

Lehetséges-e az atommag energiájának gyakorlati felhasználása?

Közismert, hogy az atommagok energiája rendkívül nagy, de gyakorlati felhasználására még nem nyílt alkalom. Ez a hatalmas energiakészlet az érdeklődés középpontjában áll, mert ha felhasználása lehetséges volna, akkor az emberiség életkörülményei gyökeresen megváltoznának. Eddig csak utópista írók és filmrendezők képzelete foglalkozott az atomenergiát, atomrombolást felhasználó gépek szerkesztésével, a tudósok azonban, bár elvben mindig elismerték a gyakorlati lehetőségeket, a tényleges megvalósítást igen távollevőnek tartották. Annál érdekesebb, hogy most FLÜGGE S., az ismertnevű fizikus, a berlini Kaiser Wilhelm Institutból eredő olyan elgondolásokat és számításokat ismertet,¹ amelyek szerint elképzelhető, hogy az atomenergiát felhasználó gépek belátható időn belül megkezdhetik működésüket. Gondolatmenetét, tekintettel annak rendkívüli érdekességére, alábbiakban ismertetjük.

Ismeretes, hogy az atommagban végbemenő átalakulások nagy energiaváltozásokkal járnak. Ezeknek az a magyarázatuk, hogy sok atommagátalakulás alkalmával a keletkező atommagok, anyagi részek együttes tömege kisebb, mint a kísérlet előtti anyagi részek összes tömege. A tömegeltűnés energia távozásával jár együtt, mégpedig minden gramm eltűnését $9 \cdot 10^{12}$ méterkilogramm energia távozása kíséri (elektronvoltban kifejezve ez az energia $565 \cdot 10^{24}$ millió elektronvolt). Ezt a természeti jelenséget, a tömegváltozásnak energiaváltozással való együttjárását már néhány évtizeddel ezelőtt a relativitás elmélete tette valószínűvé, a modern atomfizikai kutatások azután mennyiségileg is pontosan igazolták ezt a törvényt, a tömeg és energia egyenértékűségének elvét. Ha atomátalakulás árán energia keletkezik ez mindig a tömegváltozásokat kíséri és atomátalakítással, atomrombolással munkát termelni annyit jelent, mint olyan atomfolyamatokat megindítani, melyek alkalmával az atommagoknak a kísérlet előtti és utáni energiataralma közti különbségét felhasználhatjuk. A gyakorlati megvalósítást az atomátalakulások csekély száma akadályozta, hiszen az atomrombolási kísérleteket aránylag kevés atommagon sikerül csak végrehajtani, tehát az energiatermelés is rendkívül kicsiny. 1 billió hidrogénatom tömegének teljes eltűnését is csak körülbelül 15 méterkilogramm energiatermelés kísérné. Igaz az, hogy 1 gramm hidrogénben $6 \cdot 10^{23}$ darab atom van és ha ennek teljes eltűntetése sikerülne, 9 billió méterkilogrammot kapnánk. A lényeges energiatermelés kulcsa tehát olyan atomátalakulás felfedezése, amely az anyag kézzel fogható mennyiségén hajtható végre.

A legtöbb atomátalakulás abból áll, hogy protonok, neutronok, deutonok, α -részek, elektronok, tehát általában kisebb részecskék lépnek be az atommagba, illetőleg hagyják el azt. Csak legújában fedeztek fel HAHN és STRASSMANN olyan átalakulást, amely teljesen megérdemli az atomrombolás nevét. Rájöttek arra, hogy az urán atommagja neutron hatására széteshetik két nagy darabra, például xenon és stroncium atommagokra stb. Minthogy az urán atomsúlya körülbelül 238, a xenoné 131, a stronciumé 88, valóban úgy látszik, hogy az atommag két nagy darabra esik szét (különböző izotópok jönnek létre). E mellett azonban több, legalább 2 neutron is található az atomszilánkok között. Egy uránatom ilyen szétrepedésekor az elmélet és a kísérlet szerint 180 millió elektronvolt, vagyis $3 \cdot 10^{12}$ méterkilogramm energia válik szabaddá. A felszabaduló energia úgy jelentkezik, hogy az

atomtörmelékek nagy sebességgel repülnek szét és ha egy közeg sűrűlőds következtében elnyeli ezeket, akkor meleg fejlődik.

Tehát a neutronokkal bombázott uránatom más atomokra és újabb neutronokra bomlik. Így megvan a lehetősége annak, hogy *ezek a neutronok újabb uránatomok szétbomlását okozzák*, amivel újabb neutronképződés jár és így tovább. Az egyetlen neutronnal megindított folyamat láncolatossan folytatódna tovább, mindig rohamosabban, amíg csak a közelben levő összes uránatom el nem fogyna. Ezáltal lehetségessé válna nagy mennyiségű urán átalakítása és sok energia termelése. Azonban a láncolatos folyamat lefolyása csak akkor lehetséges, ha több körülményre vagyunk figyelemmel. Annál inkább van biztosítva a láncolatos folyamat fennakadás nélküli lefolyása, minél több neutron termel egy-egy bomlás, minél többet fognak el ezek közül az uránatomok saját felbomlasztásuk céljából és minél kevesebb neutron vész el akár az anyagból való eltávozás, akár más atomokban való fennakadás következtében. Méteres méretű uránból vagy uránoxidból álló golyót, kockát kellene használni, mert ebből a nagy méret következtében aránylag csak kevés neutron tudna eltávozni a nélkül, hogy uránatomot fel ne robbantana. Mivel a lassú neutronok biztosabban nyelődnek el az urán atommagjaiban, esetleg vízzel elkevert uránoxid is használható, mert a víz hidrogénatomjai fékezik a neutronok sebességét. Öt-tíz százalék vízzel elkevert uránoxid jöhet számításba. Mindezeknek a tényezőknek a szerepét amennyire lehetséges számításokkal ellenőrizték és arra az eredményre jutottak, hogy egyetlen neutronnal 1 köbméter uránoxid atommagjainak szétbomlását sikerülhet megindítani.

