

PHYSIQUE DES SOLIDES

7.1 STRUCTURES CRISTALLINES

7.2 PHÉNOMÈNES DE CONDUCTION

7.3 DOCUMENTATION PÉDAGOGIQUE

7.1 Structures cristallines

7.1.1 Microscope à émission de champ

Étude de la structure cristalline du tungstène avec un microscope à émission de champ



Dans l'expérience P7.1.1.1, on commence par purifier la pointe de tungstène en la chauffant jusqu'à incandescence. La structure produite sur l'écran luminescent après application du champ électrique correspond au réseau cubique centré du tungstène que l'on observe dans l'axe de zone [110] c'est-à-dire suivant la diagonale de l'une des faces du cube. Pour finir, on vaporise une très petite quantité de baryum dans le tube afin que des atomes de baryum précipitent individuellement sur la pointe de tungstène et produisent des points clairs sur l'écran luminescent. Il est même possible d'observer l'agitation thermique des atomes de baryum si on chauffe avec précaution la pointe de tungstène.

Microscope à émission de champ



D'après le Prof. Dr. E. W. Müller, pour montrer la diffusion thermique des atomes de baryum sur une pointe de tungstène monocristallin ainsi que pour observer des atomes isolés et leur mouvement d'agitation thermique. Permet une observation à fort grossissement. Malgré les hautes performances du microscope, sa construction reste très simple. Il s'utilise en cours pour étudier la structure atomique de la matière et même l'agitation thermique des atomes. L'appareil est constitué d'une ampoule en verre où règne un vide très poussé et au centre de laquelle se trouve une fine pointe de tungstène (monocristal) d'un rayon de courbure submicroscopique. Si on lui applique une haute tension, cette pointe émet des électrons. Le champ électrique non homogène entourant la pointe agit comme une lentille électronique de distance focale extrêmement courte. Il apparaît d'abord sur l'écran fluorescent une image formée de petites taches claires ou sombres, correspondant à la pointe d'un monocristal pur de tungstène. Les atomes de baryum amenés sur la pointe de tungstène apparaissent sous forme de taches claires car leur émission électronique est plus élevée que celle du cristal. Si on chauffe la pointe de tungstène, les atomes de baryum participent à l'agitation thermique (mouvement visible sur l'écran).

Caractéristiques techniques :

- Grossissement : env. 500 000 fois
- Résolution : 2 ... 3 nm
- Rayon de courbure de la pointe de tungstène : 0,1 ... 0,2 μm
- Diamètre de l'ampoule : 10 cm
- Pression : env. 10^{-10} bar
- Tension à l'anode : 4 ... 8 kV
- Courant de l'anode : env. 10 μA
- Chauffage du baryum : 8 A max.
- Chauffage de la cathode : 1,9 A $\pm$ 0,05 A
- Raccords :
Cathode : douille E 27
Anode et chauffage du baryum : douille E 14

554 60 Microscope à émission de champ

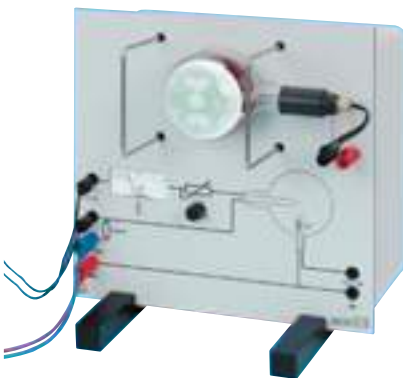
Plaque de connexion pour microscope à émission de champ

Support pour microscope à émission de champ sur plaque d'expérimentation à accrocher dans un cadre. Avec connexion des alimentations externes pour haute tension, chauffage de la cathode et chauffage du baryum. Potentiomètre intégré et ampèremètre pour le réglage du courant de chauffage de la cathode.

Caractéristiques techniques :

- Raccords :
douille E 27 pour la cathode du microscope
douille E 14 avec câble et deux fiches de 4 mm pour l'anode et le chauffage du baryum
douilles de sécurité de 4 mm pour les alimentations
- Dimensions : 30 cm x 30 cm x 27 cm
- Masse : 1 kg

554 605 Plaque de connexion pour microscope à émission de champ



7.1.2 Microscope à effet tunnel

Microscope à effet tunnel

Permet d'obtenir des images à haute résolution et d'observer individuellement les atomes par balayage ligne par ligne (imagerie par trame) de surfaces conductrices dans la plage nanométrique. Possibilité supplémentaire d'étude de l'effet tunnel en mesurant le courant tunnel en fonction de la distance pointe/surface. Livré avec plaque d'amortissement.

