

Kitekintés

KEDVEZŐ HÍREK A SZABÁLYOZOTT TERMONUKLEÁRIS FÚZIÓS KUTATÁSOK VILÁGÁBÓL

A Napban és a többi csillagban zajló energiatermelő folyamat földi megvalósítása beláthatatlan távlatokra ígér biztos energiaellátást, de létrehozása egyben óriási tudományos-műszaki kihívás is. Két, egymástól erősen eltérő úton közelítenek a kutatók az erőművi megoldás felé. Az egyiknél mágneses terekkel tartják össze a plazmát, a másiknál parányi üzemanyagcseppeket hevítenek fel, hogy végbemenjenek a mikrorobbanások.

Mágneses plazmaösszetartás

A százmillió fokra felhevített üzemanyagot, a hidrogén nehéz izotópjait (deutérium, trícium) erős mágneses térrel tartják össze. A ma legsikeresebb berendezéstípus a tokamak, ebben gyűrű (tórusz) alakú térrészbe zárják a plazmát. Az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb tokamakokat építettek, fokozatosan közelítettek az erőművi reaktor méreteihez. Az ötvenes évek elején kezdett fejlesztőmunka a nyolcvanas évekre már olyan költségessé vált, hogy folytatásához nemzetközi összefogásra volt szükség. Gorbacsov, Mitterrand és Reagan egyetértése biztosította a politikai hátteret. 1988-ban az Európai Közösség, Japán, a Szovjetunió és az USA megegyezett egy nagy közös kísérleti berendezés megépítéséről – ez az ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor – nemzetközi termonukleáris kísér-

leti reaktor). Az ITER mérnöki tervezése tíz évig folyt, 1998-ban már a helyszínről és a költségek megoldásáról kellett volna dönteni, de ekkor az amerikaiak kiléptek az együttműködésből.

Az Európai Unió, Japán és Oroszország megegyezésre jutottak: a három fél felépíti az ITER-t, de a korábban tervezettnél olcsóbb, tehát kisebb berendezést építenek. Az eredeti ITER az 1989. januári dollárértéken számolva 5,8 milliárdba, az új, kisebb változat 3,2 milliárdba, mai dollárértéken kb. 4,3 milliárdba kerül. Az alapcél változatlan, továbbra is a jövőendő erőmű prototípusának tekintik a kb. 2013-ra elkészülő berendezést, bár kevesebb fizikai és műszaki előtanulmányra nyújt lehetőséget.

A friss jóhírek tudománypolitikaiak. Január végén George W. Bush elnök bejelentette, hogy az Egyesült Államok újra csatlakozik az ITER-programhoz. Az elnök szerint „A fúzió ipari megvalósítása drámaian növelheti Amerika energiaellátási biztonságát, miközben jelentősen csökkenti a légszennyezést és az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását.” Spencer Abraham energiaügyi miniszter Princetonban, a plazmafizikai laboratóriumban jelentette ki: „Egy ma született gyerek életében az energiaigények a mainak a háromszorosára fognak nőni, a növekedés nagy része a fejlődő világban jelenik meg. Ha a fúziós energiatermelés beválik a gyakorlatban, akkor épp a megfelelő időpontban fog megjelenni és rendelkezésre állni a növekvő igények kielégítésére.” Az Európai Unió kutatási biztosa, Philippe Busquin az amerikai döntést kommentálva kiemelte, hogy az amerikai csatlakozás jelen-

tösen hozzájárul majd az ITER sikeréhez és a költségek megosztásához. Az Európai Unió az EURATOM keretprogramjában a 2003-2006 időszakban 750 millió eurót fordít fúziós kutatásokra, ez a legnagyobb tétel az EURATOM 1250 millió kutatási költségvetésében. Az amerikai csatlakozással egyidőben Kína és a Koreai Köztársaság is komoly tárgyalásokat folytat a csatlakozásról.

Ma a JET (Joint European Torus) berendezés a világ legnagyobb és legsikeresebb fúziós kísérleti eszköze. A JET is tórusz elrendezésű, erre utal nevében a T betű, a JE pedig az európai összefogásra. A JET megépítéséről még 1978-ban döntöttek az európai uniós országok atomenergetikai szervezetének, az EURATOM-nak a tagjai. Az óriási kísérleti berendezés 1983 óta üzemel, azóta többször modernizálták. 1991-ben itt értek el a világon először szabályozott fúziót. (1991. novemberben, kb. 1 másodpercig 2 megawatt teljesítményt szabadult fel. Ennek az eléréséhez viszont mintegy 14 megawatt teljesítményt kellett befektetni, tehát a folyamat nem volt energianyereséges. A kísérletben a hidrogén két nehéz izotópja, a deutérium és a trícium olvadt össze.) A JET üzemeltetését a britiek végzik, de a program nemzetközi, 2000 óta az EFDA, az európai fúziós fejlesztési egyezmény keretében alakítják ki.

