

Physique

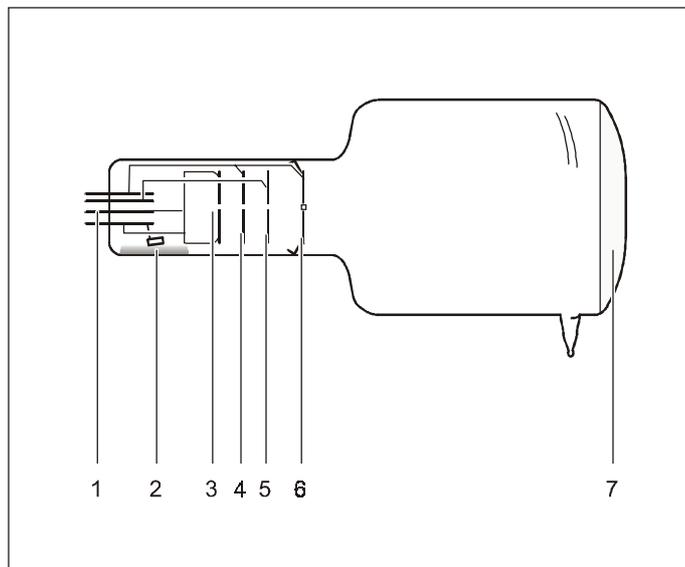
Chimie · Biologie

Technique



Lehr- und Didaktiksysteme
LD Didactic GmbH
Leyboldstrasse 1 · D-50354 Huerth

06/05-W97-lv/Sel



Mode d'emploi 555 626

Tube pour la diffraction d'électrons (555 626)

- 1 Culot à broches (pour la connexion du canon à électrons)
- 2 Miroir à effet getter (pour le maintien du vide)
- 3 Capuchon cathodique
- 4 Anode en plaque 1
- 5 Electrode de focalisation
- 6 Anode en plaque 2, avec échantillon de graphite
- 7 Ecran fluorescent

Remarques de sécurité

Un rayonnement X est généré lorsque le tube pour la diffraction d'électrons fonctionne avec des hautes tensions supérieures à 5 kV.

- Utiliser le tube pour la diffraction d'électrons seulement avec des hautes tensions jusqu'à 5 kV.

Le câblage indiqué du tube pour la diffraction d'électrons avec anode sur potentiel terrestre exige une source de tension résistante à la haute tension pour le chauffage de la cathode.

- Utiliser l'alimentation haute tension 10 kV (521 70) pour l'alimentation en tension du tube pour la diffraction d'électrons.

Danger d'implosion : le tube à diffraction est un tube en verre sous vide poussé à paroi mince.

- Ne soumettre le tube pour la diffraction d'électrons à aucune sollicitation mécanique et ne le câbler que lorsqu'il est dans le support pour tubes.
- Manipuler avec soin les broches du culot du tube, ne pas les plier, les introduire prudemment dans le support pour tubes.

Le tube à diffraction risque d'être détruit suite à des tensions trop élevées ou à des courants trop forts :

- Respecter les paramètres de service spécifiés dans les caractéristiques techniques.

1 Description

Le tube pour la diffraction d'électrons permet de mettre en évidence la nature ondulatoire des électrons par diffraction sur un réseau de graphite polycristallin (diffraction de Debye-Scherrer). Il permet aussi de déterminer la longueur d'onde des électrons pour différentes tensions anodiques à partir des rayons des anneaux de diffraction et de l'écartement des plans réticulaires du graphite et de la comparer avec l'hypothèse de Louis de Broglie.