Caractéristiques techniques :

- Tête de balayage
Procédé tridimensionnel de la pointe de mesure via les éléments piézo-électriques
- Zone de trame maximale
 - Direction x,y : 0,5 μm x 0,5 μm
 - Direction z : 200 nm
 - Taille de pas minimale : 7,6 pm
 - Approche de la pointe d'essai : via moteur linéaire
- Câble avec prise multiple
- Interface et contrôleur :
Douille de connexion pour tête de balayage
Connecteur USB pour raccordement à un ordinateur
Convertisseur N/A 16 bits pour les trois directions spatiales
jusqu'à 7 canaux de mesure, par ex. pour le courant tunnel et la topographie
Vitesse de balayage maximale : 60 ms/ligne
- Logiciel
Commande de l'expérience et acquisition des données
Représentation graphique de l'image obtenue sous forme uni-, bi- et tridimensionnelle
Traitement des données et optimisation de la représentation graphique
Diverses fonctions de mesure telle que la distance, l'angle
- Prérequis matériel :
Windows 2000/XP/Vista/7, interface USB, 256 Mo RAM, carte graphique 1024 x 768,
Rendu des couleurs 16 bits ou supérieur
- Dimensions : 45 cm x 45 cm x 12 cm
- Masse : 3 kg

Matériel livré :

- Graphite et film d'or comme échantillons standard
- Fil de Pt-Ir pour la pointe de mesure
- Plaque d'expérimentation amortissant les vibrations pour la tête de balayage
- Alimentation
- Pince coupante diagonale et pince brucelles pour la fabrication de la pointe de mesure

554 581	Microscope à effet tunnel
---------	---------------------------

Complément recommandé :

Quantité	N° de cat.	Désignation
1	554 583	Fil de rechange pour microscope à effet tunnel
1	554 584	Échantillon de MoS_2
1	554 5841	Échantillon de TaS_2
1	554 5842	Échantillon de TaSe_2
1	554 5844	Échantillon de WSe_2

Fil de rechange pour microscope à effet tunnel

Fil de Pt-Ir pour la pointe de mesure.

Caractéristiques techniques :

- Longueur : 30 cm
- Diamètre : 0,25 mm

554 583	Fil de rechange pour microscope à effet tunnel
---------	--

Échantillon de MoS_2

Échantillon de bisulfure de molybdène sur support pour échantillon pour l'étude d'un autre échantillon avec le microscope à effet tunnel ; possibilité d'observation des imperfections du réseau cristallin.

554 584	Échantillon de MoS_2
---------	-------------------------------



7.1 STRUCTURES CRISTALLINES

7.1.2 MICROSCOPE À EFFET TUNNEL

Échantillon de TaS_2

Échantillon de bisulfure de tantale sur support pour l'étude de la distribution de la densité de charge sur la surface de l'échantillon à l'aide du microscope à effet tunnel (554 581). Observation des ondes de densité de charge (en anglais, Charge Density Waves - CDW) sur la surface.

554 5841	Échantillon de TaS_2
----------	-------------------------------

Échantillon de TaSe_2

Échantillon de diséléniure de tantale sur support pour l'étude de la distribution de la densité de charge sur la surface de l'échantillon à l'aide du microscope à effet tunnel (554 581). Observation des ondes de densité de charge (en anglais, Charge Density Waves - CDW) sur la surface.

554 5842	Échantillon de TaSe_2
----------	--------------------------------

Échantillon de WSe_2

Échantillon de diséléniure de tungstène sur support pour l'étude de la distribution de la densité de charge sur la surface de l'échantillon à l'aide du microscope à effet tunnel (554 581). Possibilité d'observation des imperfections de la surface.

554 5844	Échantillon de WSe_2
----------	-------------------------------

7.1.3 Clichés de Laue et Debye-Scherrer, réflexion de Bragg

Analyse de structure par des rayons X

Le rayon X est un instrument irremplaçable dans la détermination de la structure cristalline. Chaque niveau cristallin est décrit à l'aide des indices de Miller h, k, l et renvoie le rayonnement X si les conditions de Laue ou de Bragg sont remplies. La répartition des réflexions donne des informations quantitatives sur la structure cristalline et les constantes cristallines des matières étudiées.

