

9.4. HAVÁRIE: Dračí kousnutí (2.)

Muhammar



Een kopie van een originele pasfoto van Louis Slotin, die genomen werd toen hij in 1944 op Los Alamos gestationeerd werd. (Bron: Los Alamos National Laboratory)

Zdroje:

http://www.childrenofthemanhattanproject.org/FH/LA/Louis_Slotin_1.htm

<http://www.hshaarlem.nl/SD/slotin.htm> (dobře obrázky, text v holandštine)

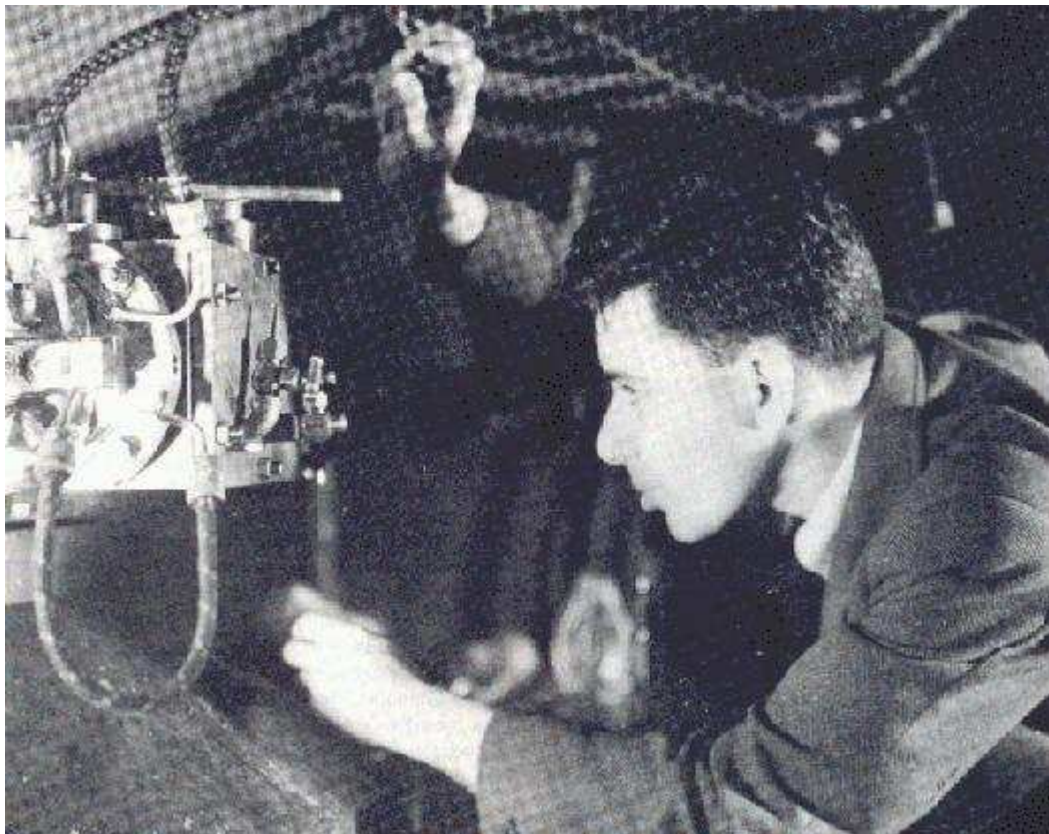
http://collections.ic.gc.ca/heirloom_series/volume6/252-255.htm

http://www.csirc.net/10_Library/00_Reports/13638/1a-13638.pdf (pozor: 2.8MB)

<http://atom.ecn.cz/atomvek.pdf> (pozor: několik MB, vydaly Zelene matky, cesky)

Preklad Muhammar, muhammar@hotmail.com

[Nejsem profesionalni prekladatel ani jaderny fyzik. Prosim omluvte koniny]



