

Dr. Gillemot László

HÁBORÚ VAGY BÉKE

Az emberiség egész történelme során kettős harcot vívott; az egyik harc a természet megismeréséért és a természet erőinek és kincseinek felhasználásáért folyt, a másikat családok, törzsek, érdekközösségek vagy nemzetek vívták egymás ellen. Míg az első harc az emberi tudomány soha el nem képzelt méretű fejlődését vonta maga után és a föld hatalmas területein viszonylagos jólétet teremtett, addig a másikkal harc emberleleteket, kulturális és anyagi javakat pusztított csupán. Szokás ugyan avval érvelni, hogy a tudomány és a technika haladását a háború mindig meggyorsította, ebben az érvelésben ugyan van igazság is, de erkölcsileg nem helytálló. Mind a kétfajta harc kétségtelenül nagy befolyást gyakorolt az emberiség történelmére. Hatásaiban azonban mind a kettő a történelem során rendkívül sokat változott.

A legutóbbi néhány száz évtől eltekintve, amikor megindult a természettudományok rohamos fejlődése, mind a kétfajta harc aránylag primitív eszközökkel folyt és sem a háború okozta pusztítások, sem pedig a tudomány által elért eredmények korántsem voltak olyan döntő hatásúak, mint amelyenek most a XX. században. A háború és béke kérdése évszázadokkal ezelőtt lehetett hűbéri csoportok, néptörzsek vagy nemzetek ügye, ma, a technika, a termelési eszközök és ezzel együtt a fegyverek fejlettsége mellett az egész emberiség egységes és közös ügye.

Az emberiségnek ezt a kettős fejlődését vizsgálva nem kívánom az egyes korokat a történészek szemszögéből tanulmányozni, és éppen ezért nem középkorról vagy újkorról beszélek a továbbiakban, hanem az emberiség fejlődését technikai szempontból vizsgálva, három korszakról: az energia nélküli korszakról, a kémiai energiák koráról és az atomenergia korszakáról. A termelésnek, és ezen keresztül az emberiség jólétének mindenkor három alapja volt: az emberi munka, a nyersanyag és az energia.

Vizsgáljuk meg ezeket a békés termelés és a háborús lehetőségek szempontjából.

Az emberiség energia nélküli korszakában minden munkát, beleértve a legnehezebb testi munkát is csak emberi, vagy legfeljebb állati erővel lehetett végezni. Gépek a szó mai értelmében nem álltak rendelkezésre, csupán olyan egyszerű szerszámok és eszközök, amelyek az ember számára a munka végzését megkönnyítették. Ezek az egyszerű gépek csupán a mechanikai áttételek különböző fajtái voltak, a munkát az ember végezte, legfeljebb néhány kivételes célra használtak állati vagy vízi energiát. Éppen a gépek primitívsége miatt még a természetben nagymennyiségben rendelkezésre álló vízi energiának a hasznosítása is csak kivételes jelenségnek volt számítható. Ebben a korban, amely gyakorlatilag a XIII. század végéig tartott, a fogyasztási cikkek termelése csak olyan

mértékű volt, amennyit az emberi munkaerővel tisztán kézműves módszerekkel elő lehetett állítani.

Ennek megfelelően a kor hadviselése — ha szabad így kifejeznem — szintén az emberi munkaerőre volt alapozva, a fegyverek hatósugara az íj és a catapult hatósugarával volt meghatározva, ami a néhány száz lépés távolságot nem haladta túl. A harc az ember küzdelme volt az ember ellen.

Nyersanyag szempontjából ezekben az időkben még csak azok a fémek jöhettek tekintetbe, amelyek a legegyszerűbb módszerekkel minden különösebb tudományos megalapozottság nélkül voltak kohósíthatók. Ismereteink szerint az oxidos rézércet már Kr. e. 4000-ben tudták kohósítani, adatok vannak arra, hogy már Kr. e. 3000-ben megindult az igen tiszta vasércet kohósítása és alig 3000 év telt el azóta, hogy a vas használata elterjedt a földön. Az ebből a korból származó békés vagy háborús eszközök egyaránt primitív kézi munkával és az ércek lelőhelyének megfelelő rendkívül ingadozó minőségekben készültek. Ilyen módon fegyverzetbeli fölényt tartósan egyik nép sem tudott kivívni a másik felett, és ha egyik vagy másik ország nagyobb katonai hatalomra tett szert, mint pl. a régi Róma, ez sokkal inkább az egyéni bátorság, a katonai fegyelem és a tapasztalat, mint a fegyverzetbeli fölény kérdése volt.

