

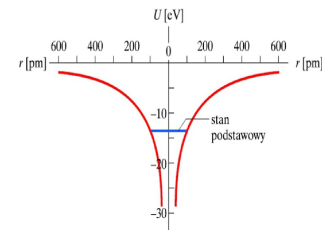
### Równanie Schroedingera

Funkcję falową,  $\Psi$  dla danej cząstki, lub bardziej złożonego układu fizycznego, otrzymujemy rozwiązując równanie różniczkowe nazywane równaniem Schroedingera. Jeżeli energia potencjalna cząstki  $U$  nie zależy od czasu, to równanie Schroedingera jest równaniem niezależnym od czasu i nazywa się **stacjonarnym równaniem Schroedingera**.

$$H\Psi_i = E\Psi_i$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\Psi}{dx^2} + U(x)\Psi(x) = E\Psi(x)$$

### Atom wodoru



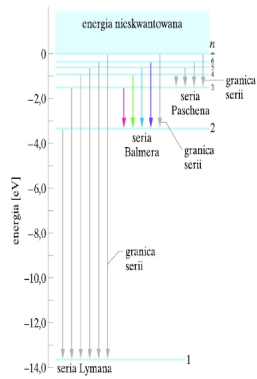
$$U(r) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2}$$

Rys. 40.15. Zależność energii potencjalnej  $U$  atomu wodoru od odległości  $r$  pomiędzy elektronem a protonem. Wykres został powtórzony po lewej stronie osi energii, aby lepiej zobrazować sferyczną symetrię trójwymiarowej pułapki, w której jest uwięziony elektron

dr Jan Szatkowski

2

**Liczby kwantowe:  $n$**



Rys. 40.16. Kilka poziomów energetycznych atomu wodoru, wynikających z równania (40.24). Przejścia pogrupowane są w serie, z których każda oznaczona jest nazwiskiem badacza

$n$ - główna liczba kwantowa

$n$  - liczba naturalna, numeruje energię  
 $n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$ ;

$$E_n = -136eV \cdot \frac{1}{n^2}$$

dr Jan Szatkowski

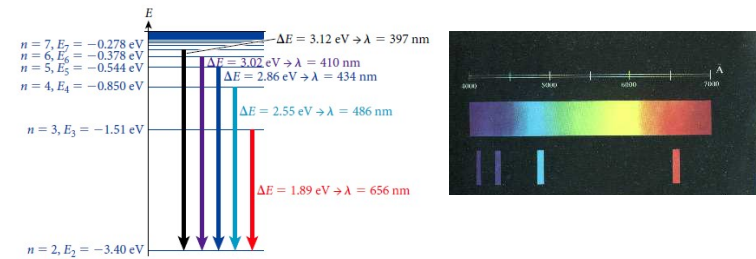


FIGURE 38.6 The first few electron transitions corresponding to the Balmer series in hydrogen.

University physics with modern physics / Wolfgang Bauer, Gary D. Westfall.—1st ed.

Magnitude of orbital angular momentum, hydrogen atom  $L = \sqrt{l(l+1)} \frac{h}{2\pi}$  ( $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$ )

Orbital quantum number  $l$  (Principal quantum number  $n = 1, 2, 3, \dots$ )

Planck's constant divided by  $2\pi$

z-component of orbital angular momentum, hydrogen atom  $L_z = m_l \frac{h}{2\pi}$  ( $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$ )

Orbital magnetic quantum number  $m_l$  (Orbital quantum number  $l$ )

Planck's constant divided by  $2\pi$

Allowed values of quantum numbers for one-electron wave functions:

Principal quantum number  $n \geq 1$

Orbital quantum number  $0 \leq l \leq n-1$

Orbital magnetic quantum number  $|m_l| \leq l$

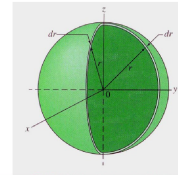
Spin magnetic quantum number  $m_s = \pm \frac{1}{2}$

**TABLE 41.1 Quantum States of the Hydrogen Atom**

$n$	$l$	$m_l$	Spectroscopic Notation	Shell
1	0	0	1s	K
2	0	0	2s	L
2	1	-1, 0, 1	2p	
3	0	0	3s	M
3	1	-1, 0, 1	3p	
3	2	-2, -1, 0, 1, 2	3d	
4	0	0	4s	N

and so on

### Stan podstawowy - radialna gęstość stanów

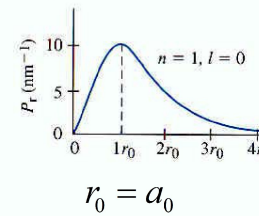


$$P(r) \Delta r = |\Psi|^2 \Delta V = |\Psi|^2 4\pi r^2 \Delta r$$

$$\Psi_{100}(r, \theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-\frac{r}{a_0}}$$

$$P_{100}(r) = 4 \frac{r^2}{a_0^3} e^{-\frac{2r}{a_0}}$$

**FIGURE 40-7** The radial probability distribution  $P_r$  for the ground state of hydrogen,  $n = 1$ ,  $l = 0$ . The peak occurs at  $r = r_0$ , the Bohr radius.