Appareil à rayons X Mo, complet

Appareil complet commandé par microprocesseur avec tube de Mo et goniomètre pour la réalisation de nombreuses expériences du domaine de la physique des rayons X. Une partie génération de haute tension, un tube à rayons X et une partie expérimentation sont regroupés dans un boîtier parfaitement clos et protégés contre les rayonnements. L'appareil est homologué comme dispositif à rayons X pour l'enseignement et appareil à protection totale. L'homologation est également valable pour d'autres tubes (Fe, Cu, Ag, W) livrés ajustés, prêts à l'emploi, en vue d'un changement aisé. Une sécurité optimale et un grand confort d'utilisation sont garantis par un système de verrouillage qui déverrouille automatiquement les portes lorsque plus aucun rayonnement X n'est généré.

Deux grands affichages donnent des informations exhaustives sur l'expérience en cours. La tension et le courant du tube sont réglables respectivement de 0 à 35 kV et de 0 à 1 mA. Utilisé avec l'indicateur de valeur moyenne intégré, l'appareil à rayons X permet la mesure directe avec un tube compteur Geiger-Müller (559 01). Pour relever des spectres de Bragg, il suffit de le brancher à un PC (logiciel inclus au matériel livré) via un port USB. Une alternative consiste à recourir aux deux sorties analogiques (taux de comptage et position angulaire) qui permettent, quant à elles, d'enregistrer les données avec un enregistreur. Le goniomètre (554 831) permet d'adopter manuellement les diverses positions angulaires prévues pour le capteur et la cible ; le capteur et la cible couplés dans un rapport 2 : 1 peuvent également être déplacés manuellement ou pour le balayage automatique d'un domaine angulaire.

La partie expérimentation est accessible par l'intermédiaire de deux conduites coaxiales blindées ainsi que par un canal libre, par ex. pour la connexion d'un détecteur d'énergie de rayonnement X entraîné par un goniomètre. L'appareil est assemblé et ajusté, prêt à l'emploi.

Caractéristiques techniques :

- Dispositif à rayons X pour l'enseignement et appareil à protection totale avec l'homologation BFS 05/07 V/Sch RÖV (permet l'utilisation avec des tubes interchangeables au Fe, Cu, Mo, Ag, W)
- Taux de dose à une distance de 10 cm : $< 1 \mu\text{S/h}$
- Respectivement deux circuits de sécurité indépendants et surveillés pour les portes, la haute tension et le courant du tube (certifié par le TÜV Rheinland et conforme aux exigences pour les essais de type PTB 2005)
- Verrouillage automatique de la porte : l'ouverture est seulement possible lorsque plus aucun rayonnement X n'est généré (certifié par le TÜV Rheinland et conforme aux exigences pour les essais de type PTB 2005)



7.1 STRUCTURES CRISTALLINES

7.1.3 CLICHÉS DE LAUE ET DEBYE-SCHERRER, RÉFLEXION DE BRAGG

- Haute tension du tube : 0 ... 35,0 kV (tension continue régulée)
- Courant du tube : 0 ... 1,00 mA (courant continu régulé de manière indépendante)
- Tube à rayons X visible avec anode au molybdène pour un rayonnement caractéristique à ondes courtes :
 $K_{\alpha} = 17,4 \text{ keV (71,0 pm)}$, $K_{\beta} = 19,6 \text{ keV (63,1 pm)}$
- Écran luminescent pour des expériences de radiographie : $d = 15 \text{ cm}$
- Indicateur de valeur moyenne intégré, avec l'alimentation en tension pour le compteur de Geiger-Müller
- Haut-parleur : activable pour le suivi acoustique du taux de comptage
- Deux affichages à 4 chiffres (25 mm de haut) pour la visualisation au choix des valeurs actuelles de la haute tension, du courant anodique, du taux de comptage, de l'angle de la cible ou du capteur, du domaine de balayage, du pas de progression, du temps de porte
- Goniomètre (554 831) commandé par moteur pas à pas
 Modes de fonctionnement : réglage manuel et balayage automatique pour le capteur seul, la cible seule, couplage 2 : 1
 Plage angulaire : illimitée (de 0° à 360°) pour la cible, de -10° à $+170^{\circ}$ pour le capteur
 Pas de progression : $0,1^{\circ}$
- Minuterie d'exposition, temps de porte : 0,5 s ... 9999 s
- Réalisation des essais dans la partie expérimentation : câble coaxial haute tension, câble coaxial BNC, canal vide, par ex. pour des tuyaux, câbles, etc.
- Sorties analogiques : proportionnellement à l'angle de la cible et au taux de comptage pour la connexion de l'enregistreur
- Port USB pour le branchement du PC pour l'acquisition des données, la commande et l'exploitation de l'expérience, par ex. à l'aide du logiciel Windows fourni
- Pilotes LabView et MATLAB pour Windows disponibles gratuitement sous <http://www.ld-didactic.com> pour ses propres mesures et commandes
- Tension d'entrée : 230 V ($\pm 10 \%$) / 47 ... 63 Hz
- Consommation : 120 VA
- Dimensions : 67 cm x 48 cm x 35 cm
- Masse : 41 kg

