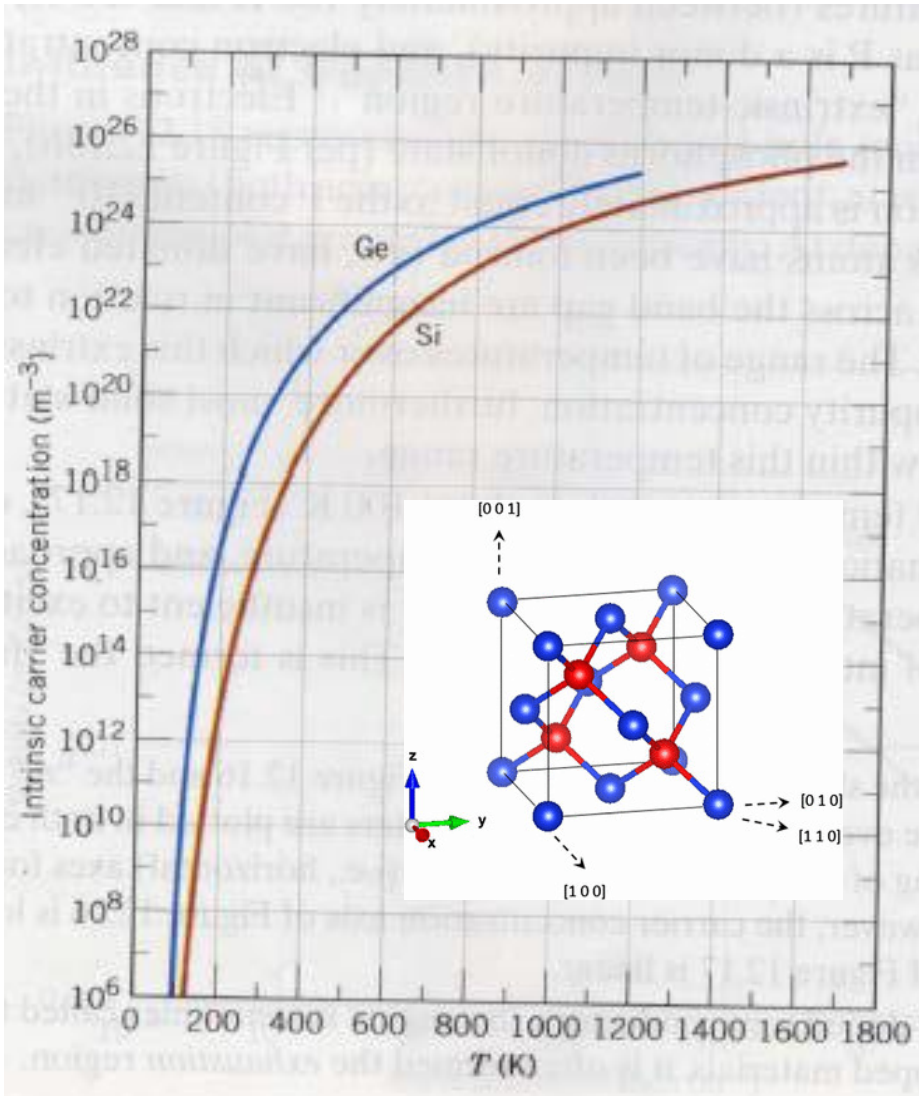


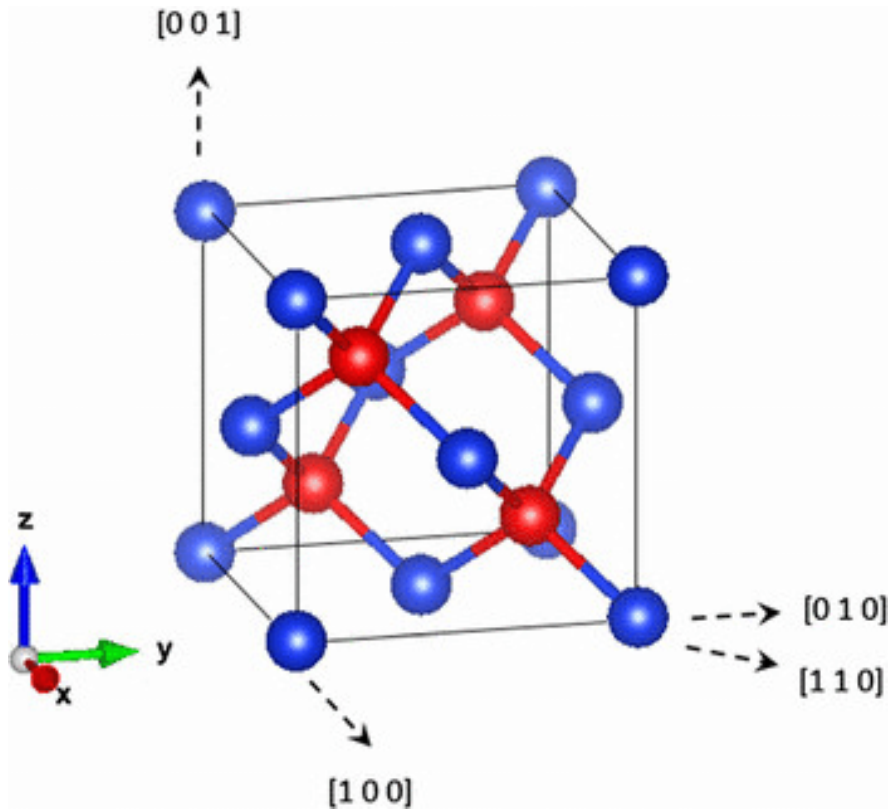
Exercise dopage (10 minutes)



Le cellule primitive du silicium est cubique à faces centrées avec un taille de 0.54 nm. La concentration intrinsèque de porteur dans le Si est de 10^{10} cm^{-3} .

Calculez le degré de pureté d'un échantillon de Si dopé nécessaire pour augmenter la conductivité d'un factor 1'000'000.

Exercise dopage (10 minutes)



Cellule avec 8 atomes et volume de 0.16 nm^3

Densité des atomes: $5 \cdot 10^{22} \text{ atomes/cm}^3$

Concentration de dopage nécessaire: $10^6 \cdot 10^{10} = 10^{16} \text{ atomes/cm}^3$

