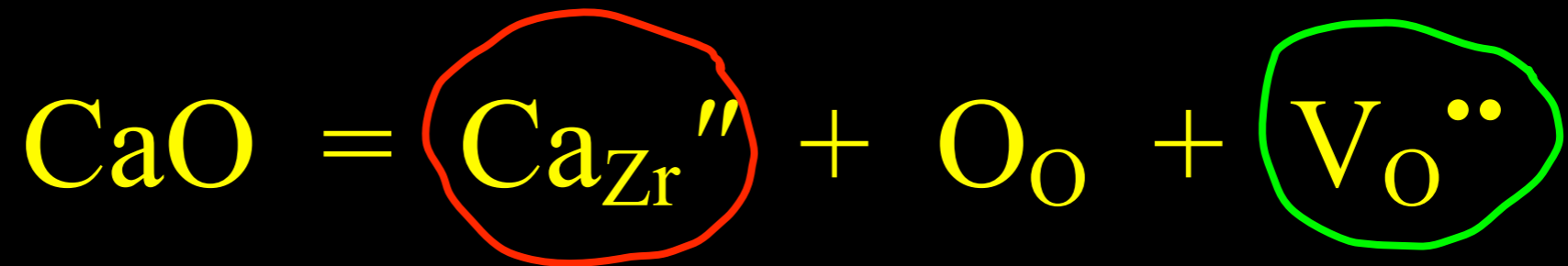
- \* faster diffusion of oxygen

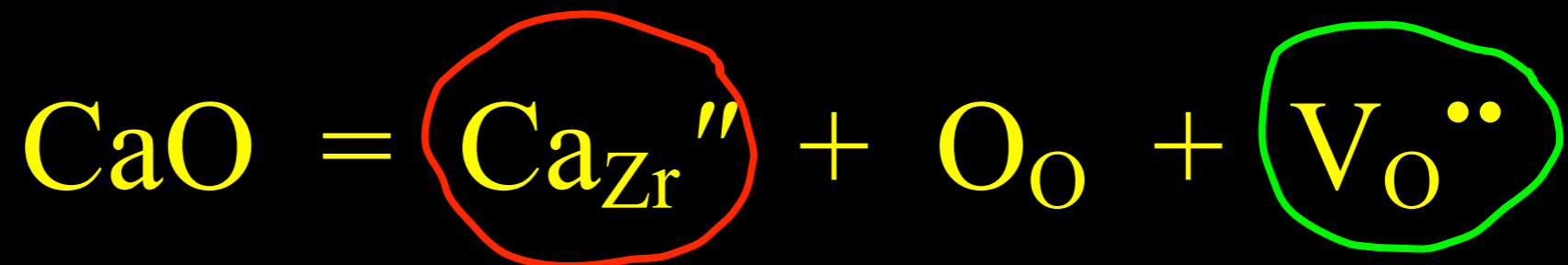
-  shorter response time

# oxygen sensors in automobiles:

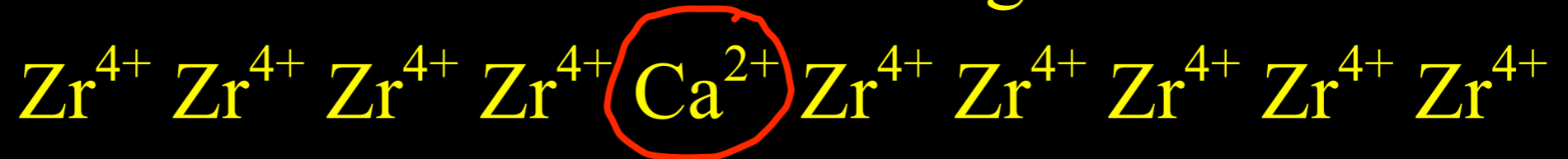
ZrO<sub>2</sub> doped with subvalent oxides

