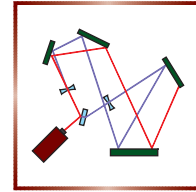


A röntgenszórás, más néven Bragg-reflexió

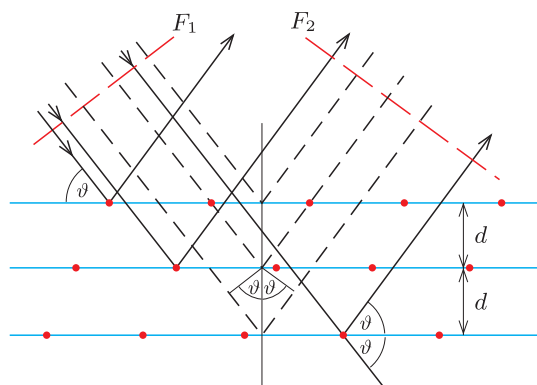


A kristályos anyagok szerkezetvizsgálatának legfontosabb módszere a röntgenszórás. Ennek lényege a következő. Ha a kristályrácsban periodikus rendben elhelyezkedő atomokat (ionokat, molekulákat) röntgensugarakkal, azaz elegendően rövid hullámhosszú elektromágneses sugarakkal megvilágítjuk, azok maguk is hullámforrássá válnak: a bejövő sugarakhoz képest valamilyen állandó fázissal eltolva, de azonos frekvenciával minden irányba sugároznak. A sok különböző centrumból jövő, ún. szórt sugarak általában kioltják egymást, de bizonyos irányokban, hasonlóan az optikai rácshoz, pozitív interferencia lép fel, és jól detektálható intenzitásmaximumokat észlelünk, és ezen maximumok pozíciójából határozzák meg a kristály szerkezetét.

Azt, hogy milyen feltételek esetén kapunk pozitív interferenciát valamilyen irányban, egy egyszerű analógia segítségével határozhatjuk meg. Képzeljünk el egy olyan síktükörsereget, amelyben a tükrök párhuzamosak, a szomszédok távolsága d , a fénynek csak egy részét verik vissza, és „hátról” átlátszóak. Ezt a rendszert a síkokkal ϑ szöget bezáró, λ hullámhosszúságú fénnel megvilágítva pozitív interferenciát észlelünk a visszaverődés irányában, ha a szomszédos síkokról visszaverődő hullámok útkülönbsége a hullámhossz egész számú többszöröse, azaz

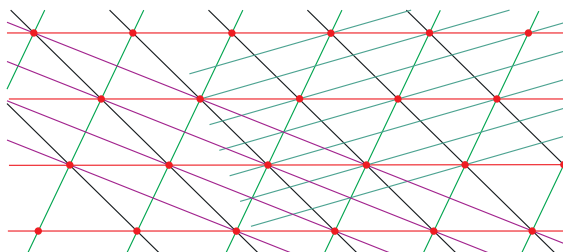
$$2d \sin \vartheta = n\lambda, \quad \text{ahol } n = 1, 2, 3, \dots$$

Egy kristályrácsban nincsenek tükrök, de a térben periodikus rendben elhelyezkedő szórócentrumokhoz ilyen kristálysíkok (ahogy mondani szokták: rácssíkseregek) rendelhetők, és nyilvánvaló, hogy ha ezeket tükröknek képzelve egy adott irányban pozitív interferencia lépne fel, akkor pozitívan interferál a megfelelő síkokban elhelyezkedő centrumokról az adott irányba szórt sugárzás is.



1. ábra

Az 1. ábra a háromdimenziós jelenségnek a rácssíkokra merőleges, a beeső (és „visszavert”) sugarakkal párhuzamos vetületét mutatja. Itt F_1 és F_2 bejövő és kimenő hullámfrontok (olyan síkok, amelyeken belül a fázis azonos), a szaggatott vonalak a képzeletbeli visszaverődést illusztrálják, az erősebb folytonos vonalak pedig néhány, a Bragg-feltétel teljesülése esetén pozitívan interferáló sugármenetet jelenítenek meg. Bármely két rácsponthoz tartozó, a bejelöltekhez hasonló sugármenet útkülönbsége csak attól függ, hogy az egyes rácspontok melyik rácssíkon helyezkednek el. A kristálysíkok rendszere nemcsak a fő kristálytani irányokhoz igazodva, hanem – ahogy azt a 2. ábra érzékelteti – sokféleképpen kijelölhető, és ezek összessége jellemző a kristályszerkezetre. (A háromdimenziós kristályban bármely három, nem egy egyenesbe eső rácspont kijelöl egy síkot, amelyre természetesen nagyon („végtelen”) sok másik rácspont is illeszkedik. A kristály periodikussága miatt minden rácspontra fektethető egy ezzel párhuzamos, nagyon sok másik rácspontot is tartalmazó sík, azaz minden rácspont illeszkedik egy, az eredetivel egybeeső, vagy azzal párhuzamos rácssíkra. Ezek együtt alkotnak egy rácssíksereget.)



