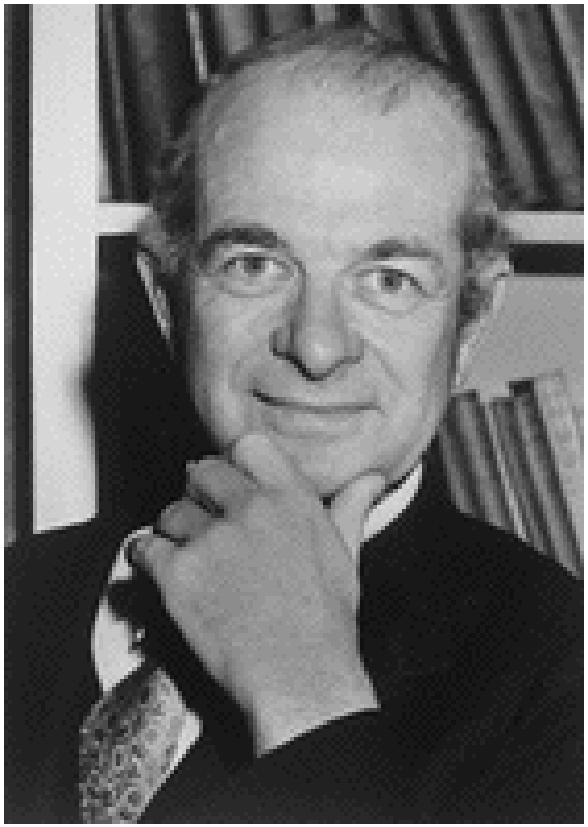
Ch. 8. Molecules



Linus Carl Pauling
(1901 - 1994)

The Nobel Prize in Chemistry 1954
The Nobel Prize in Peace 1963

Covalent Bond

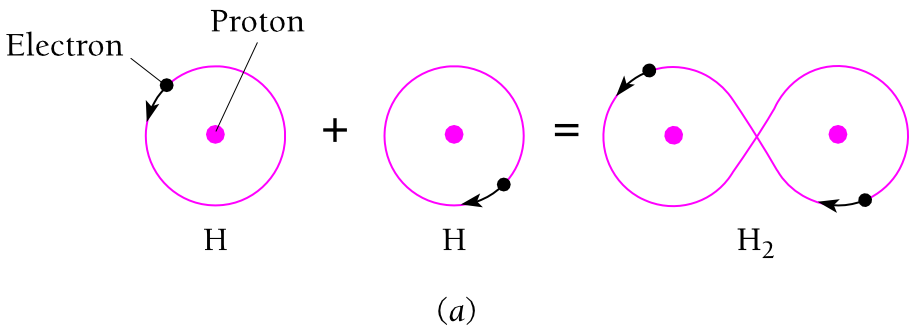


그림 8.1 (a) 수소 분자의 궤도 모델 (b) 수소 분자의 양자 역학적인 모델, 두 모델 모두에서 공유 전자는 핵 사이에서 평균적으로 좀더 많은 시간을 보내게 되고, 이에 의해 원자끼리 끌어당기는 힘이 생긴다. 그러한 결합을 공유 결합이라고 한다.

Ionic Bond

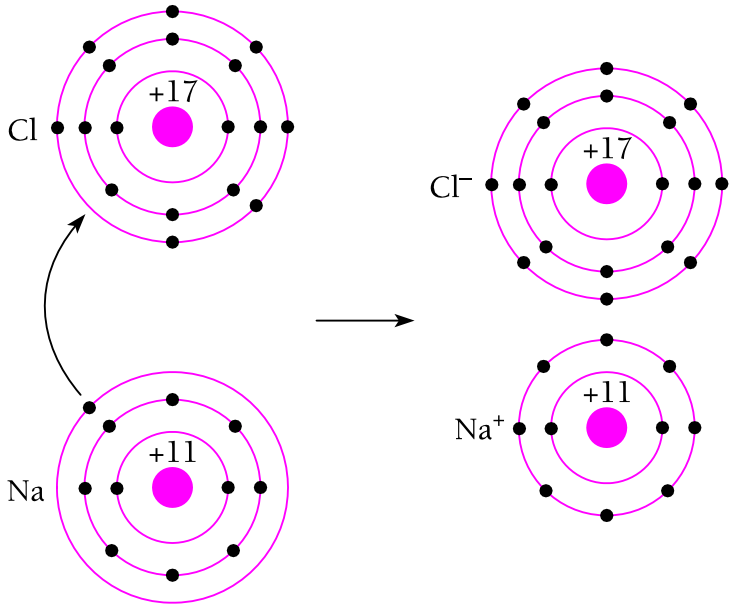


그림 8.2 이온 결합의 한 예. 전자를 나트륨 원자에서 염소 원자로 전달함으로써 나트륨과 염소는 화학적으로 결합한다. 결과적으로 형성된 두 이온은 전기적인 힘으로 서로를 이끈다.

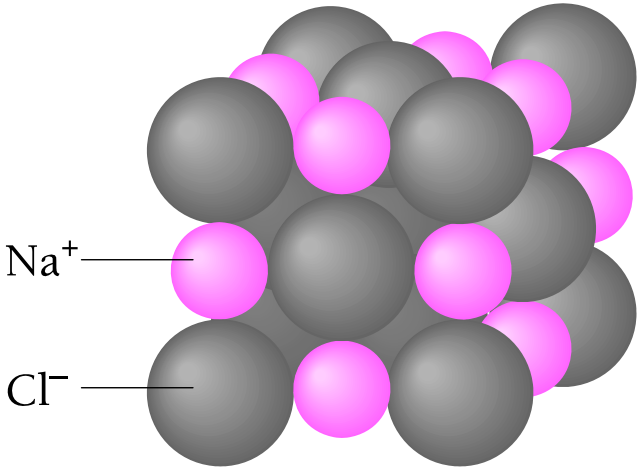
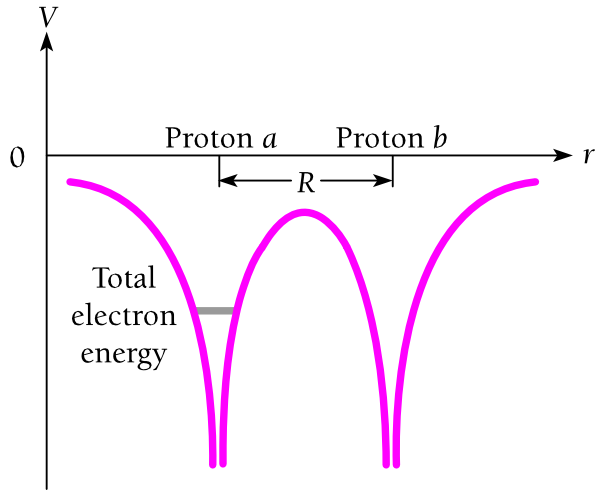
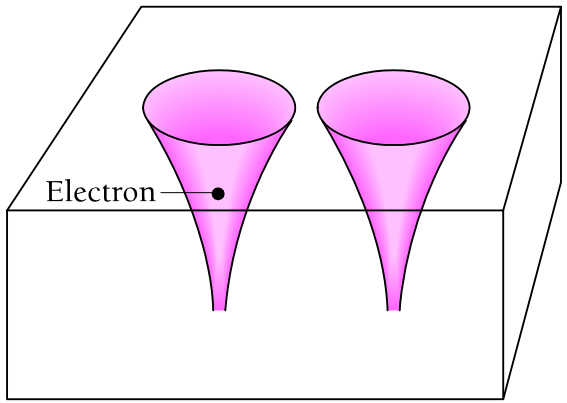


그림 8.3 소금(NaCl) 결정의 모델.

Covalent Bond – Electron Sharing



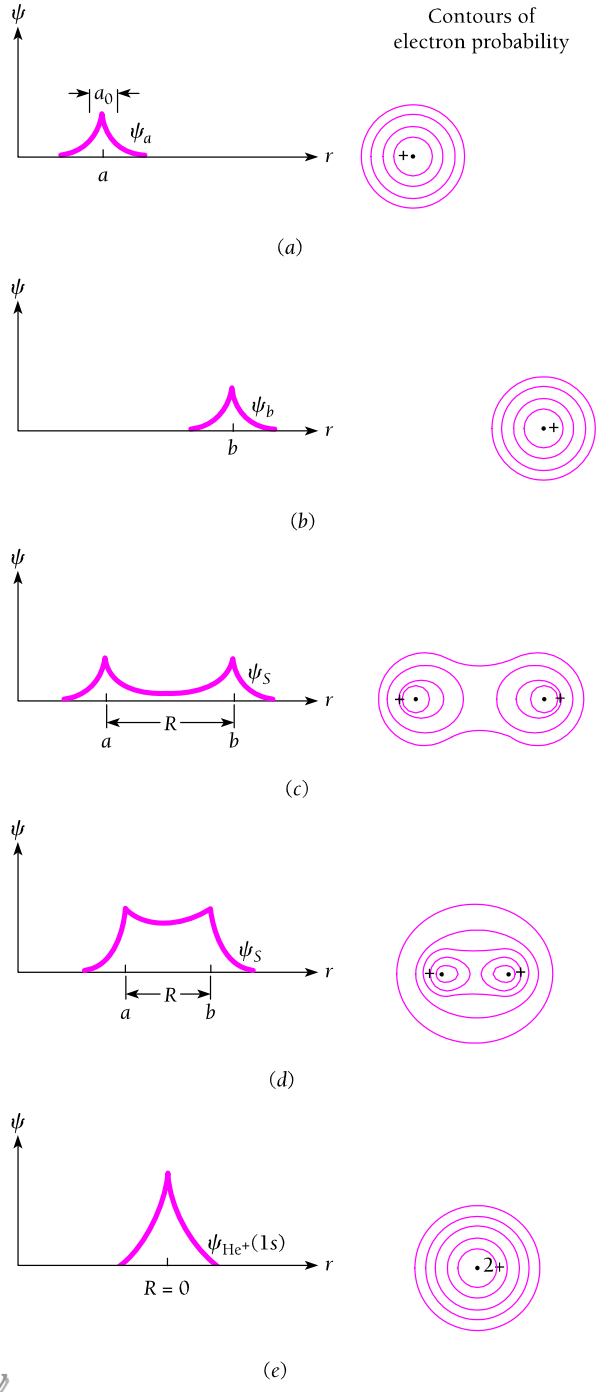
(a)