Matériel livré :

- Appareil à rayons X avec tube de molybdène
- Goniomètre (554 831)
- Cristal de NaCl (554 78), écartement des plans réticulaires : 282 pm
- Film de zircon
- Plaque de protection pour l'écran
- Housse de protection
- Câble USB
- Logiciel pour Windows 2000/XP/Vista/7

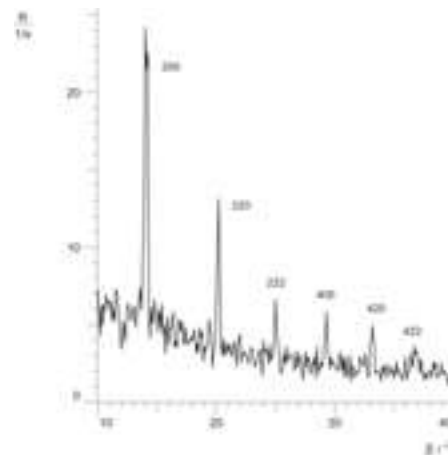
554 801	Appareil à rayons X Mo, complet
---------	---------------------------------

Complément nécessaire :

Quantité	N° de cat.	Désignation
1	559 01	Tube compteur à fenêtre pour rayonnements α , β , γ et X avec câble

Balayage de Debye-Scherrer : détermination de l'écartement des plans réticulaires d'échantillons de poudre polycristallins

Analogiquement à l'expérience P7.1.2.4, l'expérience P7.1.2.3 utilise pour la représentation des maximums de l'intensité un tube compteur Geiger-Müller au lieu d'un film pour rayon X. L'intensité, fonction du double angle d'incidence 2θ , est mesurée à l'aide d'un rayonnement du rayon X diffracté sur un échantillon de poudre de cristal. On peut déterminer les écartements réticulaires à partir des maxima d'intensité du spectre de diffraction.



Support pour poudre cristalline

Pour presser une poudre cristalline et relever ensuite les spectres de diffraction des rayons X sur des échantillons de poudre dans l'appareil à rayons X (554 801).

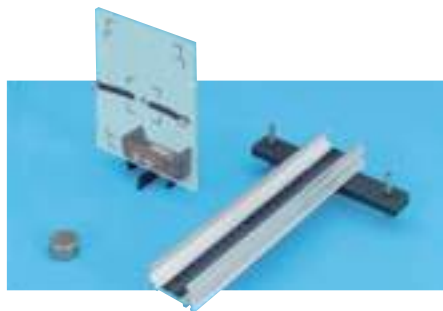
Caractéristiques techniques :

- Dimensions de chaque plaque : 25 x 25 x 3 mm
- Masse : 10 g

554 842	Supports pour poudre cristalline
---------	----------------------------------

7.1 STRUCTURES CRISTALLINES

7.1.3 CLICHÉS DE LAUE ET DEBYE-SCHERRER, RÉFLEXION DE BRAGG



Porte-film X-ray

Pour l'appareil à rayons X (554 800 et 554 801), avec échelle sérigraphiée pour le positionnement défini des films pour les radiosopies, les clichés de Laue et de Debye-Scherrer ; livré avec rail d'expérimentation à échelle graduée en millimètres et diaphragme à trou ($D = 1 \text{ mm}$) à placer sur le collimateur à fente.

Caractéristiques techniques :

- Dimensions :
Porte-film : $12 \text{ cm} \times 16,5 \text{ cm}$
Rail d'expérimentation : $25 \text{ cm} \times 16 \text{ cm} \times 6 \text{ mm}$
- Diamètre du diaphragme à trou : 1 mm

Matériel livré :

Rail d'expérimentation, porte-film, diaphragme à trou

554 838	Porte-film X-ray
---------	------------------

Complément recommandé :

Quantité	N° de cat.	Désignation
1	554 895	Film pour rayons X
1	554 896	Film pour rayons X Agfa Dentus M2



Cliché de Laue : étude de la structure réticulaire d'un monocristal

Dans l'expérience P7.1.2.2, le rayonnement de freinage du tube à rayons X joue le rôle de rayonnement X « blanc » afin de réaliser un cliché de Laue des monocristaux de NaCl et de LiF. La structure cristalline et la longueur des axes du cristal se déterminent à partir de la position des reflets « colorés » sur un film pour rayons X placé derrière le cristal et à partir de l'intensité de ces rayonnements en utilisant les conditions de Laue.