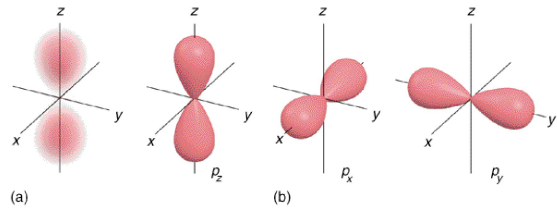
Maksimum prawdopodobieństwa dla  $r = a_0$

dr Jan Szatkowski

6

Pierwszy stan wzbudzony - p orbitale

- pierwszy stan wzbudzony:  $n=2, \ell=1, m_\ell=0$



dr Jan Szatkowski

7

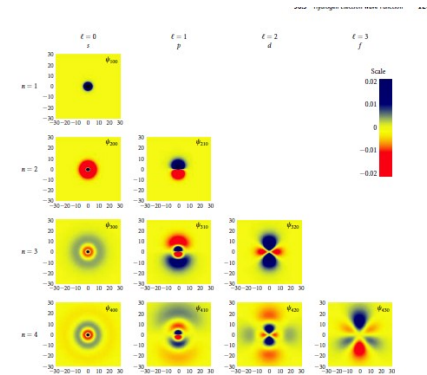
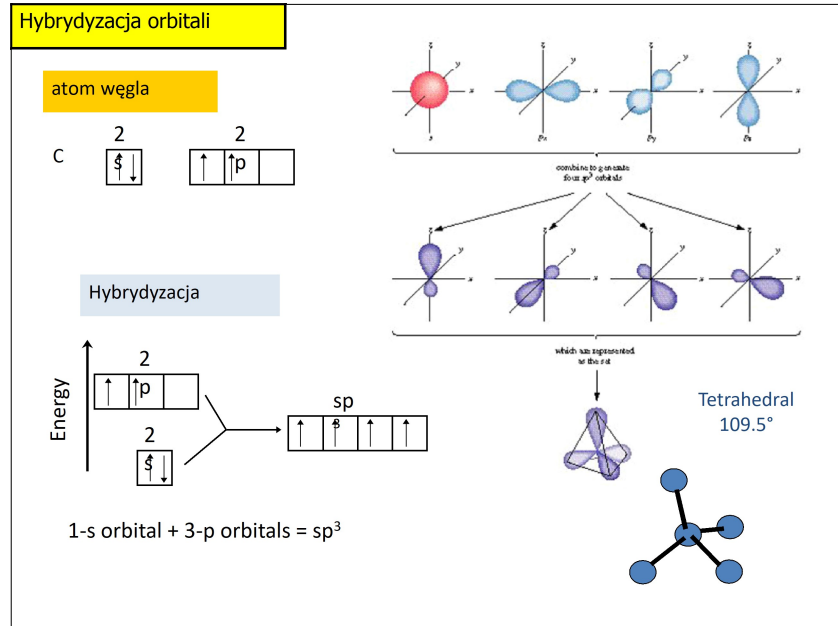
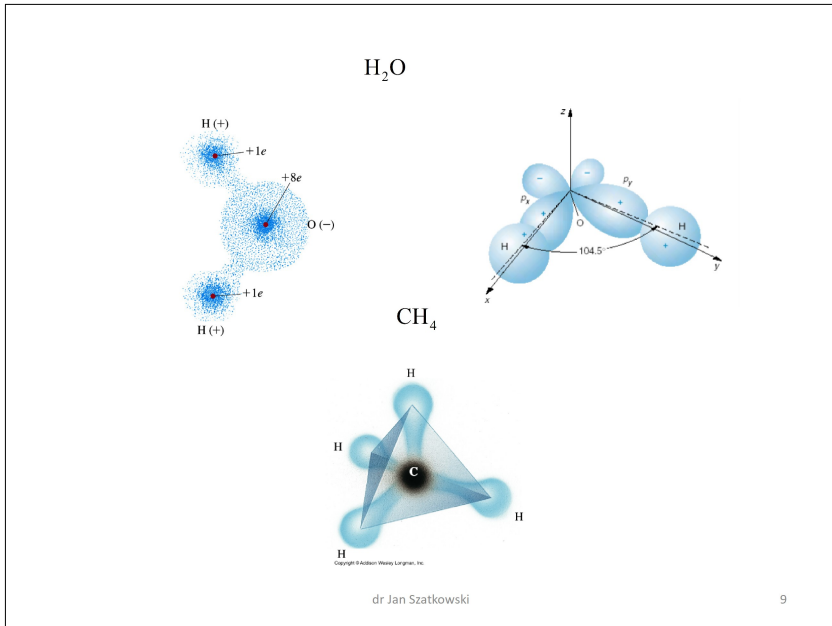
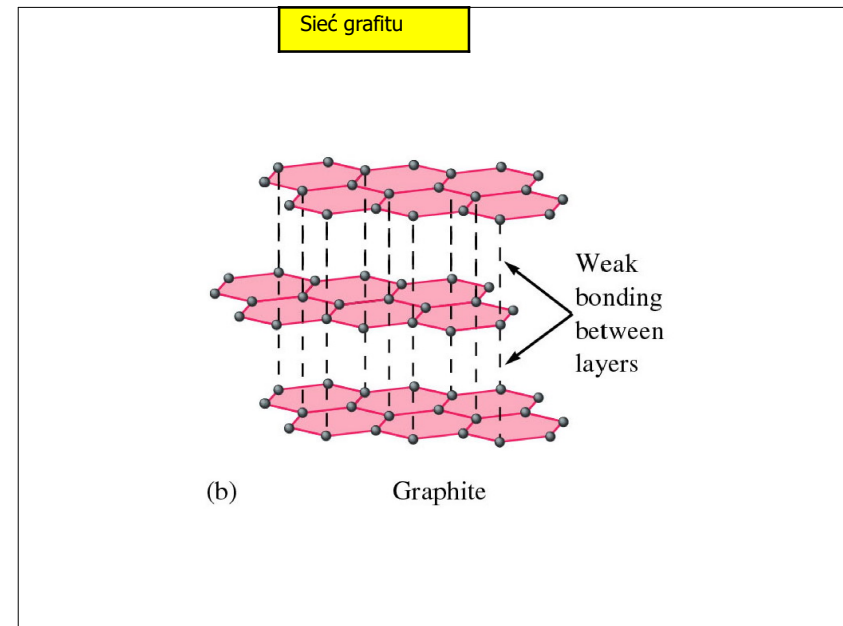