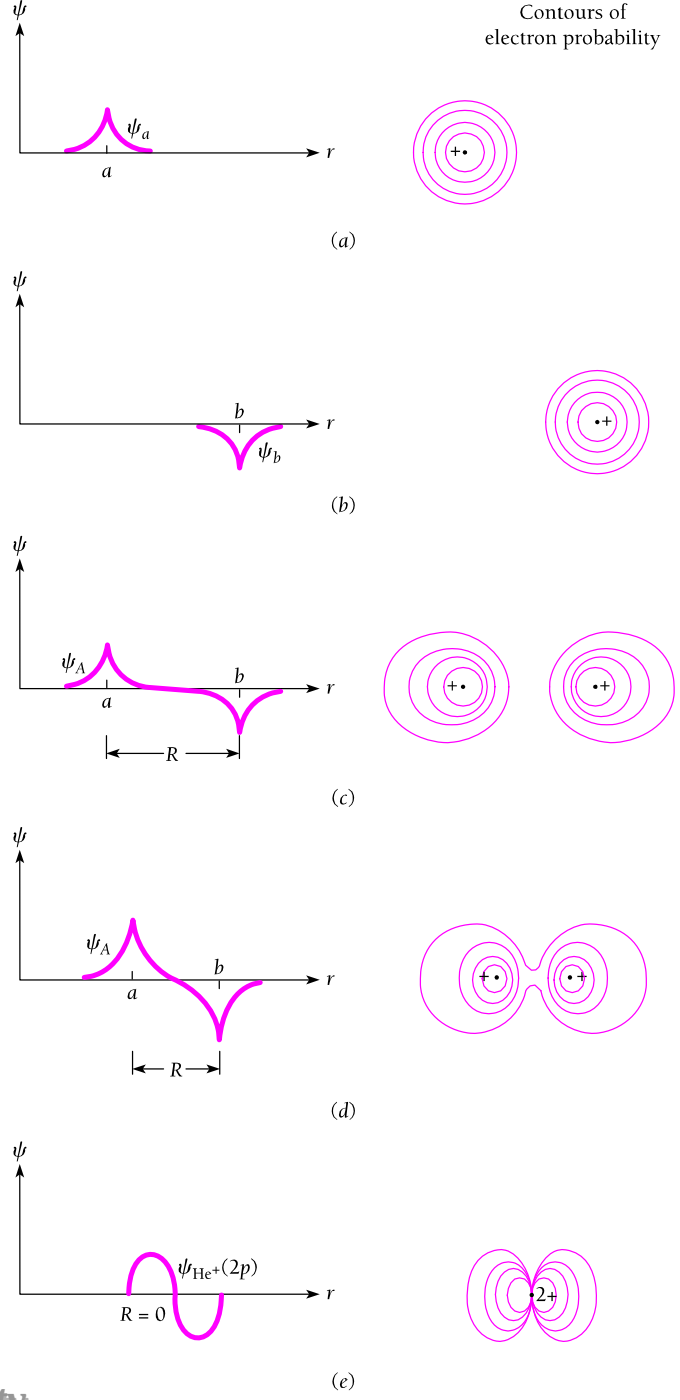
(b)

그림 8.4 (a) 두 이웃한 양성자 전기장에 의한 어떤 전자의 퍼텐셜 에너지. 수소 원자에 있는 바닥 상태 전자의 총 에너지를 나타내었다. (b) 두 이웃한 양성자는 양자 역학적으로 장벽에 의해 분리된 상자 쌍에 대응된다.

