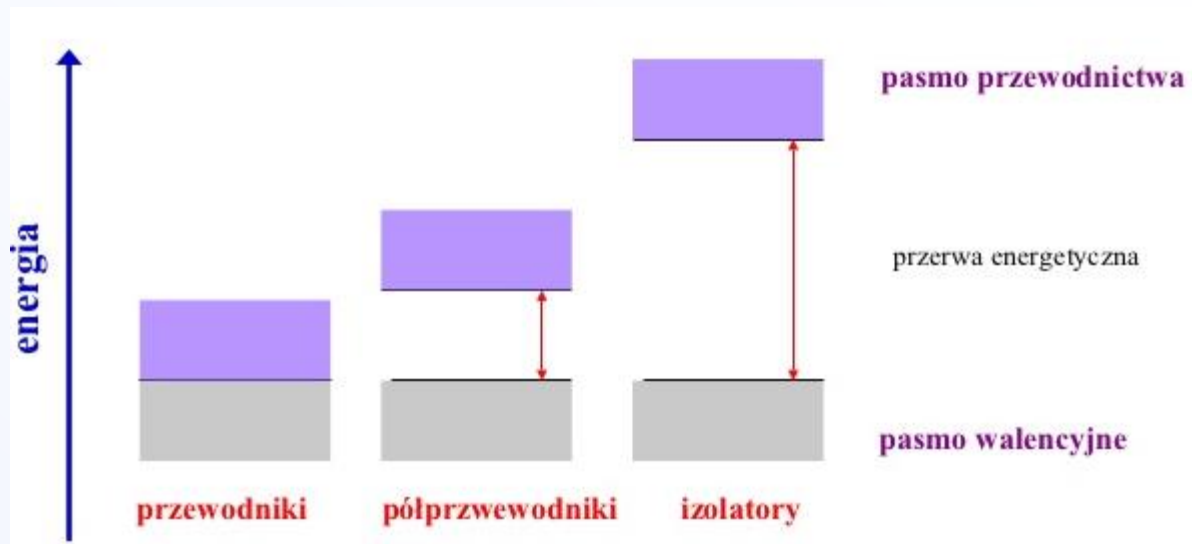


Wykład Vb

Półprzewodniki samoistne i domieszkowe



Rodzaje ciał stałych



- W ciałach stałych istotnemu rozszczepieniu ulegają stany elektronów walencyjnych.
- Rozszczepione poziomy grupują się w pasma.
- Najwyższe pasmo obsadzone elektronami w niemetalach nazywa się pasmem walencyjnym.
- Sąsiednie wyższe pasmo nazywa się pasmem przewodnictwa.
- Obszar energii zawartej pomiędzy pasmami, niedozwolony dla elektronów nazywa się przerwą wzbronioną.



Przewodność właściwa półprzewodników

$$\sigma(T) = en(T)\mu(T)$$

$n(T)$ – koncentracja nośników
[cm^{-3}]