2 Fournitures

- 1 tube pour la diffraction d'électrons
- 1 aimant d'ajustage

3 Caractéristiques techniques

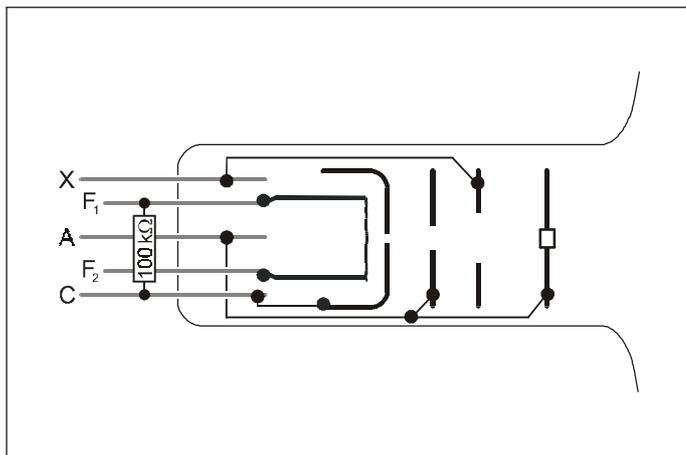
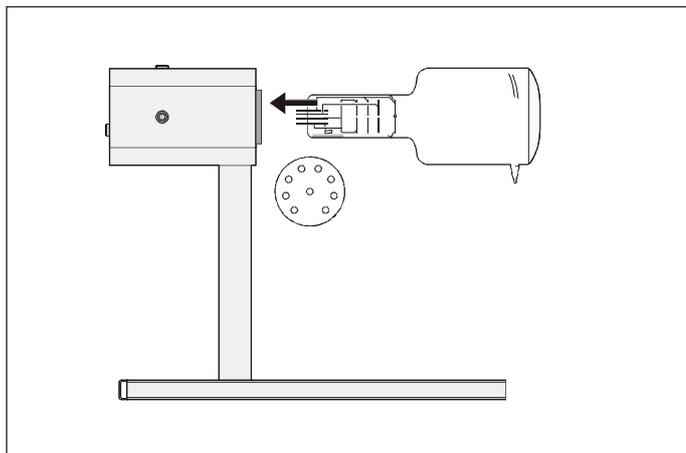
Tension de chauffage U_F :	6-6,5 V~ (recommandée : 6,3 V~)
Courant de chauffage I_F :	env. 1,5 A pour 6,3 V
Tension anodique U_A :	2,5-5 kV
Distance cristal-écran fluorescent :	135 mm
Pression :	$<10^{-6}$ hPa
Diamètre :	90 mm
Longueur totale :	270 mm
Masse :	250 g
Cathode incandescente :	à chauffage direct
Ecartements des plans réticulaires du graphite :	123 pm, 213 pm

4 Mise en service

Matériel supplémentaire nécessaire :

1 support pour tubes 555 600
1 alimentation haute tension 10 kV 521 70

4.1 Montage dans le support pour tubes :

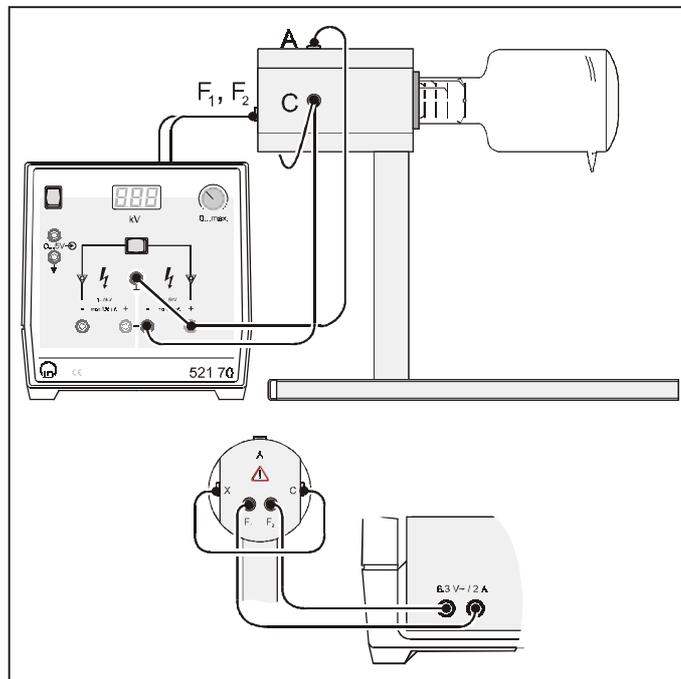


- Tenir le tube pour la diffraction d'électrons à l'horizontale et le tourner de manière à ce que les deux broches les plus espacées du culot soient orientées vers le bas.
- Introduire prudemment le culot à broches jusqu'en butée dans la douille du support pour tubes.