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

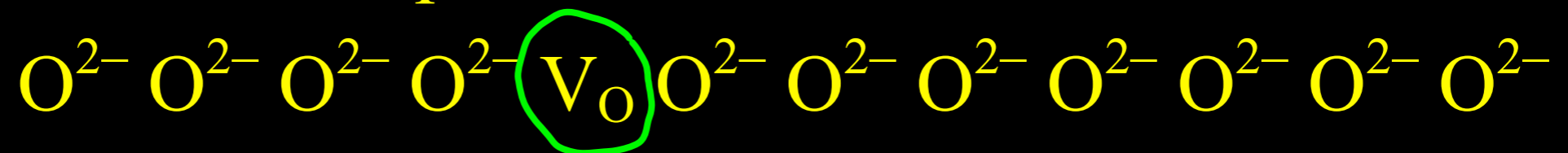


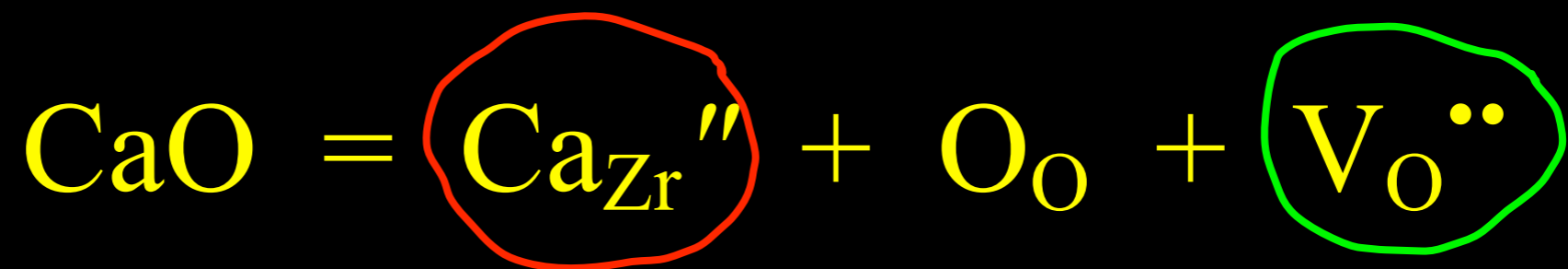


$\text{Ca}^{2+}$  on a  $\text{Zr}^{4+}$  site can be viewed as “negative”



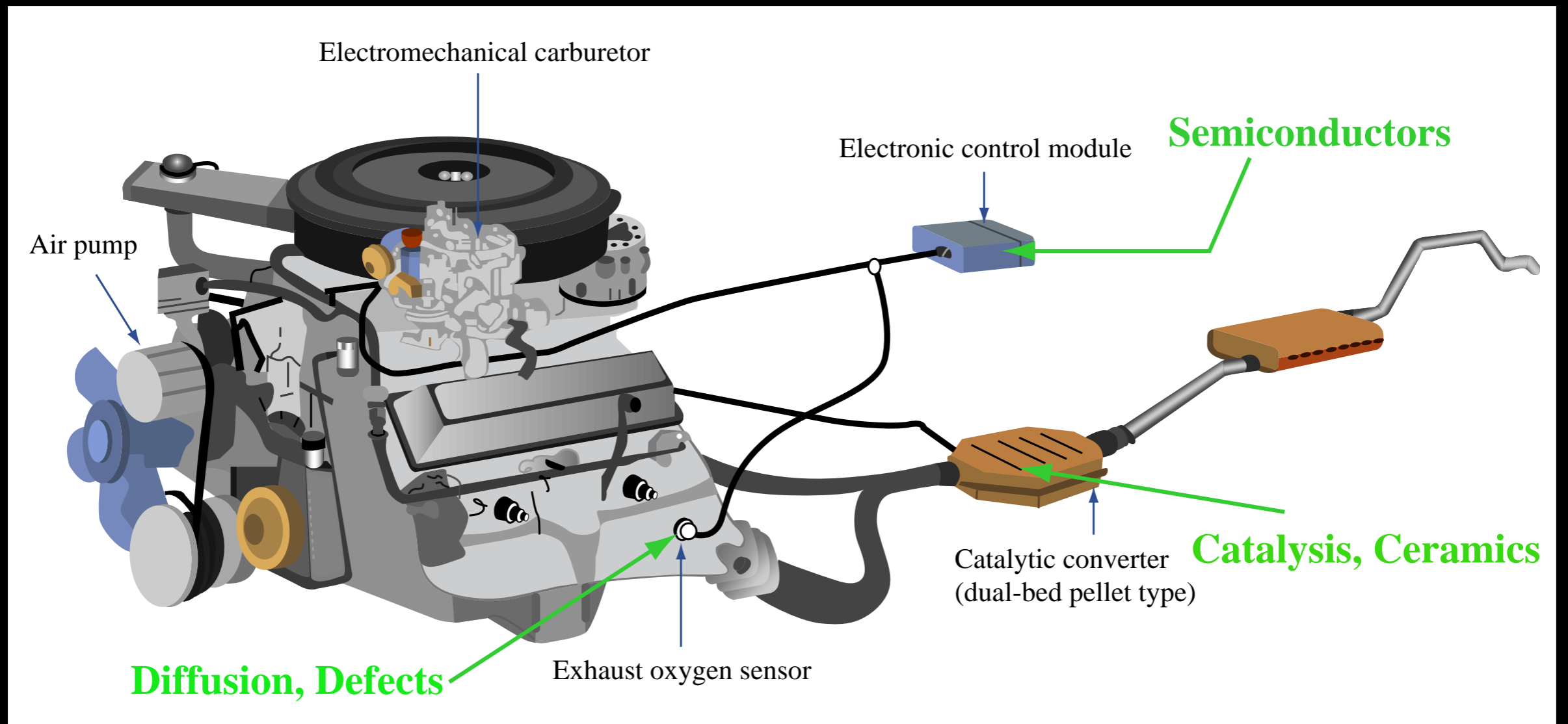
$\text{V}_{\text{O}}$  can be viewed as “positive”





$\therefore$   $\text{V}_{\text{O}}$  compensates for local charge imbalance on Zr sublattice  
 $\Rightarrow$  higher  $[\text{V}_{\text{O}}]$  means higher  $D_{\text{O}}$

# cold start issues!



MIT OpenCourseWare  
<http://ocw.mit.edu>

3.091SC Introduction to Solid State Chemistry  
Fall 2009

For information about citing these materials or our Terms of Use, visit: <http://ocw.mit.edu/terms>.