A fordulópontot a kémiai energiák felfedezése jelentette. Ha pontosan nem is lehet megállapítani a kémiai energia első hasznosítását, az kétségtelen, hogy Roger Bacon 1242-ben már leírta a lőport, amelynek használata a XIV. században már általánossá vált. Évszázadok teltek el, amíg a kémiai energiát már nem csak katonai, hanem békés célokra is fel tudták használni. Ez annál is inkább érdekes, mert elvileg a robbanómotor és a lőfegyver működése ugyanaz. Mind a kettőtél valamely szilárd, folyékony vagy gáznemű halmazállapotú anyag kémiai reakciója következtében nagy nyomás fejlődik, amely egy felületre hatva munkát végez. Csak míg az ágyúnál vagy a lőfegyverek egyéb típusainál ez a nyomás a lövedék fenekére hatva megfelelő kezdősebességet ad a lövedéknek, addig a munkagépeknél ez a nyomás a dugattyú fenekére hat és hasznos mechanikai munkává alakítható át. A kémiai energiák felfedezésének és használatbavételének az első alkalmazása tehát kétségtelenül a háború és a pusztítás volt. Nem lehet azonban figyelmen kívül hagyni, hogy a kémiai energiának a háborúban való felhasználása döntő módon járult hozzá a középkor egész társadalmi szerkezetének a megváltozásához, a korábban a csatatereteket uraló pánccélus lovagi hadseregek fölénye megszűnt. A legkitűnőbb pánccélzat sem volt védelem az ágyúgolyó ellen és így a kémiai energiák felfedezése és használatbavétele egyben egyik fontos tényezője volt a feudalizmus megszűnésének.

Több száz évig tartó folyamat eredménye volt, amíg a kémiai energiákat békés célokra is lehetett hasznosítani. Éles határvonalat vonni az energia nélküli és a kémiai energiák korszakai között nem lehet, mégis a kémiai energia békés célokra való hasznosításának

első, legfontosabb lépése a gőzgép felfedezése és üzembevétele volt. Ettől kezdve mind a termelés, mind pedig a hadviselés rohamosan alakult át. A termelésben az ember segítségére megszületett a munkagép és lehetővé tette, hogy az egyén teljesítménye a kémiai energia révén megsokszorozódjék. Már a múlt században megindult az a folyamat, amelyet napjainkig is jellemzett az, hogy az iparcikkek egyben közszükségleti cikkeké váltak. Ha egy mai átlagos állampolgár napi használati cikkeit összehasonlítanánk egy középkori vagy ókori átlagember napi használati cikkeivel, akkor megdöbbentően nagy, nagyságrendi különbségek adódnának, természetesen a ma élő ember javára.

Feleslegesnek érzem felsorolni a kémiai energiák korának óriási ipari és tudományos teljesítményeit, ezek nemcsak közismertek, de hatásukat mindannyian érezzük a közlekedésben, ahol a gyorsvonat és a repülőgép váltotta fel a lóvontatású szekereket; a ruházatkodásban, ahol a gépesített szövőszékek milliói termelik a szöveteket; a mezőgazdaságban, ahol az emberi és állati munkát felváltotta a gépesítés; a világításban, ahol a gyertyát és a fáklyát kiszorította a villamosvilágítás stb. Evvel együtt megváltozott az ember egész életformája, társadalmi berendezkedése és a termelés menete is, de ezzel együtt változott a hadviselés is.

A kezdeti primitív löporokat és a kis szilárdságú fémekből rendszerint csak öntéssel előállított ágyúkat a fémtechnológia és a vegvészet rohamos fejlődésével egyre tökéletesebb háborús eszközök váltották fel. A döntő fordulatot az acélgyártás nagy eredményei adták meg. A XVIII. század végén az acélgyártás jelentősen tökéletesedett ugyan, azonban acélt folyékony állapotban még nem tudtak előállítani és csak akkora acéldarabokat tudtak megmunkálni, amelyek emberi erővel vagy legfeljebb vízienergia hasznosításával voltak kovácsolhatók. Amikor a XIX. század elején és közepén már a kémiai energiákat tudták hasznosítani és megszülettek a gőzkalapácsok, továbbá amikor a XIX. század közepén Bessemer felfedezte a folyékony acél előállításának első módszerét, megnyílt az út az emberiség előtt, hogy csaknem tetszőleges méretű gépeket, de egyben csaknem tetszőleges méretű háborús eszközöket is gyártson. Végül, amikor 1847-ben Ascanio Sobrero felfedezte a nitroglicerint, majd Alfréd a dinamitot, ezzel jelentős lökést adva a robbanóanyagok fejlődésének, akkor megnyílt az út az emberiség előtt, hogy soha nem látott pusztító eszközöket hozzon létre.