Louis P. Slotin (1910-1946) vystudoval chemii a fyziku na University of Manitoba v Kanade. Ziskal radu studijních ocenění a stipendium, které mu umožnilo pokračovat ve studiu biochemie na King's College v Londýně. Od r. 1937 byl asistentem na University of Chicago a venoval se práci s cyklotronem, která po příchodu Fermiho do Chicaga nakonec vedla k Slotinově účasti na Manhattan Projektu. Během války Slotin pracoval v Oak Ridge, kde se zabýval experimenty s prvním vykonným jaderným reaktorem, postaveným pro výrobu plutonia. Koncem roku 1944 přijel do Los Alamos a pracoval zde se stepným materiálem.

Slotin byl schopný experimentální fyzik: Vynikal velkou zručností a rozhodností - a jeho nebojácnost při práci s radiací byla proslulá. Na universitě v Chicagu před válkou Slotin se svými kolegy postavili cyklotron vlastníma rukama, včetně letování obvodu osciloskopu ze základních součástek, a dokonce pokládání kabelů a betonování základu v suterénu budovy. Na svém cyklotronu Slotin mimo jiné také vyráběl malá množství radioizotopu uhlíku a jeho spolupracovníci krmili tímto značeným uhlíkem pokusná zvířata - holuby. Pro radiobiologické pokusy se používala pouze játra pokusných zvířat. Slotinův cyklotronový projekt se potýkal s nedostatkem fondu na výzkum, asistentův stipendium bylo mírné a Slotin občas potřeboval finanční pomoc od svých rodičů. Jeho kolegové zřejmě také neměli moc peněz, ale Slotin byl jediný z celé skupiny, který ty radioaktivní holuby jedl. Občas to v práci nabízelo ostatním.

Slotin rád sokoval své kolegy. Při jednom experimentu na grafitovém reaktoru v Oak Ridge v bylo zapotřebí provést změnu uspořádání experimentu. Jenže celé experimentální zařízení bylo ponořeno v nádrži s vodou pod reaktorem; voda sloužila jako moderátor zpomalující neutrony - vyráběné v reaktoru a používané k ozáření materiálu. Prerušení experimentu mělo trvat nejméně celý víkend - naplánována byla odstávka reaktoru a vypumpování nádrže. V pondělí se Slotinův šéf ke své hrůze dozvěděl, že Slotin už ten experiment předělal - s reaktorem za chodu. Slotin se ponořil do nádrže a experiment bleskově upravil pod hladinou - zpocítil si totiž, že nejvíce radiace z reaktoru pochází z gama záření a dostatečně tlustá vrstva vody gama odstíní. A když se trochu sníží výkon reaktoru, výsledný neutronový tok v ozáření nádrži pod reaktorem nebude až tak silný, takže tam bude možné pod hladinou "chvilku vydržet".

V Los Alamos se Slotin stal jedním z nejdůležitějších lidí v "Critical Assembly Group", skupině, která se zabývala experimentálním zkoumáním uspořádání stepného materiálu uvnitř jaderné bomby. Pokusy byly velmi nebezpečné: Experimenty se stepným materiálem se často umylně přivedly až na samotný okraj rozjezdu lavinovité reťezové reakce. Těmto experimentům se říkalo "lehtání draka pod ocasem", protože tam nebyla žádná tolerance vůči omylu. Budovu Omega, kde se tyto práce prováděly, postavili daleko od Los Alamos, uvnitř kanyonu a oddělenou od města několika kanyony a nahorními plosinami.

Jedním z experimentů v budově Omega bylo zpouštění kusu U235 (v podobě hydridu uranu) skrz větší, subkritický kus z těžšího materiálu. Dosáhlo se tak krátkodobého překročení kritického množství - a měřila se radiace vzniklá stepněm. Jste nebezpečnějším experimentem bylo studium odrazu neutronu od materiálu obklopujících plutonium v těsně podkritickém stavu. Odraz neutronu snižuje množství stepného materiálu potřebné k reťezové reakci a k dosazení superkritického stavu může dojít nenadale.