$$[\text{Dopants}] = \frac{10^{16}}{5 \cdot 10^{22}} = 2 \cdot 10^{-7}$$

$$\text{Pureté du Si: } (1 - 2 \cdot 10^{-7}) \cdot 100\% = \underline{\underline{99.99998\%}}$$

Propriétés magnétiques

- Concepts basiques
- Type de magnétisme dans les matériaux
- Domaines magnétiques et hystérèse
- Matériaux magnétiques durs et mous
- Application: Enregistrement Magnétique et Mémoires Magnétiques

Les coefficients magnétiques

Champ magnétique

Densité de flux magnétique

$$\vec{H} = \frac{N}{L} \vec{I}$$

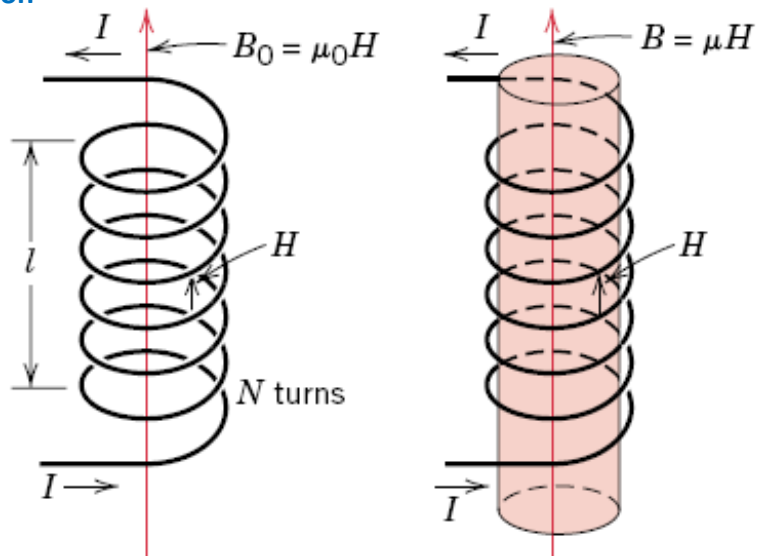
Perméabilité magnétique (vide et relative)