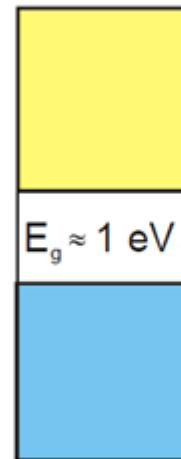
Prędkość elektronu

$$\mu = \frac{v}{E} \left[\frac{cm^2}{Vs} \right]$$

Ruchliwość

Natężenie pola elektrycznego

Pasmo przewodnictwa



Przerwa energetyczna

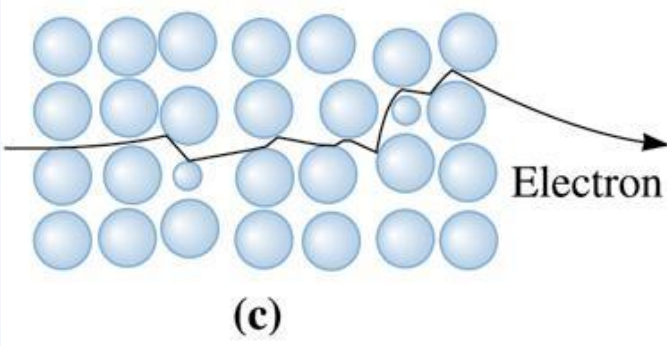
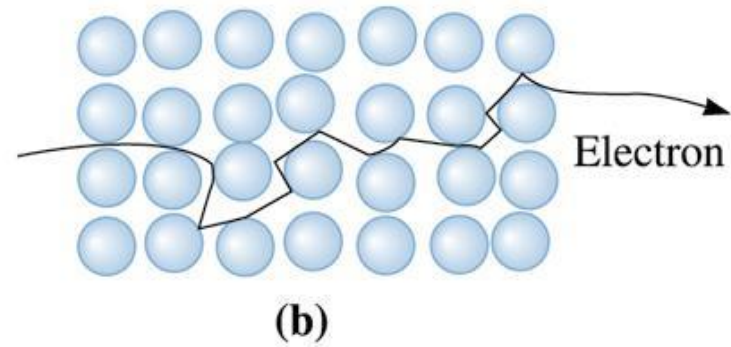
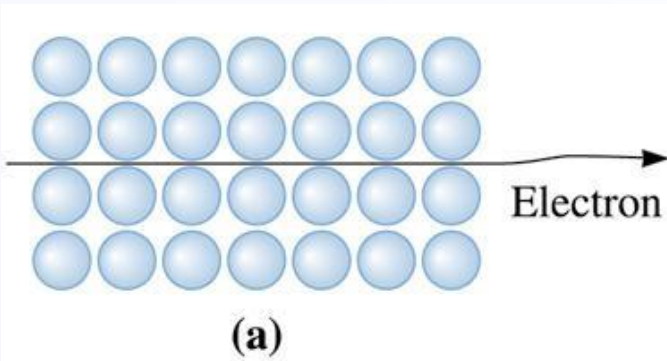
Pasmo walencyjne

$$n(T) \sim \text{prawdop} \sim e^{\frac{-E_g}{kT}}$$

$$k = 1.38 \cdot 10^{-23} J/K$$



Transport elektronów w kryształach



- a) Elektron w perfekcyjnym kryształach
- b) Elektron w kryształach w skończonej temp.
- c) Elektron w kryształach zdefektowanych

©2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning[®] is a trademark used herein under license.

