

Rozhledy matematicko-fyzikální

M. Kořistková

Z tajností žižkovského bunkru

Rozhledy matematicko-fyzikální, Vol. 94 (2019), No. 3, 18–26

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/147894>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2019

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

Z tajností žižkovského bunkru

M. Koříštková, Praha

Jaderka¹⁾ se pyšní mnoha unikáty: Jsme jediná škola v ČR, která má vlastní školní reaktor, ve sklepech schováváme TOKAMAK a do doby relativně nedávné jsme měli také malý urychlovač elektronů – mikrotron. Ten už sice od roku 2003 nepatří ČVUT, nýbrž Ústavu jaderné fyziky, s Jaderkou je ale navždy spjat díky profesorovi Čestmíru Šimáněmu, který na FJFI čtyřicet let působil.

V současné době mikrotronové laboratoři šéfuje Ing. David Chvátil, který studoval na Katedře dozimetrie a aplikace ionizujícího záření. S ním jsme si popovídali o tom, co práce u takového zařízení vyžaduje, jaké výhody nebo naopak nevýhody práce v bunkru bez oken obnáší a jaký výzkum se na mikrotronu provádí.

V Žižkovském tunelu se nachází komplex protiatomových krytů, jejichž přítomnost prozrazuje pouze několik kovových dveří polepených nálepkami a posprejovaných hlubokomyslnými vzkazy, které na nich zanechala rebelující omladina. Jedny dveře ale nejsou jako ostatní – když nám je Ing. Chvátil otevírá, otevírá se nám pohled na betonem vyloženou předsíň, kde mimo jiné parkují kola zaměstnanců a kolečkové křeslo, které pamatuje alespoň 5 prezidentů. Na první pohled byste neuhádli, že se hned za rohem otevírá dílna, na kterou navazuje dlouhá místnost plná pracovních stolů, postranní kancelář a samozřejmě prostor se samotným mikrotronem, který se skrývá za dvojicí mohutných olovených dveří.

S nápadem vybudovat mikrotron přišel profesor Šimáně, který na začátku sedmdesátých let působil jako zástupce ředitele Spojeného ústavu jaderného výzkumu v Dubně v tehdejší Sovětské svazu. Když tam byl v roce 1973 spuštěn provoz mikrotronu, usoudil, že něco „tak malého“ si v Československu zvládneme postavit taky – pověřil tedy Ing. Vognara vybudováním mikrotronového pracoviště.

Prostory pro mikrotronovou laboratoř nebyly zvoleny náhodně. Protiatomový bunkr v srdci vrchu Vítkova má několik více či méně zjevných výhod. Jednak je vyřešena otázka stínění elektromagnetického záření,

¹⁾Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská Českého vysokého učení technického v Praze, FJFI ČVUT

jehož zdrojem mikrotron je, protože bunkr disponuje tlustým betonovým obložení. Za druhé je v bunkru umístěna trafostanice se zdrojem 25 kV, na kterou je mikrotron napojen.



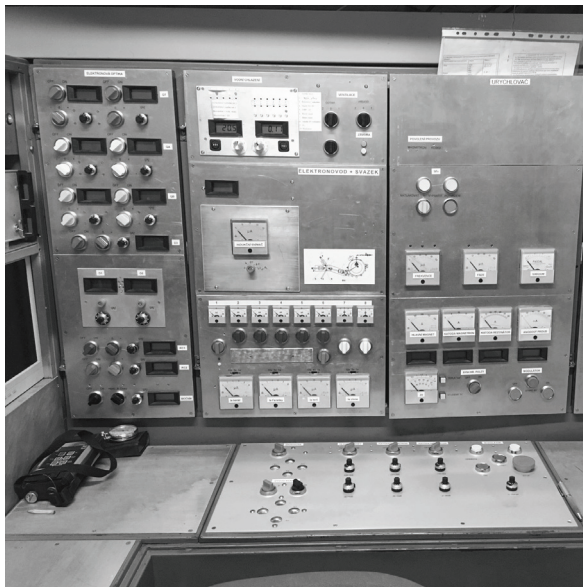
Obr. 1: Potřebovali jsme něco, co by nám poskytovalo konstantní průtok vody

Mikrotron MT 25

Na světě se nachází jen pár posledních mikrotronů a ten pražský, nesoucí označení MT25, je jedním z nich. Přesvědčuji se, že číslo 25 v názvu symbolizuje 25 MeV, maximální dosažitelnou energii urychlených elektronů. Ing. Chvátíl mou domněnku potvrzuje a dodává: „Je to trochu složitější, mikrotron urychluje po pětadvaceti kruhových drahách a ty rezonátory, co používáme, teoreticky umožňují urychlení až 1 MeV na jednu dráhu. Ve skutečnosti je to ale o něco méně, takže sice všude píšeme maximální energii 25 MeV, ale ještě jsem je tam nikdy neviděl. Teoreticky by to šlo, ale kompenzovala by to třeba menší intenzita elektronového svazku.“