Cristal de LiF pour cliché de Laue

Pour les clichés de Laue obtenus avec l'appareil à rayons X (554 801).

Caractéristiques techniques :

- Dimensions : $8 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \times 0,3 \text{ mm}$
- Écartement des plans réticulaires : 201 pm
- Structure cristalline cubique à faces centrées
- Surface : parallèle $[100]$

554 87	Cristal de LiF pour cliché de Laue
--------	------------------------------------

Cristal de NaCl pour cliché de Laue

Pour les clichés de Laue obtenus avec l'appareil à rayons X (554 801).

Caractéristiques techniques :

- Dimensions : $8 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \times 0,3 \text{ mm}$
- Écartement des plans réticulaires : 282 pm
- Structure cristalline cubique à faces centrées
- Surface : parallèle $[100]$

554 88	Cristal de NaCl pour le diagramme de Laue
--------	---

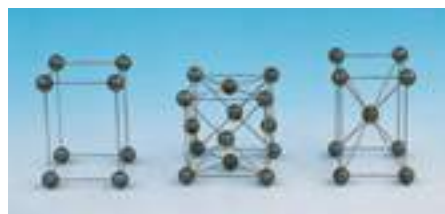
7.1.4 Modèles de réseaux cristallins

Réseaux de Bravais, jeu de 14

Comprend sept réseaux de translation primitifs correspondant aux sept systèmes cristallins et sept autres réseaux de translation, centrés ou à faces centrées complétant les précédents.

Ces quatorze réseaux représentent les réseaux fondamentaux à partir desquels sont constitués presque tous les cristaux naturels existants. Les modèles de réseaux d'une longueur d'arête d'environ 15 cm sont réalisés avec 9 à 14 sphères de 25 mm de diamètre qui sont reliées entre elles par des tiges métalliques.

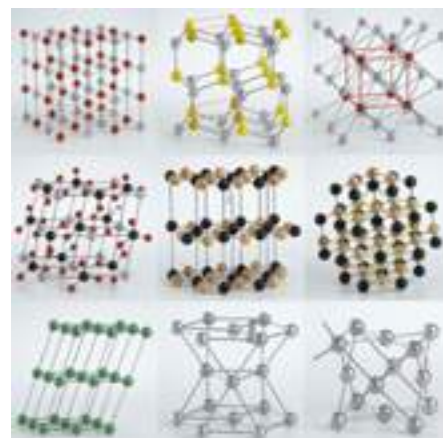
667 760	Réseaux de Bravais, jeu de 14
---------	-------------------------------



Réseaux cristallins, jeu de 9

Série fondamentale des neuf types de structure les plus importants ; comprend les modèles de réseaux cristallins du cuivre, du magnésium, du diamant, du sel gemme, du graphite, du chlorure de césium, de la wurtzite, de la calcite et un réseau général de Bravais triclinique. Les modèles de réseaux cristallins sont réalisés avec des sphères de 20 mm de diamètre qui sont reliées entre elles par des tiges métalliques.

667 763	Réseaux cristallins, jeu de 9
---------	-------------------------------

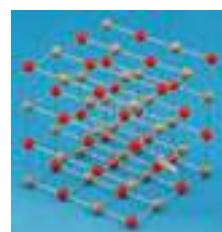


Réseau cristallin, NaCl

Caractéristiques techniques :

- Dimensions : 250 mm x 250 mm x 250 mm

667 767	Réseau cristallin, NaCl
---------	-------------------------



Réseau cristallin, graphite 1

Caractéristiques techniques :

- Diamètre : 120 mm
- Hauteur : 300 mm

667 765	Réseau cristallin, graphite 1
---------	-------------------------------



Réseau de graphite, modèle

Réseau hexagonal,
réseau cristallin assemblé et non démontable

Caractéristiques techniques :

Dimensions : env. 25 cm x 25 cm x 40 cm

ZE14006	Réseau de graphite, modèle
---------	----------------------------

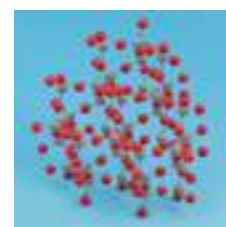


Réseau cristallin, glace

Caractéristiques techniques :

- Diamètre : 400 mm

667 769	Réseau cristallin, glace
---------	--------------------------



Réseau cristallin, diamant

Caractéristiques techniques :

- Diamètre : 180 mm

667 766	Réseau cristallin, diamant
---------	----------------------------



7.2 SUPRACONDUCTION

7.2.1 EFFET HALL SUR L'ARGENT/LE TUNGSTÈNE



Kit modèles moléculaires, standard

Pour la démonstration, dans coffret de rangement compartimenté avec notice.