"Lehtání draka pod ocasem" byl druh práce, který Slotin bavil. V Los Alamos si Slotin vysloužil pověst bravurního experimentátora, od něhož se ostatní chodili učit techniku zacházení se stepným

materiálem. Experimenty v budove Omega se delaly bez dálkoveho ovládání - za války nebylo v Los Alamos dost času na bezpečnost a dálkové manipulátory byly tehdy naprostou novinkou. Slotin navíc trval na tom, že manuálně dělá experimenty jsou mnohem snadněji ovládatelné a tudíž představují menší riziko. Slotin vlastnoručně provedl stovky kritických experimentů, sestavil vnitřek první atomové bomby Trinity odpálené v Alamogordo v Novém Mexiku a podílel se na stavbě součástí vnitřku bomby svržené na Nagasaki.

OBR: Slotin montuje první atomovou bombu Trinity

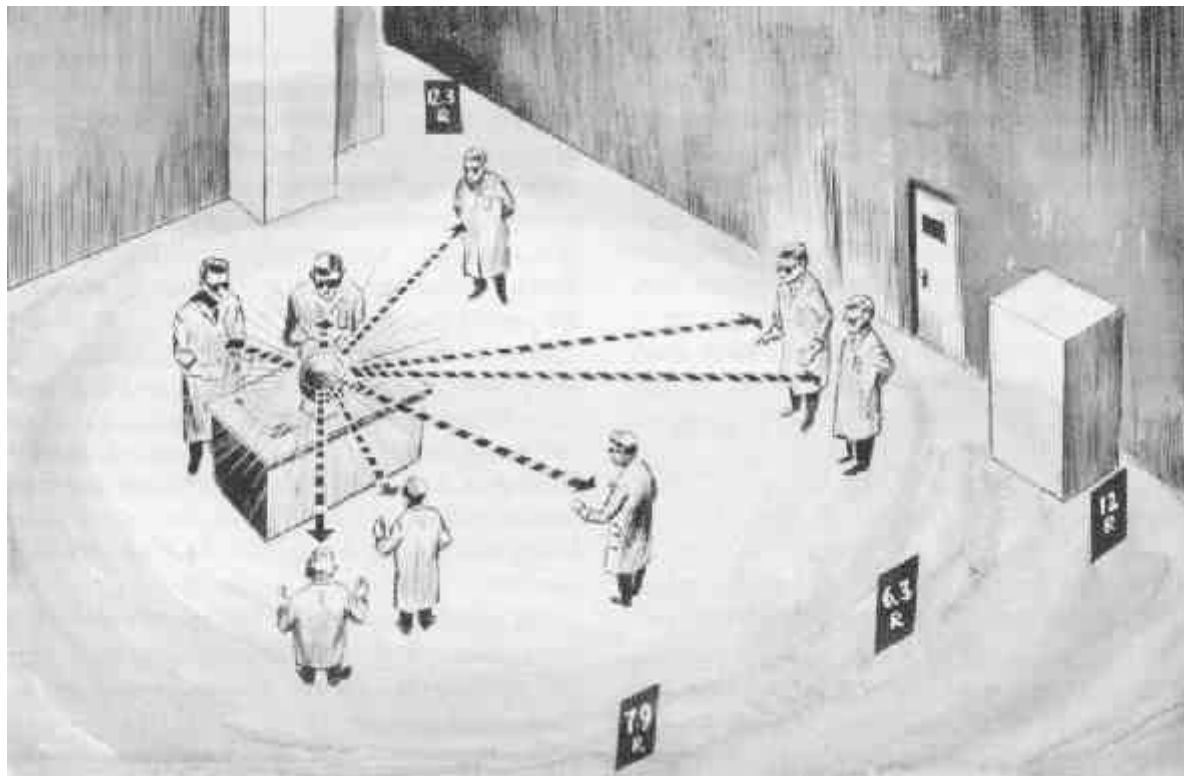


Slotin si zakládal na své reputaci nejsikovnějšího člověka, který umí dávat bombu dohromady. Suvenýrem, na něj byl dost hrdý, byla podepsána stvrženka z Trinity - na předání první atomové bomby, jejíž vnitřek vlastnoručně smontoval. Na jare 1946 se Slotin zúčastnil nukleárních testů "Operation Crossroads" na atolu Bikini a těšil se na ně. Ale vrátil se unavený a znechucený, s rozhodnutím odejít z práce na bombe - tak jako to ve stejné době učinila většina fyziků. Navíc Slotin pocházel z ortodoxní židovské rodiny a jeho rodiče se vydesili, když zjistili, na čem jejich syn pracuje. (Ale byli na něj vždy velmi hrdí: Luis, jejich nejstarší syn, z rodiny emigrantů, byl učenec). Do Los Alamos se Slotin vrátil jen na pár krátkou dobu - aby sepsal závěrečné zprávy a začal své následovníky.

První vážná nehoda v budově Omega způsobila smrt studenta Harry K. Daghliana. Daghlian 21. srpna 1945 vyvolal rozjezd tepné reakce v kouli plutonia nacházející se v těsně podkritickém stavu, když ji obklopil materiálem odrazejícím neutrony. Daghlian zemřel hrozným způsobem 24 dní později. Slotin svému příteli dělal společnost v nemocnici a viděl následky neodvratného postupu nemoci z ozáření (O této nehodě pojednává předchozí díl, [Draci kousnutí \(1\)](http://pes.internet.cz/veda/clanky/29182_0_0_0.html)): http://pes.internet.cz/veda/clanky/29182_0_0_0.html)

