

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

K. Simonyi

O možnosti využití atomové energie bez řetězové reakce

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 1 (1956), No. 5-6, 592--594

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137340>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1956

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



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

K. SIMONYI

## O MOŽNOSTI VYUŽITÍ ATOMOVÉ ENERGIE BEZ ŘETĚZOVÉ REAKCE<sup>1)</sup>

(Ústřední ústav pro fyzikální výzkum Maďarské akademie věd)

*V poslední době se objevují v tisku zprávy o staobě mohutných urychlovačů nabírajících částic. Největší z těchto mohutných zařízení staví SSSR a USA. V Sovětském svazu bude v nejbližší době zahájen provoz na dosud největším urychlovači světa, na Vekslerově synchrotronu na 10 GeV<sup>2)</sup> v Moskvě. Usa mají největší urychlovač v berkeleyšském bevatronu na 6,3 GeV, který je již nějakou dobu v provozu.*

*Výzkumy na těchto přístrojích nemají jen význam theoretický; lze odůvodněně očekávat, že povedou, i když snad zatím v dlouhodobé perspektivě, k lepšímu praktickému využití nukleární energie. V dalším otěštěná krátká stať významného maďarského odborníka v nukleární fyzice. K. Simonyiho je zajímavým příspěvkem v tomto směru. Redakce.*

Atomové energie lze dnes makroskopicky využít dvojím způsobem: řetězovou reakcí, založenou na štěpení jádra a splýváním jader při vysokých teplotách. Tento druhý způsob je zatím nekontrolovatelný, neboť se projevuje jen jako výbuch. O jeho využití nebylo, pokud víme, publikováno nic kromě několika skromných náznaků v denním tisku. Ani o směru eventuálních bádání — o nějakém řešení ve spojení s atomovým reaktorem nemluvě — není žádných zpráv, ač jde o jev pro výrobu energie velmi důležitý a ač se touto otázkou zabývá bezpochyby mnoho vědců [1]. Ukážeme dále některé možnosti, které se zde nabízejí a které snad přispějí k bádání v tomto směru.

Obvykle se zdůrazňuje, že pomocí urychlovacích zařízení nelze získat energii, již by bylo možno využít. Lawrance však poukazuje v jednom tiskovém prohlášení na to, že urychlovače by mohly mít význam pro výrobu energie. Podívejme se na věc blíže.

$N_0$  částicím (viz obraz) se má urychlovacím zařízením udělit za jednotku času energie  $N_0 W_0$  s účinností  $\eta_n$ . Každá z těchto částic má vyvolat s pravděpodobností  $v$  řetězovou reakci, při níž se uvolní energie  $W_r$ . Teplo, které takto vznikne, se má s tepelnou účinností  $\eta_t$  přeměnit zpět v energii elektrickou. Předpoklad, že tento cyklus reprodukuje spotřebovanou energii a kromě toho dodá energii navíc, má tvar

tedy

$$\eta_n \eta_t (N_0 W_0 + v N_0 W_r) = N_0 W_0,$$

$$v \frac{W_r}{W_0} \geq \frac{1}{\eta_n \eta_t} - 1. \quad (1)$$

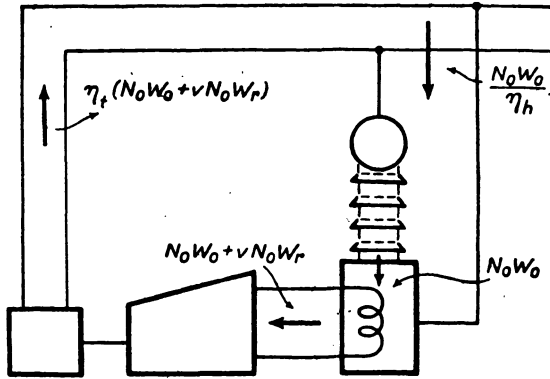
Když nyní uvážíme, že pravděpodobnost reakce je velmi malá, cca  $10^{-6}$  —  $10^{-9}$ , že  $W_r : W_0$  má hodnotu řádově 10, dále že výkon odebraný ze sítě je obecně několik kW, zatím co výkon na terči činí nejvýše několik W, dostaneme na levé straně hodnotu řádově  $10^8$ . K výrobě energie se tedy nedostává faktor  $10^8$  resp.  $10^{11}$ . Říká se proto, že

<sup>1)</sup> K. Simonyi, *Ueber die Möglichkeit der Nutzbarmachung der Atomenergie ohne Kettenreaktion*, Acta Physica Academiae Scientiarum Hungariae, sv. VI, č. 1, 1956, str. 157—160.

<sup>2)</sup> 1 GeV = 1000 MeV =  $10^9$  eV; místo znaku GeV se používá také znaku BeV. Pozn. překl.

urychlovací zařízení není vhodné k výrobě energie. Vyšetřeme, jak by bylo možno korigovat uvedené faktory.

Příčiny, proč má  $\eta_n$  tak malou hodnotu, jsou jednak v slabém proudu na terči, jednak v poměrně velké složitosti urychlovacího zařízení, které vyžaduje mnoho pomocných aparatur — čerpadel, iontových zdrojů a pod. Zároveň je však možno účinnost  $\eta_n$  při vysokých napětích, zejména při velkých proudech, přiblížit technickým zdokonalením



Obr. 1

pomocných aparatur dobré účinnosti obyčejných elektrických strojů. Poněvadž nám jde jen o řádové hodnoty, a vzhledem k tomu, že možnost dosáhnout velkých výkonů na terči byla Lawrencem prokázána, budeme v dalším předpokládat  $\eta_n = 1$ .