Ahogy fejlődtek a XIX. és XX. században a termelőeszközök és létrehozták az előbb már ismertetett békés lehetőségeket, ugyanúgy fejlődtek a pusztító eszközök is és a háború hatósugara már az első világháborúban erősen kiterjedt. Igaz, hogy az első világháború alatt a könnyű és a közepes tűzéréség hatósugara csupán 8–10 km volt, a legnagyobb távolság, amire löni lehetett 120 km volt csupán. Ezt a lőtávolságot is csak a Párist bombázó német ágyúk érték el 1918-ban. Ez volt talán az első eset arra, hogy a nem közvetlenül a harctéren vagy annak körzetében levő polgári lakosságot is távol-

ról irányított támadás érte. Bár ez a Bertha-nak nevezett német ágyú 120 km-re tudta továbbítani közel 1 tonnás lövedékeit, amelyek 9 perc alatt tették meg röppályájukat, a hatásuk a mai fogalmaink szerint elenyésző volt, mert Párisnak az 1918. március 23-tól október 1-ig tartó bombázása alatt 255 halott és 621 sebesült esett áldozatul.

Míg az első világháborút és az azt megelőző állapotokat az jellemezte, hogy a polgári lakosság legalábbis életbiztonság szempontjából a háború hatása alá nem került, addig a második világháborúban a repülési technika rohamos fejlődése következtében a háborúnak már nem voltak határai és a polgári lakosság vagy a fronton levő katonáknak egyaránt életveszélyben forgott. A második világháború ideje alatt a repülési technika addig el nem képzelhető mértékben fejlődött. Arnold amerikai tábornok jelentéséből idézem azt a számszerű akatokkal bemutatható fejlődést, amit a repüléstechnika megtett 1941-től a második világháború végéig. A bombázógépek sebessége 320 km/órától 530 km/óra-ra nőtt, a repülőgépek hatósugara 1500 km-ről 2500 km-re, a teherbírásuk pedig 3000 kg-ról 10.000 kg-ra emelkedett. Ez a fejlődés hozta létre azokat a 10 tonnás bombákat, amelyeknek hatásait mindenki ismeri vagy leírásból, vagy személyes élmények alapján. A repülőgépek teljesítőképességét talán csak azzal az egy adattal jellemezni, hogy csak az amerikai nehézbombázók a Németország ellen indított légi offenzíva során 1942. augusztus 12-től a háború végéig 1,500.000 tonna bombát dobtak le a német városokra, ipartelepekre és katonai célpontokra.

A második világháború hozta létre a rakétatechnikának azt a fejlődését, ami lehetővé tette, hogy a lövedékek hatósugarát 350 km-re terjesszék ki. Nem szükséges ismertetnem, hogy akár a második világháborúban használt V1 és V2 rakéták, valamint a légi bombázások milyen pusztításokat okoztak emberéletben, az emberiség összegyűjtött kulturális kincseiben és a termelőeszközökben. Emellett a szörnyű pusztulás mellett még egy adatot kell csak kiemelnem. Az idevágó jelentések szerint a második világháborúban a résztvevő nemzetek kb. 93 millió embert tartottak fegyverben, ami ezeknek egyben a termelésből való kiesését is jelentette. Durva számítással is könnyű meggyőződni arról, hogy ez az ipari és mezőgazdasági termelésben 900.000 millió munkaóra kiesését jelentette, nem is beszélve azokról az ember-milliókról, akik fogyasztási cikkek helyett hadianyagot voltak kénytelenek termelni. Nagyon nehéz egy ilyen hatalmas szám valódi értékét szemléltetővé tenni. De ha ezt a munkaóra-mennyiséget egyetlen közszükségleti cikk, mondjuk a gépkocsigyártás érdekében használta volna fel az emberiség, akkor még közepesen gépesített gyártást véve figyelembe, 900 millió gépkocsit lehetett volna ezzel a munkamennyiséggel előállítani. Ehelyett azonban a gyárak, a termelőeszközök és az emberélet mérhetetlen pusztulása lett az eredmény.

A kémiai energiák korszaka tehát óriási eredményeket hozott

az életszínvonal emelkedésében és óriási pusztító lehetőségeket adott egyben az emberiség kezébe. A történelmi fejlődés szempontjából azonban erre a korszakra rendkívül jellemző volt az, hogy míg a régi primitív fegyverzet a kisebb csoportok vagy egyének tulajdonában volt a középkorban, addig a nagy hatású fegyverek már sohasem lehettek egyének, magánosok vagy embercsoportok birtokában, hanem csak az állam rendelkezhetett ezekkel. Nem célok itt analizálni azokat a társadalmi folyamatokat, amelyek a nemzeti és néphadseregek kialakulásához vezettek, de már a XIX. században sem lehetett vitás az, hogy ilyen hatású pusztító eszközökkel egyének, vagy érdekcsoportok nem rendelkezhetnek.