Exotická povaha tohoto urychlovače z něj sice dělá nesmírně zajímavé zařízení, neodvratně s sebou ale nese různé obtíže spojené především s jeho údržbou. „V Řeži třeba máme dva cyklotrony. Když to řeknu hodně zjednodušeně, tak tam v případě poruchy můžou zavolat technikům z firmy, která je tam instalovala, pánové přijedou a mrknou na to. Zatímco těch našich zařízení je po světě už jenom pár a žádná firma na údržbu na to není. Kromě toho našeho se další významný mikrotron nachází ve Spojeném ústavu jaderných výzkumů v Dubně.“ Inženýr

Chvátil neskromně dodává, že když se něco na některém ze světových mikrotronů porouchá, jsou to právě oni nebo kolegové z Ruska, kteří fungují jako „pomoc po telefonu“.



Obr. 2: Ovládací panel mikrotronu vzdáleně připomínající řídicí konzole U.S.S. Enterprise

Od vědy k soustruhu

Mikrotronovou laboratoř využívá plejáda nejrůznějších pracovišť pro podporu svého výzkumu. Každé takové pracoviště dodá svůj vzorek v podobě, která ovšem není nijak normovaná – a tady do hry vstupuje bohatě vybavená dílna. „Přinesou zkumavku, lahvičku, může to vypadat různě. My na to potom musíme udělat držáček, stojánek, hejblátko, rotovadlo, abychom to měli v čem upevnit před svazek.“ Práce u mikrotronu tedy vyžaduje nejen technické a vědecké znalosti, ale i manuální zručnost a představivost.

„Tahle práce se hodí pro takový ty kluky hračky, kteří si v šesti letech začínali hrát s Merkurtem. Můj syn to tady miluje, nadšeně sem chodí už od malinka – moje žena říká, že mikrotron je hračka od dvou do sta let,“ říká se smíchem inženýr Chvátil a já nemůžu než souhlasit.

Kromě vedoucího laboratoře u mikrotronu pracují další tři lidé, přičemž inženýr Chvátil je jediným absolventem Jaderky – zajišťuje chod urychlovače nebo plánování experimentů, ke kterému je třeba znalostí dozimetrie. Dále u mikrotronu působí mechanik, který pracuje třeba s frézou a soustruhem. Kromě toho mikrotron zaměstnává dva absolventy Fakulty elektrotechnické ČVUT.

Prostory laboratoře jsou uzavřené a poměrně stísněné, nedokážu si představit, že by tam trvale sídlilo více pracovníků. Zajímá mě tedy, jak je to s nábořem nových lidí. „Není principiálně těžké nabrat nové lidi. Je to ale místnost bez oken, ne každý je ochotný pět dnů v týdnu trávit v díře, to je takové první omezení. Druhé omezení je z mého pohledu ta experimentální fyzika. Dneska se plánování experimentu na škole moc neučí, všechno se simuluje. Je to samozřejmě finančně nákladné a zapnout počítač je jednodušší. A potom je problém v dnešní době najít člověka, který nebude chtít dělat takovou tu raketovou vědu. Tahle práce je více inženýrská než vědecká. Takže to chce někoho, kdo v sobě trochu potlačí toho vědce. Slováci pro to mají krásný výraz, ti nám říkali šrúbkáři.“

Výzkum na mikrotronu

K čemu je ale takový mikrotron dobrý? „Mikrotron byl postaven za účelem provádění aktivační analýzy ve spolupráci s Ústavem nerostných surovin v Kutné Hoře. Byl spuštěn v roce 1981 a ta aktivační analýza tady frčí pořád.“ Zatímco ÚNS byl toho času v likvidaci, mikrotron funguje dál. Proces přípravy ozařování pro aktivační analýzu zní jako prakticky rutinní záležitost: „(z laboratoře, pozn. redakce) Pošlou vzorky s přesně nachystaným rozměrem, protože vědí, jakou aparaturu tady používám. S tím není žádná práce a nemusím nic plánovat – oni mi jen řeknou, co se bude stanovovat (který prvek, pozn. red.), abych věděl, jakou energii zvolit. Zbytek experimentů má podobu metody pokus-omyl. Máme uzavřeno mnoho spoluprací s ústavem, které využívají toho, že materiál po vhodném ozáření mění své vlastnosti. My ale musíme vymyslet, co to ‚vhodné ozáření‘ znamená.“

