

# HANS A. BETHE, A MAGFIZIKA ÉS A NUKLEÁRIS ASZTROFIZIKA EGYIK SZÜLŐATYJA

– Szubjektív megemlékezés

Németh Judit

ELTE TTK, Elméleti Fizikai Tanszék

Száz évvel ezelőtt született Németországban és tavaly halt meg Amerikában *H.A. Bethe* egy nagy fizikusnemzedék talán utolsó tagjaként. Édesapja élettanprofesszor volt, édesanyja zenész. Matematikai és természettudományos tehetsége korán jelentkezett, ötéves korában már törtszámokat tudott összeadni, olvasni négyéves korában kezdett el. Fizikusként tanult Frankfurtban, majd Münchenben. Itt *Sommerfeld* tanítványa volt, aki egyik legjobb diákjának tartotta. 1928-ban nála doktorált röntgensugarak szóródásából kristályon, *summa cum laude*.

A következő években Münchenben dolgozott, ahol akkoriban a világ egyik legjobb fizikai intézete működött. Mivel édesanyja zsidó volt, 1933-ban elvesztette ezt az állását. Két év angliai tartózkodás után az amerikai Cornell Egyetem (*Gibbs* volt ott a tanszékvezető) ajánlott fel neki állást, ahol először adjunktus, majd 1937-ben professzor lett. Élete végéig a Cornellben maradt, ahol hatására kiváló fizikai intézet alakult ki. Olyan fizikusok voltak a doktoranduszai, mint *Feynman*, *Dyson*, *Salpeter*. Hiába hívta *Sommerfeld* 1947-ben utódjának a müncheni katedrára, nem fogadta el azt, noha levelében elismerte, hogy szakmailag az ott töltött évek voltak számára a leghasznosabbak.

## A fizikus Bethe

Bethe a fizika sok területén dolgozott és végzett értékes munkát. Az egyetem elvégzése után *Sommerfeld* mellett Münchenben kapott állást. 1930-ban ösztöndíjjal fél évet *Fermi* mellett töltött, aki nagy hatással volt rá. Nála tanulta meg, hogy a fizika könnyű és élvezetes, a problémák megoldásának a lényegét egy papíron, logarléccel is el lehet végezni. Ez élete végéig nagy erőssége volt.

Ekkoriban írt két híres cikket a *Handbuch der Physik*-be: az egyiket *Sommerfeld*-del a fémek elektronelméletéről, a másikat egyedül az egy- és kételektronos atomokról.

Leghíresebb és legsokrétűbb munkásságát a magfizika terén fejtette ki. Eleinte a magreakciók elméletével foglalkozott. 1936–37-ben három nagy cikket írt a *Reviews of Modern Physics*-be a magreakciók elméletéről. Ezeket nevezték el „Bethe Bibliának”, és évtizedekig a tudományterület legkitűnőbb összefoglalói voltak.

A magreakciók elméletének alapos ismerete segítette őt talán leghíresebb munkájához. 1938-ban egy hallgatóval kiszámolták a  $p+p$  fúziós láncban felszabaduló energiát, de mivel a csillagok hőmérsékletéről nem volt jó az elképzelésük, a felszabaduló energiára rossz értéket kaptak. Amikor néhány hónap múlva egy konferencián Bethe pontosabb ismereteket szerzett a hőmérsékletekről, minden lehetséges energiatermelő reakciót végigszá-

molt, nemcsak a  $p-p$ , hanem a CNO-ciklusban is. Sikerült azt is meghatározni, hogy milyen gyakorisággal lesznek jelen a C, N és O elemek a csillagban (két hét alatt!). Azt is megállapította, hogy a kisebb csillagok a  $p-p$ , a nagyobbak a CNO-ciklus révén nyerik az energiájukat (ezt az utóbbit mintegy 20%-kal túlbecsülte a magasabb centrális hőmérséklet feltételezése miatt). Ezzel nagy vonalban megmutatta, miért ragyog a Nap. Ezért a munkájáért már publikálása előtt megkapta a New York-i Tudományos Akadémia díját. Amikor 1967-ben odaítélték neki a Nobel-díjat, gondolkodtak rajta, melyik munkájáért adják: végül a csillagok energiatermelését magyarázó eredményeiért kapta.

