

Teoretické úlohy celostátního kola 52. ročníku FO



Ve dnech 1. až 4. března 2011 se v Olomouci uskutečnilo celostátní kolo 52. ročníku Fyzikální olympiády (viz zprávu v MFI 20 (2011), č. 9, s. 572). V příspěvku uvádíme zadání i řešení teoretických úloh, jejichž autory jsou RNDr. Jan Thomas (úloha 1), RNDr. Josef Jirů (úloha 2) a PaedDr. Přemysl Šedivý (úloha 3 upravená podle časopisu Kvant a úloha 4), který také provedl konečnou úpravu úloh.

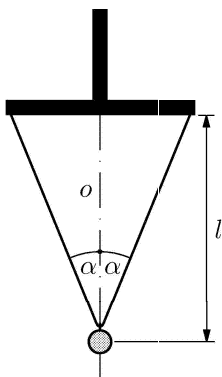
Ve všech úlohách počítejte s tíhovým zrychlením $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Rotace bifilárního závěsu

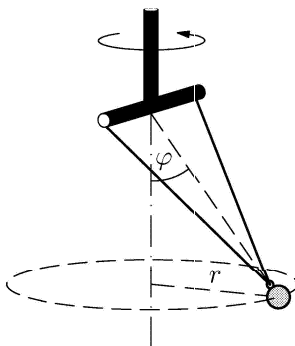
Kulička o hmotnosti $m = 100 \text{ g}$ s očkem byla zavěšena na bifilárním závěsu upevněném symetricky na držáku ve tvaru obráceného písmene T otáčivém okolo svislé osy o . Obě poloviny vlákna spolu svíraly úhel $2\alpha = 45^\circ$ (obr. 1). Střed kuličky se nacházel ve vzdálenosti $l = 30 \text{ cm}$ od středu držáku a její dolní bod byl ve výšce $H = 1,00 \text{ m}$ nad vodorovnou podlahou místnosti. Závěs se začal otáčet a frekvence otáčení se velmi pomalu zvětšovala. Při určité frekvenci f_0 přestala být původní rovnovážná poloha kuličky stabilní a kulička začala obíhat po kružnicové trajektorii, jejíž poloměr se postupně zvětšoval (obr. 2). V okamžiku, kdy odchylka φ roviny bifilárního závěsu od osy otáčení dosáhla hodnoty $\varphi_1 = 65^\circ$, se vlákno přetrhlo. Určete

- frekvenci f_0 ,
- jakou silou F_1 bylo napnuto vlákno v okamžiku přetržení,
- v jaké vzdálenosti d od osy otáčení dopadla kulička na podlahu.

Řešte obecně a pak pro dané hodnoty veličin. Deformaci vlákna tahovou silou zanedbejte.



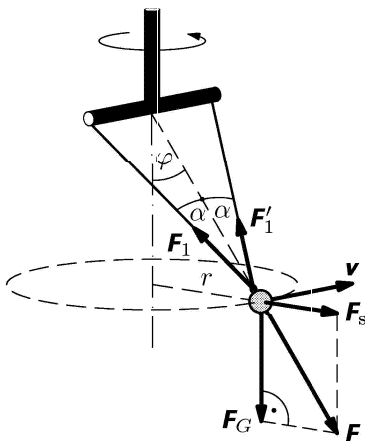
Obr. 1



Obr. 2

Řešení

1. Úlohy a) a b) budeme řešit z hlediska pozorovatele v neinerciální vztažné soustavě spojené s rotujícím závěsem, úlohu c) z hlediska pozorovatele v inerciální vztažné soustavě spojené s místností. Vydeme z obr. R1.