Po Daghlianově smrti Enrico Fermi varoval Slotina: "Pokud si budeš takhle zahrávat, do roka bude po tobě!"

Havarie



Utery 21. kvetna - po konferenci, která se konala v blízkosti budovy Omega - Luis Slotin vzal ostatní sefy z Los Alamos na exkursi laboratorí. Navštívenci si prohlídli laboratoré a zase odesli, jen Alan Graves – nástupce, který měl po Slotinovi převzít jeho skupinu - řekl, že ještě nikdy neviděl kritický experiment. "To je jednoduché, to ti klidně předvedu", řekl Slotin. S. A. Kline, student fyziky, se chtěl také podívat. Ve stejné době ve speciální tlusostenne, stíněné laboratorí v budově Omega, pracovalo dalších pět fyziků. Všichni se zájmem pozorovali, jak se Slotin chystá předvést typický pokus "Lehtání draka pod ocasem". V experimentu jde o to demonstrovat, že odraz neutronu zvyšuje kritičnost systému. Stepný materiál se postupně přikrývá materiálem, který slouží jako reflektor – v tomto případě beryllium – až do okamžiku, kdy dojde k náhlému vzrůstu radiace, která označuje blízkost kritického stavu. System se přivede až na samotnou hranici rozjezdu lavinovité stepné reakce, ale nenechá se překročit kritickou mez.

Experimentální uspořádání bylo jednoduché: Malá koule z plutonia o hmotnosti 6.2kg byla z pulky zapuštěna v podstavci z berylia. Vzhledem k vysoké hustotě plutonia je takové množství stepného materiálu v kompaktním stavu velké asi jako tenisový míček. Za současně ozarování slabým zdrojem neutronů se na odkrytý horní pulku plutoniového míčku zvolna zpouští poklop z berylia - ve tvaru duté polokoule. Množství plutonia a tloušťka berylia byly zvoleny tak, aby došlo k překročení kritického stavu v okamžiku, kdyby poklop téměř došel na plutoniovou kouli zapuštěnou v beryliovém podstavci – tomu se zabránilo ponecháním volné šterbiny mezi beryliovým podstavcem a poklopem. Velikost šterbiny určovala vzdálenost systému od kritického stavu. Na experiment byla použita stejné koule plutonia, s níž měl nehodu Daghlian.