$$\sigma = en\mu$$

Przewodność właściwa



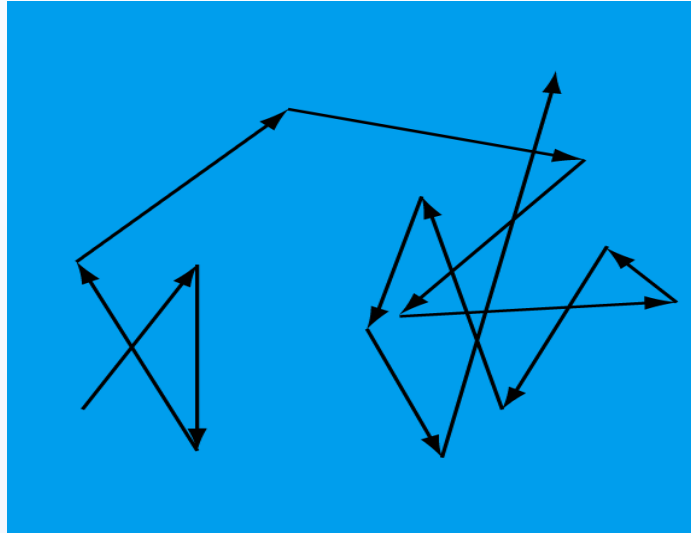
Ruchliwość

$$\mu = \frac{v}{E}$$

Natężenie pola elektrycznego



Ruchliwość

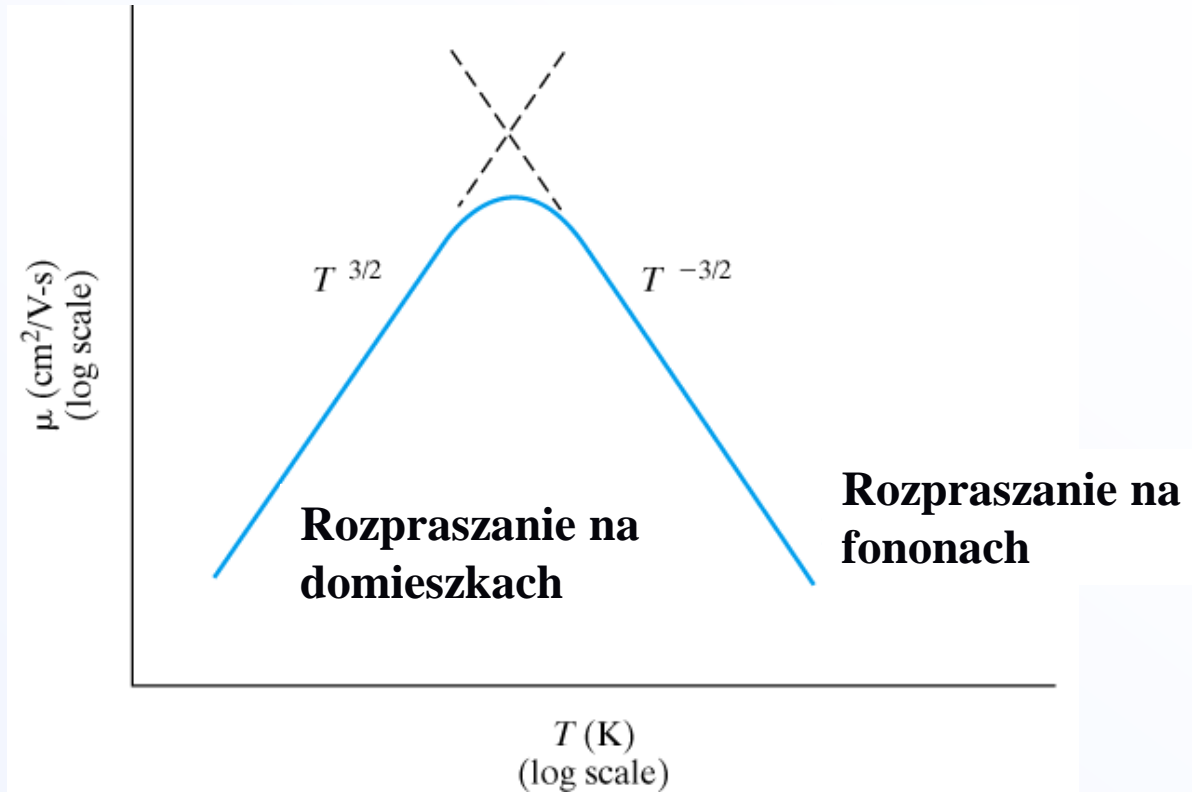


Elektrony w sieci ulegają rozproszeniu na skutek:

- **drgań sieci (fonony)**
- **defekty**
- **inne elektrony**



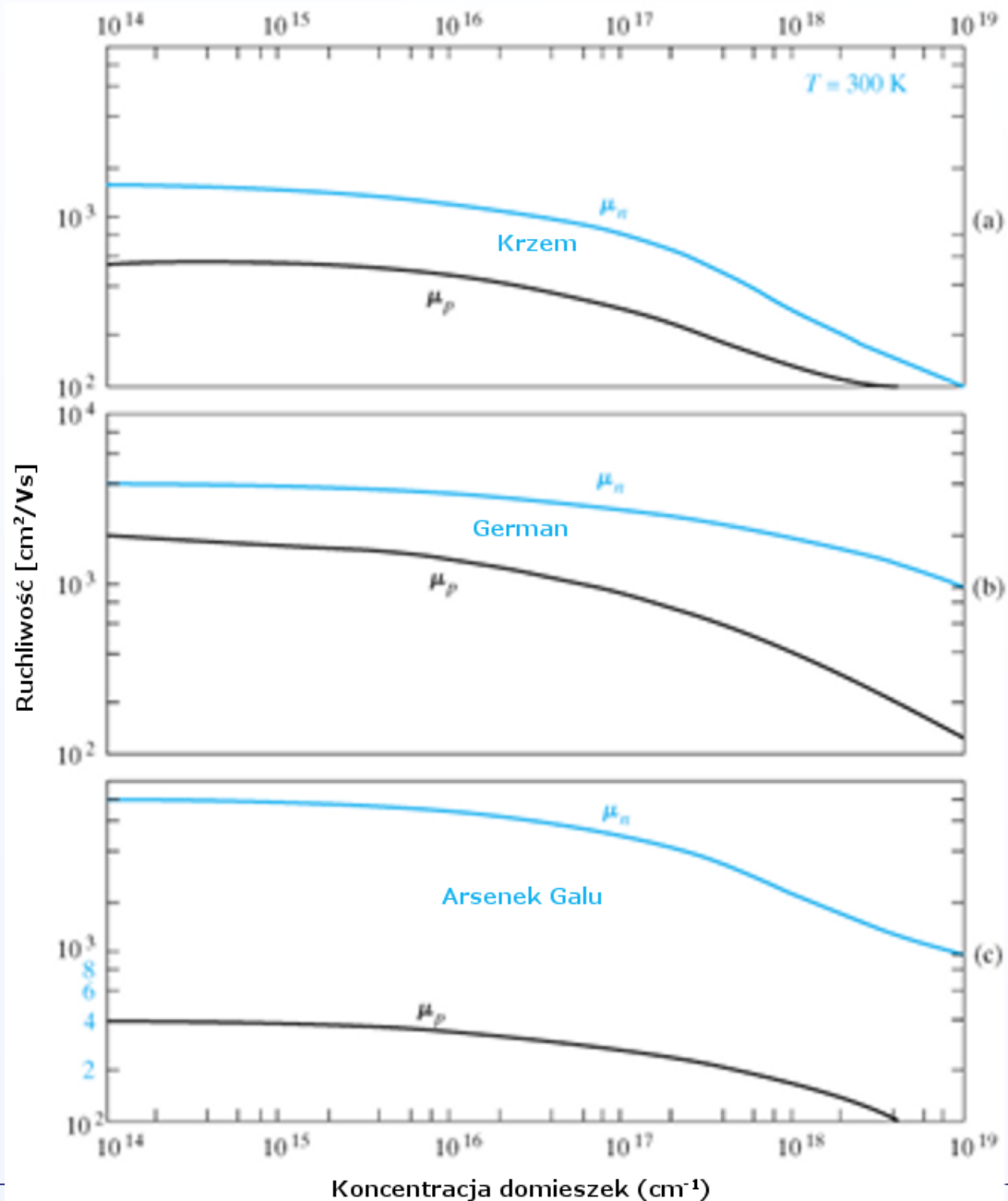
Ruchliwość w półprzewodnikach



$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_I} + \frac{1}{\mu_l}$$



**Ruchliwość
elektronów
jest większa
od ruchliwości
dziur**

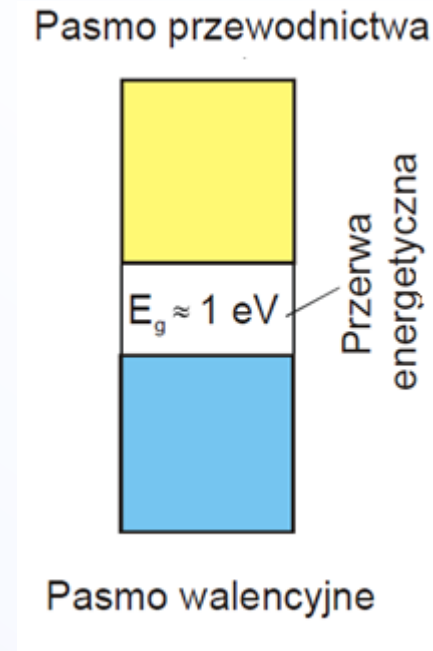


Przewodność właściwa półprzewodników

$$\sigma(T) = en(T)\mu(T)$$

$$n(T) \sim e^{\frac{-E_g}{kT}}$$

$$\mu(T) \sim T^a \quad \left(a = -\frac{3}{2} \text{ lub } \frac{3}{2}\right)$$



W półprzewodnikach zależność przewodności właściwej od temperatury determinuje zależność koncentracji nośników od temperatury:

$$\sigma(T) \sim n(T)$$



Półprzewodniki (Si, Ge, GaAs)

Konfiguracja elektronowa atomu Si:



4 elektrony walencyjne

Kryształ Si: wiązanie kowalencyjne: hybrydyzacja orbitali sp^3

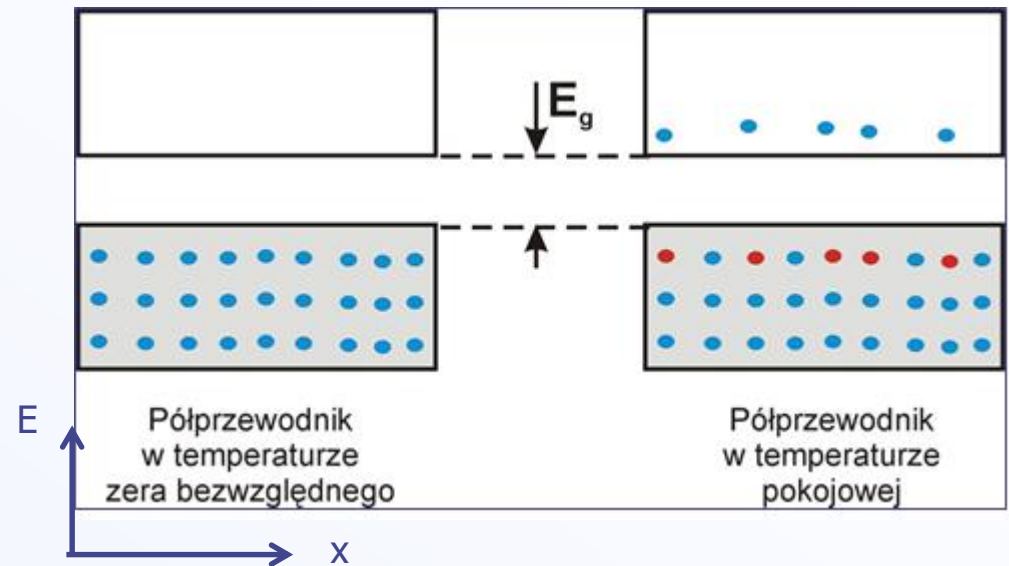
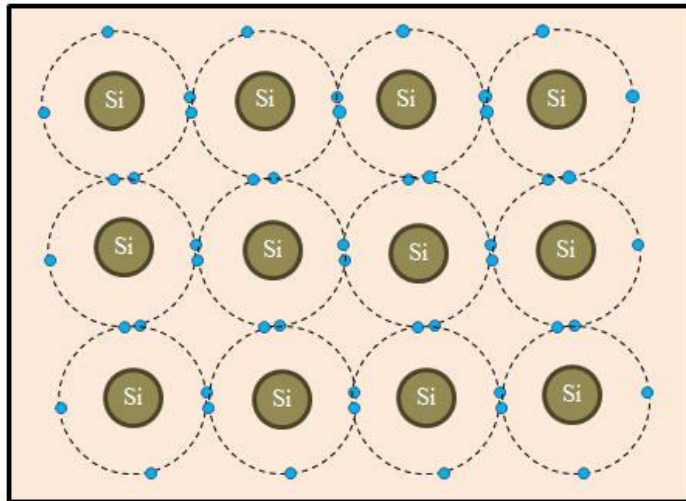