Obr. R1

- a) Výslednice tíhové síly a setrvačné odstředivé síly, které působí na kuličku, leží v rovině vychýleného závěsu. Platí

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{F_s}{F_G} = \frac{m4\pi^2 f^2 r}{mg} = \frac{4\pi^2 f^2 l \sin \varphi}{g} \Rightarrow \cos \varphi = \frac{g}{4\pi^2 f^2 l}. \quad (1)$$

Protože $\cos \varphi \leq 1$, může situace podle obr. R2 nastat až pro

$$f > f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} = 0,91 \text{ Hz.}$$

4 body

- b) Výslednice tíhové síly a setrvačné odstředivé síly je v rovnováze se silami, kterými na kuličku působí obě poloviny bifilárního závěsu. Z obr. R1 plyne

$$F = \frac{F_G}{\cos \varphi} = 2F_1 \cos \alpha.$$

V okamžiku přetržení bylo vlákno napínáno silou

$$F_1 = F'_1 = \frac{mg}{2 \cos \varphi_1 \cos \alpha} = 1,26 \text{ N.}$$

2 body

- c) Podle (1) se v okamžiku přetržení závěsu držák otáčel s frekvencí

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l \cos \varphi_1}}.$$

Okamžitá rychlost kuličky měla velikost $v_1 = 2\pi f_1 l \sin \varphi_1 = \sin \varphi_1 \sqrt{\frac{gl}{\cos \varphi_1}}$. Následoval vodorovný vrh z výšky $H + l(1 - \cos \varphi_1)$ ve směru tečny k trajektorii. Délka vrhu byla

$$\begin{aligned} L &= v_1 \sqrt{\frac{2[H + l(1 - \cos \varphi_1)]}{g}} = \\ &= \sin \varphi_1 \sqrt{\frac{2l[H + l(1 - \cos \varphi_1)]}{\cos \varphi_1}} = 1,17 \text{ m.} \end{aligned}$$

Vzdálenost d místa dopadu od osy otáčení vypočítáme užitím Pythagorovy věty:

$$d = \sqrt{L^2 + (l \sin \varphi_1)^2} = l \sin \varphi_1 \sqrt{\frac{2(H+l)}{l \cos \varphi_1} - 1} = 1,20 \text{ m.}$$

4 body

2. Částice v elektrickém poli

Každý ze čtyř hmotných bodů nacházejících se ve vrcholech čtverce o straně délky a ve vakuu má elektrický náboj Q shodného znaménka.

- Uvažujme osu x totožnou s osou souměrnosti čtverce kolmou k rovině čtverce a s počátkem ve středu čtverce. Najděte souřadnici x_m bodu osy, kde je intenzita elektrického pole maximální. Určete obecně i číselně velikost této intenzity $E_{\max}$.
- Do středu čtverce umístíme částici o klidové hmotnosti m_0 a s nábojem q shodného znaménka s nábojem Q , a nepatrně vychýlíme kolmo k rovině čtverce. Určete limitní velikost rychlosti částice ve velmi velké vzdálenosti. Řešte obecně klasicky i obecně relativisticky.
- Vypočítejte velikost rychlosti z úlohy b) pro částici alfa s nábojem $q = 2e$ a s klidovou hmotností $m_\alpha = 6,644 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ a pro elektron s nábojem $q = -e$ a s klidovou hmotností $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Další hodnoty pro číselná řešení: $|Q| = 1,80 \cdot 10^{-7} \text{ C}$, $a = 4,00 \cdot 10^{-2} \text{ m}$, $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{C}^{-2} \cdot \text{m}^2$, $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

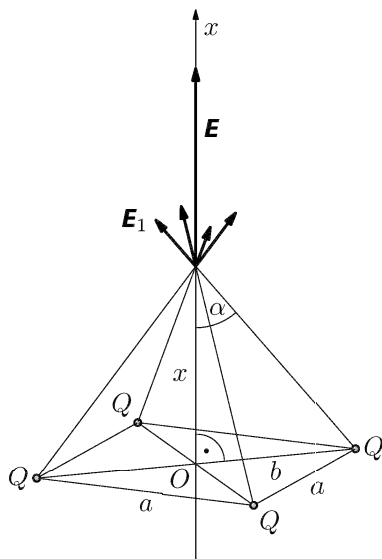
Řešení

2. a) Předpokládejme pro jednoduchost $Q > 0$. Intenzita elektrického pole každého ze čtyř nábojů má v bodě o souřadnici x velikost