Matériel livré :

- 9 Carbone, 30 mm Ø, noir
- 32 Hydrogène, 20 mm Ø, blanc
- 2 Azote, 30 mm Ø, bleu
- 1 Soufre, 32 mm Ø, jaune
- 1 Groupe carbonyle, C=O
- 3 Groupes de l'éthylène, C=C
- 1 Groupe de l'acétylène
- 6 Oxygène, 30 mm Ø, rouge
- 2 Fluor, 25 mm Ø, vert foncé
- 6 Chlore, 30 mm Ø, vert
- 32 Liaisons métalliques

ZE12013 Kit modèles moléculaires, standard

7.2 Phénomènes de conduction

7.2.1 Effet Hall sur l'argent/le tungstène

Étude de l'effet Hall sur l'argent

Dans les expériences P7.2.1.1 et P7.2.1.2, on détermine la constante de Hall R_H de deux conducteurs électriques par la mesure de la tension de Hall U_H en fonction du champ magnétique B pour divers courants I . On obtient une valeur négative pour la constante de Hall de l'argent. Ce résultat traduit le fait que le transport de charges s'effectue par des électrons. Par contre, on obtient une valeur positive pour la constante de Hall du tungstène, ce qui nous montre que ce sont essentiellement des trous qui interviennent dans la conduction de ce métal.

Appareil pour l'étude de l'effet Hall (argent)

Dans support, avec bande d'argent fixe, paires de douilles pour branchement électrique et mesure de la tension de Hall ainsi qu'avec un potentiomètre pour le réglage du zéro. Sur tige pour le montage sur le noyau en U (de 562 11).

Caractéristiques techniques :

- Courant nécessaire : env. 20 A-
- Intensité de champ nécessaire : 0,1 ... 0,6 T
- Tension de Hall : max. 25×10^{-6} V
- Épaisseur de la bande : 5×10^{-5} m
- Dimensions :
 - Support : 13 cm x 17 cm x 3,5 cm
 - Tige : 9,5 cm x 0,7 cm Ø

586 81 Appareil pour l'étude de l'effet Hall (argent)

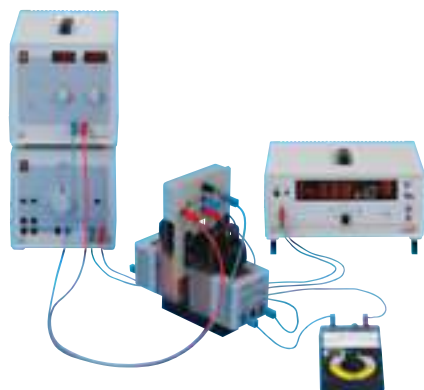
Appareil pour l'étude de l'effet Hall (tungstène)

Dans support, avec bande de tungstène fixe, paires de douilles pour branchement électrique et mesure de la tension de Hall ainsi qu'avec un potentiomètre pour le réglage du zéro. Sur tige pour le montage sur le noyau en U (de 562 11).

Caractéristiques techniques :

- Courant nécessaire : env. 20 A-
- Intensité de champ nécessaire : 0,1 ... 0,6 T
- Tension de Hall : max. 25×10^{-6} V
- Épaisseur de la bande : 5×10^{-5} m
- Dimensions :
 - Support : 13 cm x 17 cm x 3,5 cm
 - Tige : 9,5 cm x 0,7 cm Ø

586 84 Appareil pour l'étude de l'effet Hall (tungstène)



7.2.2 Effet Hall sur le germanium

Détermination de la densité de porteurs de charge et de la mobilité dans le germanium dopé p

Dans les expériences P7.2.1.3 et P7.2.1.4, on étudie la tension de Hall et la conductivité électrique en fonction de la température

$$\sigma = e \cdot (p \cdot \mu_p + n \cdot \mu_n)$$

sur des échantillons au germanium dopés. On détermine les concentrations des porteurs de charges et leur mobilité en supposant que, selon le type de dopage, l'une des concentrations n ou p peut être négligée.

Appareil de base pour l'étude de l'effet Hall

Pour la connexion et l'alimentation des divers cristaux de germanium sur carte imprimée, avec tige pour le montage de l'appareil entre les pièces polaires du transformateur démontable. Pour la mesure de la tension de Hall et de la conductivité en fonction de la température. Avec source de courant constant réglable intégrée, amplificateur de mesure pour la mesure de la température avec arrêt automatique du chauffage pour la protection du cristal, circuit de compensation pour la tension d'offset, ajustable et déconnectable.