Assignation des broches :

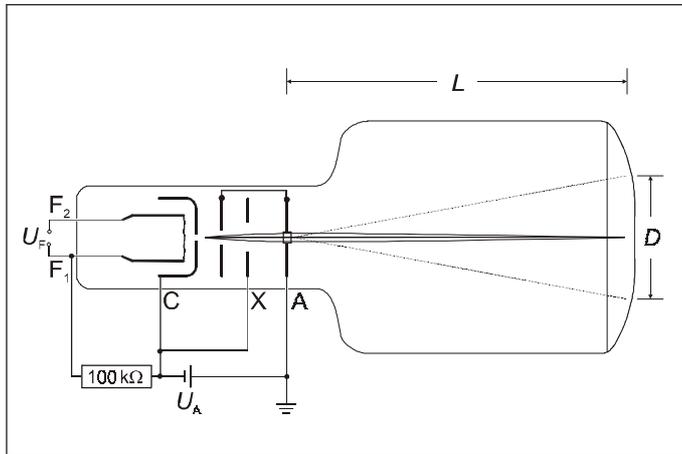
F ₁ , F ₂	Filaments chauffants	C	Capuchon cathodique
A	Anode	X	Électrode de focalisation

4.2 Connexion à l'alimentation haute tension 10 kV :



- Pour le chauffage de la cathode, brancher les douilles F₁ et F₂ du support pour tubes à la sortie au dos de l'alimentation.
- Raccorder les douilles C et X du support pour tubes (capuchon cathodique et électrode de focalisation) au pôle négatif et la douille A (anode) au pôle positif de la sortie 5 kV / 2 mA et relier le pôle positif à la terre.

5 Diffraction de Debye-Scherrer sur du graphite



- Appliquer la tension d'accélération $U \leq 5 \text{ kV}$ et observer la figure de diffraction.
- Eventuellement fixer l'aimant d'ajustage pour l'éclairage d'un autre point de l'échantillon puis le faire tourner et le déplacer autour du col du tube.
- Déterminer les diamètres D des anneaux de diffraction sur l'écran fluorescent.

a) Equation de Bragg : $\lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \vartheta$

λ : longueur d'onde des électrons, ϑ : angle de brillance de l'anneau de diffraction, d : écartement des plans réticulaires dans le réseau de graphite, L : distance entre l'échantillon et l'écran fluorescent (135 mm)

$$\tan 2\vartheta = \frac{R}{L} \quad \lambda = d \cdot \frac{D}{2 \cdot L} = d \cdot \frac{R}{L}$$

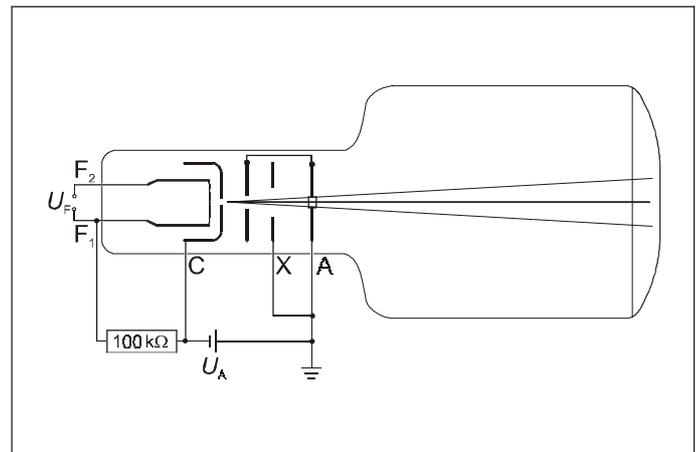
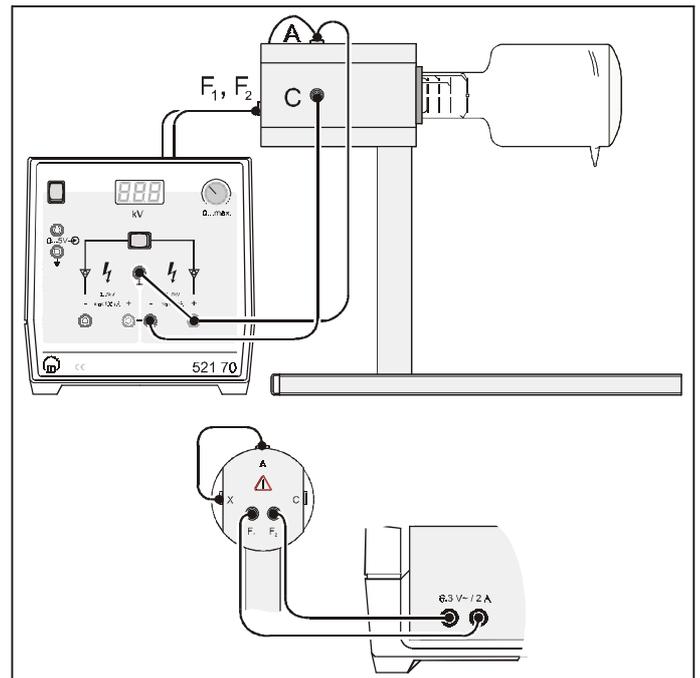
b) Equation de L. de Broglie : $\lambda = \frac{h}{p}$