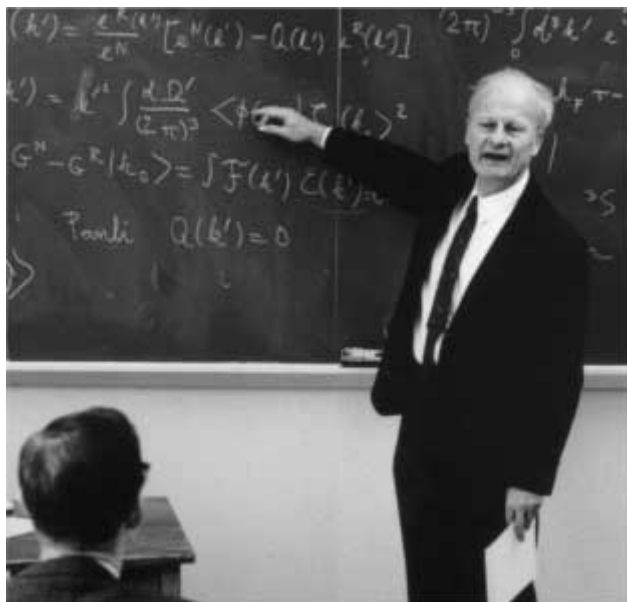
A magfizikához élete további részében sem maradt hűtlen. Az 1960-as években munkatársaival együtt a magfizikai soktestproblémán dolgozott, és ezen a területen is nagy sikereket ért el.

Jelentős munkája volt Bethének a hidrogénatom energiaszintjeinek pontos meghatározása. *Lamb* és munkatársainak mérésében a Dirac-elméleten alapuló értékektől eltérés adódott (*Lamb*-féle eltolódás). Az eltolódás jóval nagyobb volt a lehetséges mérési hibánál. Egy konferencián, ahol ez a kérdés felmerült, *Kramers*, egy holland fizikus egy egyszerű modellt vázolt fel, hogyan kellene a jó értéket renormalizáció segítségével kiszámítani, azonban senki nem tudta, hogyan kellene a számításokat elvégezni. Bethe viszont kiválóan tudott számolni. A konferenciáról hazamenet a vonaton elvégezte a számolást, és jó eredményt kapott. A számítások után egyre erősebb lett a meggyőződés, hogy a kvantum-elektrodinamika fizikailag jó, csak a számításoknál néhány matematikai trükköt kell alkalmazni. Bethe sikere részben annak volt köszönhető, hogy a kvantum-elektrodinamikában korábbi munkái révén nagyon jártas volt, részben 1934-beli *Heitler*-rel közösen végzett munkája révén.

Idős korában az asztrofizika, így a szupernóva-robbanás és a fekete lyukak iránt érdeklődött. A szupernóva-robbanásról 88 éves korában írt cikke a témának alapvető, minden területre kiterjedő összefoglalása, amelyben részletesen leírja saját eredményeit, és amelyet ma is kiindulásként használnak a témával foglalkozó kutatók.

## Bethe és az atombomba

Bethe és *Teller* 1940-ben, miután *Kármán*-nal tanácskoztak, írtak a lökéshullámokról egy cikket. Ez volt az első cikke, amely már a háborús felkészülés felé mutatott. Pearl Harbor után csatlakozott az MIT-ben folyó radar-programhoz, de még hónapokig nem volt hajlandó a születő atombombaprogramhoz csatlakozni. *Fermi* kísérletei változtatták meg a nézetét. 1943-ban, a Los Alamos-i



laboratórium megalakulása után *Oppenheimer*; a laboratórium vezetője meghívta az Elméleti Osztály vezetőjének. Itt mind a magfizikai, mint az asztrofizikai ismeretei nagy előnyére szolgáltak.

A háború után a hidrogénbomba-készítés tervének hosszú ideig ellenállt. Amikor azonban nem sikerült a tervet megakadályozni, amennyire tudott, részt vett az elkészítésében. Ezután azonban elszánt harcra lett a nukleáris fegyverkezés megszüntetésének egyrészt mint tudós, másrészt mint a Fehér Ház tudományos tanácsadója. Segített rábeszélni a Fehér Házat, hogy tiltsa be az atmoszférabeli nukleáris tesztek (1963) és az antibalisztikus rakétarendszereket (1972). Elszántan ellenezte a „csillagháború” gondolatát. Hiroshima ötvenedik évfordulója (1995) alkalmából levelet írt a világ tudományos közösségéhez. Ebben őszinte megkönnyebbülését fejezte ki, hogy a háború után nem használtak többet atomfegyvereket, és felszólított minden tudóst, hogy soha többé ne készítsenek további nukleáris fegyvereket, se olyan eszközöket, amelyek embertömegek elpusztítására alkalmazhatók.