Caractéristiques techniques :

- Tensions d'alimentation nécessaires :
tension de chauffage : 2 A ... 4 A, 15 V
courant constant : 40 mA, 12 V CC
- Sorties :
tension de Hall par douilles de sécurité de 4 mm
température 1 mV/°C, par douilles de sécurité de 4 mm
douilles de sécurité additionnelles pour la chute de tension au cristal
- Dimensions : 15 cm x 25 cm x 5 cm
- Masse : 0,5 kg

586 850 Appareil de base pour l'étude de l'effet Hall

Complément recommandé :

Quantité	N° de cat.	Désignation
1	586 851	Ge non dopé sur carte imprimée
1	586 852	Ge dopé p sur carte imprimée
1	586 853	Ge dopé n sur carte imprimée

Ge non dopé sur carte imprimée

Platine amovible pour l'étude de la conductivité pour du germanium non dopé en fonction de la température. Cristal de Ge brasé sur une platine amovible pour l'appareil de base pour l'étude de l'effet Hall, avec des contacts pour le courant transversal, chauffage par résistance intégré avec thermo-sonde directement sous le cristal.

Caractéristiques techniques :

- Dimensions du cristal : 20 mm x 10 mm x 1 mm
- Prise multiple pour la connexion de la carte imprimée à l'appareil de base pour l'étude de l'effet Hall
- Dimensions : 10 cm x 10 cm x 1 cm
- Masse : 200 g

586 851 GE non dopé sur carte imprimée

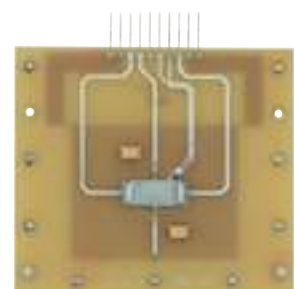
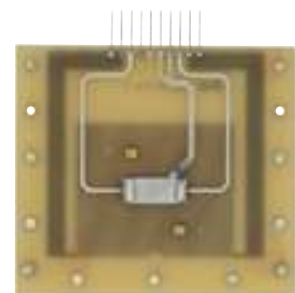
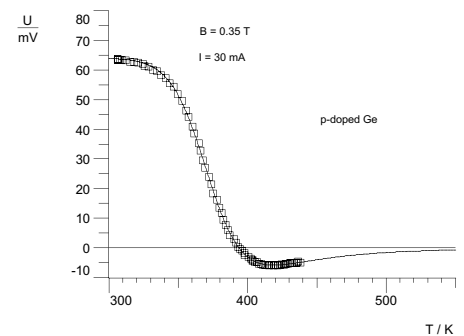
Ge dopé p sur carte imprimée

Platine amovible pour l'étude de la conductivité et de la tension de Hall pour du germanium dopé p en fonction de la température. Cristal de Ge brasé sur une platine amovible pour l'appareil de base pour l'étude de l'effet Hall, avec des contacts pour le courant transversal et la tension de Hall, chauffage par résistance intégré avec thermo-sonde directement sous le cristal.

Caractéristiques techniques :

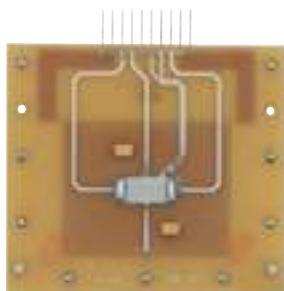
- Dimensions du cristal : 20 mm x 10 mm x 1 mm
- Prise multiple pour la connexion de la carte imprimée à l'appareil de base pour l'étude de l'effet Hall
- Dimensions : 10 cm x 10 cm x 1 cm
- Masse : 200 g

586 852 Ge dopé p sur carte imprimée



7.2 SUPRACONDUCTION

7.2.2 EFFET HALL SUR LE GERMANIUM



Ge dopé n sur carte imprimée

Platine amovible pour l'étude de la conductivité et de la tension de Hall pour du germanium dopé n en fonction de la température. Cristal de Ge brasé sur une platine amovible pour l'appareil de base pour l'étude de l'effet Hall, avec des contacts pour le courant transversal et la tension de Hall, chauffage par résistance intégré avec thermo-sonde directement sous le cristal pour la mesure de la température.

