

Zpracování dat naměřených pixelovým detektorem

VLADIMÍR VÍCHA

Gymnázium, Pardubice, Dašická 1083; ÚTEF ČVUT v Praze

Abstrakt

Na českých školách, v centrech Elixíru do škol a v dalších institucích se již několik let využívají pixelové detektory MX-10 a v poslední době také MiniPIX EDU. Pixelové detektory umožňují mapovat radioaktivitu tím nejnázornějším možným způsobem, a tak nalézají využití od základních škol až po školy vysoké. Pomůcka je to ovšem finančně velmi nákladná, a tak má učitel k dispozici většinou jen jeden detektor, který využívá k demonstračním měřením. Pokud si vyučující detektor vypůjčí v ÚTEF ČVUT nebo v Elixíru do škol, je to vždy jen na omezenou dobu, a ve zbývajícím čase může svým žákům ukazovat pouze naměřené obrázky. Můj příspěvek ukazuje možnost, jak mohou žáci frontálně na libovolném množství počítačů zpracovávat data naměřená pixelovým detektorem bez připojeného detektoru. Zájemci si pro tento účel mohou na <http://www.utef.cvut.cz/vzdelavani-a-popularizace> stáhnout upravený software „Pixelman bez detektoru“ a také pracovní listy „Radioaktivita pro ZŠ“ s předem naměřenými daty.

Co se vám vybaví, když se řekne radioaktivita?

Zkusme položit tuto otázku žákům na základní škole nebo ve třídě nižšího gymnázia a ať napíšou na papírek jedno nebo dvě slova. Dvouhodinové cvičení, které budu v tomto příspěvku popisovat, proběhlo v květnu 2022 v tercií osmiletého gymnázia Pardubice, Dašická v rámci projektového týdne. Téměř všechny odpovědi (záření, nebezpečí, elektřina, bomba, Černobyl, smrt, houby,...) by se daly propojit slovem obavy nebo i strach. Tento strach z neviditelného smrtícího záření zřejmě podvědomě provází lidstvo od použití atomových bomb v Hirošimě a Nagasaki, přes havárii v Černobyli a Fukušimě, až k dnešnímu obsazení ukrajinských jaderných elektráren ruskou armádou. Smyslem cvičení bylo ukázat studentům, že záření není tak neviditelné, jak se může laikovi zdát, a že se před ním lze chránit, když poznáme, o jaké záření jde.

Detektory

Téma radioaktivita je ve výuce součástí kapitoly jaderná fyzika a s tou se žáci ZŠ a nižších stupňů gymnázia asi většinou seznamují až v 9. třídě, resp. v kvartě. Proto v tercii je třeba předpokládat, že žáci mají jen poznatky, které získali mimo školu. V úvodu je dobré zmínit, že první zviditelnění neviditelného záření umožnily fotografické materiály a jako zřejmě nejslavnější ze starých snímků je ruka paní Röntgenové:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Conrad_R%C3%B6ntgen

Historicky se při dalším zkoumání radioaktivity stavěly stále dokonalejší detektory. Na školách se můžeme setkat s Geiger-Müllerovými čítači soupravy Gamabeta (obr. 1), které mohou akusticky signalizovat dopad ionizujícího záření a mohou také počítat impulzy.



Obr. 1 Geiger-Müllerův čítač ze školní soupravy Gamabeta

Když čítač zapneme a postavíme na katedru, signalizuje občasným pípnutím, že v místnosti je radioaktivní záření. Už to je pro žáky překvapivé a můžeme vyvolat diskusi, odkud měřená radioaktivita pochází. Můžeme zavést pojem radiační pozadí. To se nám bude plést do všech experimentů.

Přiblížením celkem nevinně vyhlížejícího kamene (obr. 2) jsem žákům ukázal, že se dají najít kameny, které jsou i silně radioaktivní. K těm je třeba mít respekt. Ale zároveň ukážeme, že při vzdálení kamene od detektoru (např. již o půl metru) začne detektor měřit zase jen radiační pozadí. Žáci ve svých lavicích se tedy nemusejí záření obávat.