h : constante de Planck, p : impulsion des électrons

$$e \cdot U = \frac{p^2}{2 \cdot m} \quad \lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot e \cdot U}}$$

m : masse des électrons, e : charge élémentaire

6 Agrandissement de l'échantillon de graphite sur l'écran fluorescent



- Pour le chauffage de la cathode, brancher les douilles F_1 et F_2 du support pour tubes à la sortie au dos de l'alimentation.
- Raccorder la douille C du support pour tubes (capuchon cathodique) au pôle négatif et les douilles A et X (anode et électrode de focalisation) au pôle positif de la sortie 5 kV / 2 mA et relier le pôle positif à la terre.
- Appliquer la tension d'accélération $U \leq 3 \text{ kV}$ et observer l'image projetée agrandie de l'échantillon de graphite sur l'écran fluorescent.



Electron diffraction

LEP
5.1.13

Related topics

Bragg reflection, Debye-Scherrer method, lattice planes, graphite structure, material waves, de Broglie equation.

Principle and task

Fast electrons are diffracted from a polycrystalline layer of graphite: interference rings appear on a fluorescent screen. The interplanar spacing in graphite is determined from the diameter of the rings and the accelerating voltage.

Equipment

Electron diffr. tube a. mounting	06721.00	1
High voltage supply unit, 0-10 kV	13670.93	1
High-value resistor, 10 M Ω	07160.00	1
Connecting cord, 50 KV, 500 mm	07366.00	1
Power supply, 0...600 VDC	13672.93	1
Vernier caliper, plastic	03011.00	1
Connecting cord, 250 mm, red	07360.01	2
Connecting cord, 250 mm, blue	07360.04	2
Connecting cord, 750 mm, red	07362.01	2
Connecting cord, 750 mm, yellow	07362.02	1
Connecting cord, 750 mm, blue	07362.04	1
Connecting cord, 750 mm, black	07362.05	2

Problems

1. To measure the diameter of the two smallest diffraction rings at different anode voltages.
2. To calculate the wavelength of the electrons from the anode voltages.

3. To determine the interplanar spacing of graphite from the relationship between the radius of the diffraction rings and the wavelength.

Set-up and procedure

Set up the experiment as shown in Fig. 1. Connect the sockets of the electron diffraction tube to the power supply as shown in Fig. 2. Connect the high voltage to the anode G3 through a 10 M Ω protective resistor.