## Bethe, az ember

Bethe elismerten a legegyszerűbb, legfelölöségteljebb, legbecsületesebb emberek egyike volt a fizikus társadalomban. Hihetetlen munkabírása, rendkívüli tudása és érdeklődése volt. Kilencven éves korában még rendszeresen bejárt az intézetbe és dolgozott. Általános műveltsége, más területeken való jártassága is nagyon nagy volt. Magyarországról például nem csak azt tudta, hogy ki volt Szent István, de azt is, ki volt Hunyadi János, Mátyás király, és miért volt 1848–49-ben forradalom és szabadságharc.

Rendkívül rendszeres és rendezett ember volt. A hatvanadik születésnapján tartott beszédében Feynman mesélt róla, hogy Los Alamos-ban egy szobában dolgozott Bethével. Karórája akkor még nem volt, de nem is volt rá

szüksége. Amikor Bethe híres fehér lapjaiból négyet teleírt, ideje volt kávézni menni; amikor nyolc kész volt, ebéddíő volt, amikor 14, haza lehetett menni. (Ezekről a fehér lapokról nekem is van emlékem: a magfizikáról írt jegyzeteiből egyszer kölcsön kaptam a 2472 és 2496 közötti oldalakat. Nekem a számozásban 50 fölé menni sohasem sikerült.)

Amellett, hogy barátságos és közvetlen ember volt, jó humora is volt, szeretett társaságba járni, és vidám beszélgetésekben részt venni. Önmagán is tudott gúnyolódni. A nyolcvanadik születésnapján rendezett szimpóziumon valaki idézte azt a történetet, hogy 1934-ben a kitűnő fizikus *Weisskopf*, aki hasonló munkát akart elvégezni, mint Bethe a megelőző évben, megkérdezte tőle, mennyi ideig fog tartani a számolás elvégzése. A válasz ez volt: „nekem három nap kellett hozzá, neked körülbelül három hét kell majd”. A hallgatóságban ülő Bethe megjegyezte: „Akkoriban nagyon beképzelt voltam. Ma is az vagyok, de ma már jobban leplezem.”

Élete vége felé sokszor idézte egy kollégája híres mondatát: ő, ha még egyszer 80 lehetnék! És tényleg: 80 éves korában még fizikailag is, szellemileg is teljes értékű volt, nyaranta Európa és Amerika különböző intézeteibe utazott nyári munkára, és az intenzív munka mellett naponta több órás kirándulásokat tett.

Kitűnő tanár és előadó volt: a legbonyolultabb témákról is egyszerűen és érthetően beszélt. A tanítványaival és közvetlen munkatársaival rendkívül kedves és barátságos, de szakmailag nagyon nagyigényű volt. Erről a Cornell Egyetemen már az első napon meggyőződhettem.

Én úgy kerültem hozzá munkatársnak, hogy addig soha nem találkoztam vele. Budapestről mintegy 20 óra repülőút után, halálos fáradtan érkeztem meg. Képzeltető a meglepetésem, amikor a repülőtéren odajött hozzám valaki, és bemutatkozott, hogy ő Hans Bethe, és értem jött ki a repülőhöz. Aztán beültetett a kocsiába – és bevitt az intézetbe egy szemináriumra. Fel sem merült, hogy talán le szeretnék feküdni. Egy fizikus, ha jó szeminárium van, azt hallgatja meg, még akkor is, ha elalszik közben.

Másnap délelőtt körbevitt az intézetben és bemutatott mindenkinek. Utána leültetett, és három órán át végigbeszélte velem, hogy mit kellene ottlétem alatt csinálnom. Két hét múlva aztán megkérdezte, mennyit végeztem el a megbeszéltekből.

A munka elsődlegessége mindennél fontosabb volt a számára. Egy évvel az odaérkezésem után meghívtak nyáron Seattle-be, ahol körülbelül 50, javarészt kiváló fizikussal egy egy hónapos nyári programot szerveztek. Az én telefonomat nem tudták, ezért Bethét hívták fel, hogy adja át a meghívást. Bethe ezt a következőképpen adta át: „Egy hónapra meghívták, fizetik az itteni fizetését, az útiköltségét és a szállodáját. Én megmondtam, hogy valószínűleg nem tud menni, mert munka van itt, de Magán múlik.” (Azért nem haragudott, amikor mégis elmentem.)

A munkatársai sorsát az együtt töltött idő után is figyelemmel kísérte. Feleségével együtt kétszer is eljött Magyarországra. Gondosan vigyázott, hogy az itt tartott előadásaiiban kiemelje az én munkámat. Azt hiszem, ez a nagydoktori cím megszerzésénél hasznomra volt.