Diagram pasmowy
Półprzewodnik samoistny



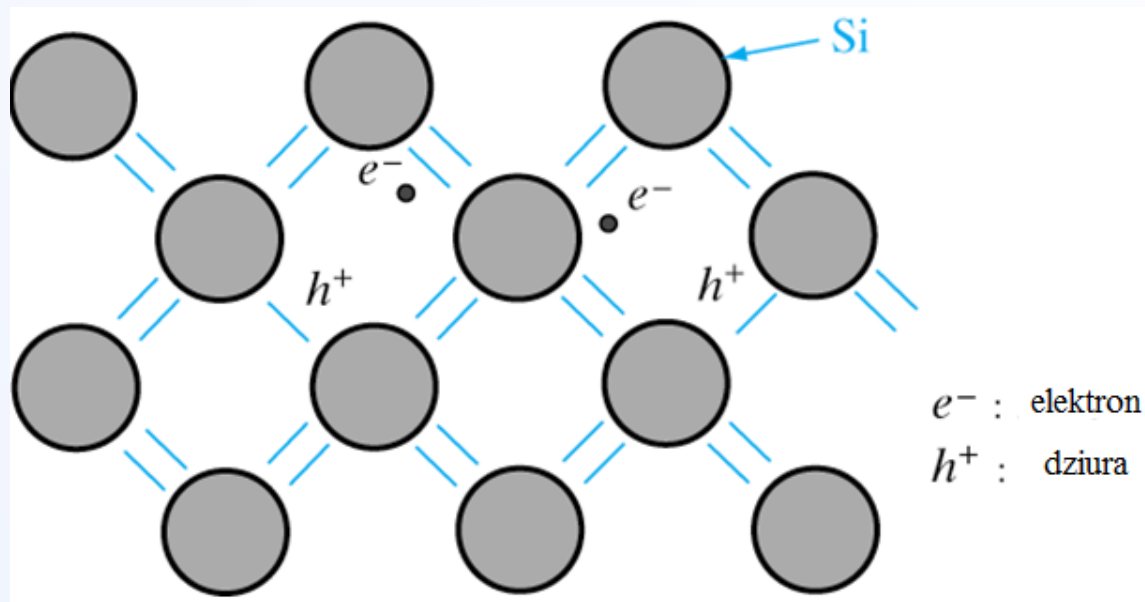
Półprzewodnik samoistny $T > 0$

Dla każdego półprzewodnika w stanie równowagi termodynamicznej prawdziwe jest równanie:

$$n_0 p_0 = n_i^2$$

Dla półprzewodnika samoistnego:

$$n_0 = p_0$$



Półprzewodnik samoistny

Przewodność: $\sigma = en_i\mu$

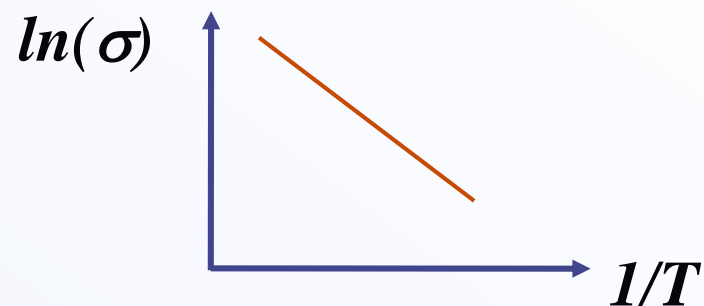
Jeśli ruchliwość nie zmienia się istotnie wraz ze zmianą temperatury to