Caractéristiques techniques :

- Dimensions du cristal : 20 mm x 10 mm x 1 mm
- Prise multiple pour la connexion de la carte imprimée à l'appareil de base pour l'étude de l'effet Hall
- Dimensions : 10 cm x 10 cm x 1 cm
- Masse : 200 g

586 853

Ge dopé n sur carte imprimée



7.2.3 Supraconduction

Supraconducteur, kit d'expérimentation pour la fabrication

Sert aussi à la démonstration du diamagnétisme parfait ou effet Meissner-Ochsenfeld (expérience de lévitation). Utilisé avec un four à moufle ou un four à creuset, ce kit permet de fabriquer soi-même des pastilles supraconductrices. Le mélange requis des oxydes métalliques est préparé dans les proportions adéquates et déjà homogénéisé.

Matériel livré :

- 1 mélange prêt à l'emploi composé de Y_2O_3 , $BaCO_3$, CuO
- 1 récipient fritté
- 1 outil de pressage
- 1 coupe pour l'azote liquide
- 1 pincette en plastique
- 1 aimant spécial, 4 mm x 10 mm Ø
- 1 notice pour la fabrication de pastilles supraconductrices

667 550

Supraconducteur, kit d'expérimentation pour la fabrication



Effet Meissner-Ochsenfeld, kit d'expérimentation

Pour la démonstration du diamagnétisme parfait ou effet Meissner-Ochsenfeld qui permet de mettre en évidence la supraconductivité d'une substance. Le supraconducteur est refroidi jusqu'à 77 K avec de l'azote liquide. Lorsque la température de transition est atteinte, l'aimant spécial (grande intensité de champ magnétique pour un poids minimal) se met à flotter au-dessus du supraconducteur.

Matériel livré :

- 1 pastille supraconductrice, 4 mm x 23 mm Ø
- 2 aimants spéciaux, 4 mm x 10 mm Ø
- 1 coupe pour l'azote liquide
- 1 pincette en plastique

667 551

Effet Meissner-Ochsenfeld, kit d'expérimentation

Détermination de la température critique d'un supraconducteur à haute température

Dans l'expérience P7.2.6.1, on détermine la température critique du supraconducteur à haute température $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$. Pour cela, on refroidit la substance avec de l'azote liquide en dessous de sa température critique $T_c = 92 \text{ K}$. Dans une mesure en 4 points, on trace la chute de tension à l'échantillon en fonction de sa température avec l'interface CASSY.

Température de transition et résistance électrique, kit d'expérimentation

Ce kit permet la détermination exacte de la température de transition ou température critique (mesure en 4 points) à laquelle la résistance électrique du supraconducteur devient nulle.

Matériel livré :

- 1 adaptateur de mesure avec source de courant intégrée à haute stabilité. L'adaptateur délivre des signaux linéarisés pour la chute de tension et la température à deux sorties enregistreur. Le relevé des valeurs mesurées s'effectue par le biais d'un enregistreur à deux canaux ou par le biais d'un ordinateur à l'aide de l'interface CASSY (524 013) et du logiciel CASSY-Lab (524 220)
- 1 supraconducteur à 4 points de contact pour la mesure de la tension et à capteur de température intégré, câblé et prêt à être raccordé à l'adaptateur de mesure
- 1 boîte en aluminium
- 1 plateau isolant utilisable pour l'expérimentation et le rangement de l'adaptateur de mesure et du module supraconducteur

667 552 Température de transition et résistance électrique, kit d'expérimentation



7.3 Documentation pédagogique

LIT : LD Fiches d'expériences de physique, P7 – physique des solides, anglais

Env. 20 fiches de travaux pratiques en physique des solides, pour le 2ème cycle de l'enseignement secondaire ou l'enseignement supérieur ; env. 120 pages ; dans classeur.

597 317EN LIT : LD Fiches d'expériences de physique, P7 – physique des solides, anglais

CD : Document Center, TP de physique, en français

Avec plus de 400 descriptions d'expériences dans tous les domaines de la physique, pour le 2ème cycle de l'enseignement secondaire ou l'enseignement supérieur. Les descriptions d'expériences sont en français et en anglais.

Domaines :

- Mécanique
- Chaleur
- Électricité
- Électronique
- Optique
- Physique atomique et nucléaire
- Physique des solides

Avec interface conviviale permettant la visualisation et la gestion aisée des fichiers, avec recherche par mot-clé et numéro de catalogue. Actualisation automatique des documents grâce à des mises à jour en ligne gratuites.

597 310FR CD : Document Center, TP de physique, en français

Prérequis matériel :

- PC avec Windows XP/Vista/7/8
- Adobe Reader à partir de la version 9
- Accès Internet pour les mises à jour automatiques