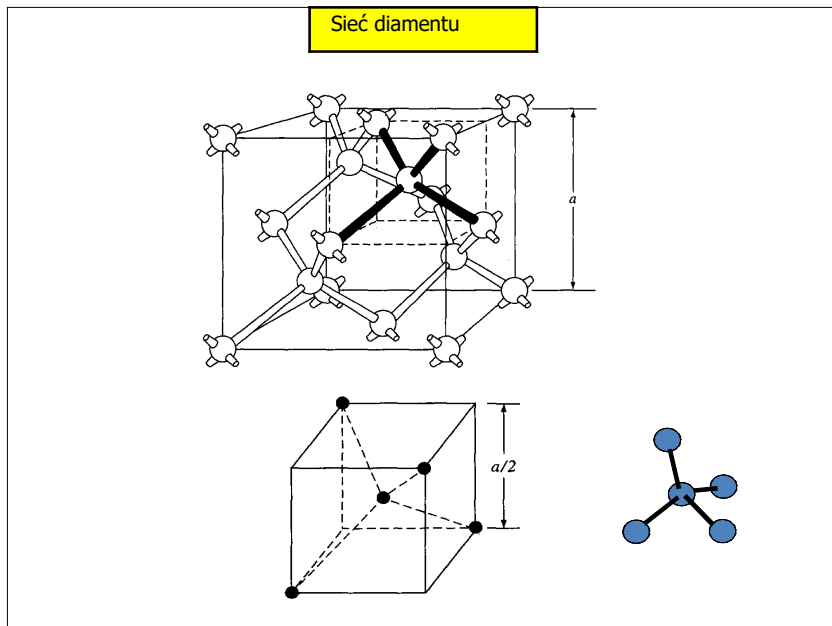


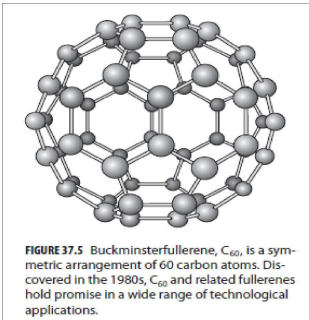
FIGURE 38.15 Hydrogen atom electron wave functions in the  $xz$ -plane for  $y=0$ ,  $\psi_{nlm}(x,z)$ . The coordinates in the  $xz$ -plane are displayed in multiples of the classical Bohr radius  $a_0$ . The scale on the right indicates how the colors in the plots represent the value of  $\psi_{nlm}$ .