$$\sigma(T) \sim n_i(T)$$

$$n_i(T) \sim e^{\frac{-E_g}{2kT}}$$

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{E_g}{2kT}}$$

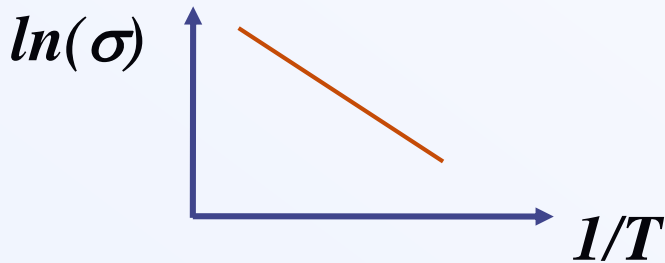
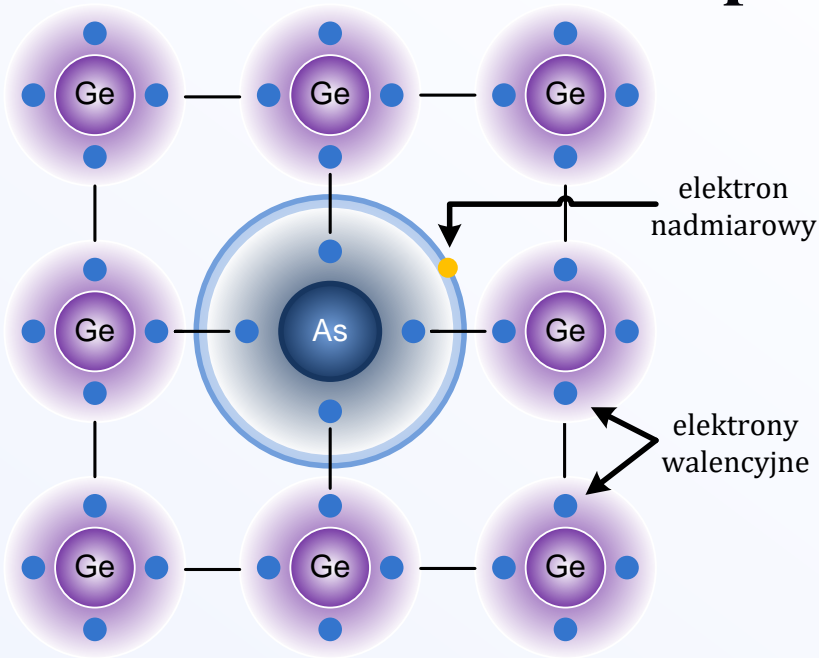
$$\ln\sigma = \ln\sigma_0 - \frac{E_g}{2k} \cdot \frac{1}{T}$$