A kémiai energiák korának fordulópontját a Hirosimára ledobott első atombomba jelezte. Az atomenergia felszabadításával az emberiség új energiaforrás birtokába jutott, amely a kémiai energiától messzemenően különbözik, mind az energia termelés módjában, mind pedig annak hatásaiban. Ma már közismertnek tekinthető az, hogy az anyag atomokból, illetőleg molekulákból van felépítve. Az atom egy pozitív töltésű atommagból és a körülötte keringő negatív töltésű elektronokból áll. Az atom mérete nagyságrendileg egy tízmilliomod milliméter, az atom magja ennek a méretnek csupán százezred része. Az atom magja pozitív töltésű protonokból és töltés nélküli neutronokból áll. Minden kémiai változás, vegyületképződés vagy egyéb folyamat csak az atom elektronburkában jelent változást, maga az atommag kémiai reakciók közben nem változik. Egy kémiai folyamat, pl. a szén elégetése az elektronburokban lefolyó változás csupán, melynek eredményeképpen hőenergia termelődik. Az atommag szerkezetének megváltoztatása szintén energetikai változásokkal van egybekötve, az ezek által termelhető energia azonban kb. milliószor nagyobb, mint a kémiai úton nyerhető energia. Ennek az energiának a felszabadítása azonban nem volt egyszerű folyamat, rendkívül nagy tudományos felkészültséget és hatalmas kutató apparátust és műszaki felszerelést igényelt.

Már a század elején Albert Einstein kimutatta azt, hogy az anyag és az energia egymással egyenértékű és az anyagból energiát lehet felszabadítani. Ezt az elméleti megállapítást gyakorlatilag csak az 1930-as évek tájékán lehetett megközelíteni, amikor sikerült megoldani az egyes elemek átalakítását. Egy elem kémiai jellegét ugyanis az elektronhéj természete szabja meg. Az 1930-as években végzett kísérletek során az atommagot neutronokkal bombázva el tudták érni azt, hogy a neutron az atommagba ütközve, egy protont a helyéről mintegy kilökjön és ezzel az atommag töltése megváltozzék. Ennek megfelelően ha a magban a protonok száma csökkent, szükségképpen csökken az elektronok száma is és így megváltozik az elem kémiai természete. A protonok számának változtatásával tehát a legkülönbözőbb mesterséges elemeket lehetett létrehozni. De sikerült ugyanakkor mesterségesen előállítani az ún. izotópokat is. Már régóta ismeretes volt az, hogy egy és ugyan-

azon elemnek többféle változata lehetséges aszerint, hogy a magban levő pozitív protonok mellett hány semleges töltésű neutron van. Ha az atommagban a neutronok számát változtatjuk meg, akkor az elem kémiai természete ugyanaz marad, megváltozik azonban az atomsúlya. Az ilyen módon létrehozott mesterséges izotópok a tudományos kutatásnak és a természet megismerésének hatalmas fegyverei lettek. Az elemek átalakítása és a mesterséges izotópok létrehozása tudományos szempontból nagy eredmény volt.

Nem oldatták meg azonban ezek a kísérletek az atomenergia felszabadításának a problémáját. Ez csak 1938-ban sikerült Otto Hahn-nak az ún. láncreakció felfedezésével. Az atommagnak neutronokkal való bombázása során ugyanis egy-egy atommagnál, amelyet találat ér, az atommag a neutronot — mint mondani szokás — befogja, de nem ad le további neutronokat, amelyek a folyamatot fenntarthatnák. Míg a kémiai égési folyamatoknál egy anyag meggyújtása után termelt hő elég ahhoz, hogy a folyamatot továbbra is fenntartsa, addig az egyes elemek atommagjainak neutronokkal való bombázásakor ilyen folyamat nem jön létre. Ha azonban uránt bombázunk neutronokkal, akkor az urán egyik izotópjá, az ún. 235-ös uránizotóp, amennyiben egy neutron találat éri, két közepes atomsúlyú részre hasad, hasadás közben további neutronokat szabadít fel, amelyek abban az esetben, ha újabb 235-ös uránmagokat találnak, azokon is ugyanezt a folyamatot hozzák létre. A láncreakció lényege tehát az, hogy a 235-ös urán magjainak hasadásakor újabb neutronok jönnek létre, amelyek a folyamatot továbbviszik. Az uránnak több izotópjá van. Gyakorlatilag ezek közül a 235-ös és a 238-as izotóp lényeges a magreakció szempontjából. Mind a kettőben a protonok száma ugyanaz, csak a magban levő neutronok száma különbözik.