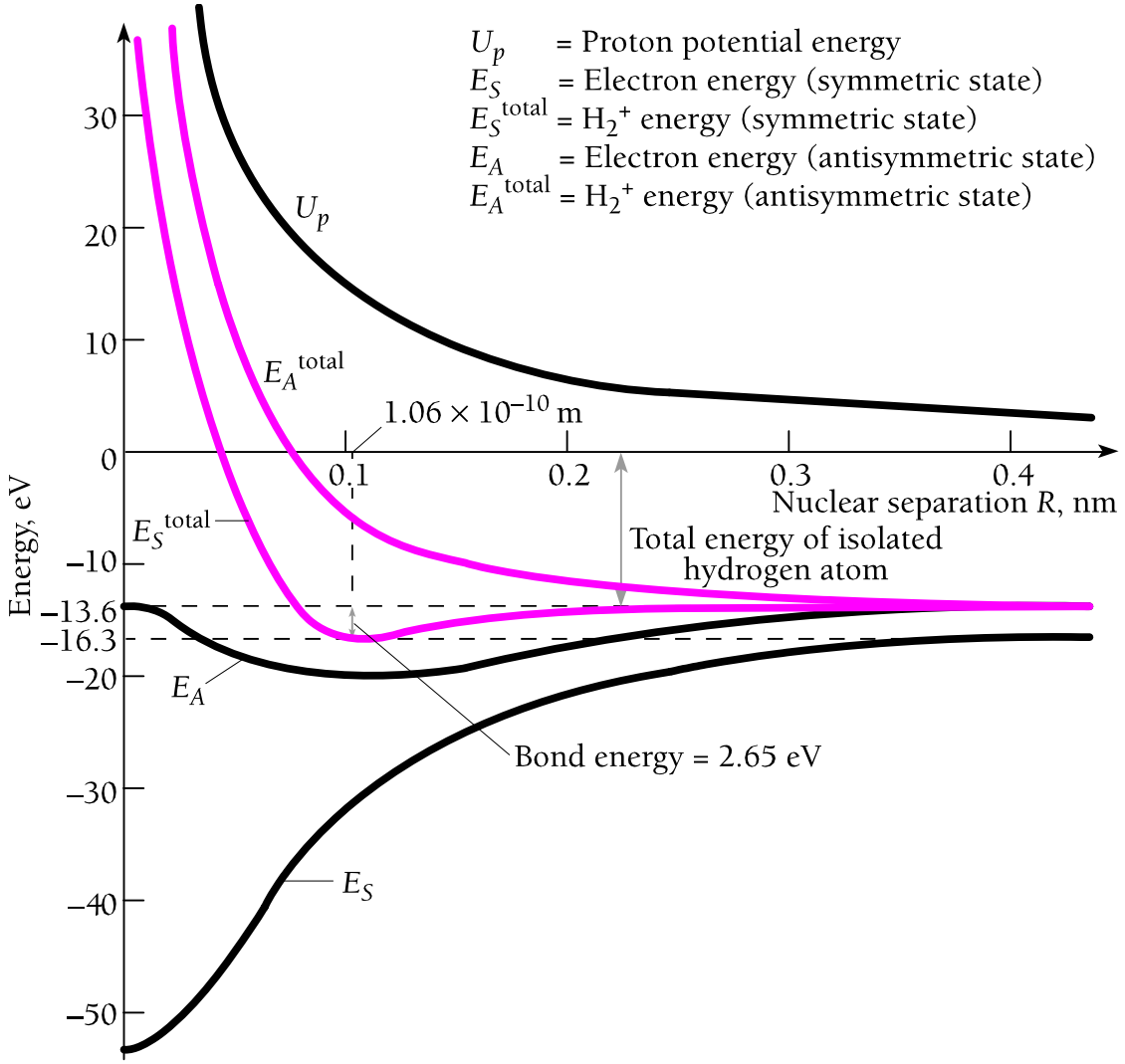
H_2^+ Molecular Ion



H_2^+ Molecular Ion



H_2^+ Molecular Ion



H_2 Molecule

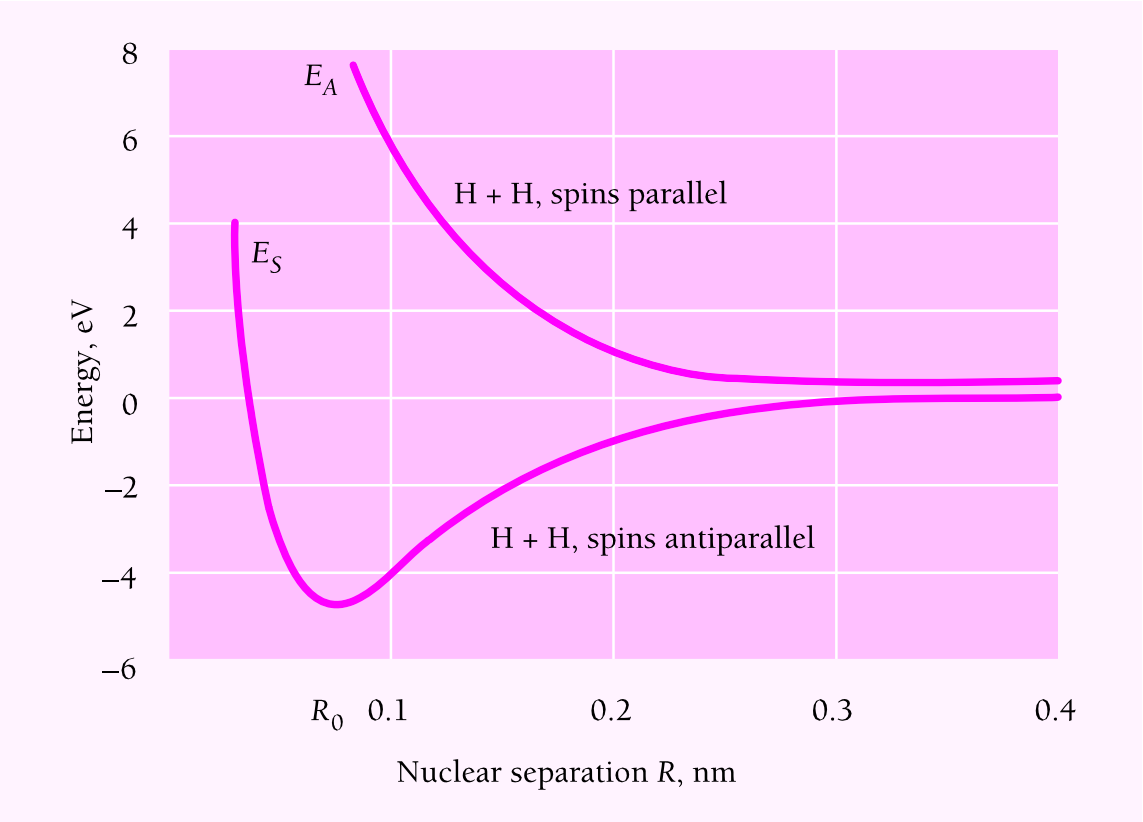
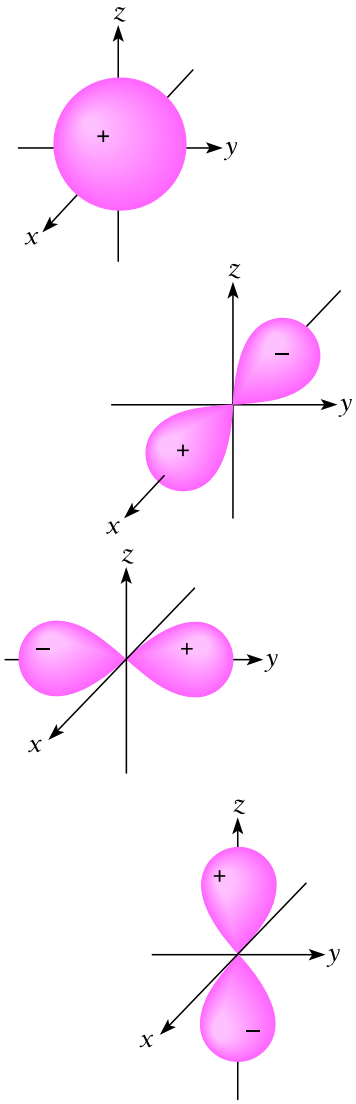


그림 8.8 전자의 스핀이 평행할 때와 반평형할 때, 핵간 거리의 함수로서 H+H의 에너지 변화.

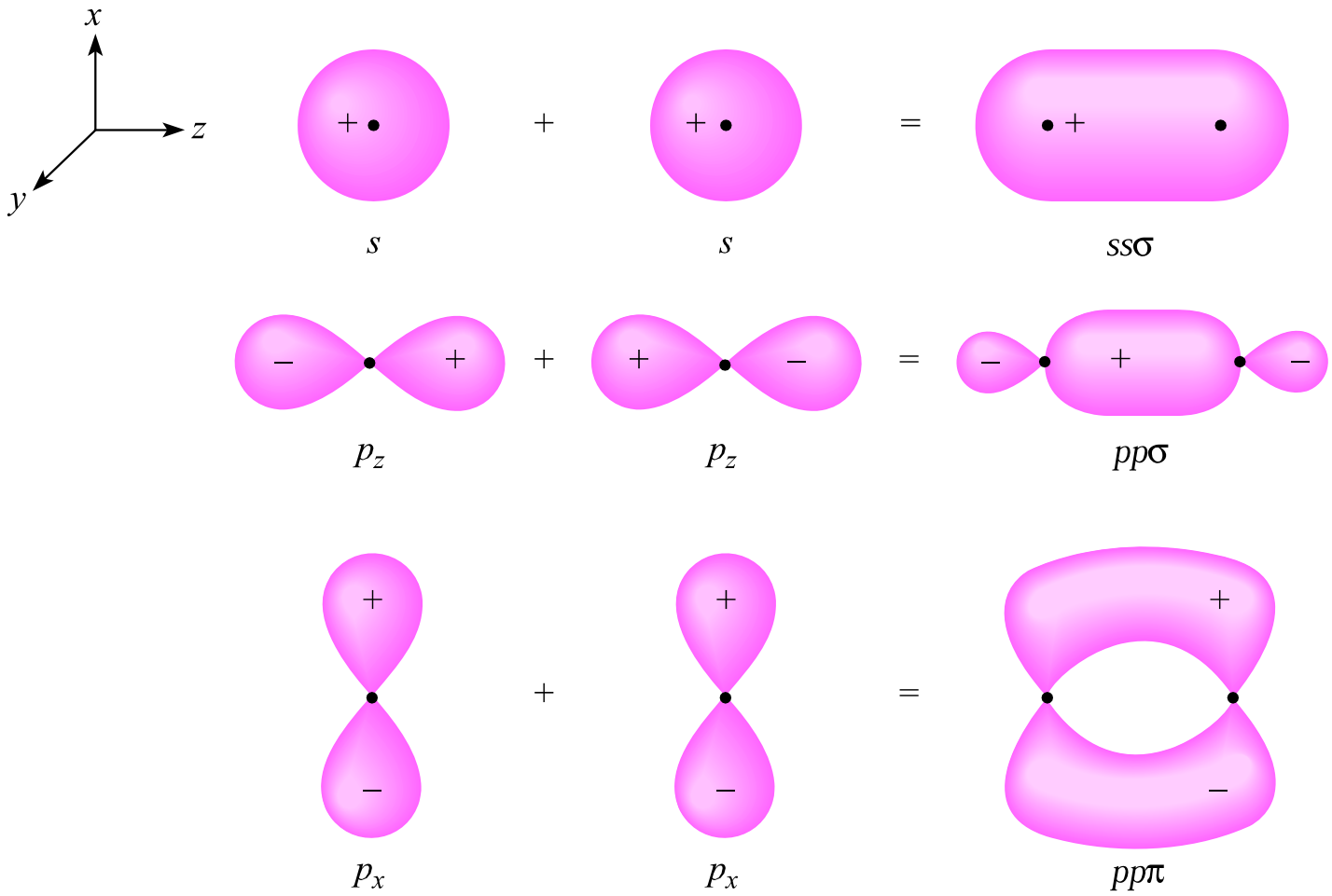
Orbital	n	l	m_l
s	1,2,3, ...	0	0
p_x	2,3,4, ...	1	±1
p_y	2,3,4, ...	1	±1
p_z	2,3,4, ...	1	0



$$\psi_{p_x} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\psi_{+1} + \psi_{-1}\right)$$

$$\psi_{p_y} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\psi_{+1} - \psi_{-1}\right)$$

그림 8.9 s와 p궤도의 경계면 그림. 각각의 궤도들은 두 개의 전자를 포함할 수 있다. 음영 부분에서 전자를 발견 할 확률이 높다. 각 돌출부에 파동함수의 부호를 표시하였다.


x
z
y
+
+
=
s
s
ssσ
–
+
+
–
=
–
+
–
p_z
p_z
ppσ
+
–
+
–
=
+
–
p_x
p_x
ppπ

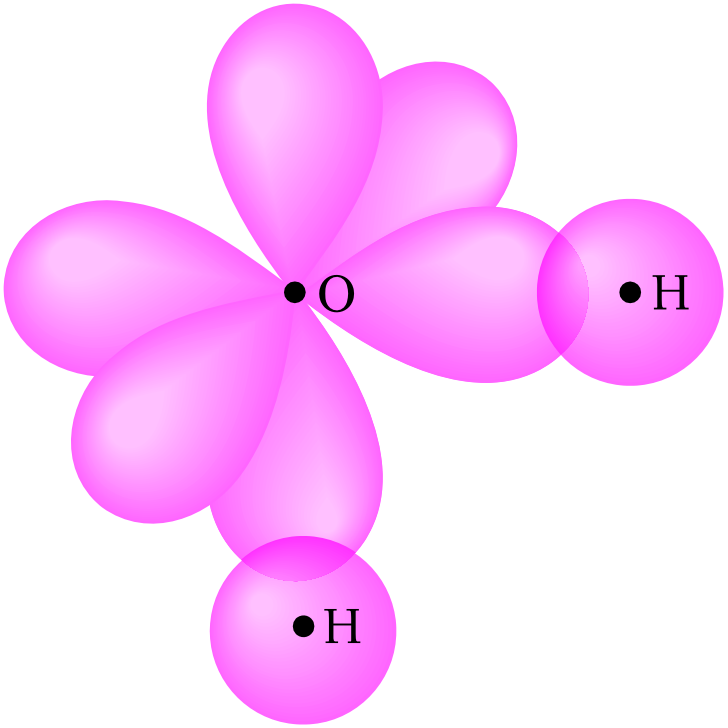
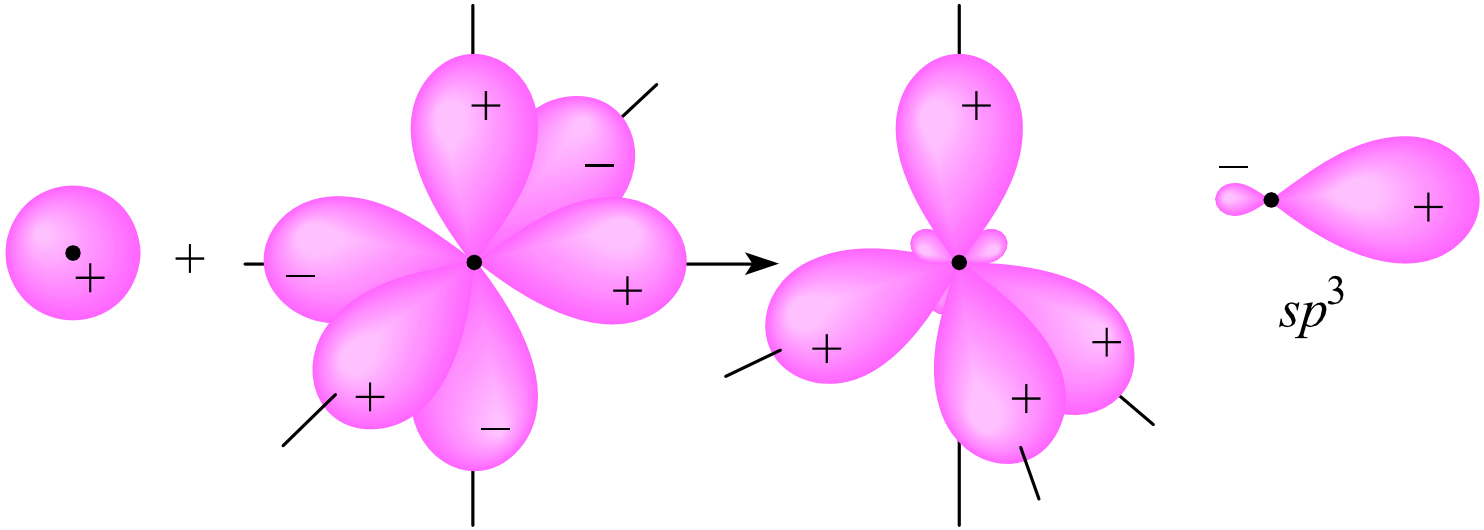