Nachylenie prostej: $-\frac{E_g}{2k}$

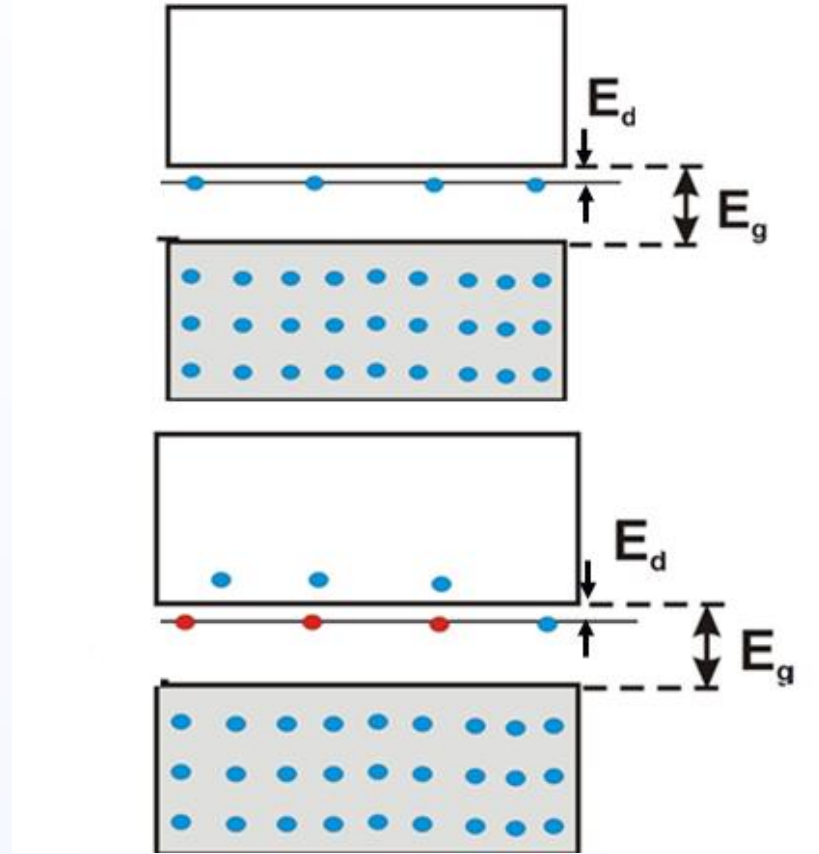


Półprzewodnik typu n



$$\sigma_d = \sigma_{0d} e^{-E_d / 2kT}$$

Nachylenie prostej: $-\frac{E_d}{2k}$




E_d - poziom donorowy

$$n_0 p_0 = n_i^2 \quad n_0 > p_0$$



PERIODIC CHART OF THE ELEMENTS

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	INERT GASES	
1 H 1.00797															1 H 1.00797	2 He 4.0026	
3 Li 6.939	4 Be 9.0122										5 B 10.811	6 C 12.0112	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.9984	10 Ne 20.183	
11 Na 22.9898	12 Mg 24.312										13 Al 26.9815	14 Si 28.086	15 P 30.9738	16 S 32.064	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948	
19 K 39.102	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.90	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9380	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.37	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.909	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.905	40 Zr 91.22	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (99)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.905	46 Pd 106.4	47 Ag 107.870	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.904	54 Xe 131.30
55 Cs 132.905	56 Ba 137.34	*57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.09	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.19	83 Bi 208.980	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	†89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 ? (271)	111 ? (272)	112 ? (277)						


N-typu -donory

Numbers in parenthesis are mass numbers of most stable or most common isotope.

Atomic weights corrected to conform to the 1963 values of the Commission on Atomic Weights.

The group designations used here are the former Chemical Abstract Service numbers.