A bonyolult viszonyokat legjobban talán úgy lehet jellemezni, hogy míg a 235-ös uránizotóp neutrontalálatra kétrészre hasad és eközben újabb 1–3 neutronot ad le, addig a 238-as izotóp a felszabadító neutronokat elfogja és átalakul a neutron befogadása után 239-es uránizotóppá. A 239-es uránizotóp egy itt nem részletezett átalakulás során a 92 protont tartalmazó uránból 93 protont tartalmazó új elemmé, az ún. neptuniummá alakul át. Ez további — szintén itt nem részletezett — fizikai folyamattal a 94 protont tartalmazó új elemmé, a plutoniummá alakul át. A plutónium sajátosságai ugyanolyanok, mint a 235-ös uránizotópé, ti. neutronbombázás hatására ismét két részre hasad, miközben újabb neutronokat termel.

Atombombát tehát kétféle anyagból lehet előállítani: a 235-ös uránizotópból és a 235-ös izotóp hasadása révén a 238-as izotópból kitermelhető mesterséges elemből, a plutóniumból.

Az atomenergia — itt rendkívül röviden vázolt — felszabadítási folyamatában rejülő lehetőségeket igen gyorsan felismerték és óriási technikai berendezések segítségével állították elő az első atombombákat, melyek közül mint tudjuk az egyiket Hirosimára, a másikat pedig Nagasakira dobták le a második világháború végén. Az első

bomba a ma rendelkezésre álló ismeretek szerint 235-ös urán, a második pedig plutónium bomba volt. Mindkettő borzalmas hatása rövid időn belül közismertté vált. Az idevágó adatok szerint Hirosimában egy kb. 1,5 km-es körzeten belül voltak súlyosak az égési sérülések, a légnyomás által okozott pusztítás szintén kb. 1,5 km-es körzetben hatott.

Ha ezeket összehasonlítjuk a kémiai energiák pusztító hatásával, figyelembevéve azt, hogy a legnagyobb hatású klasszikus robbanóanyag, a nitroglicerín robbanásakor mindössze 3500–4000 C° hő fejlődik és 1 kg nitroglicerín robbanása csupán 636.000 mkg munka végzését jelenti, úgy az atombomba robbanásakor felszabaduló energia kb. 20.000 tonna nitroglicerín típusú robbanóanyag hatásának felel meg. Az elmúlt világháborúban használt legnagyobb hatású bombák 10–20 tonnásak voltak, így tehát egyetlen atombomba hatása kb. azonosnak vehető 1000–2000 db legnagyobb méretű bombáéval.

Az atombomba mérete nem volt korlátlanul fokozható. A meginduló láncreakciót már semmiféle emberi erővel megállítani nem lehet. Ahhoz azonban, hogy a láncreakció meginduljon, az atombombának un. kritikus mérete szükséges. Elvileg ez azzal magyarázható, hogy amikor a reakció megindul és az első urán 235-ös atommag széteséséből újabb neutronok szabadulnak fel, ezek annál nagyobb valószínűséggel fognak maguk körül újabb hasadásra alkalmas atommagokat találni, minél nagyobb a körülöttük levő urán tömege. Ha ez a tömeg nem elég nagy, akkor a neutronok kiszöknek az urántömbből anélkül, hogy újabb atommagokat találnának. Van tehát egy olyan kritikus méret, amelyen alul a láncreakció nem indul meg, de amelynél nagyobb méretű urántömbben a reakció viszont feltartóztathatatlanul lefolyik. Az atombomba robbantása tehát úgy történik, hogy két, a kritikusnál kisebb méretű, megfelelő mennyiségű 235-ös uránt tartalmazó tömböt az adott pillanatban összelőnek, amikor is a reakció azonnal megindul és spontán lefolyik.

Mindebből az következik, hogy az atombombának eredeti formájában bármilyen pusztító is volt a hatása, de lényegileg mégiscsak korlátozott volt, mert hiszen az egy bombában alkalmazott hasadóanyag mennyisége kevesebb kellett, hogy legyen, mint a kritikus mennyiség kétszerese.