„Dost často ten experiment začíná v hospodě, kde si ujasníme, co od toho materiálu očekávají oni a jak to vidíme my. Občas se stane, že zavolá někdo, kdo ani neví, jestli chce ozařovat fotony nebo elektrony. Pak si já musím nastudovat, co to vlastně mají za vzorek – naučit se tu chemii nebo biologii za tím.“ Ing. Chvátil je tedy nejen dozimetrik, experimentátor a příležitostný mechanik – pomalu, ale jistě, se z něj stává expert na všechno.

Kdesi na internetu jsem se dočetla, že se před několika lety měly na mikrotronu studovat vousy Tychona Braheho za cílem potvrdit nebo vyvrátit domněnku, že byl otráven rtutí. Pozůstatky impozantního kníru renesančního učenice však nakonec do Karlína neputovaly. „My tady děláme fotonovou aktivační analýzu, která soupeří s neutronovou aktivací, která se dělá na jaderném reaktoru. My jsme si původně mysleli, že se ty dvě metody můžou doplnit v případě, že by jim v Řeži (kde je výzkumný jaderný reaktor umístěn, pozn. red.) něco nevycházelo. Některé prvky třeba jdou stanovit jen u nás – v případě Tychona Braheho ale sledovali rtuť a její obsah v Řeži stanovili s velmi dobrou přesností.“

Nehodlám ale odejít s prázdnou a dožaduji se informací o nějakém alespoň srovnatelně bulvárním výzkumu. „Před pár lety jsme tu ve spolupráci s Jihočeskou univerzitou ozařovali ryby. Třeboňští rybáři ráno chytli čerstvou rybu, z nich potom holky doktorandky udělaly filety a zavakuovaly je, převezly je sem a my jsme zkoumali prodlužování trvanlivosti po ozáření. Že se po ozáření prodlužuje trvanlivost potravin je známá věc, ale na rybách to ještě nikdo moc nedělal. Výsledky byly naprosto výborné.“ Poslední přívlástek lze vztáhnout jak na tabulkové výsledky, tak na předměty výzkumu – ráno chyceným pstruhem osazenstvo laboratoře rozhodně nepohrdlo.

Mikrotron a nehody

Jakmile se Ing. Chvátila zeptám na nehody na mikrotronu, opraví mě: „My s kolegou Štursou studentům vždycky říkáme, že nehoda na urychlovači je nesmysl. Když se urychlovači něco stane, tak prostě jenom nefunguje a nejde nastartovat. Zatímco když se něco pokazí na reaktoru, tak ho nelze zastavit a pak se skutečně jedná o nehodu.“

„Jednou jedinkrát, ale to už je dávno, kolegové chemici z Břehovky²⁾ poslali na ozáření nějaké vzorky a neřekli nám, co v nich je. Myslím, že to tehdy byl uran. Po ozáření nám to splášilo všechny měřáky.“

Švihnu pohledem směrem k dvojitým oloveným dveřím vedoucím k mikrotronu a z legrace se ptám, jestli už někdy někoho skříply. K mému překvapení je mi odpovědí smích a souhlasné pokývání hlavou. „Jo, to se jednou stalo mně, to se musím přiznat. Dlouhá ozařování děláme v zájmu vědy přes noc, abychom hned ráno po aktivaci mohli měřit. A jednou jsem tady nachystal experiment a o půlnoci ho šel spustit. Zavíral jsem ty dveře a na poslední chvíli mě napadlo, že to ještě vevnitř trochu upra-

²⁾V Břehové ulici v Praze sídlí FJFI ČVUT

vím a vylepším a vběhl jsem tam. Ale jak jsem ty dveře měl nastavené v poloze zavřeno, tak se vlastní vahou – mají každé asi tunu a půl – začaly zavírat. Já si toho všimnul pozdě a ta škvíra už byla tak malá, že jsem se neprotáhl.“

„Naštěstí jsme v té době měli vevnitř klasickej starej telefon. Pama-toval jsem si z hlavy číslo na bývalého šéfa, tak jsem mu zavolał. V tom telefonu nebylo nic slyšet, protože elektronika uvnitř toho telefonu šla po 20 letech v radioaktivním pozadí do háje, šéf se ale dovtípil, že když o půlnoci volám z laborcky, tak je nějaký problém³⁾. Naštěstí bydlím kousek, takže zavolał mojí ženě a ta mě přišla zachránit.“ Ing. Chvátil opatrně naznačuje, že z půlnočního výletu do laboratoře měla jeho žena pramalou radost.