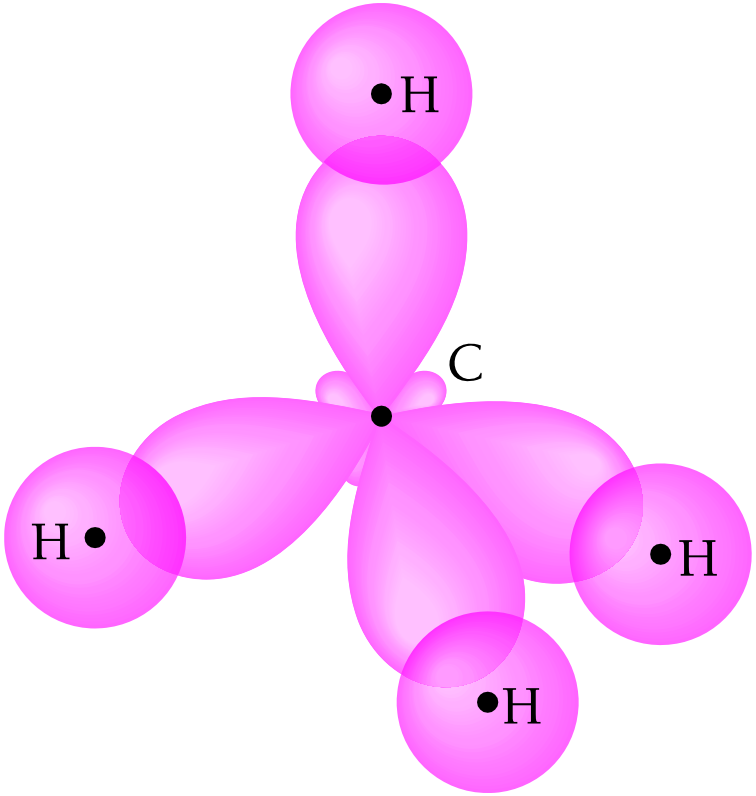
그림 8.11 물분자의 형성.

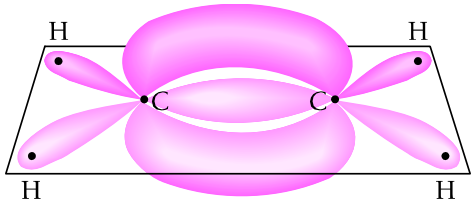
Hybrid Orbitals



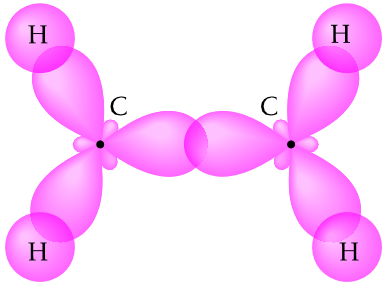
$$\psi_1 = \frac{1}{2}\left(\psi_s + \psi_{p_x} + \psi_{p_y} + \psi_{p_z}\right) \qquad \psi_2 = \frac{1}{2}\left(\psi_s - \psi_{p_x} - \psi_{p_y} + \psi_{p_z}\right)$$

$$\psi_3 = \frac{1}{2}\left(\psi_s + \psi_{p_x} - \psi_{p_y} - \psi_{p_z}\right) \qquad \psi_4 = \frac{1}{2}\left(\psi_s - \psi_{p_x} + \psi_{p_y} - \psi_{p_z}\right)$$

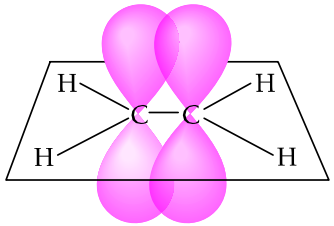

H
C
H
H
H



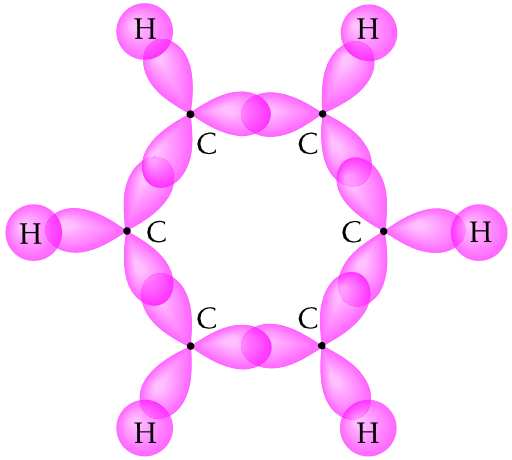
(*a*)



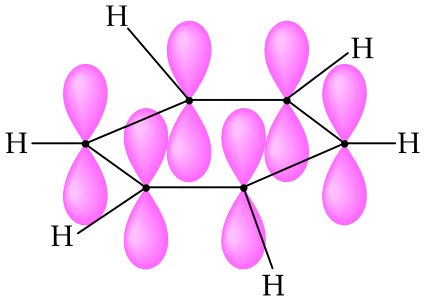
(*b*)



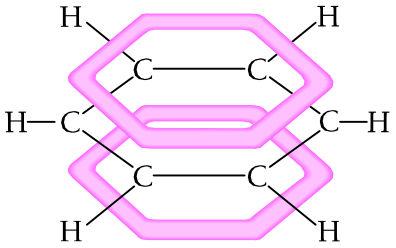
(*c*)



(*a*)



(*b*)



(*c*)

Molecular Rotation

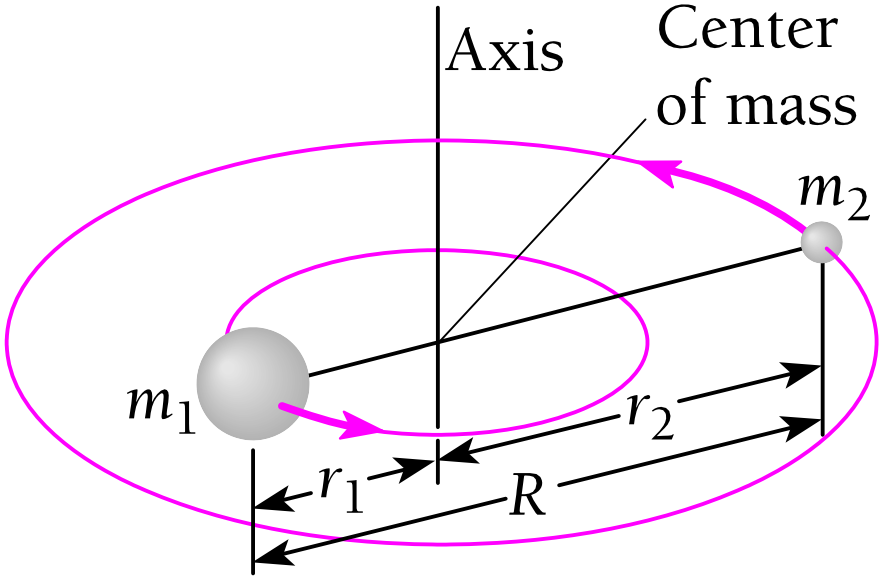


그림 8.16 이원자 분자는 질량중심에 대해 회전할 수 있다.