Ez a fejlődési folyamat nem állt meg, mert a fizika az elmúlt évek során olyan fejlődésen ment keresztül, melynek eredményeképpen megszületett az un. hidrogénbomba. Az energiafelszabadításnak másik útja ugyanis: kisebb atomsúlyú atommagokat nehezebb atomsúlyúakká egyesíti. Ezek az un. fúziós folyamatok azonban csak igen magas hőmérsékleten folynak le, amelyeknek az előállítására az emberiségnek az atombomba ismerete előtt nem volt módja. Az atombomba azonban lehetővé tette ezeknek a hőmérsékleteknek az előállítását és így a fúziós folyamatok megindítását. A hidrogénbomba révén felszabadítható energiamennyiségnek tehát

nincsenek olyan korlátai, mint az atombombánál láttuk. Az atombomba csak a fúziós folyamatot indítja meg, a bomba töltését elvileg bármilyen méretűre lehet választani. Nincsenek pontos adatok ma még arról, hogy a vezető nagyhatalmak milyen méretű és hatású hidrogénbombákkal vagy esetleg ezeknek még fejlettebb válfajaival rendelkeznek. Két-háromévvvel ezelőtt még; az akkor már rendelkezésre álló bombatípusok hatását az 1 millió tonna trinitrotoluol hatásával hasonlították össze, ami azt jelentené, hogy egyetlen hidrogénbomba pusztító hatása kb. egyenértékű 100.000 db 10 tonnás múlt világháborús robbanóbombáéval. Ez az összehasonlítás ilyen formában természetesen nem egészen helytálló, mert a hidrogénbomba energiája egyetlen ponton szabadul fel, de pusztító hatását a légnyomás révén kb. 15—20 km-es körzetre lehet becsülni. Az előálló nagy hőmérséklet következtében égési sérülések a robbanás helyétől 35—40 km távolságban is várhatók. Ezek szerint egyetlen hidrogénbomba elegendő egy budapesti méretű nagyváros teljes elpusztítására. Ha itt tekintetbe vesszük még a repülés fejlődéséről mondott adatokat, valamint azt a közismert tényt, hogy a rakétatechnika fejlődése révén óriási távolságok hidalhatók át igen nagy sebességgel haladó és a stratosféra magasságában mozgó rakétákkal, akkor nyilvánvaló, hogy az emberiség olyan pusztító eszközök birtokába jutott, amelyek egy háború esetén megsemmisüléssel fenyegethetik az egész civilizációt.

Ahogy a kémiai energiák korszakában minden állam magának tartotta fenn azt a jogot, hogy nehézfegyverzettel csak a hadsereg rendelkezhet, úgy egészen nyilvánvaló, hogy korunkban az emberiségnek arra kell törekednie, hogy az atomenergiának háborús célokra való felhasználását az egész emberiség ellenőrzése alá helyezzék. A mai haditechnika már nem ismer távolságokat olyan értelemben, mint az még az első vagy akár a második világháborúban is fennállott. Egy netán elkövetkezendő háborúban a távolság már nem fogja képezni a nagyvárosok elpusztításának akadályát. De érdekeltté válnak a háborús veszély leküzdésében még azok az államok is, amelyeknek módjuk van semlegességi politikát folytatni. A harci területek felett a légkör olyan mértékig fertőződik meg rádióaktív hatásokkal, ami a hacri területtől messze fekvő területek lakosságát is súlyosan veszélyeztetheti. Ha volt valaha az emberiségnek egyetemes érdeke, úgy ma kétségtelenül egyetemes érdeke az atomfegyverek gyártásának beszüntetése és nemzetközi ellenőrzés alá helyezése.

Az atomenergia korszaka, hasonlóan a kémiai energiák korszakának kezdetéhez, elsőként az atomenergia háborús célokra való alkalmazását hozta meg. Korszakunk rohamos technikai fejlődése azonban rövid időn belül lehetővé tette az atomenergia békés célokra való felhasználását is. Bár ma még az atomerőművek általában nem termelik olcsóbban az áramot, mint a hőerőművek vagy mint a vízierőművek, nem kétséges azonban a technika haladását figyelembevéve az, hogy néhány éven vagy évtizeden belül létrejönnek

olyan megoldások, amelyeknek révén az atomenergia olcsóbb lesz, mint a kémiai úton előállított energia. Egy azonban mindenesetre bizonyos, hogy míg évtizedek óta a szakértők a tüzelőanyagok kifogyásától tartanak, addig az atomenergia szempontjából ilyen veszély nem áll fenn. Egy-két évtizeddel ezelőtt még az volt a közhit, hogy urán a földön csak kis mértékben áll rendelkezésre. Az atomenergia felszabadításával egyidejűleg a geológiai kutatás érdeklődése is nagyobb mértékben fordult az uránérc felé és ma már a geológusok véleménye szerint olyan mennyiségű uránérc készlet ismert a földön, amely az energiafogyasztás jelenleg ismert mértékű növekedése mellett is többszáz évre fedezni képes az emberiség energiaszükségletét.