[Fotografie znazornujici rekonstrukci experimentu pred havarii je zde,



Slotin tento experiment mohl provadet bezpecneji, pokud by poklop upevnil ve stojanu a podstavec s plutoniem by opatrne priblizoval zvedakem. Slotin vsak preferoval jednodussi reseni – podstavec stal na stole, Slotin drzel poklop v ruce – palec zasunuty v otvoru v horni casti poklopu - opiral beryliovy poklop hranou o podstavec a opatrne ze strany priklopel: Jedna strana poklopu se svou hranou dotykala podstavce a druha byla volna a smerovala mimo vzhuru. O nebezpecnosti takoveho postupu se vedelo – proto byly vyvinuty jednoduche staveci zarazky s nastavitelnou tloustkou, ktere se davaly mezi podstavec a poklop a zabranovaly kompletnemu prilehnuti poklopu. Slotin vsak daval prednost "rucnimu" reseni: zarazky odstranil a ve sterbine mezi poklopem a podstavcem drzel zastrceny konec sroubovaku.

Alvin Graves se zaujetim pozoroval, jak Slotin opatrnym pootacenim ploche hrany vsunuteho roubovaku zvolna zmensuje sterbinu mezi nyní priklopenym poklopem a podstavcem - kazda zmena pozice se projevila odpovidajicim zesilenim intenzity tikani Geigeru (detektor radiace). Alvin Graves se jeste naklonil bliz, aby na to lepe videl. Slotin tento experiment v minulosti jiz provedl mnohokrat a byl si s sebou jisty. Pomalym otacenim sroubovaku menil velikost sterbiny, poslouchal tikani Geigeru a zaroven podaval vyklad sedmi lidem ve svem okoli – mnohem vetsi publikum, nez obvykle mival pri experimentech. Beryliovy poklop se mu nahle smeknul z hrany sroubovaku a zaklapnul se - a

plutonium bylo kompletne obklopeno reflektorem. Vzplalo oslne modrobile svetlo a vlna horkeho vzduchu se prevalila mistnosti. Slotin, ktory stal najbliz, ve stejnu chvíli ucitil pachut na jazyku a bolest v ruce drzici beryliovy poklop.

Slotin mel pravou ruku na experimentu a zareagoval okamzite – vrhnul se smerem k podstavci, odtrhnul horni cast reflektoru a odhodil ho na podlahu; svetlo zhaslo. Bylo 3:20 odpoledne. Slotin jen tise poznamenal: "That does it" - "A je to."



Fotografie po nehode: Beryliovy podstavec s castecne zapustenou kouli z plutonia je na stole uprostred zaberu, odhozeny poklop je na podlaze na dolnim okraji snimku uprostred, vedle hromady cihel z karbidu.

Cerveny graf zapisovany rucickou pristroje, ktory meril hladinu neutronu, byl na maximu – mimo okraj papiru - a Geigery dal zlovestne tikaly: prudky puls neuronu indukoval radioaktivitu v kovovych predmetech v mistnosti. Ucastnici nehody uhaneli k vychodu z budovy. Privolali strazneho aby jim odemknul branu. Zaznel evakuacni signal a ucastnici experimentu i ostatni lide z budovy se rozprchli ven na silnici a za hlineny val, nekteri vybehli na nedaleky kopec s vrcholem asi 1000 stop nad urovni terenu. Slotin neutikal - nejprve se venku potykal se zachvatem zvraceni, pak vysel z budovy aby oznamil kolegum, ze se muzou vratit - radiace klesa na prijatelnou hodnotu. Tise se vydali zpet k budove. Jedina vec, o ktore se bavili, byla - kdo toho schytil nejvic, a kolik. V laboratorii provedli rekonstrukci a nakreslili planek, aby bylo mozne urcit miru ozareni. Plutoniova koule prezila nehodu bez poskozeni.