Cesta Ing. Chvátila k mikrotronu

Jméno Ing. Chvátila je s mikrotronem spojeno už přes dvě desítky let. Zajímá mě proto, jak se k práci u mikrotronu dostal. „Tehdy jsme byli v ročníku 4 a vybírali jsme si téma rešeršní práce⁴⁾. Na tabuli bylo 5 témat, já jsem přišel pozdě a vybrat jsem si mohl ze dvou. Vzhledem k tomu, že všude jinde byla spousta cizích slov, vybral jsem si téma, kde jich bylo nejmíň. Takže to vlastně byla náhoda.“

Studenti na mikrotronu

V současné době ale na mikrotronu pracují pouze postgraduální studenti. „Mám to tak radši. Postgraduální studenti jsou zároveň v zaměstnaneckém poměru s Ústavem jaderné fyziky, je to pro ně taková kombinovaná forma studia. Mají na to spoustu času, alespoň 5 let. Za nás se na jednom tématu dělalo 3 roky, dneska je na to ale jenom semestr a s tím já nemám moc dobrou zkušenost. Když člověk musí chodit do školy a objeví se tady jednou za týden, tak ten semestr uběhne jako nic a buď to za něj z části uděláme my, nebo se mu musíme opravdu intenzivně věnovat.“

„Minulý rok tu ale na semestr byla jedna zahraniční studentka, která se tomu věnovala naplno. Bylo to pět měsíců intenzivní práce, byla poctivá, věnovala se tomu i sedm dní v týdnu. Bez intenzivní práce ale

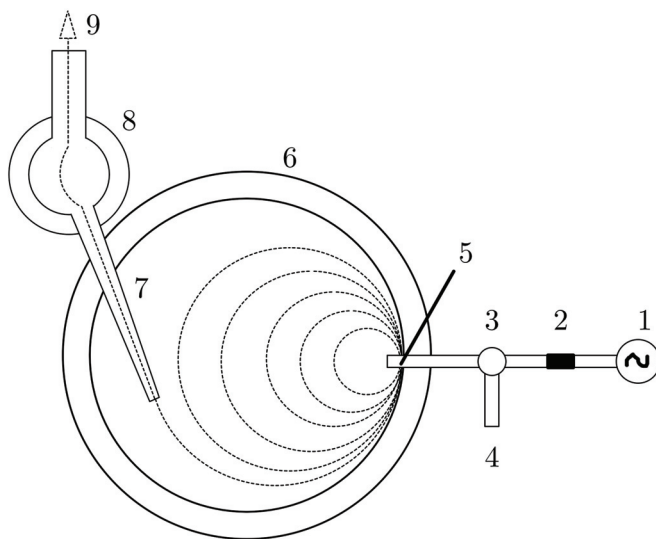
³⁾ Toto není doslova ten výraz, který zazněl.

⁴⁾ Bylo to v době, kdy studium nebylo rozděleno na bakalářské a magisterské. Ve 3. ročníku se psala obdoba bakalářské práce, ve 4. ročníku výzkumný úkol a v 5. ročníku diplomová práce.

za půl roku experiment naplánovat, několikrát zopakovat a ještě o tom napsat nejde.“

Tím Ing. Chvátil uzavírá své vyprávění. Naposledy se rozhlížíme po místnosti a na odchodu si ještě krátce prohlédneme rezonátory, které zajišťují samotné urychlení svazku. Ty je nutné po určité době provozu mikrotroonu vyměnit a vyjmuté rezonátory následně ručně vyčistit, což nám krásně demonstuje charakter a náplň činnosti na tomto pracovišti.

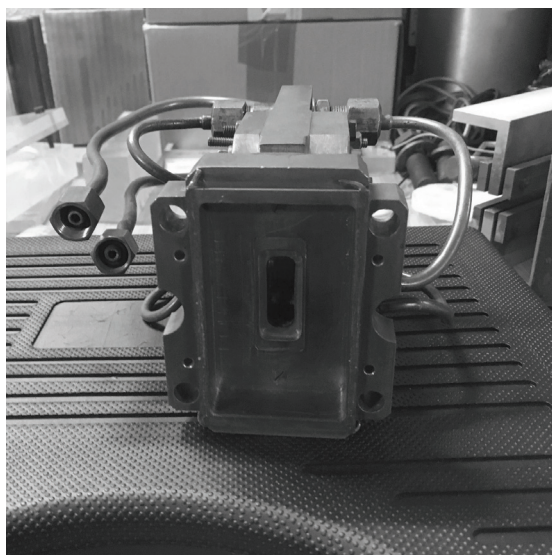
Jak mikrotroon funguje



Obr. 3: Schéma mikrotroonu: 1. . . Magnetron, 2. . . Phase shifter, 3. . . Cirkulátor, 4. . . Vodní zátěž, 5. . . Dutinový rezonátor, 6. . . Hlavní magnet, 7. . . Odklonění svazku – elektronovod, 8. . . Deflektor, 9. . . Elektronový svazek