$$E_1 = \frac{kQ}{x^2 + b^2},$$

kde $b = \frac{\sqrt{2}}{2}a$ je polovina délky úhlopříčky čtverce (obr. R2). Průmět intenzity $\mathbf{E}_1$ do osy x má velikost

$$E_{1x} = E_1 \cos \alpha = E_1 \frac{x}{\sqrt{x^2 + b^2}}.$$



Obr. R2

Celková velikost intenzity je

$$E = 4E_{1x} = \frac{4kQ}{x^2 + b^2} \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + b^2}} = \frac{4kQx}{(x^2 + b^2)^{\frac{3}{2}}}. \quad (1)$$

Derivace velikosti intenzity podle souřadnice x je

$$\frac{dE}{dx} = 4kQ \frac{(x^2 + b^2)^{\frac{3}{2}} - x^{\frac{3}{2}}(x^2 + b^2)^{\frac{1}{2}} \cdot 2x}{(x^2 + b^2)^{\frac{6}{2}}} = 4kQ \frac{b^2 - 2x^2}{(x^2 + b^2)^{\frac{5}{2}}}.$$

Z podmínky nulové derivace plyne

$$x_m = \frac{\sqrt{2}}{2}b = \frac{a}{2}. \quad (2)$$

Pro $x < x_m$ je derivace kladná a funkce je tedy rostoucí, pro $x > x_m$ je derivace záporná a funkce je klesající, proto je nalezený extrém maximem.

(Tuto skutečnost lze též dokázat pomocí druhé derivace

$$\frac{d^2 E}{dx^2} = 4kQ \frac{3x(2x^2 - 3b^2)}{(x^2 + b^2)^{\frac{7}{2}}},$$

která pro $x_m = \frac{\sqrt{2}}{2}b$ vychází záporná.)

Dosazením hodnoty (2) do vztahu (1) dostaneme

$$E_{\max} = \frac{16}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{kQ}{a^2} = 3,11 \cdot 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}. \quad \mathbf{4 \text{ body}}$$

b) Elektrický potenciál ve středu čtverce je

$$\varphi = \frac{4kQ}{b} = \frac{4\sqrt{2}kQ}{a}.$$

Ze zákona zachování energie plyne pro limitní kinetickou energii urychlené částice

$$E_k = q \cdot \varphi = \frac{4\sqrt{2}kqQ}{a}. \quad (3)$$

Podle klasické fyziky je kinetická energie

$$E_k = \frac{1}{2}m_0v^2. \quad (4)$$

Ze vztahů (3) a (4) plyne

$$v = \sqrt{\frac{8\sqrt{2}kqQ}{m_0a}}.$$

2 body

Podle teorie relativity je kinetická energie

$$E_k = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right). \quad (5)$$

Ze vztahů (3) a (5) plyne

$$v = c \sqrt{1 - \frac{1}{\left(\frac{4\sqrt{2}kqQ}{am_0c^2} + 1\right)^2}} = c \sqrt{1 - \frac{a^2m_0^2c^4}{(am_0c^2 + 4\sqrt{2}kqQ)^2}}.$$

2 body

c) Podle klasické fyziky vychází pro částici alfa $v_\alpha = 4,70 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, pro elektron $v_e = 2,84 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Jelikož $v_\alpha \ll c$, lze výsledek podle klasické fyziky pro částici alfa považovat za dostatečně přesný. Velikost rychlosti elektronu je však blízká rychlosti světla, proto je nutné počítat podle relativistického vzorce, kde vychází $v_e = 2,17 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2 body

(Pokračování)