2000-ben jött létre a Magyar-EURATOM Fúziós Társulás a KFKI Rézecske- és Magfizikai Kutatóintézet (RMKI) koordinálásával, a KFKI Atomenergia Kutatóintézet és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem részvételével. A JET-nél az RMKI munkatársai vezetik egy plazmadiagnosztikai módszer bevezetését és alkalmazását, az ITER tervezéséhez pedig modellszámításokat végeznek.

Fúzió mikrorobbantásokkal

Decemberben a kaliforniai Lawrence Livermore Nemzeti Laboratóriumban üzembe helyezték az épülő lézerefúziós rendszer első

négy nyalábját. Teljes kiépítésben 192 lézernyaláb gondoskodik majd a parányi, lefagyasztott deutérium-trícium üzemanyag-csepp felhevítéséről, összenyomásáról. Ez lesz a világ legnagyobb lézere. A D-T tartalmú kapszula külső héját a nagyteljesítményű lézernyalábok elpárologtatják, ennek ellentétaként a töltetben létrejön a fúzió megvalósulásához szükséges sűrűség. A most kipróbált négy lézernyaláb összesen 43 ezer joule energiájú infravörös lézerefényt bocsátott ki a másodperc 5 milliárdod része alatt. Ez a 8 terawattos teljesítmény tízszerese az USA teljes villamoserőművi teljesítményének.

Az egész rendszer futballpályányi területet foglal el, a kivitelezés 1997-ben kezdődött. Az építkezés jóváhagyásakor 1,2 milliárd dolláros építési és további 1 milliárd dolláros kutatási-fejlesztési költséget hagytak jóvá. (A költségeket korábban még alacsonyabbra becsülték, 1995-ben összesen „csak” 1,8 milliárd dollárral számoltak, tizenöt évi működtetési költséget is beleszámítva.)

A program jóváhagyásakor az ígéretes energiatermelési mód kidolgozása csak az egyik, talán nem is a legfontosabb szempont volt. A berendezés megépítését az atomfegyverek fejlesztésével foglalkozó szakemberek nélkülözhetetlennek tartották az amerikai nukleáris fegyverek megbízhatóságának fenntartásához. 2000-ben azonban veszályba került ennek a valaha volt legnagyobbak közé tartozó amerikai tudományos beruházásnak a jövője. A számvevőszék feltárta, hogy a költségek elérik a 4 milliárdot, és az eredetileg tervezett 2004-es indulással szemben 2008 előtt nem készülhet el a rendszer. Az új adatok fényében az alapkutatók már túl drágának tartották a programot. Az energiatermelés megvalósításán fáradozók pedig egyre kevésbé reménykednek abban, hogy ez a műszaki megoldás valaha is gazdaságos lehet. A katonai fejlesztők viszont változatlanul fontosnak tartották a rendszer megépítését, tehát az építkezés folytatódott.

A mikrorobbantásos kísérleteknél, a mágneses plazmaösszetartásos vizsgálatokhoz hasonlóan, az egyre nagyobb rendszerek építésével párhuzamosan fontos kísérleteket végeznek kisebb berendezéseken. A Sandia Nemzeti Laboratóriumban (Albuquerque, USA) gyors plazmakisüléssel 800 ezer fok hőmérsékletre fűtötték egy kis aranyüreg belsejét. A kisülés energiája üregben jó hatásokkal termikus röntgensugárzássá alakul át. Ezzel a röntgensugárzással a fúziós kapszulát eredeti méretének 14/21-ed részére tudták összenyomni. Ekkora kompressziót lézeres kísérletekkel még nem sikerült elérni. A következő kísérletsorozatban már a 2,5 millió fokos hőmérsékletet elérése a cél.