Na počátku celého urychlovacího procesu je elektromagnetická (EM) vlna. Ta je generována v magnetronu (1) a je vlnovodem vyvedena do dutinového rezonátoru. Mezi urychlovací komorou a magnetronem je umístěn cirkulátor (3), který slouží jako ochrana magnetronu před odraženou EM vlnou. Celkem se z rezonátoru odráží asi $1/7$ výkonu. Cirkulátor odraženou EM vlnu přeměruje směrem do vodní zátěže (4), kde se výkon přemění na teplo.

V dutinovém rezonátoru (5) je umístěn malý krystal LaB_6 (obr. 5), který slouží jako zdroj elektronů. Krystal je nažhaven na vysokou teplotu, tím se uvolní valenční elektrony. EM vlna jim pak udá energii a elektrony krystal opouští. Poté jsou cyklicky urychlovány právě uvnitř rezonátoru. Energetický inkrement je po každém oběhu vždy stejný, dráhy elektronu jsou proto ekvidistantní.

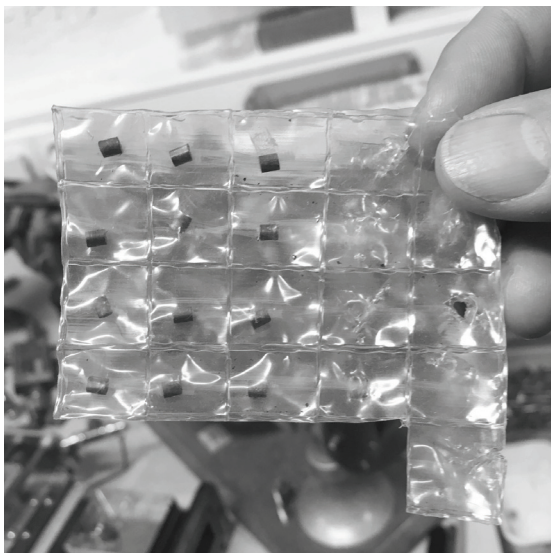


Obr. 4: Dutinový rezonátor

Uvnitř urychlovací dutiny je magnetické pole o velikosti přibližně 0,1 T (pro srovnání – magnetické pole na cyklotronu v Řeži, který urychluje těžší protony a deuterony, je více než 10krát větší).

Ve výzkumu jsou zapotřebí elektrony o různých energiích. Volba energie je prováděna pomocí extraktoru (7). Tento posuvný elektronovod je umístěn tečně vzhledem k dráze elektronů, magnetické pole je odstíněno a svazek je tak vyveden mimo urychlovací dutinu.

Máme k dispozici svazek urychlených elektronů, ale co s ním? Na mikrotroonu MT 25 existují rovnou tři možnosti. Elektrony můžeme použít samy o sobě, nebo je můžeme navést na konverzní terčik a získat tak zdroj neutronů, nebo brzděného záření – fotonů (v závislosti na tom, jaký druh konverzního terčíku použijeme).



Obr. 5: Hexaborid lanthanu (LaB_6) v krystalové formě, zdroj elektronů

To, že si v jednom laboratorním zařízení můžeme vybrat rovnou ze tří typů částic, rozhodně není samozřejmostí. Jak říká Ing. Chvátil, i kolegové z ciziny často využijí služby mikrotronu MT 25 právě kvůli tomu, že se na něm během jednoho odpoledne zvládne otestovat odezva např. detektoru na tři typy částic.

Díky potrubní poště, která je instalována mezi detektorem a ozařovacím polem mikrotronu, je možné provádět analýzu i prvků s velice krátkou dobou života – spodní hranice je na hranici jednotek sekund. Obsah radioaktivní látky se z praktického hlediska považuje za nulový po uplynutí 10 poločasů, pro krátkodobé prvky je proto tento mechanismus nenahraditelný – kdyby se takové vzorky měly přenášet ručně, nevydržely by ani otevření bezpečnostních dveří.

Na základě rozhovoru s Ing. Davidem Chvátilem připravila M. Kořistková, korektury provedli D. Bendová a V. Žák.