Dvě významná historická výročí rentgenového záření

LUBOMÍR SODOMKA

Adhesiv, TUL Liberec

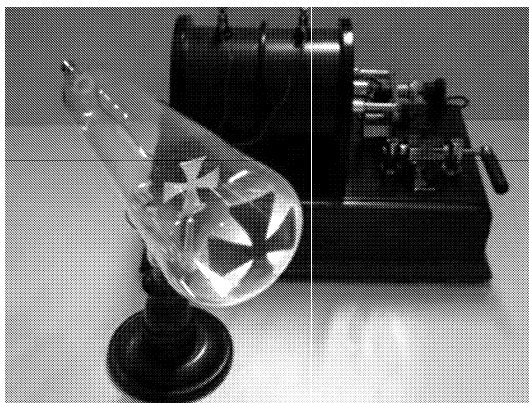
Rok 2011 přináší sebou dvě významná výročí objevu rentgenového záření (rtgz), a to 115 výročí od jeho objevu a 110 výročí od udělení Nobelovy ceny za fyziku (NCF). Objev rtgz už podle jeho názvu je přisuzovaný Wilhelmovi Conradu Röntgenovi. V článku je uvedeno několik historických skutečností, které osvětlují význam tohoto objevu z roku 1895, shodou okolností ve stejný rok Nobelovy závěti k založení jeho fondu k udělování Nobelových cen.

První Nobelova cena za fyziku byla udělena právě Röntgenovi za objev paprsků X, které v mnoha zemích jsou označovány jako rentgenové záření. Jaký vliv měl Röntgenův objev na další rozvoj fyziky a na jeho využití je předmětem tohoto příspěvku.

1. Úvod

Od roku 1850 se mnoho experimentátorů začalo zabývat výboji ve zředěných plynech. Měli k tomu již dostatečnou techniku, jakou byla technologie vytváření skleněných trubic se zatavenými elektrodami. Byla k dispozici i vakuová technika a zdroje vysokého napětí více než 5 kV. Jeden z prvních, kdo začal experimentovat s katodovým zářením, byl *W. Crooks*, jemuž se přisuzuje vynález trubic označovaných jako Crookesovy trubice (obr. 1). Kromě Crookse experimentovali s těmito trubicemi i další fyzikové známých jmen, jako byli *H. W. Geissler*, *J. H. H. Hittorf*, *E. Goldstein*, *H. Hertz*, *P. Lenard*, *J. J. Thomson*, *I. Puluj*, *N. Tesla*, *F. Sanford*, *T. Edison* a další. Pokrokem ve vývoji výbojových trubic byla Lenardova trubice s výstupním okénkem z hliníkové folie. Většina fyziků pak studovala vlastnosti katodových paprsků, které se šíří od katody k anodě a zanechávají po sobě svítící stopu a jsou odchylovány působením magnetu.

Všichni z uvedených vědců pracovali současně mnohdy nevědomky i s rentgenovým zářením. V historii rtgz se uvádí, že Puluj si byl vědom, že pracuje s novým neznámým zářením (viz [1]). Podobně tomu bylo i u Lenarda, takže mohl vzniknout i spor o prvenství objevu. Röntgen však byl přesvědčivější, jednak přímou demonstrací na shromáždění vědců, jednak třemi články po objevu rtgz, kde uvádí jeho vlastnosti. Tím si Röntgen zajistil za svůj objev první Nobelovu cenu za fyziku (NCF) v roce 1901, i když se o ni za tento objev ucházeli i jiní, např. I. Puluj a další uchazeči.