University physics with modern physics / Wolfgang Bauer, Gary D. Westfall.—1st ed.





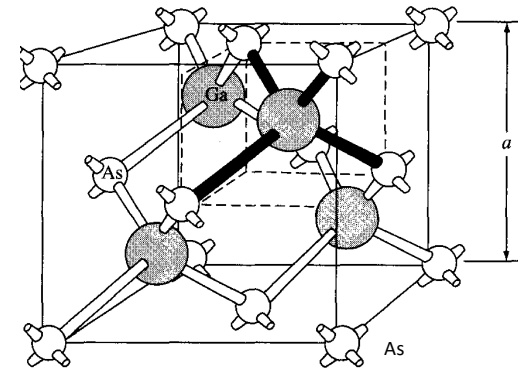
## Fullerene C 60

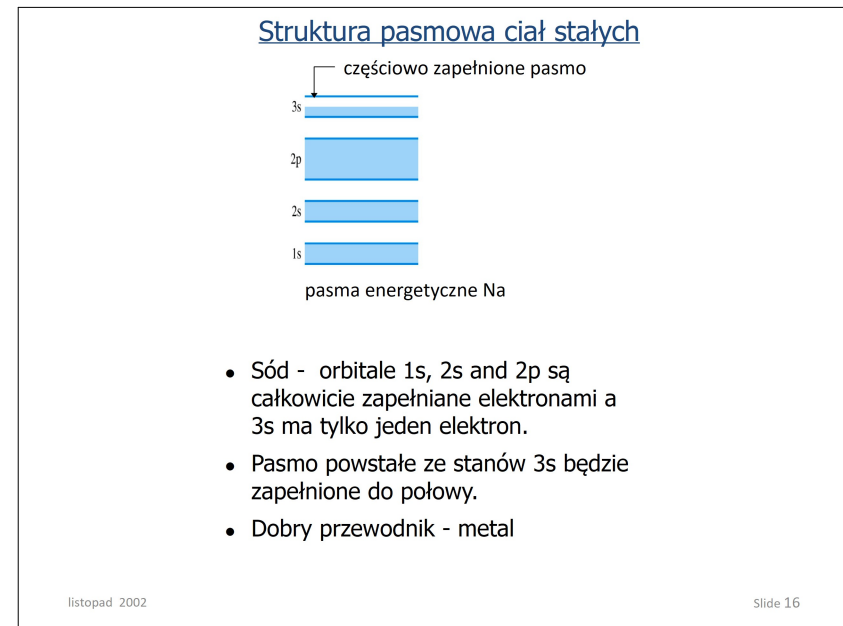
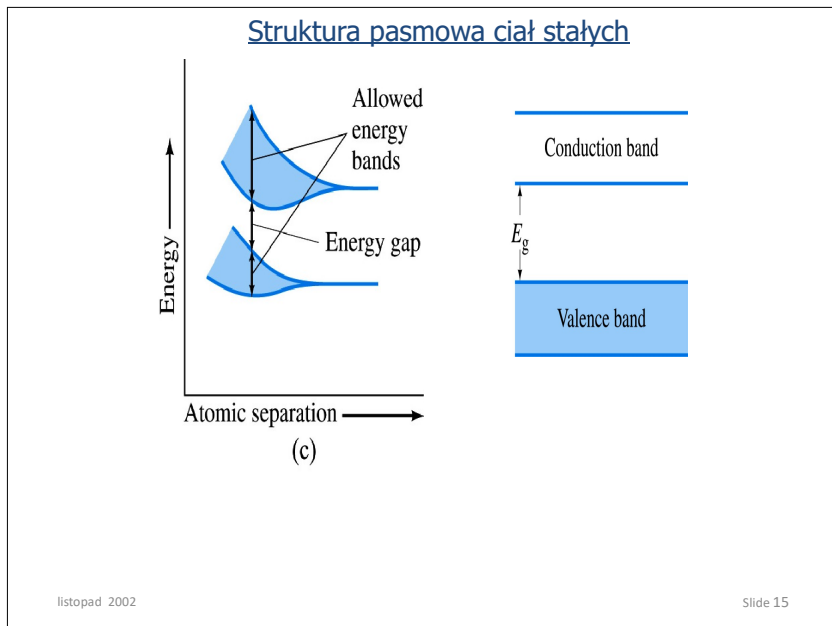