Ezekszerint az atomenergia korának egyik jellegzetessége az, hogy energia csaknem korlátlan mértékben állhat az emberiség rendelkezésére, kérdés azonban az, hogy a békés termelés három, már említett alapja közül az emberi munka és az ipar nyersanyagellátása hogyan fog alakulni.

Az a félelem, amely a XX. század elején még fennállt, hogy a szén- és olajkészletek, valamit a föld érckészletei kimerülőben vannak, egyáltalában nem bizonyult helytállónak. A világ ma ismert szénkészletei 8—10 billió tonnát tesznek ki; ma az évi széntermelés 1600 millió tonna körül van. Ez azt jelenti, hogy ha a geológiai kutatás újabb szénkészleteket nem is tárna fel, akkor is a világ szénkészlete többszáz évre elegendő. Ha azonban figyelembe vesszük azt, hogy az atomművek fejlődésével és várható gyors elterjedésével a szén és a kőszén egyre kevésbé kell igénybevenni mint fűtő- vagy mint motorhajtó anyagot, akkor világos, hogy az emberiségnek rendelkezésre fog állni egy hatalmas nyersanyagforrás, amely a műanyagok, gyógyszerek és egyéb iparcikkek gyártásának szinte kimeríthetetlen bázisa lehet.

Hasonló a helyzet a világ érckészletével is. Hosszú évtizedek óta a geológiai kutatás kb. az évi érctermeléssel arányos újabb és újabb érckészleteket tár fel. Az atomenergia által nyújtott lehetőségek azonban még jobban kiszélesítik az emberiség alapanyagbázisát. Mint ahogy az ókorban és a középkorban a fejletlen technológia miatt csak a fémbe legdúsabb érceket tudták feldolgozni, úgy a kémiai energiák korában az ércek feldolgozhatóságának határát igen nagy részben az energia költsége szabta meg. Ha az atomenergia révén az energiaköltség csökkenni fog — mint ahogy az a jövőben várható —, az egyben lehetővé teszi olyan új eljárások kifejlesztését, amelyeknek a segítségével még a kisebb fémtartalmú érceket is fel lehet majd dolgozni.

Mint az itt bemutatott két példa is szemlélteti, az energiakérdés megoldása egyben az anyagkérdés megoldását is jelenti. Az atomenergia korszakában tehát az anyag és az energiaellátás szempontjából egyelőre nem látszanak korlátok.

Marad a harmadik probléma: hogyan fog alakulni az emberi munka? Az utóbbi 20 év fejlődése az elektronika révén ezen a pon-

ton is új fordulatot hozott. Régebben is készültek olyan gépek, amelyek az emberi munkát már gyakorlatilag teljesen kiküszöbölték és egy-egy gépalkatrészt vagy iparcikket teljesen önműködően, automatikusan tudtak előállítani. A bonyolult gyártási folyamatok automatizálása azonban a régebbi technikával túlságosan költséges volt és így napjainkig bezárólag még megmaradt az emberi munka közvetlen szerepe a termelésben, de olyan formában, hogy a nehéz testi munka a fejlett üzemekben ma már jóformán ismeretlen fogalom és az ember ma csupán a gép kezelője és irányítója. Ez az irányító munka is azonban nagy figyelmet, koncentrációt és kézügyességet igényel még a mai termelési viszonyok között is. Az elektronikus számológépek, melyek az utóbbi években kezdtek közismertté válni, a jövőben nyilvánvalóan alapjai lesznek egyes munkafolyamatok teljes automatizálásának. Széles körben ismertek ma már a népszerű leírások révén is, hogy mi mindenre képes egy ilyen ún. elektronikus számológép nemcsak a szó szoros értelmében vett számítások terén, hanem sok más egyéb területen is. Az elektronikus érzékelő és vezérlő berendezések révén elérhető az, hogy egy számológép a számára megadott programot automatikusan végrehajtja, függetlenül attól, hogy ez a program mit tartalmaz.

Neumann János, a világhírű magyar matematikus vetette fel néhány évvel ezelőtt azt az érdekes problémát, hogy létrehozható-e olyan automata, amely önmagánál bonyolultabb gépet képes létesíteni. Ez alatt az értendő, hogy ma egy automata szerszámgép elő tud állítani egy csavart, vagy egy bonyolultabb gépsor egy motorblokkot, tehát olyan alkatrészeket, amelyek kevésbé bonyolultak, mint az őket előállító automatikus gépsor. Neumann számításai szerint az elektronikus számológépek fejlődésével elképzelhető és matematikailag igazolható olyan automata létrehozása, amelyik önmagánál bonyolultabb gépeket is elő tud állítani. Ezek szerint a jövőben, talán ma még meg nem határozható időpontban nem látszik kizártnak olyan automatikus gépek gyártása, amelyek önmaguknál komplikáltabb gépeket is létre tudnak hozni és így az ember idővel csak a gépek tervezőjévé és a gépek programját megszabó hatalommá válhat.