Molecular Rotation

$$L = m_1 v_1 r_1 + m_2 v_2 r_2 = \left(m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 \right) \omega = I \omega$$

$$E_{rot} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{L^2}{2I}$$

$$I_{CM} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \left(r_1 + r_2 \right)^2 = \mu R_o^2$$

$$L^2 = l(l+1)\hbar^2 \qquad l = 0, 1, 2, \cdots$$

$$E_{rot} = \frac{\hbar^2}{2I_{CM}} l(l+1)$$

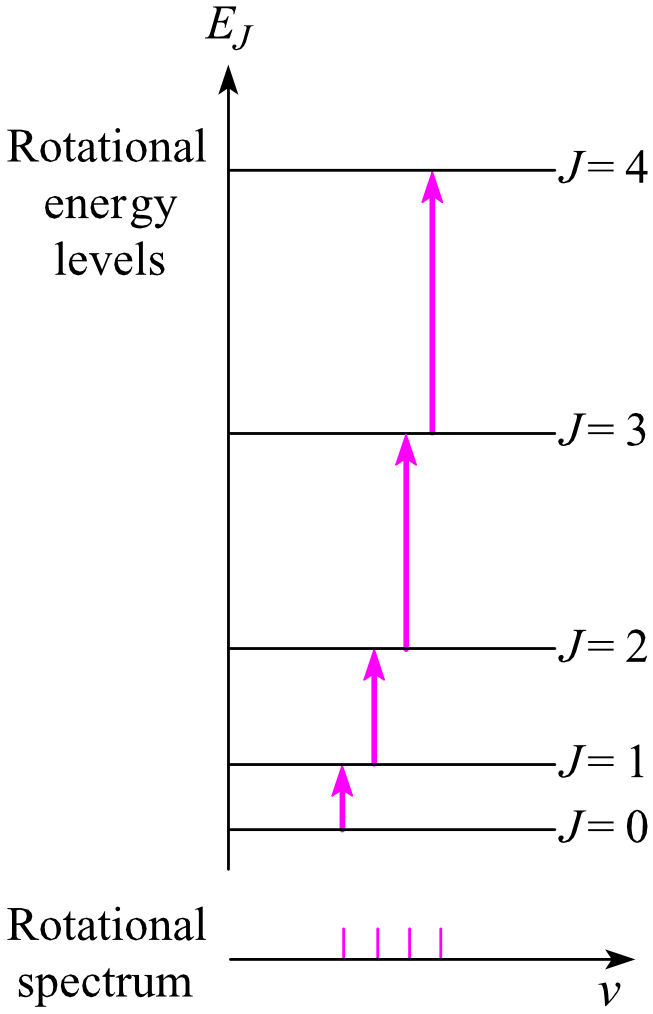


그림 8.17 분자 회전의 에너지 준위와 스펙트럼.

Molecular Vibration

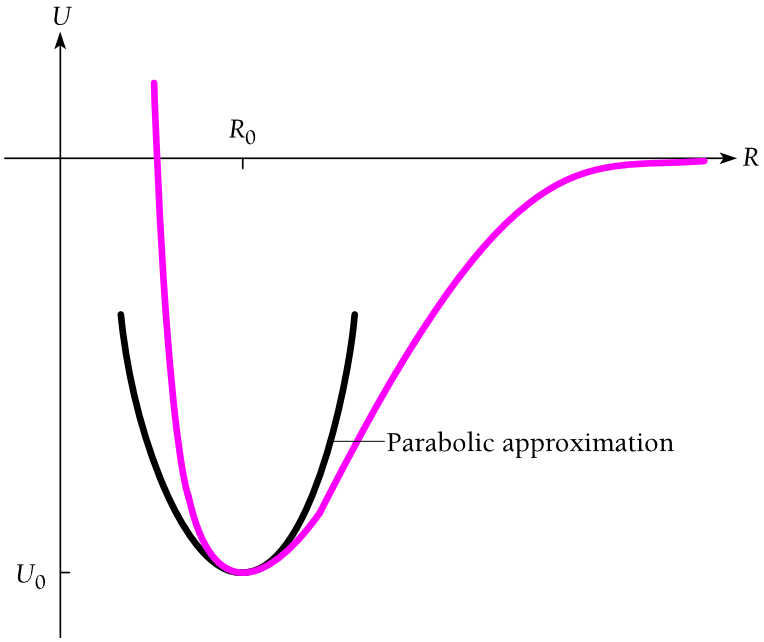
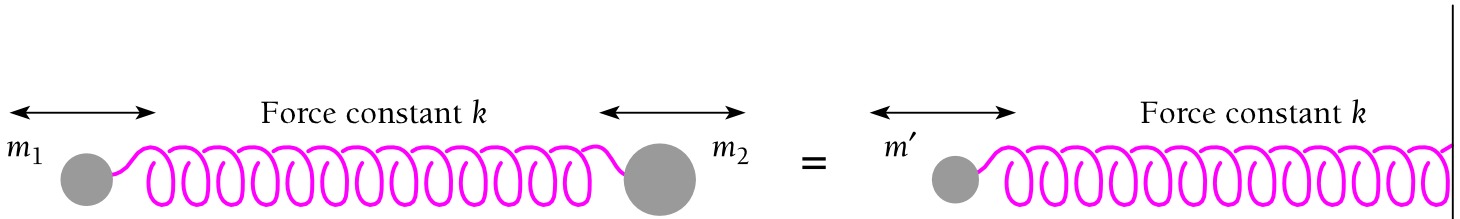


그림 8.18 핵간 거리의 함수로서 이원자 분자의 퍼텐셜 에너지.



$$m' = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

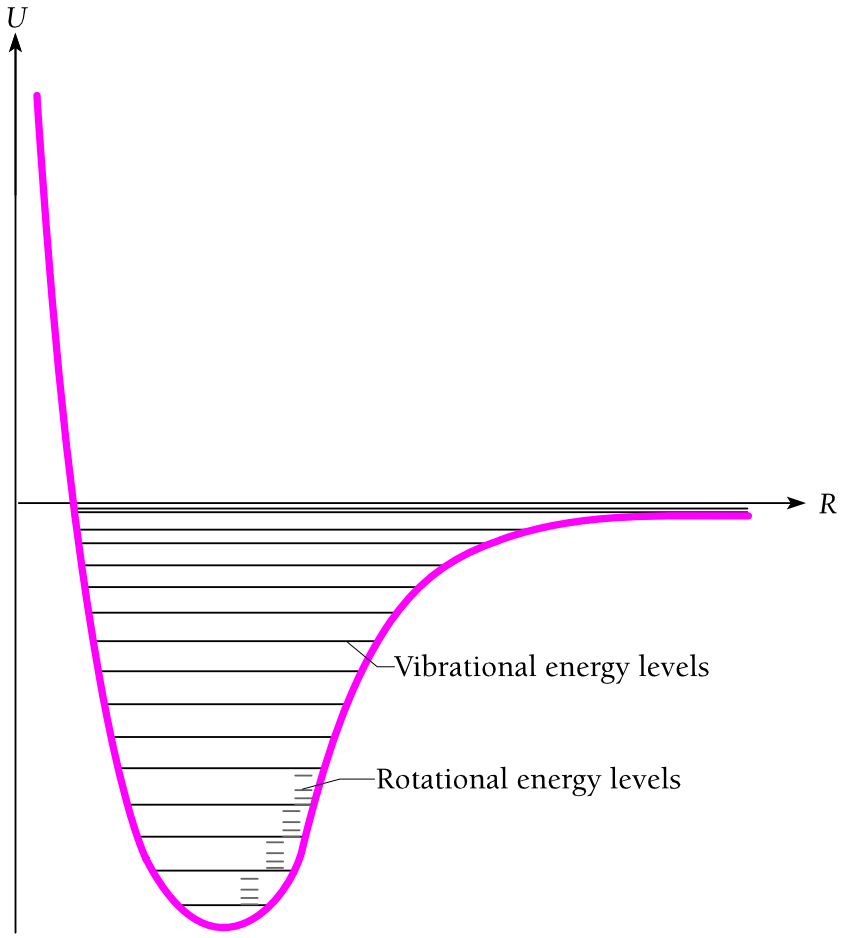


그림 8.20 핵간 거리의 함수로서 이원자 분자의 퍼텐셜 에너지. 진동 에너지지 준위와 회전 에너지 준위도 같이 보여주고 있다.