$$\vec{B} = \frac{\vec{\Phi}}{A} = \mu_r * \mu_0 * \vec{H} = \mu_0 * \vec{H} + \mu_0 * \vec{M}$$

Susceptibilité

Magnétisation

$$\vec{M} = (\mu_r - 1) * \vec{H} = \chi_m * \vec{H}$$



Champ électrique

Densité de charge

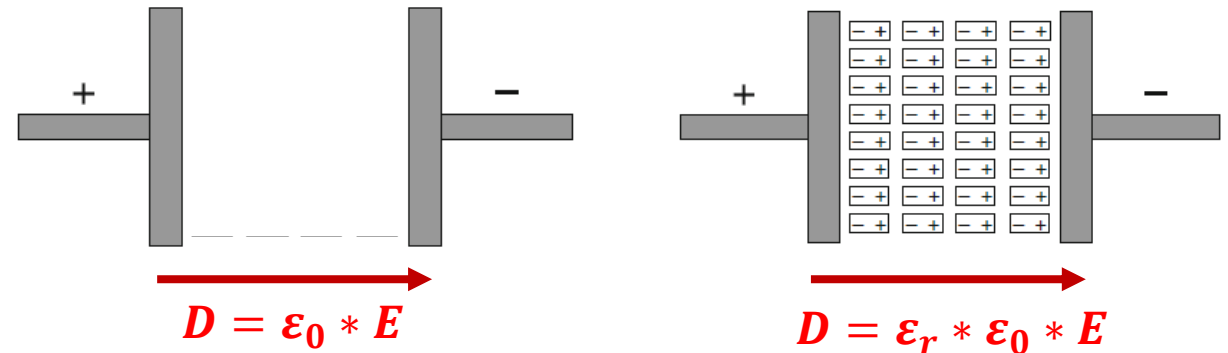
$$\vec{E} = -\nabla V$$

Permittivité (vide et relative)

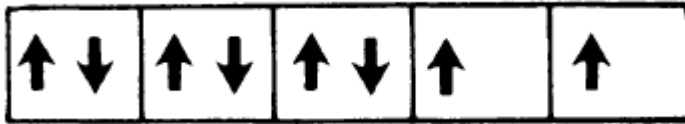
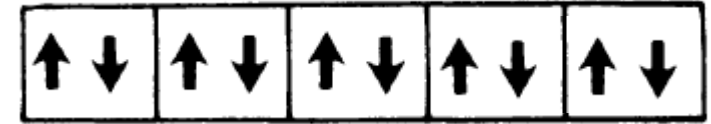
$$\vec{D} = \frac{Q}{A} = \epsilon_r * \epsilon_0 * \vec{E} = \epsilon_0 * \vec{E} + \vec{P}$$

Polarisation

$$\vec{P} = N * e * \vec{r}$$



Si un solide possède des bandes électroniques complètement remplies, il y a autant d'électrons avec un spin vers le haut que de spin vers le bas. Cela entraîne une annulation des moments de spin, et aucun paramagnétisme net de spin n'est attendu. Ces matériaux sont donc diamagnétiques.