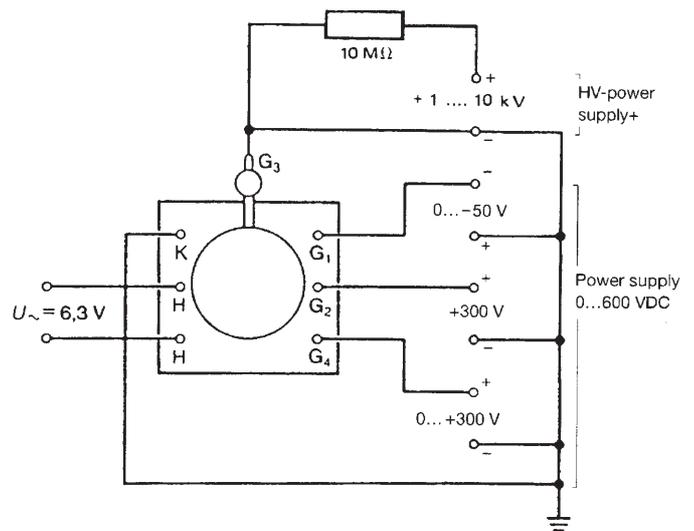
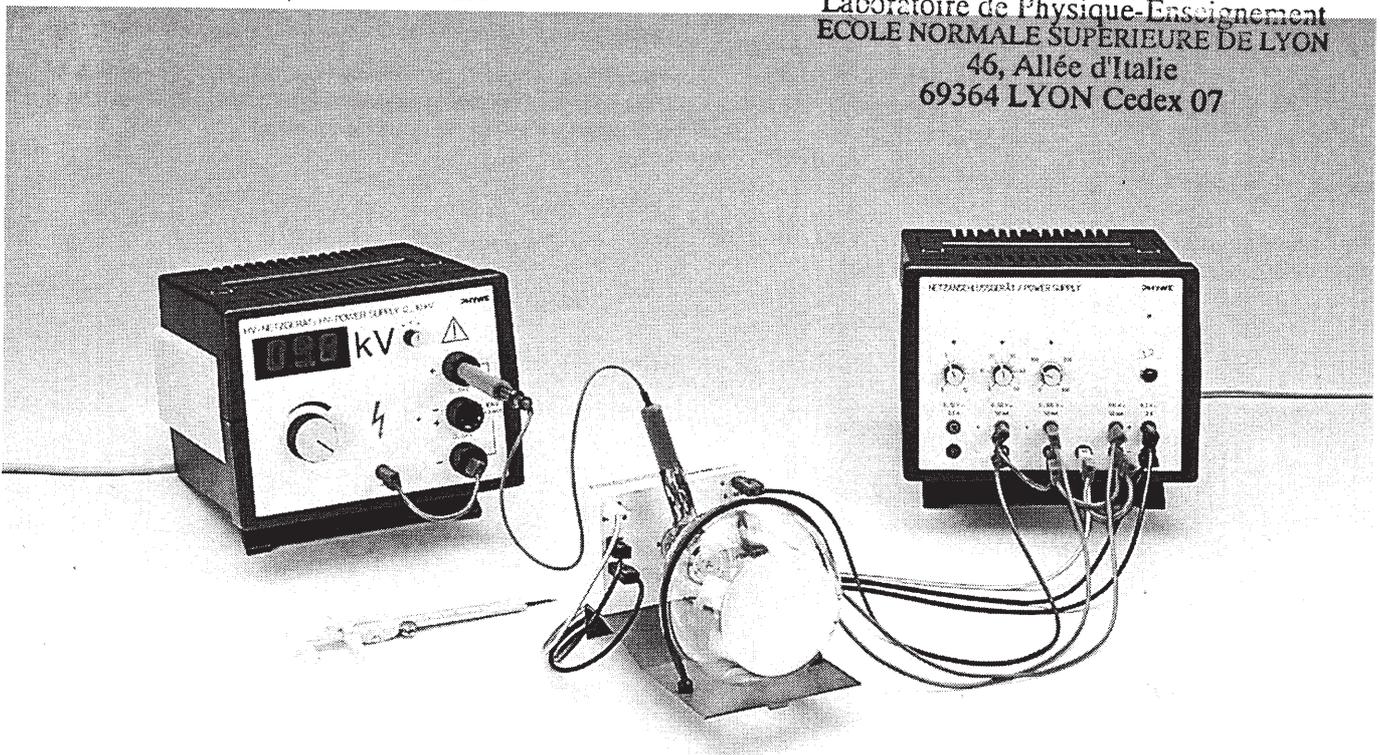


Fig. 1: Experimental set-up: electron diffraction.



Département des Sciences de la Matière
Laboratoire de Physique-Enseignement
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON
46, Allée d'Italie
69364 LYON Cedex 07

Fig. 2: Set-up and power supply to the electron diffraction tube.