Luis Slotin obdrzel zhruba 2100 rem - mnohem vic nez je smrtelna davka ozareni. Alvin Graves, ktory stal pobliz, dostal 360 rem, temer smrtelnou davku. Expozice ostatnich lidi byla 250, 160, 110, 47 a 37 rem. Cestou do nemocnice Slotin rekl Gravesovi: "Promin, ze jsem te dostal do takoveho prusvihu. Moje sance je mensi nez padesat procent; doufam, ze ty jsi na tom lip."

Tak jako v případě Daghliana, analýza izotopového složení kovových předmětů (hodinky, mince, klíče) oběti umožnila vypočítat dávku ozáření. "To přece není možné, pocíťte to znovu!", rozčilene volal šéf na W. Langhama, zabývajícího se analýzou nehody, když se dozvěděl, že mu vyšlo přes dva tisíce rem. Slotin ale výsledkem nebyl překvapen. Poznamenal, že se mu na jazyku dělá bolák – v okolí zlatého zubu. A že jestli je i naindukována radioaktivita zlata v zubech takhle silná, tok neutronů při nehodě musel být hodně vysoký.

Zatímco sestra držela sluchátko, Luis telefonoval z nemocnice rodičům: Rekl jim, že měl nehodu a že asi bude nějakou dobu v nemocnici. A protože nemůže zajet na návštěvu domů, jak slíbil, nechtěli by třeba přijet za ním? Jeho rodiče přiletěli z Kanady letadlem, které pro ně poslal generál Groves, šéf jaderného projektu. Měli možnost se svým synem ním vidět dřív, než se projeví nejhorsí následky nemoci z ozáření.

Luis Slotin zemřel devět dní po nehodě - podobným způsobem jako Daghlian, ale rychleji; jeho dávka ozáření byla čtyřikrát vyšší. Měl nejlepší dostupnou péči, přihlásilo se mnoho darců krve pro transfuze. Slotin utrpěl typické příznaky těžké nemoci z ozáření. Prudce bolestivý otok rukou spojený s rozsáhlými puchýři následovala snět. Kůže na ostatních částech těla byla zrudlá a citlivá. Po přechodném zlepšení – překonání záchvatu nevolnosti – se dostavil průjem, těžké poškození ledvin, paralýza žaludku a střev a nakonec poruchy všech ostatních životních funkcí. Jeho krevní obraz byl natolik špatný (postupující leuko+trombocytopenie), že sestra odebírající krevní vzorky se jen s obtížemi dokázala ovládnout, když se jí Slotin vyptával na výsledky rozborů. Sedmý den po nehodě se dostavilo blouznění a potom koma.

Luis Slotin zemřel v bezvědomí, s rodiči u lůžka. Byl to stejný nemocniční pokoj, v němž o osm měsíců dříve zemřel Harry Daghlian. Rodiče souhlasili s provedením pitvy, přestože to odporovalo jejich náboženské tradici - Slotinův otec konstatoval: "Ať mě příbuzní budou kritizovat, ale Luis byl vědec celý svůj život a teď, když mu to neublíží, nebudu bránit aby přispěl k vědě."

Alvin Graves a Samuel Allan Kline přezili dávky radiace, které se v té době považovaly za smrtelné - ale dlouho se potýkali s těžkými následky ozáření. Graves zemřel v r.1965 na infarkt. Kline žil až do r. 2001. (Kline se po rekonvalescenci nevrátil ke studiu fyziky. Přesel na práva a stal se z něj úspěšný patentový právník).

Tri z pěti dalších osob však zemřely během let na leukemii.

Po této nehodě byly zastaveny všechny kritické experimenty až do doby, než byly instalovány dálkové ovládané manipulatory. Vedení Los Alamos vydalo prohlášení, které Slotinovi přečetli v nemocnici: "Rychlý zásah Dr. Slotina, při němž nasadil svůj život, zabránil vzniku situace, jejímž následkem by byla smrt jeho sedmi kolegů a poškození zdraví mnoha dalších lidí v okolí."

Snad na to myslel, než přišla tma.