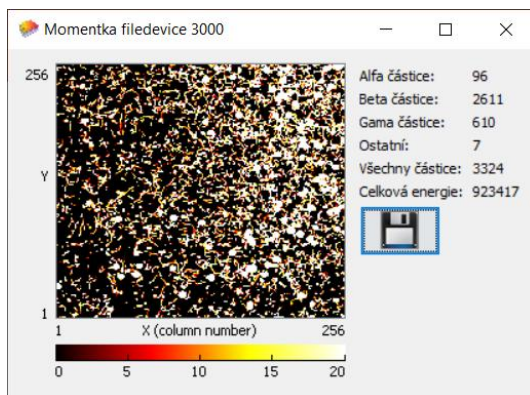
Obr. 2 Kámen s uranovou rudou

Pixelový detektor

Abychom názorně demonstrovali přednosti pixelových detektorů (výuková pomůcka MX-10 nebo MiniPIX EDU), položíme náš radioaktivní kámen na detektor.



Obr. 3 Kámen s uranovou rudou na detektoru MX-10



Obr. 4 Vizualizace záření zaznamenaného MX-10 během desetisekundového měření

Žáci rychle pochopí, že MX-10 funguje jako částicová kamera, která umí daleko více než Geiger-Müllerův čítač. MX-10 vizualizuje stopy jinak neviditelného záření, počítá je, třídí a měří i energii. Každá stopa je způsobena dopadem nějaké částice: alfa – velké kulaté stopy, beta - malé i delší zakřivené stopy a gama – malé jedno nebo dvojpixelové stopy.

Při měření s reálným detektorem žáky naučíme nastavit dobu měření, počet snímků, prohlížet si jednotlivé snímky nebo složený (integrální)snímek, udělat zvětšení (zoom) a zmenšení, rozumět analýze alfa, beta, gama, počítání částic, určení energie částic, vytvoření momentky. Pak již můžeme přejít k tomu hlavnímu, a to je samostatná týmová práce studentů.

Práce v týmech

Výuka probíhala v počítačové učebně, kde bylo 15 počítačů. U každého počítače seděla dvojice, která společně pomocí programu Pixelman-Simple Preview studovala již naměřená data a podle zadaných úkolů vypracovávala řešení do pracovních listů. Vzorový pracovní list byl připraven ve Wordu a text by zamčený tak, aby se dalo psát, vybírat z menu nebo vkládat obrázky jen do povolených oblastí. Tím je zajištěno, že si někdo nedopatřením nesmaže text se zadáním. Wordovský soubor si týmy přejmenovaly svými příjmeními a po skončení práce odevzdali do určeného úložiště. Všechny týmy dostaly stejná naměřená data, takže při správném postupu mohly mít stejné, či velmi podobné výsledky.

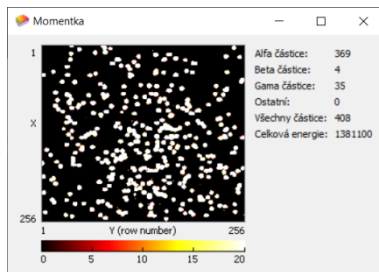
Radioaktivita – pracovní list

1. **Uranové sklo.** Uranové sklo bylo přisunuto těsně k detektoru a proběhlo dvouminutové měření (120 snímků po 1 s). Nastavte adresář 1 Uranové sklo a načtěte 120 snímků měření uranového skla. Odpovězte či splňte následující úkoly.
 - 1.1. Z naměřených snímků udělejte společný (integrální) snímek a momentku vložte sem do pracovního listu.
 - 1.2. Které radioaktivní záření má na horním snímku největší zastoupení?
 - 1.3. Které radioaktivní záření má na horním snímku nejmenší zastoupení?
 - 1.4. Kdo najde stopu alfa s největší energií? Stopu zvětšete, udělejte momentku a vložte ji sem do pracovního listu.
 - 1.5. Kdo najde stopu beta s největší energií? Stopu zvětšete, udělejte momentku a vložte ji sem do pracovního listu.
2. **Svářecí elektroda.** Svářecí elektroda byla přisunuta těsně k detektoru a proběhlo dvouminutové měření (120 snímků po 1 s). Nastavte adresář 2 Svářecí elektroda a načtěte 120 snímků měření. Odpovězte či splňte následující úkoly.
 - 2.1. Z naměřených snímků udělejte společný (integrální) snímek a momentku vložte sem do pracovního listu
 - 2.2. Jaké výrazné odlišnosti vidíte mezi radioaktivitou uranového skla a svářecí elektrody?
 - 2.3. Kdo najde stopu záření alfa s největší energií? Stopu zvětšete, udělejte momentku a vložte sem do pracovního listu.
3. **Elektroda a papír.** Mezi elektrodu a detektor byl vložen list kancelářského papíru a proběhlo dvouminutové měření (120 snímků po 1 s). Nastavte adresář 3 Elektroda a papír a načtěte 120 snímků měření. Napište jednu nejvíce nápadnou věc, která se změnila.
 - 3.1. Co nám tento pokus o pronikavosti záření alfa prozradil?