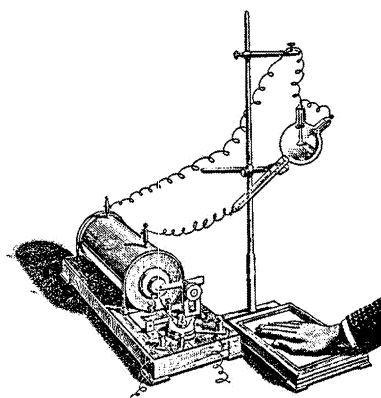
Obr. 1

2. W. C. Röntgen první laureát Nobelovy ceny za fyziku v roce 1901

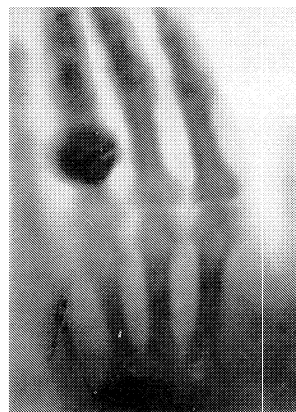
Výzkum se Crookesovými a Lenardovými výbojovými trubiciemi prováděla celá skupina fyziků uvedená v úvodu. Většina se soustředila na studium vlastností katodového záření, které vyvolávalo v trubicích světélkování skla. Odchylování paprsku magnetem ukázalo na jeho záporný náboj, což později vedlo k objevu elektronu J. J. Thomsonem. Také Röntgen se zabýval studiem vlastností katodového záření. Lenardovým zdokonalením Crookesovy trubice opatřené okénkem z hliníkové folie bylo možné vyvést katodové záření mimo trubici a zkoumat dosah katodového záření ve vzduchu a luminiscenci platinokyanidu barnatého, které záření vyvolává. Bylo zjištěno, že katodové záření může působit až do vzdálenosti 30 až 80 mm. Při tomto měření objevil Röntgen záření, které dosahovalo do vzdálenosti kolem 1 m a více a i v této vzdálenosti vyvolávalo luminiscenci. Kromě toho pronikalo i tmavým papírem a kartonovou krabicí a způsobilo zčernání fotografické emulze umístěné v neprůhledném krytu. Aby označil toto nové záření jako neznámé, použil podle vzoru matematiky název záření paprsky X.

Ukázal, že na rozdíl od katodového záření se paprsky X neodchylují magnetem, šíří se přímočaře a jsou schopné pronikat neprůhlednými látkami. Jako důkaz uvedl zobrazení kostí kostry v ruce položené na fotografickou desku a ozářené zdrojem rtgz (obr. 2). Na obr. 2b je první rentgenový snímek, který Röntgen vytvořil. Röntgen se také pokoušel prokázat vlnové vlastnosti rtgz lomem na slídové destičce a fokusací čočkou, avšak neúspěšně. Jak se ukázalo později, index lomu se liší od jednotky až v šestém řádu, takže je velmi těžko měřitelný [2], což vede i k nemožné konstrukci čoček k rentgenovému zobrazování paprskovou optikou.

Brzy po objevu uveřejnil Röntgen tři zásadní články o neznámém záření, a to v lednu 1896 a březnu 1896. V třetím článku v roce 1897 již popisuje získané poznatky o vlastnostech objeveného záření. Že je rentgenové záření krátkovlnové elektromagnetické vlnění se mu prokázat nepodařilo. K tomuto poznatku dospěli až jeho další následovníci. Rentgenové záření se stalo brzy po objevu předmětem výzkumu ve fyzice i technice až do současnosti. Nejznámější je použití rtgz v lékařské diagnostice. V technické praxi se uplatňuje zejména v diagnostice materiálů a při určování struktury látek. Rentgenové záření můžeme považovat za typický příklad objevu vědecko-technické revoluce, jejíž základní charakteristikou je krátký cyklus od objevu k využití. Ten činil u rtgz jen několik dní.



a



b

Obr. 2

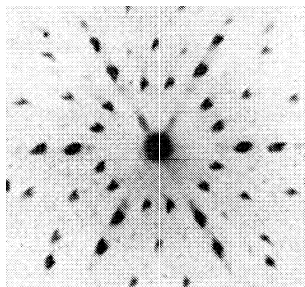
3. Další objevy vlastností rtgz

Prokázat, že rtgz je elektromagnetické vlnění, se Röntgenovi nemohlo podařit. Byl příliš soustředěn jen na zjišťování jeho vlastností. K výkladu podstaty záření bylo třeba někoho s teoretickým myšlením a širším rozhledem. Takovým fyzikem byl v té době *Max von Laue*. Sledoval výsledky Röntgenových pokusů a dospěl k závěru, že vlnové vlastnosti elektromagnetického záření lze prokázat difrakcí, analogicky jako při ohybu světla na optické mřížce. K tomu bylo třeba mít k dispozici periodické prostředí s periodou srovnatelnou s vlnovými délkami rtgz. Na základě poznatků z krystalografie využil trojrozměrnou periodicitu atomů v krystalické mřížce a k pokusům zvolil strukturu monokrystalů modré skalice. Laue získal za tento objev NCF pro rok 1914.