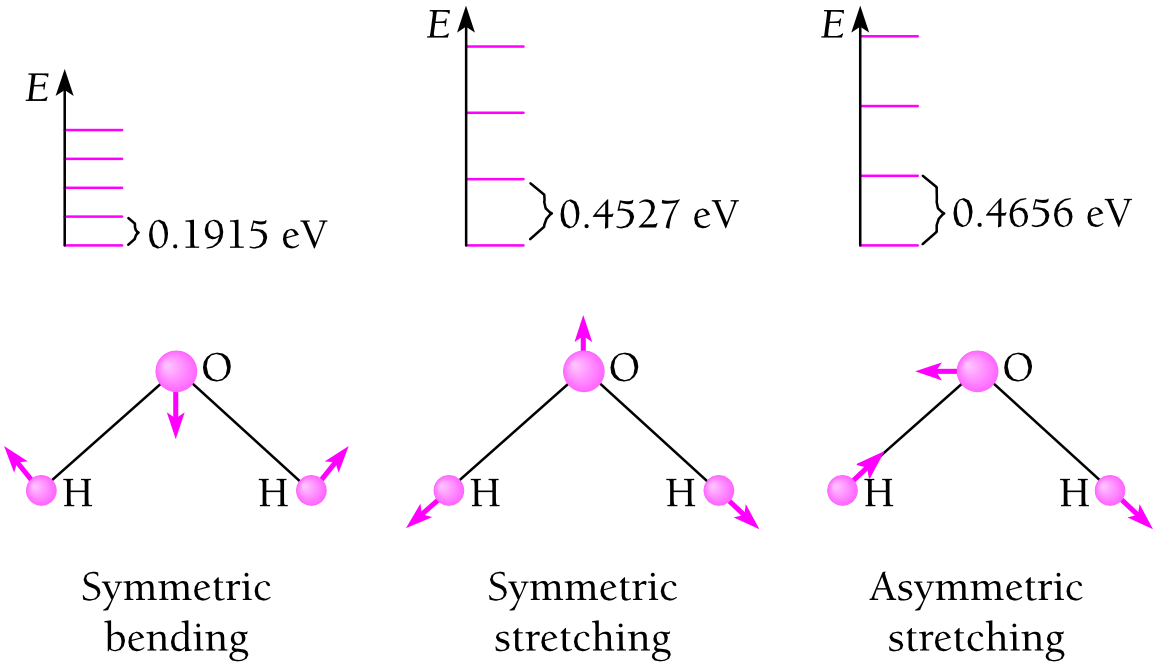
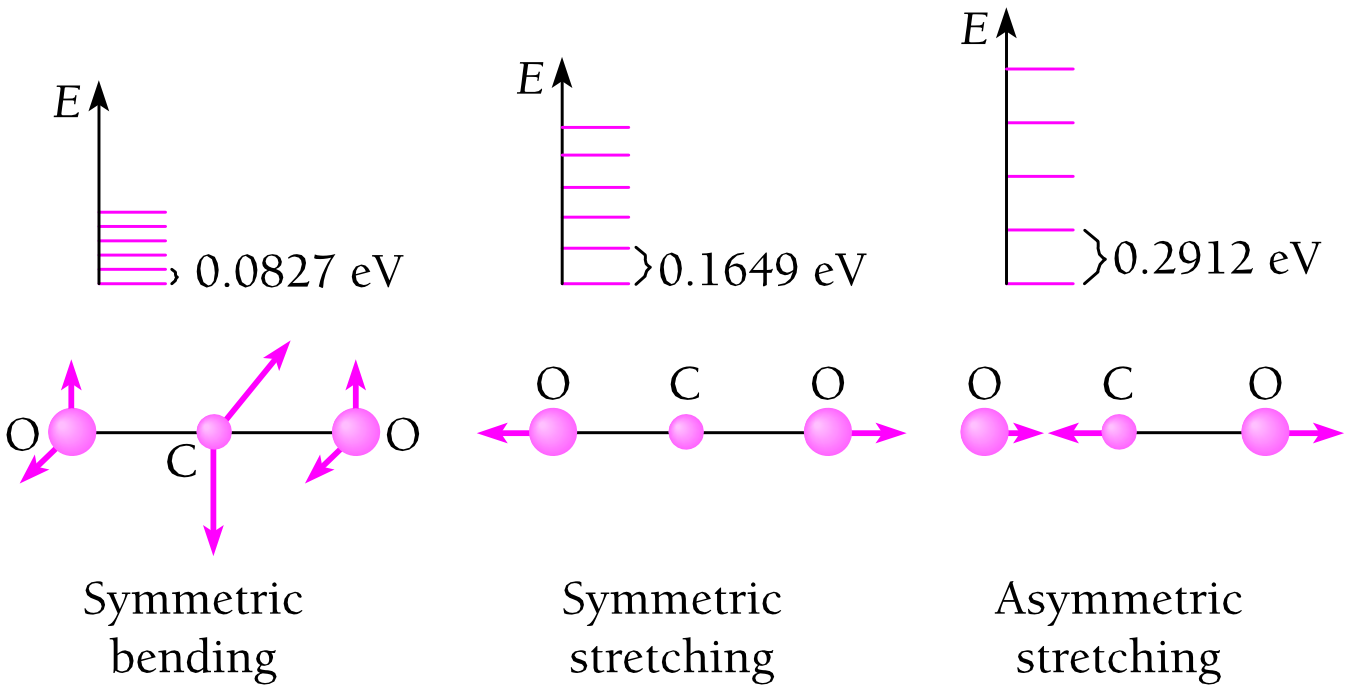
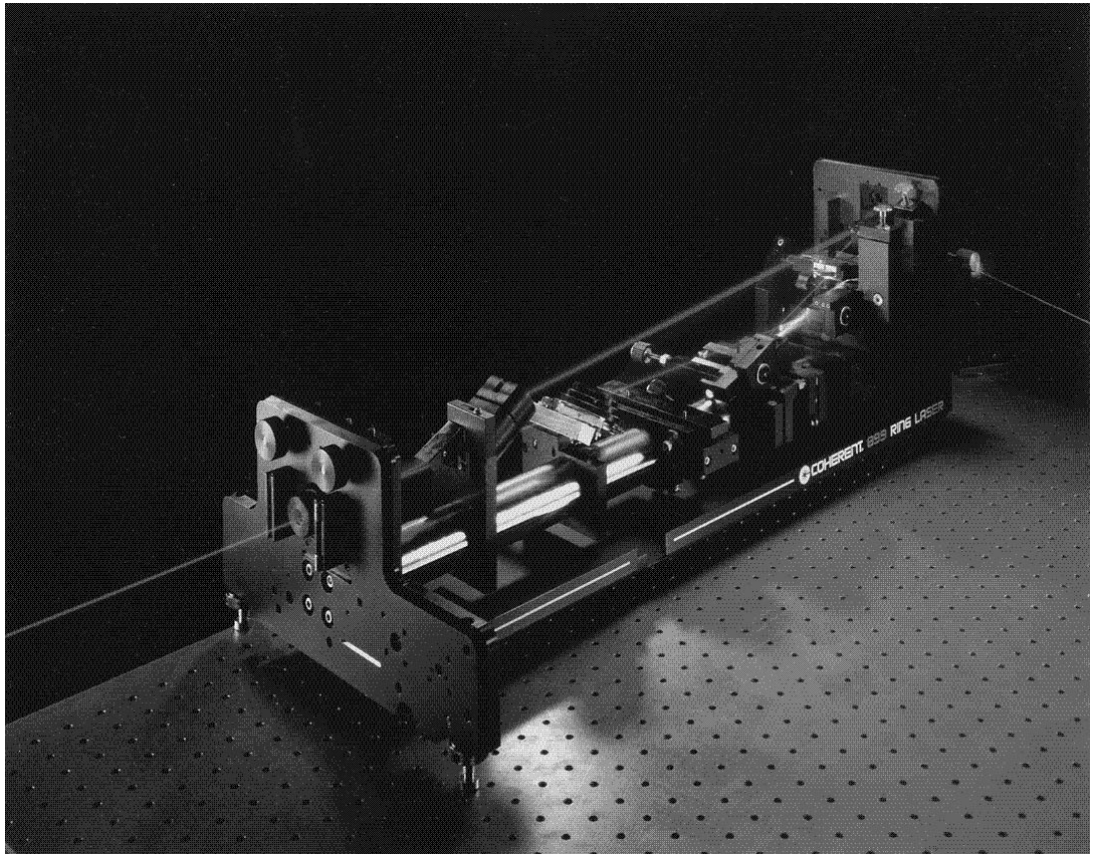


그림 8.21 물분자의 기준진동모드와 각 모드에서의 에너지준위들. 물분자를 휘게 하는 것 보다 잡아당기는데 더 많은 에너지가 필요하고, 일반적으로도 그렇다.


E
0.0827 eV
E
0.1649 eV
E
0.2912 eV
O
C
O
O
C
O
O
C
O
Symmetric bending
Symmetric stretching
Asymmetric stretching

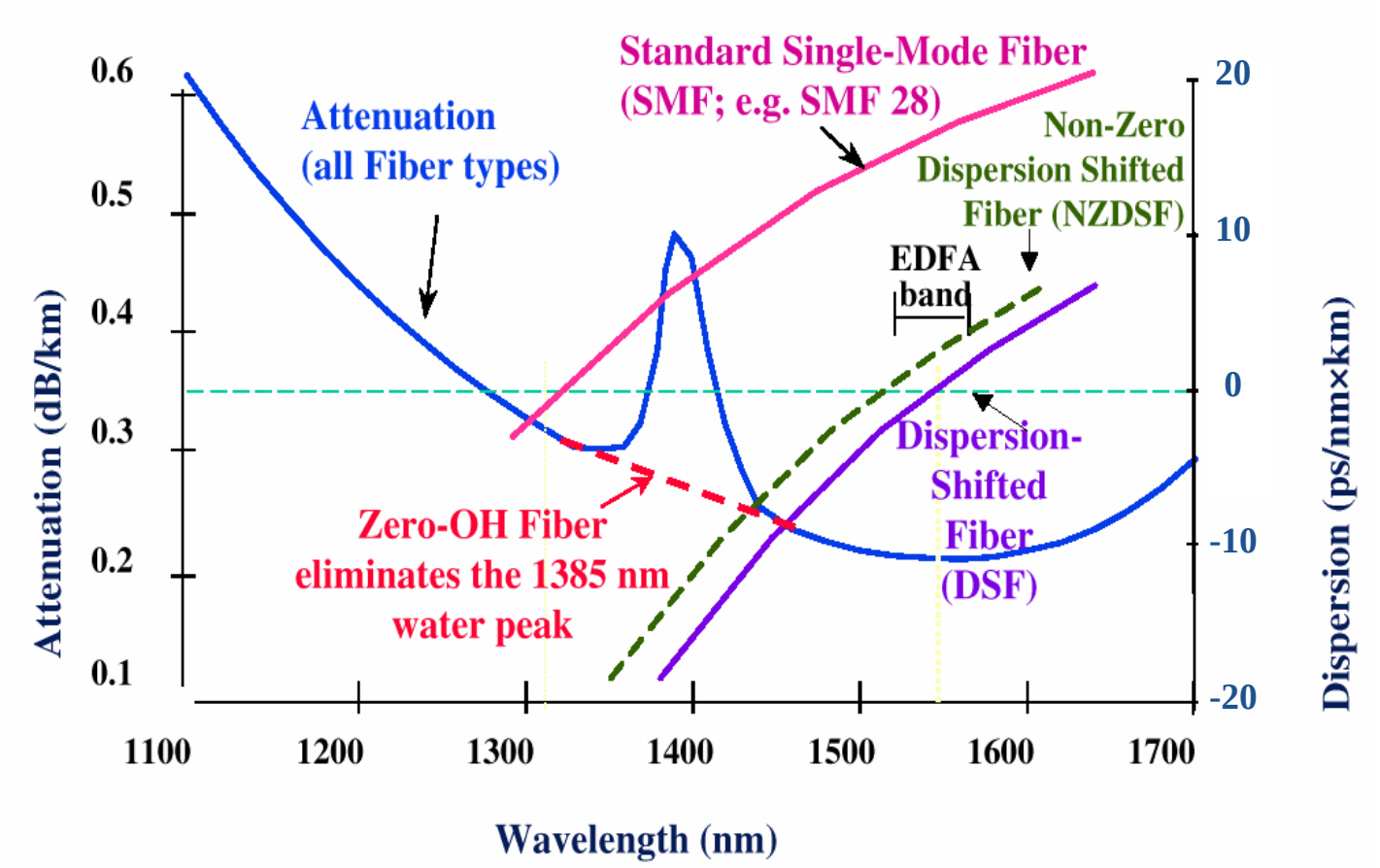


이 진동수 가변 색소레이저는 전 가시 광 스펙트럼 영역인 370nm에서 900nm까지의 빛을 방출한다. 500kHz 정도까지의 매우 좁은 진동수 띠 폭을 가지고 있다.

