

# Prvkové analýzy pomocí protonového svazku (metoda PIXE)

Tomáš Javůrek<sup>a</sup>

Radek Tyrála<sup>b</sup>

Libor Vysloužil<sup>c</sup>

Gymnázium Jeseník, Komenského 281<sup>a</sup>

Gymnázium Olomouc, Čajkovského 9<sup>b</sup>

Gymnázium Jiřího Wolkra, Kolárova 3, Prostějov<sup>c</sup>

Supervizoři: Ing. Jiří Voltr, Csc., RNDr. Jan Prošek

## Abstrakt:

V této práci bylo naměřeno spektrum železa, a následně vyhodnoceno pomocí programu Gupix. Dále byly provedeny analýzy dříve naměřeného vzorku šupiny z historického kovového předmětu. Byla přitom využita analytická metoda PIXE (Particle Induced X-ray Emission).

## 1 Úvod

Existuje mnoho metod využívajících spektrální analýzy k určení chemického složení zkoumaného materiálu. Jedním z nich je PIXE. Tato metoda je využívána jen v asi dvoustech laboratořích.

## 2 fyzikální podstata PIXE

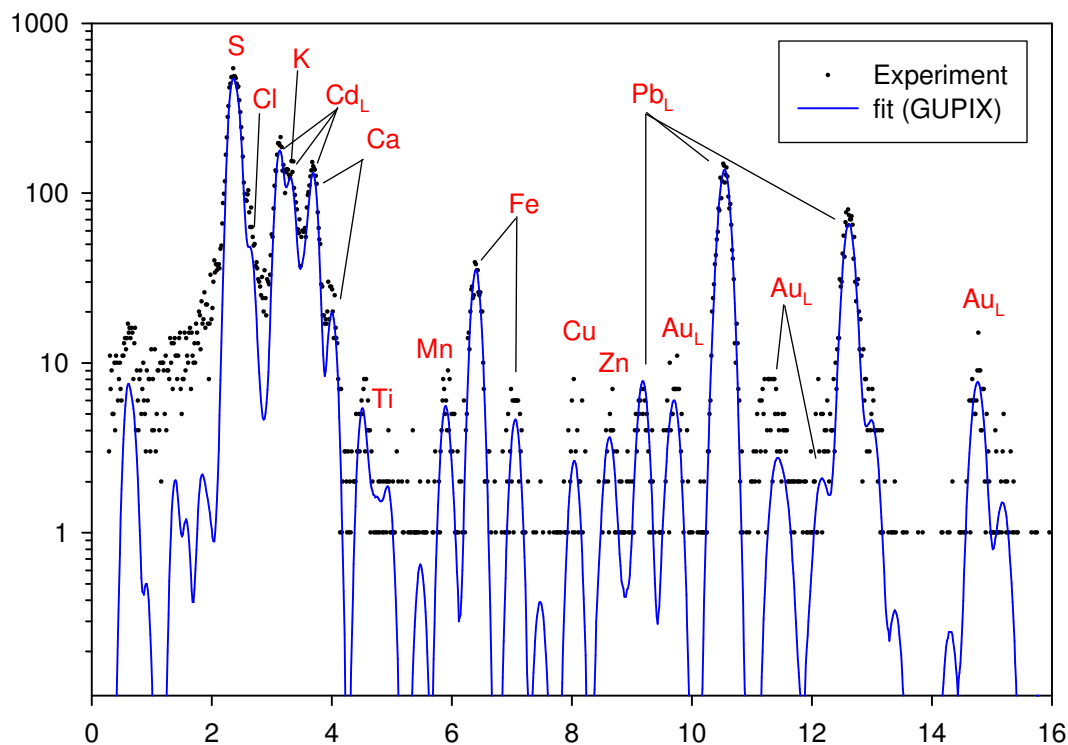
Pokud rychlý proton narazí na elektron v atomovém obalu zkoumaného prvku, vyrazí jej, přičemž elektron z nějakého vyššího stavu přeskočí na místo vyraženého elektronu. Vzhledem k zákonu zachování energie musí tento elektron vyzářit kvantum energie, tedy foton. Tento foton poté detegujeme a převedeme na elektrický impuls. Z rozdělovacího principu kvantové mechaniky je patrné, že každý prvek bude vyzařovat fotony specifických energií právě pro něj a ne jiných. Čím větší bude tato energie, tím vyšší proud se v Si(Li) detektoru indukuje. Tento proud v řádech  $\mu\text{A}$  se nadále zesílí, změní a zpracuje pomocí softwaru Gupix.

Postup je tedy takový, že protony urychlíme asi na energii  $c$  pomocí urychlovače Van de Graaff. Protonový svazek nadále usměrníme a filtrujeme elektromagnetickým polem, a pouštíme na zkoumaný vzorek. Detegované emisní fotony nám vytvoří spektrum, které analyzujeme. Pokud nechceme detegovat jistý prvek, tak před detektor postavíme absorbér, což ovšem musíme zadat softwaru. Pokud se chceme zaměřit na úzkou skupinu prvků, jeden absorbér by nestačil. Proto to vyřešíme tak, že Gupixu hledanou skupinu zadáme, respektive vymažeme ty prvky, které nás nezajímají. Důležitou komponentou je Faradayův kalich, který je umístěn pod terčem. Jeho pomocí jsme schopni měřit náboj, který vzorkem prošel. Z tohoto náboje a četnosti detegovaných fotonů je Gupix schopen vypočítat kolik tam daného prvku je.

Jednou z výhod PIXE tedy je, že dokážeme zjistit i kvantitu. Další nespornou výhodou je, že jsme schopni měřit více prvků nejdnou, neboť analyzujeme celé emisní spektrum nejdnou. Vzhledem k tomu, že jsme schopni nastavit energii protonů v urychlovači, můžeme částečně ovlivnit, jak hluboko chceme spektrum pozorovat.

### 3 spektrum šupiny z kovového historického předmětu

V grafu vidíme spektrum tak, jak ho vyhodnotil Gupix. Samozřejmě že daný prvek má ještě další maxima, ty jsou ovšem tak malá, že je považujeme za šum. Někdy se ovšem stane, že do detektoru dojdou dva fotony těsně po sobě. V celkovém spektru jsou pak maxima navíc, která jsou na místě součtů dvojic jednotlivých maxim příslušejících k danému prvku. Tyto matoucí informace však dokáže Gupix separovat. Často se stává, že dané maxima padnou přes sebe a dojde k superpozici. V grafu si můžeme všimnout na příklad chloru, který je téměř v maximu síry.



### 4 Závěr

Zpracovali jsme spektrum šupiny starožitného předmětu pomocí softwaru Gupix. Dále jsme provedli prvkovou analýzu z níž vyplynulo, že je v materiálu nejvíce síry, draslíku,

olova a železa. Detegována bylo i zlato. PIXE je velice citlivá metoda, a právě proto je třeba dávat pozor při finální analýze.

## **5 Poděkování**

Za pomoc při práci děkujeme Ing. Josefu Voltrovi, Csc. a RNDr. Janu Proškovy. Dále děkujeme FJFI ČVUT v Praze za organizaci fyzikálního týdne.