Mágneses plazmaösszetartás: <http://www.rmki.kfki.hu/~zoletnik> (összefoglaló; sok link)
Mikrorobbantások: <http://www.lnl.gov/nif/>

J. L.

SUGÁRZÁSOK KÍSÉRIK A VILLÁMOKAT

Új jelenséget fedeztek fel az atmoszférában: a villámlást röntgen- és más sugárzások kísérik. A villámlásból származó sugárzásokat már az 1920-as évek óta vizsgálják, de az eredmények nagyon ellentmondóak és bizonytalanok voltak. Néhány esetben észleltek ugyan sugárzásra utaló jeleket, de ezek származhattak a környezet egyéb forrásaiból is. A zivatarok, a villámlás kiszámíthatatlan fellépése miatt a kísérleteket nem lehetett megismételni. Szerencse kellett ahhoz, hogy a villám éppen a mérőberendezés közelében csapjon le. A nagyenergiájú gamma- vagy röntgensugarakat néhány száz méter távolságban lehet csak kimérni, a távolabbiakat már elnyeli az atmoszféra. A nagyenergiájú elektronok esetében jóval kisebb az észlelési távolság, a detektor csak néhány méter távolságban levő forrást képes érzékelni. Egyes helyeken gyakori a villámlás, például Floridában, de itt is

évek telhetnek el, míg újra az észlelőrendszer közelében csap le egy villám.

A Floridai Műegyetem kutatói megteremtették a megismételhető, ellenőrzött kísérletek feltételeit. Mérőrendszerüktől huszonöt méter távolságban egy maga után rézdrótot húzó rakétát lőttek fel, lényegében egy nagyon magas villámhárítót hozva létre – ebbe csapott bele a villám a tervezett helyen és időben. A rakétával kiváltott villámok mintegy ezerszer hosszabb utat futottak be, mint a laboratóriumban előidézhető legnagyobb kisülések. Szcintillációs detektoruk röntgensugárzást, gammasugarakat és nagyenergiájú (relativisztikus) elektronokat észlelt még a villám fényének felvillanása előtt. A sugárzások már akkor felléptek, amikor a lefelé haladó villám még el sem érte a talajt. A sugárzások maximum 160 mikroszekundummal a villám felfelé indulása előtt jelentkeztek, és a talajból a felhők felé induló erős áram megindulásakor vagy néhány mikroszekundummal utána szüntek meg. A kutatók 37 mesterséges villámról számolnak be közleményükben, 31 esetben észleltek a kísérő sugárzást. Véleményük szerint valószínűleg hasonló sugárzások kísérik a természetes, felhő-föld villámokat.

A kísérlet vezetője szerint egy közelünkben lecsapó villámtól körülbelül akkora röntgensugár-dózist kaphatunk, mint egy fogászati röntgenezésnél. Persze ha valóban a közelünkben csap le a villám, akkor nem ez lesz a fő gondunk.

A nagy nyomáson, nem homogén elektromos terekben fellépő átütéseket leíró modellek legtöbbje nem számol sugárzások felléptével. A folyamat fizikáját újra kell gondolni.

alapcikk: J. R. Dwyer et al, *Science*, **299**, 694. 31 January 2003 – róla: Philip E. Krider: Deciphering the Energetics of Lightning. *Science*. 31 January 2003. 669–670.

Nicola Jones: Lightning Strikes Release Powerful X-ray Bursts. *New Scientist*. 8 February 2003

J. L.

ÚJ AIDS-GYÓGYSZER

Egy új típusú AIDS elleni gyógyszer család első tagját engedélyezték az Egyesült Államokban. Néhány héten belül az Európai Unióban is megtörténik a törzskönyvezés. A gyógyszer az ún. fúziógátlók csoportjába tartozik: molekulája mint egy pöcök beékelődik a vírus és az általa megtámadandó fehérvsejt közé, megakadályozván, hogy a vírus bejusson a sejtbe, és ott szaporodni tudjon. Az így működő szerek azért tűnnek ígéretesnek, mert tulajdonképpen fizikailag gátolják meg ezt a folyamatot, így valószínűleg nem alakulhat ki ellenük rezisztencia.

A fúziógátlók első, hamarosan forgalomba kerülő képviselője, az ún. T20 peptid azoknak az AIDS-betegeknek nyújthat reményt, akiknek szervezetében a vírus már rezisztenciát mutat a ma rendelkezésre álló gyógyszerekre. A T 20 rendkívül drága: egy évi adaga kb. 20 ezer dollárba kerül, amiből egyértelműen következik, hogy legfeljebb a fejlett országokban fogják alkalmazni, és semmiféle esélyt nem adhat az afrikai vagy ázsiai betegek millióinak.

Várható a gyógyszer család újabb tagjainak kifejlesztése és megjelenése, most engedélyezett első képviselőjüknek ugyanis az immunrendszert blokkoló erős mellékhatása van. (Reuters 03.14.)