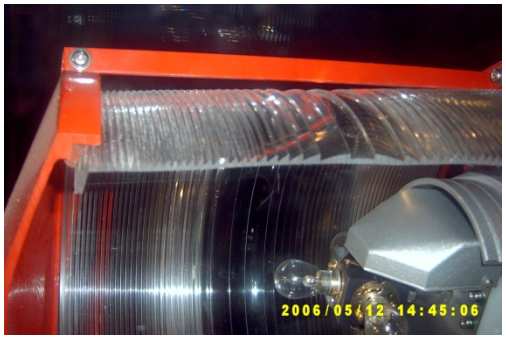
Rayleigh

Lord Rayleigh
(John William Strutt)
(1842 - 1919)

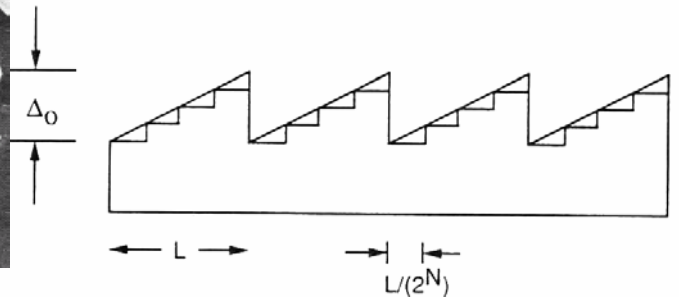
광섬유의 특성

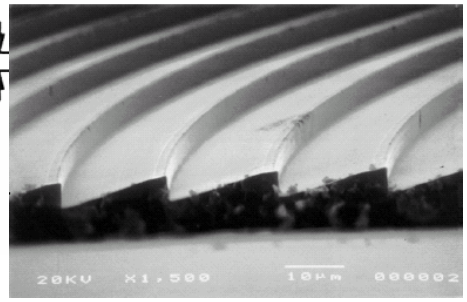

Standard Single-Mode Fiber
(SMF; e.g. SMF 28)
Attenuation
(all Fiber types)
Non-Zero
Dispersion Shifted
Fiber (NZDSF)
EDFA
band
Dispersion-
Shifted
Fiber
(DSF)
Zero-OH Fiber
eliminates the 1385 nm
water peak
Attenuation (dB/km)
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
20
10
0
-10
-20
Dispersion (ps/nm×km)
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
Wavelength (nm)

Rayleigh



Never say 'Never'!

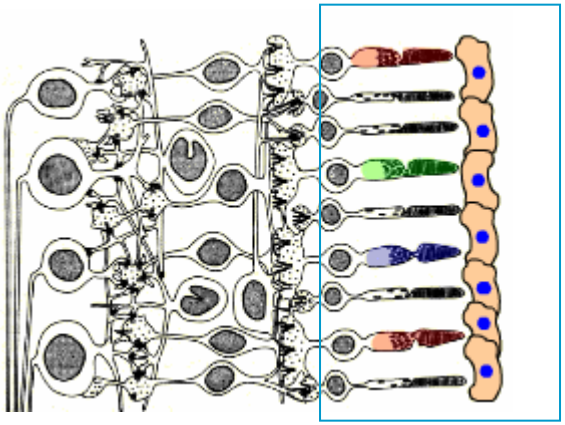


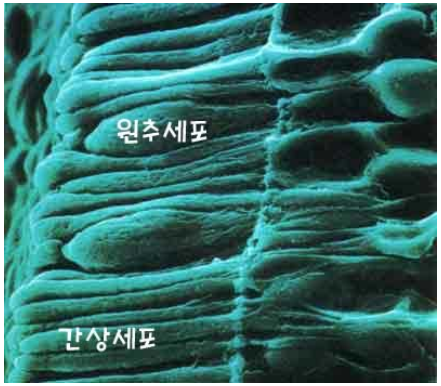


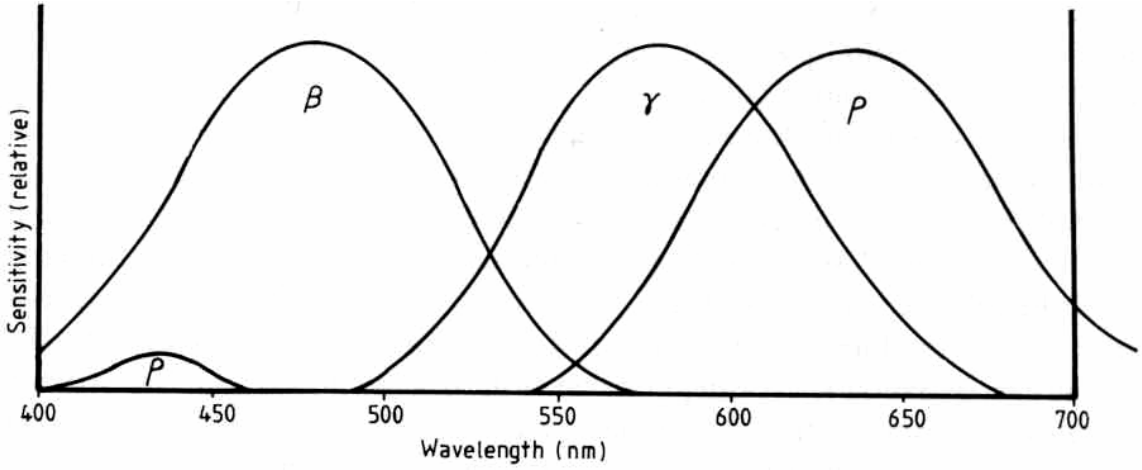
"…그렇지만, 이런 구조를 실제 만들 수 있게 될 것 같지는 않다."

Encylopaedia Britannica, 9th ed., Vol. 24, "Wave Theory of Light" (New York, Charles Schribner's Sons, 1888), p. 437.