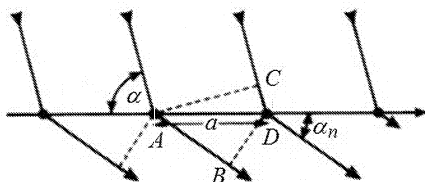
Pokus s difrakcí rtgz na monokrystalech modré skalice uskutečnili experimentální fyzici *W. Friedrich* a *P. Knipping*. Tímto postupem se získá tzv. *laueogram* (obr. 3), z jehož souměrnosti lze usoudit i na souměrnost krystalové struktury. Jednotlivé skvrny na fotografické desce odpovídají interferenčním maximům, která vznikají při difrakci na rovinách krystalové mřížky. Laue odvodil pro difrakci analogickou rovnici, jaká platí pro ohyb světla na optické mřížce,

$$(AB - CD) = a(\cos \alpha - \cos \alpha_0) = n\lambda,$$

kde α_0 je úhel mezi dopadajícím paprskem a mřížkovou rovinou a α je úhel mezi paprskem vystupujícím z mřížkové roviny a rovinou, λ je vlnová délka rtgz, n je celé číslo (řád difrakce) a a je parametr krystalické mřížky (obr. 4).



Obr. 3



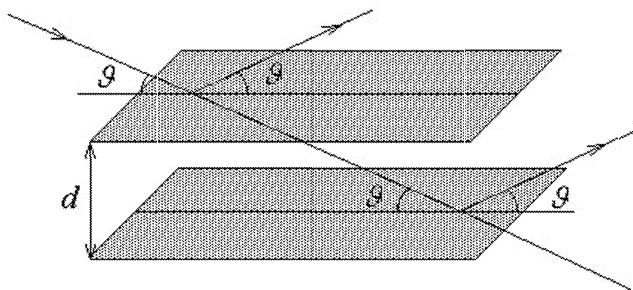
Obr. 4

Teoretické vysvětlení difrakce rtgz podali angličtí fyzikové *W. H. Bragg* a jeho syn *W. L. Bragg*. Pro difrakci na krystalových rovinách zformulovali vztah, který se nazývá Braggova rovnice

$$2d \sin \vartheta = n\lambda,$$

kde d je vzdálenost mřížkových rovin a ϑ je Braggův úhel, což je úhel mezi rovinou krystalu a směrem dopadajícího záření (obr. 5).

Tato rovnice se stala základem pro rentgenovou strukturní analýzu a současně i pro rentgenovou spektroskopii. Význam Braggovy rovnice byl oceněn další NCF pro rok 1915. Rentgenovou spektroskopii se zabýval pak švédský fyzik *M. Siegbahn* a za její rozvoj získal NCF pro rok 1924. Experimentální důkaz, že rtgz je příčné elektromagnetické vlnění, podal Angličan



Obr. 5

Ch. G. Barkla a stal se tak dalším laureátem NCF v oboru rtgz pro rok 1917 [4], [5], [6].

Další důležitou vlastnost rtgz zjistil *A. H. Compton* (NCF 1927) při studiu rozptylu rtgz. Zjistil, že vlnová délka rozptýleného záření λ' je větší než vlnová délka λ dopadajícího záření. Pro změnu vlnových délek $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ zformuloval vztah, který vyjadřuje závislost na úhlu rozptylu rtgz, tj. na odchylce záření od původního směru:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2,43 \cdot 10^{-12}(1 - \cos \theta)$$

Compton také teoreticky vyložil rozptyl rtgz jako srážku fotonu záření s elektronem, při němž platí zákony zachování energie a hybnosti. Tím dokázal i pro rtgz částicově vlnový dualismus, což je poznatek důležitý pro kvantovou mechaniku.