G. J.

ÚJ MŰSZER AZ EMLŐRÁK KORAI FELISMERÉSÉRE

Már a négy mm átmérőjű emlődaganat is felismerhető egy új diagnosztikai eljárással – írta a *New Scientist* február 20-án. Az ún. „DEBI” technika (Diffraction Enhanced Breast Imaging) segítségével nem egyszerűen röntgenfelvételt készítenek az emlőről. Az új műszer nemcsak azt a különbséget észleli, ami az egészséges és a tumoros sejtek között a

röntgensugár elnyelése szempontjából van, hanem azt is, hogy a daganatos sejteken megváltozik a röntgensugarak szóródása is. Ezért állítólag akár feleakkora tumort is észrevesz, mint a mai mammográfok. A műszert egyelőre operált emlőkből származó szöveteken tesztelték, és a londoni University College (UCL) munkatársa, Robert Speller szerint az eredmények nagyon biztatóak.

A módszer megbízhatóságát egyelőre tesztelik. Az emlőráknál a korai felismerés rendkívül fontos, hiszen csak az adhat reményt a gyógyulásra. Ugyanakkor ki kell zárni az álpozitivitás lehetőségeit, hiszen beláthatatlan következményei lehetnek, ha valaki tévedésből kerül be a daganatterápia útvesztőibe, esetleg felesleges műtéti és kemoterápiás beavatkozásokon megy keresztül.

G. J.

GÉNTERÁPIA – BUBORÉKOKKAL

Brit kutatók génterápiás eljárásokhoz olyan új módszert fejlesztettek ki, amelyről azt állítják: segítségével minden eddigi módszernél hatékonyabban lehet megoldani a beépítendő gének szállítását és sejtekbe történő bejuttatását. A brit Hammersmith Hospital, az Imperial College London és a Medical Research Council munkatársai eredményeikről a *Gene Therapy* című folyóirat február 24-i számában számoltak be. Az eljárás szerintük nem csupán hatékonyabb, hanem biztonságosabb is az eddig kipróbáltaknál.

A kutatások kezdetén az egy gén hibájából kialakuló betegségek génterápiás kezeléséhez fűzték a legnagyobb reményeket, hiszen azoknál a jó gén bevitele elvileg a betegség okának megszüntetését és ezzel a gyógyulást jelentené. Az elmúlt hónapokban azonban két olyan, immunhiányban szenvedő kisgyermek haláláról is beszámoltak a kutatók, akiknél a génterápiás kísérlet

végzetesnek bizonyult. Az új gén rossz helyre is beépült, rákkeltő gének működését indította el, és ezzel leukémiát okozott. Ez a génterápiás próbálkozások újragondolására kényszeríti a kutatókat, egyes országokban le is állították a hasonló klinikai vizsgálatokat.

A több génnel összefüggésbe hozható betegségeket, például a daganatos kórképeket illetően azonban sikeresebb próbálkozások is vannak. Ma már világszerte több ezer beteg vesz részt olyan klinikai kísérletekben, amelynek célja, hogy megakadályozzák a ráksejtek szaporodását vagy terjedését, illetve megtanítsák az immunrendszert a ráksejtek elpusztítására.

A brit kutatók módszere valószínűleg nem oldja meg a génterápia súlyos problémáit, hatékonyságát azonban az állatkísérletek szerint növeli. A gének beépítésére ún. mikrobuborékokat alkalmaztak. Ezeket az intravénásan a szervezetbe juttatott, kb. 3 mikron átmérőjű gázgömböcskéket a gyógyászatban a hatékonyság javítása érdekében kontrasztanyagként használják ultrahangos vizsgálatoknál. Kiderült azonban,

hogy amikor az ultrahang eléri a mikrobuborékokat, azok szétpukkadhatnak, és a környezetükben lévő sejteken kicsi lyukakat „vágnek”. Ez adta a kutatóknak az ötletet ahhoz, hogy ezeken a lyukakon keresztül géneket próbáljanak bejuttatni a sejtekbe.

Mikrobuborékokat kiválasztott DNS-szakaszokkal keverték össze, majd egerek vázizomzatába juttatták. Ezután ultrahanggal „kezelték” az adott területet, és azt tapasztalták, hogy az örökítőanyag a korábbi módszereknél jóval nagyobb hatékonysággal épült be az ott lévő sejtekbe. Elképzeléseik szerint az eljárás nemcsak a génbevitel eredményességét, hanem irányíthatóságát is növelné, hiszen az ultrahangkezelésnél pontosan lehet „célozni”.

Az ígéretesnek tűnő eljárással azonban eddig csak ún. jelző géneket építettek be az állatokba, olyan örökítőanyag-szakaszokat, amelynek útja és jelenléte könnyen nyomon követhető.

G. J.

Jéki László – Gimes Júlia