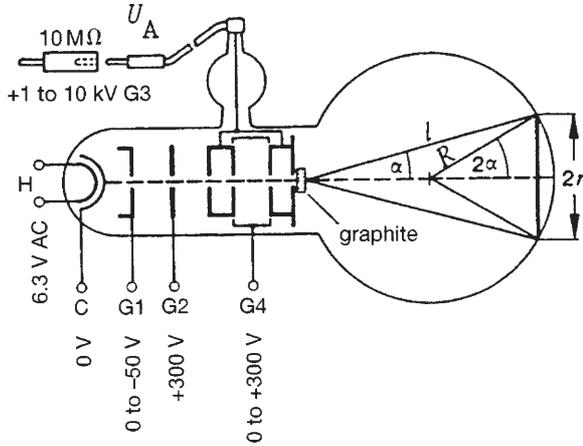
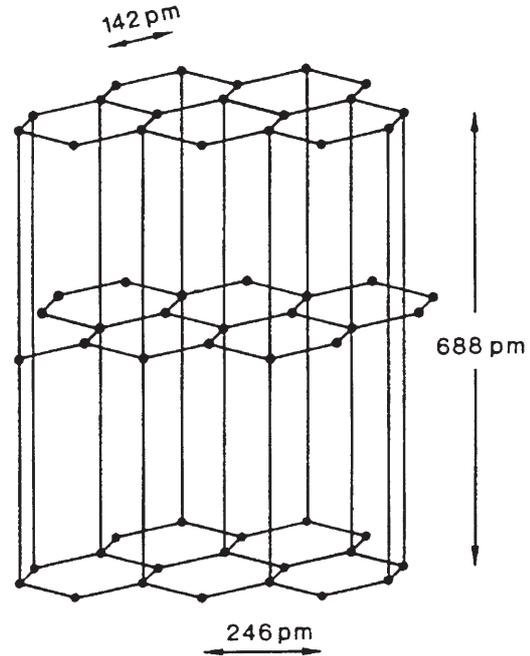


Fig. 3: Crystal lattice of graphite.



Set the Wehnelt voltage G1 and the voltages at grid 4 (G4) and G3 so that sharp, well-defined diffraction rings appear. Read the anode voltage at the display of the HV power supply.

To determine the diameter of the diffraction rings, measure the inner and outer edge of the rings with the vernier caliper (in a darkened room) and take an average. Note that there is another faint ring immediately behind the second ring.

Theory and evaluation

To explain in the interference phenomenon, a wavelength λ , which depends on momentum, is assigned to the electrons in accordance with the de Broglie equation:

$$\lambda = \frac{h}{p} \tag{1}$$

where $h = 6.625 \cdot 10^{-34}$ Js, Planck's constant.

The momentum can be calculated from the velocity v that the electrons acquire under acceleration voltage U_A :

$$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{p^2}{2m} = e \cdot U_A \tag{2}$$

The wavelength is thus

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2me \cdot U_A}} \tag{3}$$

where $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ As (the electron charge) and $m = 9.109 \cdot 10^{-31}$ kg (rest mass of electron).

At the voltages U_A used, the relativistic mass can be replaced by the rest mass with an error of only 0.5%.

The electron beam strikes a polycrystalline graphite film deposited on a copper grating and is reflected in accordance with the Bragg condition:

$$2d \sin \theta = n \cdot \lambda, n = 1, 2, \dots \tag{4}$$

where d is the spacing between the planes of the carbon atoms and θ is the Bragg angle (angle between electron beam and lattice planes).

In polycrystalline graphite the bond between the individual layers (Fig. 3) is broken so that their orientation is random. The electron beam is therefore spread out in the form of a cone and produces interference rings on the fluorescent screen.

The Bragg angle θ can be calculated from the radius of the interference ring but it should be remembered that the angle of deviation α (Fig. 2) is twice as great:

$$\alpha = 2\theta.$$

From Fig. 2 we read off

$$\sin 2\alpha = \frac{r}{R} \tag{5}$$

where $R = 65$ mm, radius of the glass bulb.

Now, $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$.

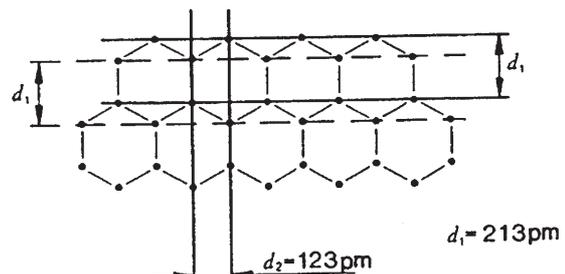


Fig. 4 : Graphite planes for the first two interference rings.

For small angles α ($\cos 10^\circ = 0.985$) can put

$$\sin 2\alpha \approx 2 \sin \alpha \quad (6)$$

so that for small angles θ we obtain

$$\sin \alpha = \sin 2\theta \approx 2 \sin \theta \quad (6a)$$

With this approximation we obtain

$$r = \frac{2R}{d} \cdot n \cdot \lambda \quad (7)$$

The two inner interference rings occur through reflection from the lattice planes of spacing d_1 and d_2 (Fig. 4), for $n = 1$ in (7).