4. **Draselná sůl.** Držák s draselnou solí byl přisunut těsně k detektoru a proběhlo dvouminutové měření (120 snímků po 1 s). Nastavte adresář 4Draselnasul a načtěte 120 snímků měření. Odpovězte či splňte následující úkoly.
 - 4.1. Z naměřených snímků udělejte společný (integrální) snímek a momentku vložte sem do pracovního listu.
 - 4.2. Jaký druh radioaktivity u draselné soli nevidíme?
 - 4.3. Kde se dá najít největší energie záření alfa? U uranového skla, svářecí elektrody nebo draselné soli?
5. **Školní americiový zdroj záření.** Zdroj byl přisunut těsně k detektoru a proběhlo jednosekundové měření (10 snímků po 0,1 s.) Nastavte adresář 5 Školni zdroj zarení a načtěte 10 snímků měření. Odpovězte či splňte následující úkoly.
 - 5.1. Z naměřených snímků udělejte společný (integrální) snímek a momentku vložte sem do pracovního listu.
 - 5.2. Jakou radioaktivitu převážně vidíme?
6. **Oddálení školního zdroje záření od detektoru.** Školní zdroj záření byl postupně oddálen o 1 cm (adresář 6 Oddaleni 1 cm), o 2 cm (adresář 7 Oddaleni 2 cm) a o 3 cm (adresář 8 Oddaleni 3 cm). Pro každou vzdálenost udělejte společný (integrální) snímek a momentku vložte sem do pracovního listu.
 - 6.1. Co pozorujete na záření alfa u pokusů se vzdalováním zdroje záření?
 - 6.2. Jak byste fyzikálně vysvětlili předchozí pozorování?
 - 6.3. Z pokusů 3 a 6 byste měli již uhádnout, jak se lze chránit před radioaktivním zářením alfa. Napište to.
7. **Prvky v Mendělejevově tabulce.** Ve skle byl radioaktivním prvkem uran, ve svářecí elektrodě thorium, v draselné soli draslík a ve školním zdroji záření prvek americium. Najděte v Mendělejevově tabulce chemické značky těchto prvků a napište je od nejlehčího k nejtěžšímu.

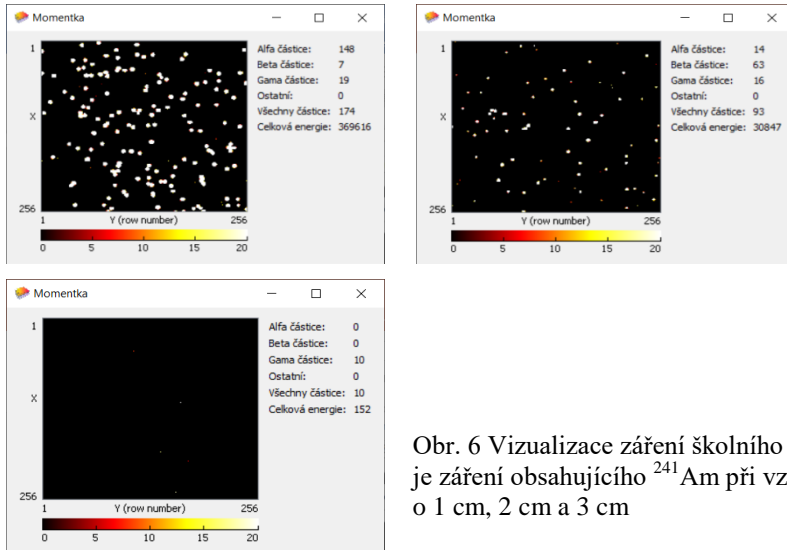
Vybrané odpovědi k úkolům 6.1, 6.2 a 6.3