빛의 파장에 따른 사람 눈의 원추세포의 반응도

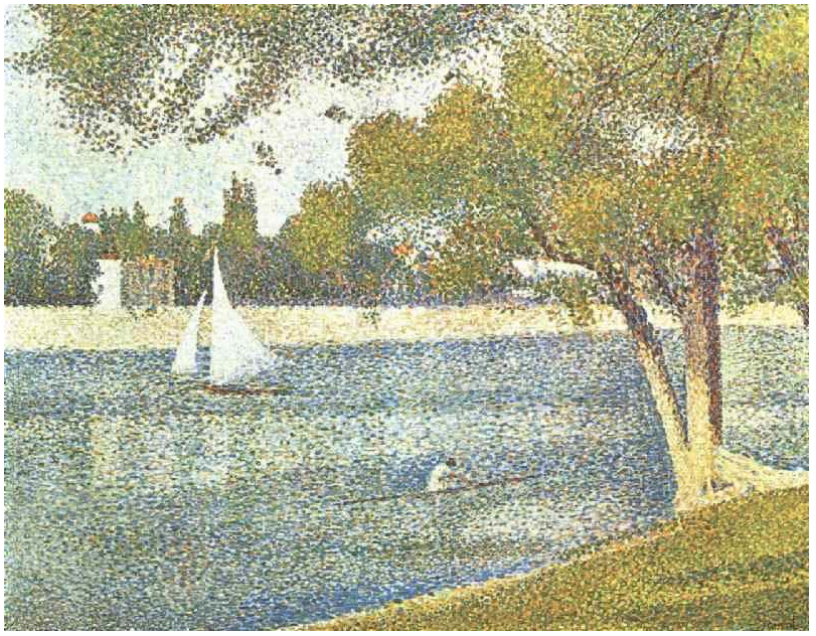






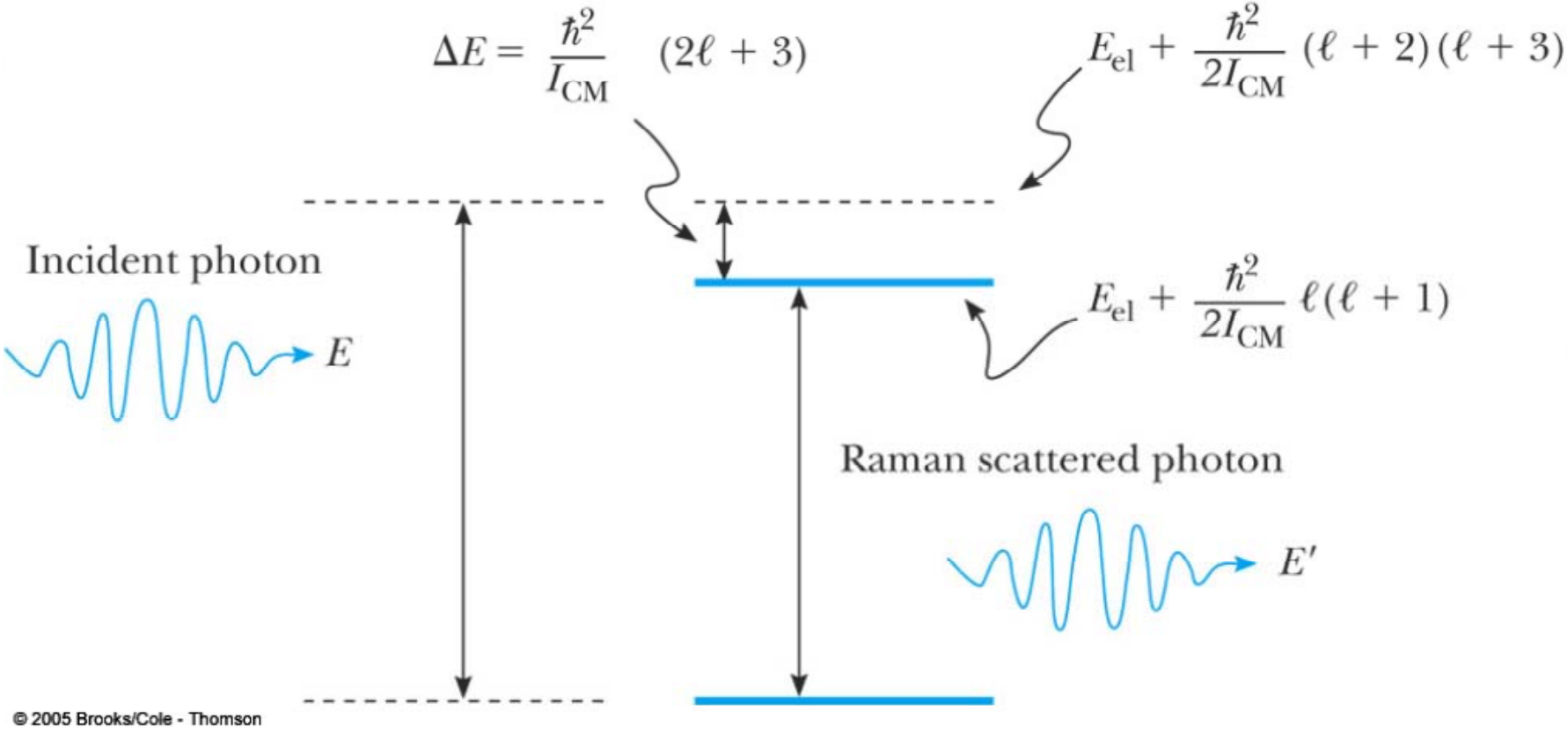
Georges Seurat

(1859~1891)

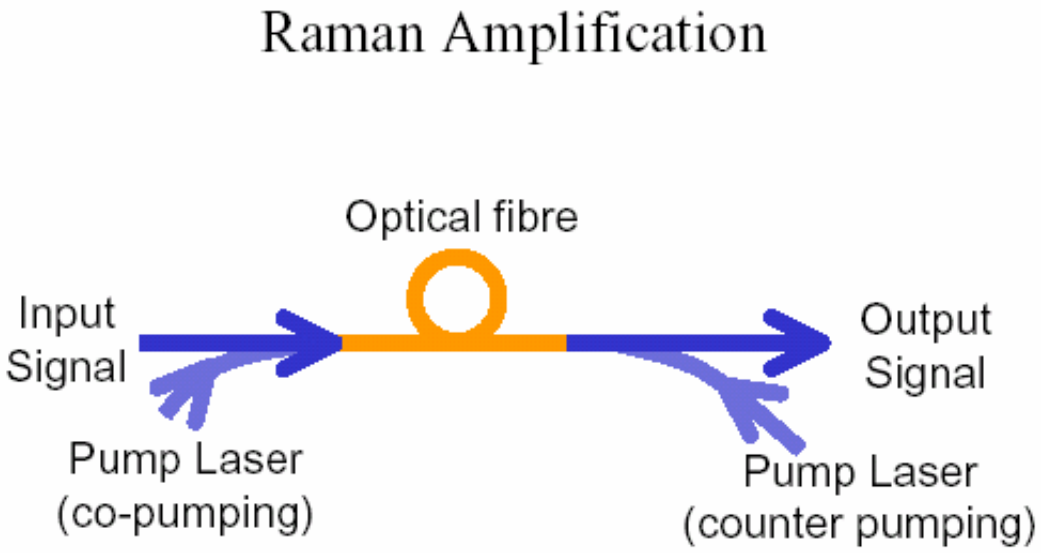


Raman

Venkata Raman
(1888 - 1970)


$\Delta E = \frac{\hbar^2}{I_{CM}} (2\ell + 3)$
$E_{el} + \frac{\hbar^2}{2I_{CM}} (\ell + 2)(\ell + 3)$
Incident photon
E
$E_{el} + \frac{\hbar^2}{2I_{CM}} \ell(\ell + 1)$
Raman scattered photon
E'
© 2005 Brooks/Cole - Thomson

Fiber Raman Amplifier



Raman amplification requires no special doping in the optical fiber.
It is usually accomplished as “distributed amplification”
- that is, it happens throughout the length of the actual transmission fiber, rather than all in one place in a small box.

Fluorescence

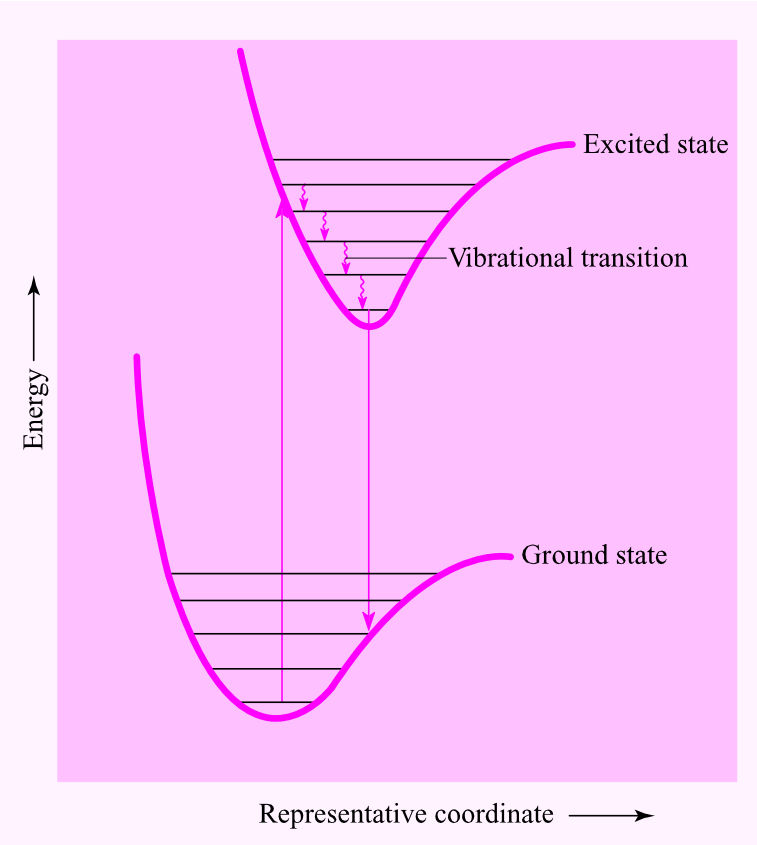


그림 8.24 형광의 기원. 방출되는 빛의 진동수는 흡수된 빛의 진동수보다 작다.

Phosphorescence

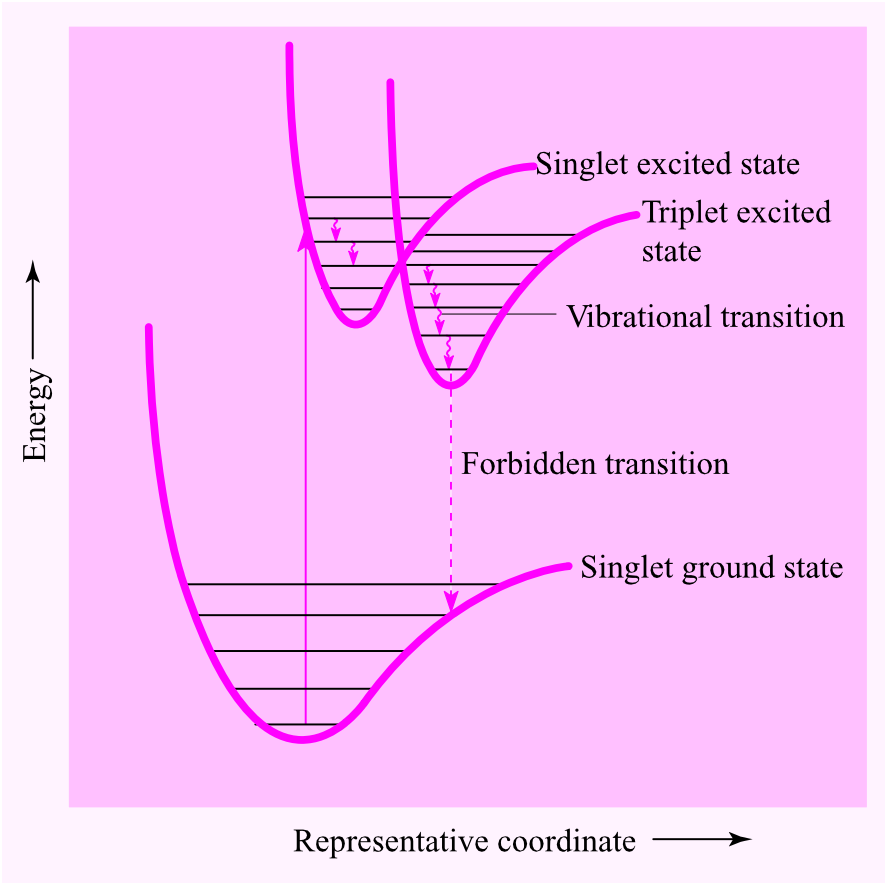


그림 8.25 인광의 기원. 마지막 전이는-전자 전이의 선택 규칙을 어기기 때문에 지연되어서 일어난다.