4. Významné aplikace rtgz

Využití rtgz nastalo prakticky ihned po jeho objevu. Mezi nejvýznamnější a nejrozšířenější aplikace patří bezesporu využití rtgz v lékařské diagnostice a částečně i terapeutice, založené na rozdílné absorpci záření pro různé prvky. Ta silně roste s rostoucím protonovým číslem prvků. Poněvadž kosti jsou složeny z prvků s vyšším atomovým číslem, projevují se snímku tmavěji než jiné části těla, tvořených lehkými prvky. Snímají se zlomeniny, záněty, plicní a nádorová onemocnění, zuby a další. Podobnou technikou se zjišťují makroskopické vady v odlitcích, svařech apod.

Jinou hojně využívanou technikou využívající rtgz je difrakční technika, která slouží k určování atomové struktury materiálů. Je založena na

Braggově rovnici a využívá se i pro rentgenovou spektroskopii při chemické analýze materiálů, přičemž je značně jednodušší než spektroskopie optická. Tak se stala rtgz difrakční technika základní diagnostickou metodou fyziky pevných látek a nanotechnologie.

Další významnou aplikací rentgenové difrakční techniky je strukturní analýza molekul deoxyribonukleové kyseliny (DNA, DNK), jejímž užitím získali *F. H. Crick*, *J. D. Watson* a *M. F. Wilkins* za určení dvojspirálové struktury DNK Nobelovu cenu za fyziologii a medicínu pro rok 1962, což přispělo k rozvoji genetiky.

Možnosti využití rtgz v medicíně významně rozšířila rentgenová tomografie, která umožňuje prostorové zobrazení celých částí těla. Její vynález byl rovněž ohodnocen Nobelovou cenou za fyziologii a medicínu, kterou v roce 1979 získal *A. M. Cormack* a *G. N. Hounsfield*.

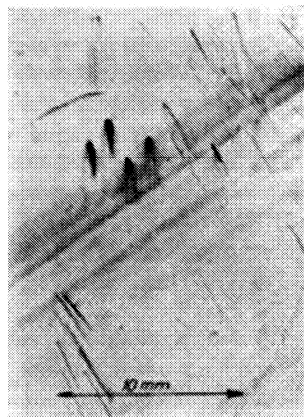
Předmětem výzkumu rtgz je také studium rentgenového záření v kosmu, které umožnilo spojení technologie kosmického výzkumu s fyzikou rtgz. *R. Giacconi* sestrojil rentgenový reflexní dalekohled a pořídil obraz kosmu v oboru rtgz. To bylo oceněno NCF pro rok 2002. Celkem bylo uděleno pro oblast fyziky rtgz zatím celkem 7 Nobelových cen.

5. Nové objevy ve fyzice rtgz

Za nové objevy považujeme objevy od druhé poloviny 20. století. Jsou to například:

Langova topografie

Při výrobě monokrystalů je třeba kontrolovat jejich kvalitu, tj. zda obsahují poruchy a určovat jejich hustotu. K tomu byla vyvinuta rentgenová difrakční topografie, což je metoda umožňující pomocí difrakce rtgz zobrazit krystal tak, že určitému místu na vzorku je jednoznačně přiřazeno místo na snímku, tzv. topogramu. Pokud má krystal dokonalou strukturu, je zčernání na topogramu stejnoměrné. Poruchy krystalu se projeví odlišným zčernáním. Metoda vyvinutá *A. R. Langem* je charakteristická lepší rozlišovací schopností a umožňuje rozlišit poruchy navzájem vzdálené 3 nm až 5 nm.



Obr. 6

Ukázka topogramu monokrystalu křemene je na obr. 6 [9].