Richard Wolfson UNIVERSITY PHYSICS



## Sieć blendy cynkowej (ZnS, GaAs)







## Struktura pasmowa ciał stałych



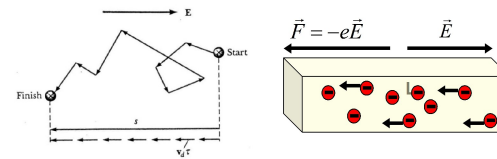
pasma energetyczne Mg

- Magnez - orbitale 1s, 2s and 2p są całkowicie wypełniane elektronami a 3s ma dwa elektrony.
- Pasmo powstałe ze stanów 3s przekrywa się z wyższym pasmem.
- Dobry przewodnik - metal

listopad 2002

Slide 17

## Klasyczna teoria przewodnictwa metali



$$j = \frac{I}{S} = evn$$

$$v = \mu E$$

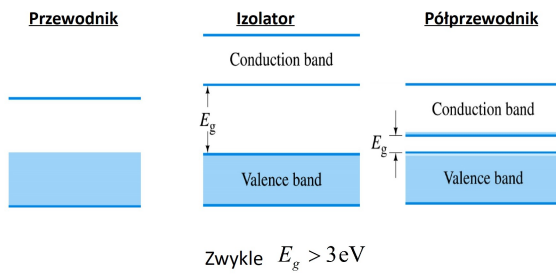
$$j = e\mu n E = \sigma E$$

$$\sigma = e\mu n \quad \rho = \frac{1}{\sigma}$$

Dr J.Szatkowski

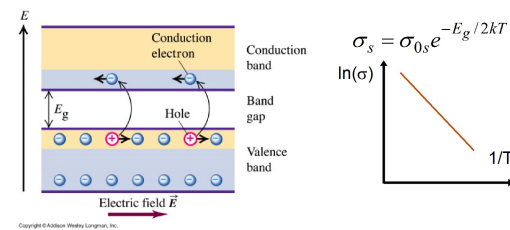
Strona 18

### Struktura pasmowa ciał stałych



Slide 19

### Przewodnictwo samoistne

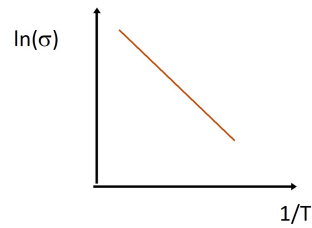
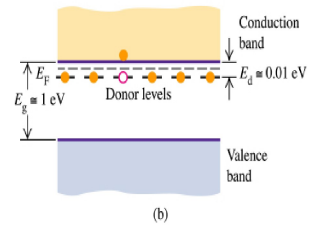
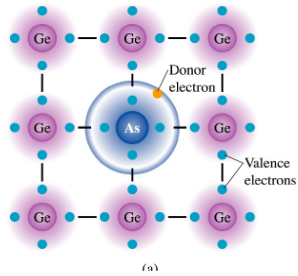


2005/2005

Dr J.Szatkowski

Strona 20

Przewodnictwo domieszkowe - donorowe

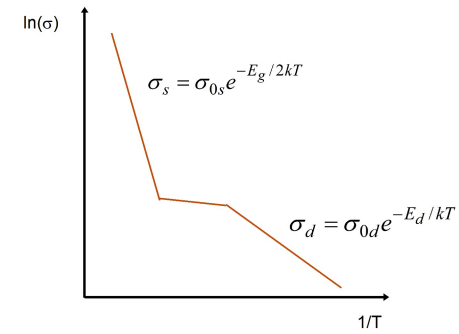


$$n \sim N_d e^{-E_d/kT}$$

$$\sigma = \sigma_0 e^{-E_d/kT}$$

Slide 21

Zależność przewodnictwa od temperatury

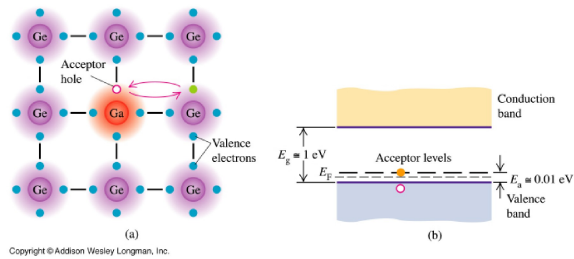


2005/2005

Dr J.Szatkowski

Strona 22

Przewodnictwo domieszkowe - akceptorowe



$$p \sim e^{-E_a/(kT)}$$

Zależność przewodnictwa od temperatury