2. ábra

Ezek után a szerkezetmeghatározás menete lényegében a következő: az ismert hullámhosszú monokromatikus sugárzással működő röntgendiffraktométerbe helyezett mintát szisztematikusan forgatják, és megkeresik azokat az irányokat, amelyekben fényes intenzitásmaximum észlelhető. A szóródás nélkül kimenő primer sugár és az intenzitásmaximum iránya közötti szög (az elhajlás szöge) éppen 2ϑ , a két sugár síkjára a szögfelezőben állított merőleges sík (szögfelező sík) pedig párhuzamos a megfelelő rácssíkokkal. Ezekből és a minta pillanatnyi pozíciójából a különböző rácssíkseregek távolságadatai és egymáshoz viszonyított helyzete meghatározható, így a kristályszerkezet rekonstruálható.

Az eljárás két Bragg, apa és fia, *William Henry Bragg* (1862–1942) és *William Lawrence Bragg* (1890–1971) nevéhez fűződik, akik ezért 1915-ben megkapták a fizikai Nobel-díjat. A fenti feltételt *Bragg-egyenletnek* nevezik, és érdekességképpen megjegyezzük, a megértéséhez használt hasonlat annyira beivódott a tudományos köztudatba, hogy a jelenséget Bragg-reflexiónak nevezik, pedig helyesen diffrakciónak kellene mondani.

Gyakorló feladatok

1. Egy röntgendiffraktométer sugárforrása $\lambda = 154$ pm hullámhosszúságú, monokromatikus sugárnyalábot állít elő. Mekkora ennek a berendezésnek a fel-

bontása, azaz legalább milyen távol vannak egymástól azok a rácssíkok, amelyek segítségével még éppen előállhat diffrakció?

2. A fenti berendezéssel egy tércentrált kocka (más néven tércentrált köbös) szerkezetű, 613 pm rácstávolságú kristályt vizsgálunk. Adjuk meg a fő kristálytani tengelyekre (az elemi cellák élére) merőleges rácssíkokon keletkező elhajlási maximumok ϑ pozícióit!

3. Ugyanezen a mintán egy másik rácstávolsághoz öt elhajlási maximum tartozik, melyek közül a legmagasabb rendű $62,65^\circ$ -ot zár be a síkokkal. Azonosítsuk a megfelelő rácstávolságot!

Megoldások

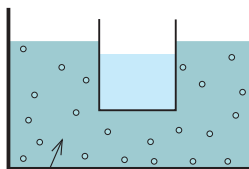
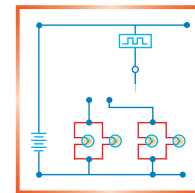
1. A Bragg-egyenletnek nincs megoldása, ha $d \leq \lambda/2$, tehát a berendezéssel csak azok a rácstávolságok „láthatók”, amelyek távolsága legalább 77 pm.

2. Az elemi cellák élére merőleges rácstávolságokat a cellák párhuzamos alsó, illetve felső lapjai, és a cellák közepén átmenő síkok adják. Ezek távolsága az a rácstávolság fele: $d = a/2$. Ilyen adatokkal a Bragg-egyenletnek $n = 1, 2$, és 3 mellett van megoldása. Ezek rendre $14,5^\circ$, $30,2^\circ$ és $48,9^\circ$.

3. A megadott szöggel $n = 5$ mellett $d = 433,45$ pm adódik, azaz $d = 0,7071 a \simeq a/\sqrt{2}$. Ekkora az elemi cellák lapátlóira merőleges rácstávolság.

Woynarovich Ferenc
Budapest

Fizika gyakorlatok megoldása



forrásban lévő víz

G. 781. Forraljunk vizet egy nagy lábosban a tűzhelyen. Tegyük egy vékonyfalú pohárba csapvizet, majd merítsük a forrásban lévő vízbe úgy, hogy az sehol se érintkezzen a lábos falával. Felforr-e a pohárban a víz, ha elegendően hosszú ideig várunk?

(3 pont)

Megoldás. Hanyagoljuk el a pohár fala, illetve a levegő okozta hővesztéséget. A lábosban lévő víz csak akkor tud energiát (hőt) átadni a pohárban lévő csapviznek, ha köztük hőmérséklet-különbség van. Ezért a belső pohárban lévő csapvíz tetszőlegesen meg tudja közelíteni a 100°C -ot, azonban azt sosem éri el. Ráadásul a pohárban lévő víz elforrálásához a lábosban lévő víznek még a forráshőt is biztosítania kellene, de ezt hőmérséklet-különbség nélkül (hőátadás hiányában) nem teheti meg. Tehát a pohárban lévő víz biztosan nem forr fel.

Klement Tamás (Pécs, Leőwey Klára Gimn., 9. évf.)

22 dolgozat érkezett. Helyes 19 megoldás. Hibás 3 dolgozat.