Úkol 6 se týkal školního zdroje záření, který obsahuje ^{241}Am a vyzářuje majoritně záření alfa a minoritně záření gama. Pokud byl zdroj nejbližší k detektoru, získali žáci obr. 5.



Obr. 5 Vizualizace záření školního zdroje záření obsahujícího ^{241}Am . Převažují kruhové stopy záření alfa

Při vzdálení zdroje záření od detektoru o 1 cm, 2 cm a 3 cm získali žáci snímky jako na obr. 6.



Obr. 6 Vizualizace záření školního zdroje záření obsahujícího ^{241}Am při vzdálení o 1 cm, 2 cm a 3 cm

V tabulce 1 jsou odpovědi několika týmů, které se vztahují k obr. 5 a obr. 6.

Tabulka 1. Několik odpovědí na otázky 6.1, 6.2 a 6.3

- 6.1 Čím dále je zařízení, tím méně je alf.
- 6.2 Alfy jsou silné, ale nedoletí moc daleko.
- 6.3 Když jsme dál a jsme chráněni vrstvou odolnějšího materiálu, radioaktivita na nás méně působí.
- 6.1 Alfa záření postupně mizí.
- 6.2 Alfa záření působí na krátkou vzdálenost.
- 6.3 Jít od něj co nejdál.
- 6.1 Počet částic alfa klesá se vzdalováním.
- 6.2 Alfa částice se hůře transportují vzduchem a hůře se probíjejí skrz materiál.
- 6.3 Zakrýt své tělo, alfa částice se zachytí na oblečení a neublíží nám.
- 6.1 Čím více oddalujeme, tím méně je alfa částic.
- 6.2 Radioaktivita by se měla měřit co nejdříve u tělesa, kvůli přesným výsledkům.
- 6.3 Schovat se za papír, posolit se draselnou solí a držet se co nejdále od tělesa.

Myslím, že odpovědi v tabulce 1 jsou dobrou demonstrací toho, jak žáci, kteří na začátku cvičení nevěděli o radioaktivitě téměř nic, došli vlastním výzkumem ke smysluplným (vesměs 😊) fyzikálním závěrům.

Všechny pracovní listy jsem si pečlivě prošel a obodoval, maximálně se da-lo dosáhnout 34 bodů. Průměrná úspěšnost byla 81 %, přičemž nejnižší bodový zisk byl 22 bodů a nejvyšší 31 bodů. Z toho je vidět jak efektivním nástrojem ve výuce fyziky je pixelový detektor. Především se mi ale líbila pracovní atmosféra ve třídě a zájem o téma radioaktivita.

Závěr

Zveřejněním této aktivity na webu ÚTEF ČVUT dávám možnost všem učitelům, aby si podobnou aktivitu vyzkoušeli se svými žáky. Správné řešení jsem

na webu nezveřejnil, ale zašlu jej každému učiteli, který si o něj napíše na můj mail vlada.vicha@seznam.cz.

Pokud se učitel rozhodne vypracovat si své pracovní listy, budu jen rád a kvalitní materiály ochotně na zmíněném webu uveřejním. Berte prosím můj popis jako návod k mnoha možným měřením, které si může připravit každý učitel, který si na pár týdnů vypůjčí pixelový detektor. Pomoci v ovládní detektoru vám může dvoudenní seminář, který pořádáme v ÚTEF koncem listopadu. Velmi podrobně jsou experimenty s MX-10 popsány v [1].

Literatura

- [1] Vicha V.: *Experimenty s pixelovým detektorem pro výuku jaderné a částicové fyziky*. České vysoké učení technické v Praze, Praha 2016.