Malá hodnota  $v$  je dána malým účinným průřezem reakce. Podle údajů, které jsou dnes k dispozici, se zdá, že levá strana ve vztahu (1) nabývá největší hodnoty při reakci  $T^3(d, n)He^4$  [2]. Z doletu deuteria v plynném tritium, po případě z účinného průřezu reakce s primárními částicemi o energii 0,2 MeV plyne

$$v \sim 10^{-4} - 10^{-5}.$$

Hodnota  $W_r$ :  $W_0$  je přitom okrouhle asi  $10^{-2} - 10^{-3}$ . To znamená již jen 2 až 3 řády, proti dřívějším 8 až 10 řádům.

V každém případě lze konstatovat, že tepelný výkon terče vzroste v důsledku nukleární reakce téměř o 10%, tedy o hodnotu makroskopicky prokazatelnou.

Poněvadž specifické ionisace při malých energiích silně přibývá, proběhne částice poměrně krátkou dráhu a je tudíž malá pravděpodobnost, že při nízkých energiích vyvolá reakci. Reprodukcii vynaložené energie plus vyšší procentuální energetický zisk lze proto očekávat u reakcí, jejichž účinný průřez roste při vysokých energiích.

Ponechme stranou energetické ztráty způsobené pružným rozptylem iontů na atomových jádrech. Pak je jediná energetická ztráta: vzájemné působení s elektrony atomů terče. Tato energetická ztráta určuje dolet. Kdyby bylo možno tento dolet libovolně zvětšovat při dané energii částice, mohla by každá ostřelující částice vyvolat nukleární reakci.

Máme k dispozici prostředky k takovému účinnému zvětšení doletu?

Abychom mohli tuto otázku zodpovědět, vyšetřme nejprve jistou jinou metodu pro přenos energie.

Dodejme částicím impulsové velké energie tím, že vybijeme kondensátor směsí deuteria a tritia. Z energetické bilance lze podle [4] vyvodit závěr, že takto chybí řádově

jen málo, aby se dosáhlo rovnovážné teploty reakce ( $T - D$  v) pozemských měřících, zejména, vezmeme-li ještě v úvahu, že Boltzmannův-Stefanův zákon tu může vést dokonce řádově k nesprávným hodnotám. Počet vzniklých částic s maximální energií může být právě nukleární reakcí experimentálně snadno kontrolován.

Podobných, velmi silných klasických koncentrací energie lze dosáhnout na př. pomocí fokusovaných detonačních vln [3].

I když tyto metody nevedou přímo k nějakému významnějšímu přebytku energie, lze jimi dosáhnout takové ionisace plynného terče, že dolet urychlované částice v něm silně vzrůstá. Takto může eventuálně impulsové pracující urychlovač dodat plynnému terči, ionisovanému synchronisovanými impulsy, využitelný přebytek energie.

Každá metoda, která vede ke zvětšení doletu, podporuje přirozeně uvolňování dodatkové energie. K zvětšení průměrného doletu jednotlivé částice může snad vést také, je-li urychlovač napájen velkým proudem.

Praktické využití atomové energie kontrolovatelnou reakcí splývání jader je možná věcí daleké budoucnosti. Přesto může studium této otázky přinést užitek okamžitě tím, že povede k formulaci a řešení mnoha fyzikálních problémů, které jsou samy o sobě zajímavé.

Děkuji na tomto místě kolegům, kteří se zúčastnili debat o tomto problému, především pak G. Kálmánovi, jehož poznámky jsem využil.

#### Literatura

- [1] F. E. O'Meara, Phys. Rev., sv. 89, 982, 1953.
- [2] W. R. Arnold et alii, Phys. Rev., sv. 93, 483, 1954.
- [3] J. Thibaud et D. Perrier, Nuovo Cimento, sv. 8, 705, 1951.
- [4] H. Thirring, Nucleonics, sv. 13, 62, 1955.

*Přeložil dr. Josef Veselka.*

## SOUČASNÝ STAV THEORIE POLOVODIČŮ

*Tato stat je výtahem z referátu S. I. Pekara, který byl přednesen na Vsesvazové konferenci o polovodičích, konané v Leningradě v únoru 1955.<sup>1)</sup> Týká se především jevů fotoelektrických a optických v polovodičích. Výtah obsahuje pět částí: 1. Fenomenologická teorie — 2. Kinetická teorie — 3. Teorie tepelných přechodů — 4. Teorie fotopřechodů — 5. Methoda stacionárních stavů.*

### I

Fenomenologická teorie polovodičů vychází z rovnice elektrické vodivosti, Poissonovy rovnice, difuze, exponencionální závislosti koncentrace nosičů v závislosti na teplotě a na mnoha jiných parametrech. Všechny závěry, vyplývající z fenomenologické teorie, pokládají za výchozí stav stav rovnovážný. Na základě této teorie a závěrů z ní plynoucích byla vybudována teorie plošných usměrňovačů,  $p-n$  přechodů, povrchových stavů, teorie kontaktu kov-polovodič atd.

Tyto efekty se podařilo celkem snadno a jasně vyložit fenomenologickou teorií, avšak při dalších výzkumech a theoretických pracích se přišlo na některé nedostatky, které brání přesnému výkladu. Základním nedostatkem fenomenologické teorie je to, že zavádí velký počet vstupních parametrů, které nemohou být určeny cestou srovnání

<sup>1)</sup> S. I. Pekar, *Sostojanije nekotorych voprosov teorii poluprovodnikov i dielektrikov i puti dalnejšego razvitiija teorii*, ŽTF, sv. XXV, č. 12, 1955.