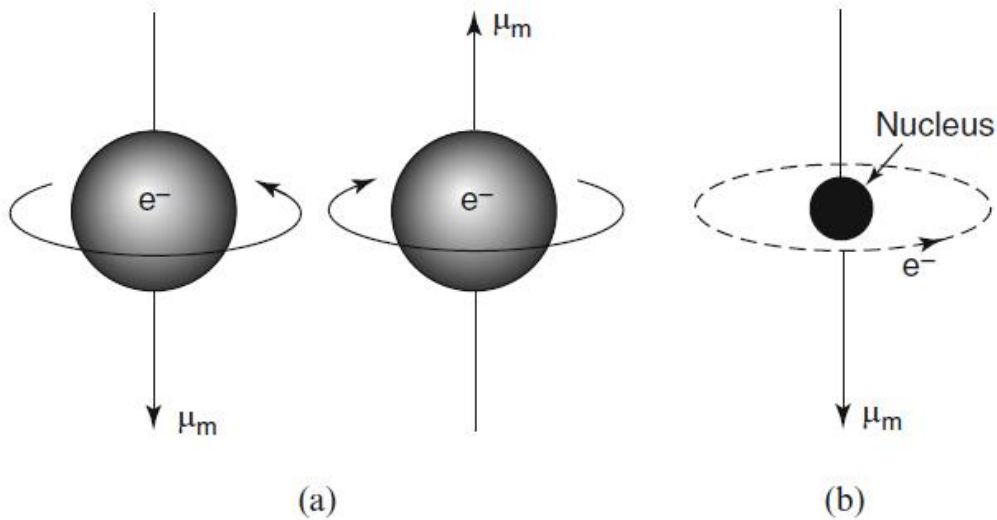
Dans les matériaux ayant des bandes partiellement remplies, les spins des électrons sont arrangés, selon la « règle de Hund », de manière à maximiser le moment de spin total. Par exemple, dans un atome avec huit électrons de valence d, cinq des spins sont orientés, disons, vers le haut, et trois spins vers le bas, ce qui donne un total net de deux spins vers le haut. L'atome est alors censé avoir deux unités de (para-)magnétisme.

Exercise + pause (20 minutes)

Déterminez si les éléments/composés suivants sont paramagnétiques ou diamagnétiques, et classez-les en fonction de leur susceptibilité magnétique

Pt W Cu Na NaCl H₂O Al Ag

Elément	Configuration électronique	Orbitaux partiellement remplis	Para/Dia	χ_m
Pt	[Xe]4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹	2	Para	Moyenne
W	[Xe]6s ² 4f ¹⁴ 5d ⁴	4	Para	Eleveé
Cu	[Ar] 4s ¹ 3d ¹⁰	1	Para	Faible
Na	[Ne] 3s ¹	1	Para	Faible
NaCl	[Ne] + [Ar]	0	Dia	-
H ₂ O	[Ne]	0	Dia	-
Al	[Ne] 3s ² 3p ¹	1	Para	Faible
Ag	[Kr]4d ¹⁰ 5s ¹	1	Para	Faible



Chaque électron non apparié contribue à la magnétisation avec un moment magnétique élémentaire appelé le magnéton de Bohr (μ_B)

Elément	Para/Dia	χ_m
Pt	Para	Moyenne
W	Para	Eleveé
Cu	Para	Faible
Na	Para	Faible
NaCl	Dia	-
H ₂ O	Dia	-
Al	Para	Faible
Ag	Para	Faible

Susceptibilité magnétiques χ_m at 20°C [$(\mu_r - 1) \cdot 10^5$]

Paramagnetic

Iron oxide (FeO)	720
Uranium	40
Platinum	26
Tungsten	6.8
Cesium	5.1
Aluminum	2.2
Lithium	1.4
Magnesium	1.2
Sodium	0.72
Oxygen gas	0.19

Diamagnetic

Ammonia	-.26
Bismuth	-16.6
Mercury	-2.9
Silver	-2.6
Carbon (diamond)	-2.1
Carbon (graphite)	-1.6
Lead	-1.8
Sodium chloride	-1.4
Copper	-1.0
Water	-0.91