Interference rtgz

Interference rtgz byla uskutečněná se zpožděním až téměř po čtyřiceti letech po objevu difrakce. Podobně tomu bylo i se zjištěním interference až po difrakci v oblasti světla. V obou případech bylo třeba vytvořit speciální podmínky vhodnou experimentální technikou. U interference světla bylo třeba vytvořit koherentní zdroje a podobně tomu bylo i u rtgz. Rentgenový interferometr je velmi přesný k měření délek ve zlomcích meziatomových vzdáleností až 10^{-8} m a je vhodný k přesnému měření úhlu stočení $\sim 0,1''$.

Xaser

Je obdoba laseru v oblasti rentgenového záření. Čím je vlnová délka kratší, tím je realizace kvantového generátoru obtížnější. Přesto se podařilo uskutečnit xaser v několika provedeních. Jedním z výkonových xaserů je využití horké plazmy k přečerpání hladin k realizaci xaseru. Jeho použitím je možné uskutečnit laserovou holografii a jeho velkého výkonu na nej-různější nanotechnologie. Rentgenovou holografii je možné pořídit snímky dynamiky krystalové mřížky a ověřit tak přímo výsledky teorie [9].

Ptychografie, bezčočkové zobrazování rentgenovým zářením

Ptychografie je koherentní difrakční (bezčočkové) zobrazování fázových rozhraní pomocí rentgenového a elektronového záření. Za objevitele této zobrazovací metody s rozlišením kolem 20 nm je považovaný *W. Hoppe*, který přišel s touto metodou již v roce 1969. Jde o zobrazování v nanoměřítku, tedy v oblasti vhodné pro nanotechnologii [10].

6. Významní Čeští fyzikové v oboru rtgz

Není bez zajímavosti k těmto významným výročím připomenout i některé významné fyziky, kteří pracovali v oboru rentgenové technologie v ČSR, tedy po roce 1918. Od roku 1918 se výzkumem v oblasti rtgz zabývali univerzitní profesori *F. Ulrich* a *V. Posejpal*, první český autor učebnice o rtgz [11]. Na Univerzitě Karlově působil také prof. *V. Dolejšek*, který vytvořil velkou skupinu spolupracovníků na UK a v roce 1934 nové pracoviště Fyzikální výzkum Škodových závodů. Ten vedla po smrti *V. Dolejšky A. Kochanovská* (obr. 7), která vychovala řadu dalších odborníků v oblasti využití rtgz.



Obr. 7

Literatura

- [1] *Tesařík, B.*: Pražský profesor Ivan Puluj měl jen krok k objevu záření X. MFI roč. 17 (2008), č. 10, s. 628.
- [2] *Sodomka, L.*: Rentgenová difraktoografie pevných látek. SNTL, Praha 1960.
- [3] *Sodomka, L.*: Základy fyziky pro aplikace a nanotechnologii. Adhesiv, Liberec 2005 (na CD), díl 2, optika.
- [4] *Sodomka, L. – Sodomková, Mag.*: Nobelovy ceny za fyziku. SetOut, Praha 1997.
- [5] *Sodomka, L. et al.*: Kronika NC I, II. Adhesiv, Liberec 2002.
- [6] *Sodomka, L. et al.*: Kronika Nobelových cen. Knižní Klub, Praha 2004.
- [7] *Sodomka, L. et al.*: Základy fyziky pro aplikace, 1. díl. Adhesiv, Liberec 2006.
- [9] *Sodomka, L., Fiala, J.*: Fyzika chemie kondenzovaných látek s aplikacemi 1. Adhesiv, Liberec 2003.
- [10] *Dierolf, M., et al.*: Ptychography and lensless X-ray imaging. Europhysics News 39, 2008, s. 22. Dostupné na:
<http://www.europhysicsnews.org/articles/epn/pdf/2008/01/epn08103.pdf>
- [11] *Posejpal, V.*: Roentgenovy X paprsky. JČMF, Praha 1925.