The wavelength is calculated from the anode voltage in accordance with (3):

$\frac{U_A}{\text{kv}}$	$\frac{\lambda}{\text{pm}}$
4.00	19.4
4.50	18.3
5.00	17.3
5.50	16.5
6.50	15.2
7.00	14.7
7.40	14.3

Applying the regression lines expressed by

$$Y = AX + B$$

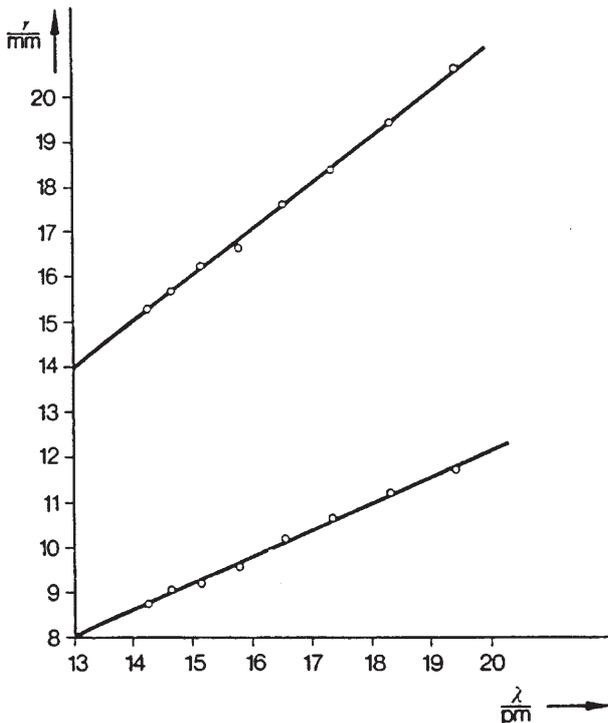


Fig. 5: Radii of the first two interference rings as a function of the wavelength of the electrons.

to the measured values from Fig. 5 gives a slopes

$$A_1 = 0.62 (2) \cdot 10^9$$

$$A_2 = 1.03 (2) \cdot 10^9$$

and the lattice constants

$$d_1 = 211 \text{ pm}$$

$$d_2 = 126 \text{ pm}$$

in accordance with (7),

$$\frac{T_i}{\lambda} = A_i = \frac{2R}{d_i} \quad \text{and}$$

$$d_i = \frac{2R}{A_i}$$

Notes

– The intensity of higher order interference rings is much lower than that of first order rings. Thus, for example, the second order ring of d_1 is difficult to identify and the expected fourth order ring of d_1 simply cannot be seen. The third order ring of d_1 is easy to see because graphite always has two lattice planes together, spaced apart by a distance of $d_1/3$. (Fig. 6)

In the sixth ring, the first order of ring of d_4 clearly coincides with the second order one of d_2 .

Radii (mm) calculated according to (4) for the interference rings to be expected when $U_A = 7 \text{ kV}$:

	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
d_1	8.9	17.7	26.1	34.1
d_2	15.4	29.9		
d_3	23.2			
d_4	31.0			
d_5	38.5			

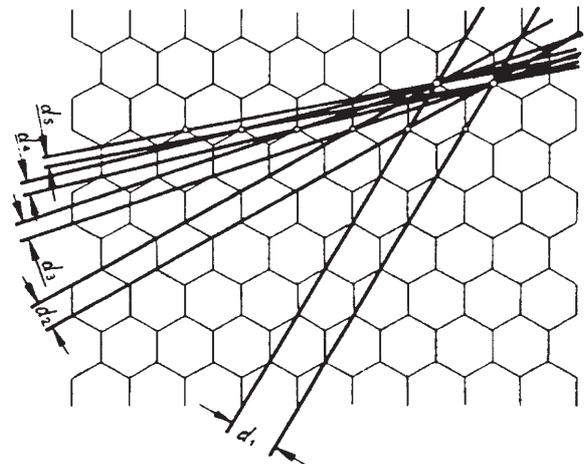


Fig. 6: Interplanar spacing in graphite

$$d_1 = 213 \text{ pm} \quad d_2 = 123 \text{ pm} \quad d_3 = 80.5 \text{ pm}$$

$$d_4 = 59.1 \text{ pm} \quad d_5 = 46.5 \text{ pm}$$



- The visibility of high order rings depends on the light intensity in the laboratory and the contrast of the ring system which can be influenced by the voltages applied to G1 and G4.
- The bright spot just in the center of the screen can damage the fluorescent layer of the tube. To avoid this reduce the light intensity after each reading as soon as possible.