A számítások a bomlási folyamat idejét is tisztázták. Az az eredmény adódott, hogy 1 köbméter tiszta uránoxid elbomlása 0,0001 másodperc alatt a vízzel elkevert uránoxidé pedig néhány másodperc elteltével menne végbe. Mindegyik esetben igen rövid idő alatt olyan sok hő fejlődne, hogy a folyamat végzetes robbanássá válna. Az egyetlen neutron által felrobbantott 1 köbméter, vagyis 4200 kilogramm uránoxidból szinte pillanatok alatt $27 \cdot 10^{15}$ méterkilogramm energia válna szabaddá. Ettől városok dőlnének romba. A gyakorlati alkalmazás előfeltétele, hogy az energiafejlődés sebessége szabályozható legyen. Ebből a célból az a terv merült fel, hogy az uránoxidot kadmiummal, illetőleg kadmiumoxiddal kellene keverni. Bizonyos sebességi határ alatt a kadmium minden neutron elnyel, a gyors neutronokat azonban hiánytalanul átengedi. Ennek következtében egyensúly jön létre, a hőmérséklet állandó marad akkor is, ha kívülről meleget vonunk el. Az egyensúlyi hőmérséklet nagysága. a kadmium mennyiségétől függ. Ha 1 köbméter uránoxidot 280 liter vízzel keverünk össze és 28 gramm kadmiumot adunk hozzá, 2300°-os hőmérséklet jön létre. 42 gramm kadmiummal 850°, 56 grammal 350°, 84 grammal 120° egyensúlyi hőmérsékletet kapunk. Kadmium nélkül (fékezetlen robbanásakor) 100 000° volna várható.

Felmerül az a gondolat, hogy miért nem robban fel a természetben meglevő urán, illetőleg uránérc, hiszen a folyamatot megindító egyetlen neutron biztosan jelen van a kozmikus sugárzás következtében vagy egyéb okból. A robbanás azért nem következik be, mert nincs elég sok urán elég töményen együtt, azonkívül más neutron elnyelő anyagok is vannak jelen és így a láncolatos reakció a számítások szerint nem fejlődhet ki. Az is lehetséges, hogy ritkán történnek is a természetben uránrobbanások és például vulkánikus folyamatok megindítói lehetnek.

Hogyan kellene tehát elképzelnünk egy atomrombolással dolgozó urángépet? Egy nagy villanytelepet hajtó gőzgép kazánjának belsejében képzeljünk el egy néhány köbméteres teret, amely körülveszi a túlhevített vízgőz fejlesztésére szolgáló csővezetékét és alkalmas kavarószerkezettel van ellátva. Ide töltenek be 4200 kilogramm uránoxidból, 280 liter vízből és 56 gramm kadmiumból álló keveréket. Az indítás alkalmával vékony csövön beejtenek az anyag közepébe néhány milliomod gramm rádiumból és pár gramm berilliumból álló készítményt, amelyből neutronok válnak szabaddá. A hőmérséklet azonnal 350°-ra emelkedik és változatlanul annyi marad, a kazán csövében pedig megindul a túlhevített vízgőz fejlődése

és ez az áramfejlesztőket hajtja. A jelzett mennyiségnél kisebb uránmennyiséggel nem működik az üzem, tehát kis teljesítmény esetében is ennyit kell használni, viszont kisebb energiatermeléskor ez az anyag megfelelően hosszabb ideig elegendő. Szigorúan tilos volna indításkor a teljes uránmennyiség keverése a kadmiummal, mert ennyi urán egybehalmozásakor az egész készlet felrobbanhatna még a keverés befejezése előtt. Kis részletekben kellene a keverést végrehajtani és csak azután kerülhetne sor az anyag egybehalmozására. Üzem közben naponta egyszer át kellene hajtani az anyagot egy csőrendszeren, amely eltávolítaná a fejlődött xenont és stronciumot, esetleg szükség szerint pótolhatnánk az elfogyott uránt. Ha Budapest áramfogyasztását (250 millió kilowattóra évente) kívánjuk fedezni ezzel az urángéppel, akkor napi 42 gramm uránoxid fogyna el, 20 gramm xenon keletkezne 15 gramm stronciummal együtt mint melléktermék. Az 1 köbméter, vagyis 4200 kilogramm uránoxid Budapest áramfogyasztását 300 évig láthatná el. Mindez eddig utópiának hangzott, de most esetleg valósággá válhatik.

¹ Naturwissenschaften, 1939. jún. 9-i szám, 402. oldal.

Különnyomat a Természettudományi Közöny 1939. évi szeptember hó 9. számából