Korunkat, az atomenergia korát tehát a technikai fejlődés két válaszút elé állította: olyan fegyvereket használjunk-e, amelyek milliós lakosú városokat képesek elpusztítani, vagy pedig használjuk ki az emberiség rendelkezésére álló óriási anyag- és energiakincseket, valamint az automatizálás révén elérhető mérhetetlen ipari előnyöket, tudva azt, hogy ez a három tényező együttesen a népjólét emelésének olyan eszközévé válhat, amelyről az emberiség néhány évtizeddel ezelőtt még csak nem is álmodhatott.

Azok a korlátlan lehetőségek, amik ma a békés termelés előtt állnak és amelyek révén a jövőben az ember egyre jobban mentesül a fizikai munka alól, egyre több ipari termék szolgálja majd az élet kényelmét, egyben azonban fokozott kötelezettséget rónak az emberiségre. Az egyre bonyolultabb gépek tervezése és üzemben-

tartása egyre nagyobb műveltségű embereket kíván és így a szellemi munka minden munkafolyamatnál egyre jobban előtérbe kell hogy lépjen a fizikai munkával szemben. Szükségszerű folyamat tehát az, hogy a szellemi és a fizikai munka közötti különbség az atomenergia korszakában egyre jobban csökkenjen, sőt idővel teljesen megszűnjön. Ez a jövő az emberiségre beláthatatlan kötelezettségeket ró az általános műveltség és ezen belül a természettudományos műveltség terjesztése terén. Az iskolák tömegét kell az emberiségnek építenie ahhoz, hogy ezt az előre látható technikai fejlődést az emberiség követni tudja. Szükségszerű következménye lesz tehát a technikai fejlődésnek a széleskörű műveltségnek a jelenleginél sokkal nagyobb kiterjedése is. A tudomány területén a feladatok egyre nagyobbak lesznek, egyre több szellemi és materiális erőt igényel egy-egy újabb nagy feladat megoldása. Ha az emberiség a megkezdett úton tovább akar haladni és a már eddig elért hatalmas eredményeket és a még jövőben elérhető eredményeket ki akarja használni, úgy egyre nagyobb jelentőségű kell hogy legyen a tudományos együttműködés nemzetközi téren.

A békés nemzetközi együttműködés tehát két okból is parancsoló szükségszerűség. Az emberiségnek együttesen kell fellépnie a tömegpusztító fegyverek betiltása és nemzetközi ellenőrzés alá való helyezése érdekében és ugyanúgy együtt kell működnie azon, hogy a tudomány fejlődését is nemzetközi együttműködés révén hasznosítsa az emberiség javára. Felmerülhet valakiben az a gondolat, hogy talán valamelyik nagy nemzet önállóan is olyan tudományos és technikai eredményt ér el, amely számára biztosítja a teljes védekezést háborúban és biztosítja a maximális jólétet a békében. A tudomány története azonban azt bizonyítja, hogy az egyes tudományos eredmények megszületése történelmi szükségszerűség és a nagy felfedezések egymástól távoleső helyeken nagyon kis időbeli eltérésekkel megszületnek. Nem képzelhető el tehát a tudomány és az ipar mai fejlettsége mellett olyan fölény, amely a háború pusztításaitól a hadviselő felek valamelyikét megóvná. Az emberiség két út között választhat csupán: a háború vagy a béke útja között. Mind a kettőnek a lehetőségei jóformán korlátlanok. A mai technika mellett korlátlan a háborús pusztítás lehetősége, de ugyanúgy szinte korlátlan a békés fejlődés lehetősége is. A békés fejlődés az ember számára nemcsak a kényelmesebb életet, a civilizáltabb életformát jelenti, de jelenti egyben azt is, hogy az emberiség kulturális és szellemi élete soha nem látott magasságokba emelkedhet. A háború és béke közti választás esetén ezeket a lehetőségeket kell fontolóra venni, a tárgyilagos mérlegelés alapján csak a béke mellett lehet állástfoglalni abban a tudatban, hogy a békés termelés és ennek szükségszerű következményeképp a tudás és a műveltség egyre inkább előtérbe jutó szerepe minden problémát megoldhat, míg a háború semmit meg nem old, csupán pusztítást hagy maga mögött.