* Lanthanide Series

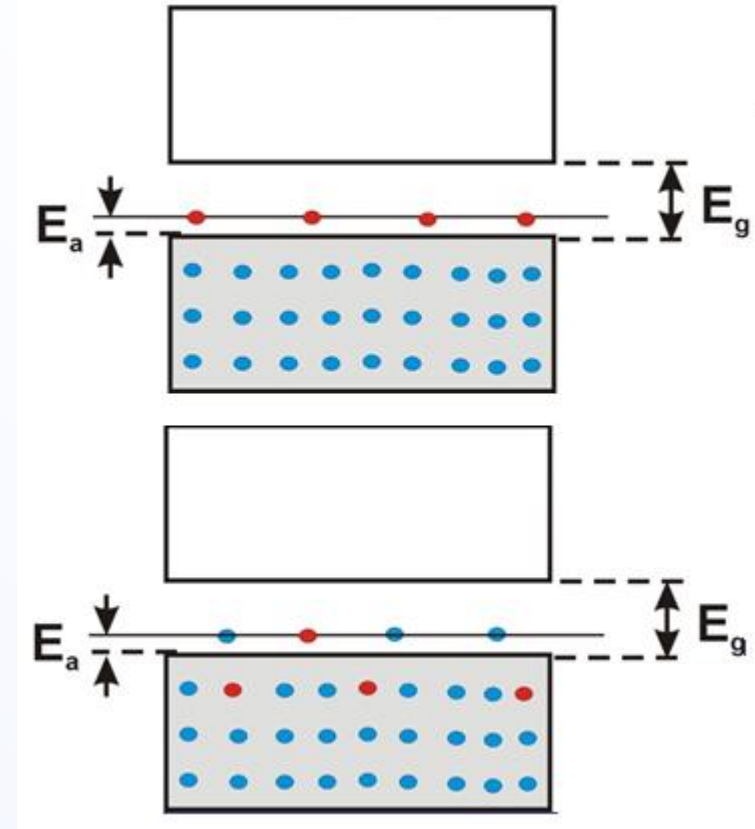
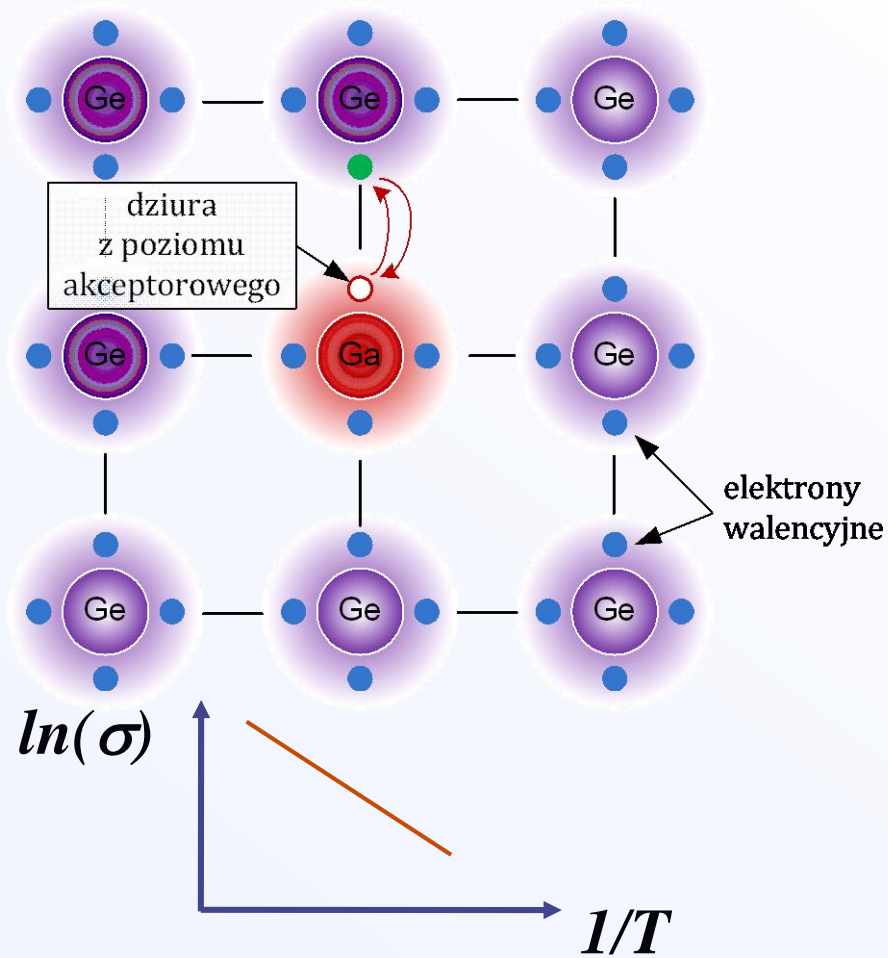
58 Ce 140.12	59 Pr 140.907	60 Nd 144.24	61 Pm (147)	62 Sm 150.35	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.924	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.26	69 Tm 168.934	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
--------------------	---------------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------	--------------------	--------------------

† Actinide Series

90 Th 232.038	91 Pa (231)	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (249)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (256)	103 Lr (257)
---------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------



Półprzewodnik typu p



E_a - poziom akceptorowy

$$n_0 p_0 = n_i^2 \quad p_0 > n_0$$


$$\sigma_d = \sigma_{0d} e^{-E_a / 2kT}$$

Nachylenie prostej: $-\frac{E_a}{2k}$



PERIODIC CHART OF THE ELEMENTS

INERT
GASES

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	INERT GASES	
1 H 1.00797															1 H 1.00797	2 He 4.0026	
3 Li 6.939	4 Be 9.0122											5 B 10.811	6 C 12.0112	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.9984	10 Ne 20.183
11 Na 22.9898	12 Mg 24.312											13 Al 26.9815	14 Si 28.086	15 P 30.9738	16 S 32.064	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.102	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.90	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9380	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.37	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.909	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.905	40 Zr 91.22	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (99)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.905	46 Pd 106.4	47 Ag 107.870	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.904	54 Xe 131.30
55 Cs 132.905	56 Ba 137.34	*57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.09	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.19	83 Bi 208.980	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	†89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 ? (271)	111 ? (272)	112 ? (277)	 <p>P-typu akceptory</p>					

Numbers in parenthesis are mass numbers of most stable or most common isotope.

Atomic weights corrected to conform to the 1963 values of the Commission on Atomic Weights.

The group designations used here are the former Chemical Abstract Service numbers.

* Lanthanide Series

58 Ce 140.12	59 Pr 140.907	60 Nd 144.24	61 Pm (147)	62 Sm 150.35	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.924	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.26	69 Tm 168.934	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
--------------------	---------------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------	--------------------	--------------------

† Actinide Series

90 Th 232.038	91 Pa (231)	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (249)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (256)	103 Lr (257)
---------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------



Zależność przewodności od temperatury- półprzewodnik domieszkowy

$$\sigma_i = \sigma_{0i} e^{-E_g/2kT}$$

