

LA HOMO KAJ LA ATOMO

de Profesoro MAX BORN *)

Komencante ĉe speciala kazo, mi diru kelkajn vortojn pri „Mi mem kaj la Atomo”. Ni, la atomo kaj mi, estis en amikaj rilatoj ĝis lastatempe. Mi opiniis ke en ĝi troviĝas la ŝlosilo per kiu oni povos eltrovi la plej profundajn sekretojn de la Naturo, kaj ĝi evidentigis al mi la grandecon de la kreaĵo kaj de la Kreinto.

Ĝi donis al mi kontentigan laboron, en esplorado kaj instruado, kaj tiel ĝi ankaŭ donis al mi vivrimedojn. Sed ĝi jam fariĝis fonto de profunda malĝojo kaj antaŭtimo al mi, kiel ankaŭ al ĉiu alia.

De post la detruo de Nagasaki kaj Hiroŝima la atomo fariĝis fantomo kiu minacas nin ĉiujn per nenigo. Ni mem elsorĉis la fantomon; ĝi dum iom da tempo fidele servis al ni, sed jam ĝi fariĝas malobeema. Kiel tio okazis? Ĉu ni ne povis antaŭvidi ke la monstro kiun ni bredis, kreskos kaj iam fariĝos pli potenca ol ni kaj danĝera por ni? Ĉu do ne estis preferinde tute rifuzi iel koncerniĝi pri ĝi? Aŭ ĉu ankoraŭ estas eble ĝin malsovaĝigi kaj utiligi kiel nian serviston?

Jen la demandoj kiujn mi volas diskuti kaj sur kiujn mi provos verŝi lumon, demandoj fundamente gravegaj por la homaro. Mi ne povas ilin

*) Profesoro Max Born estas ne nur unu el la fondintoj de la moderna fiziko; li estas ankaŭ la instruinto de pluraj elstaraj fizikistoj. En la Hitlera epoko Prof. Born elmigris al Britujo; dum la milito li instruis fizikon en la Universitato de Edinburgo; post la milito li reiris al Germanujo kie li nun vivas kiel emerito.

Ĉi tiu artikolo aperis en la junia numero de la *Bulletin of the Atomic Scientists* (1957), kaj samtempe, en germana lingvo en *Die Sammlung, Zeitschrift für Kultur und Erziehung*. Pli frue ĝi jam aperis, en iom alia redakto, en tria germanaj gazetoj: *Atomkern-Energie, Deutsche Volkszeitung*, kaj *Spiegel*.

La esperantan tradukon faris, laŭ la angla teksto, pligrandparte s-ro Bluet, ceteraparte W. P. R., kiu fine komparis la tradukon ankoraŭ kun la germana teksto kaj iom adaptis ĝin al tiu ĉi.

Profesoro Born anticipe permesas pluan diskonigon de ĉi tiu artikolo en kiu ajn lingvo. Lia adreso estas nun: Prof. D-ro Max Born, *Bad Pyrmont*, Marcardstr. 4, Germanujo Okcidenta.

La menciitaj gazetoj: *Bulletin of the Atomic Scientists*, 5734 University Avenue, Chicago 37, Ill., Usono, (abonprezo \$ 6,00 jare), kaj *Die Sammlung*, eldonaĵo de Vandenhoeck & Ruprecht en Göttingen, Okc. Germanujo, (abonprezo 5,80 DM kvaronjare, plus afranko), aperas monate.

De la sama aŭtoro aperis artikolo en la decembra numero de *Die Sammlung* (1957) sub la titolo: Eŭropaj Konsideroj de Natursciencisto.

respondi, sed mi povas esprimi kelkajn pensojn, ideojn kiujn la atomo mem evidentigis al ni, kaj kiujn oni devas agnoski se oni deziras mastri la atomon. Ĉar la vorto „atomo” ĉi tie signifas ne nur unu el tiuj eretoj kiuj, multnombrede kunigite, estigas teruregajn fortojn, sed ankaŭ la sciencan kiu eltrovis ĉi tiujn eretojn kaj ilian kolektivitan potencon. Kaj la vorto „homo” signifas ne nur la racian estaĵon kiu kreis la atoman sciencan kaj jungis la atoman potencon, sed ankaŭ la ordinaran civitanon kiu scias nenion pri tio kaj kiu legas en siaj ĵurnaloj pri danĝeroj kiujn li ne komprenas.

Efektive ni uzas nur tropon, dirante ke la atomo jam fariĝis danĝera por ni. Ankaŭ la atomkernfizikistoj ne estigis tiun danĝeron. La fonto de la danĝero estas en ni ĉiuj, ĉar ĝi estas la malfortoj kaj pasioj de ordinaraj homoj.

Tial nur malgravan rolon ludos en miaj konsideroj la fizikaj kaj teknikaj aspektoj de la afero. Temas pri homa problemo, historia kiel ankaŭ politika. Tamen, mi estas ja fizikisto, kaj ankaŭ pri historio kaj politiko pensante mi uzas la metodojn kiujn mi lernis en mia fako. Vera scienco ĉiam estas filozofia. Ankaŭ la fiziko ne estas nur antaŭstadio por la tekniko, sed profunde efikas al la prakaŭzoj de la pensado. Antaŭ tri jarcentoj fizikaj kaj astronomiaj eltrovoj detronigis la mezepokan skolastikon kaj malfermis la vojon al nova filozofio. Simile ni nun troviĝas en movado kiu, komenciĝinte ĉe ŝajne negravaj fizikaj okazaĵoj, kondukas al nova revolucio en la filozofio. Kaj ĝuste tiu ĉi pensmaniero, evoluinta el la atomkernfiziko, eble kontribuos al la kompreno de la danĝeroj de la atomkerna epoko kaj tiel helpos forigi ilin.

La homaro nun havas la rimedojn por sin neniigi, ĉu en paroksismo de plena frenezo, t.e. en granda milito per momenta detruiga eksplodo, ĉu per senatenta manipulado ĉe la atomkerna tekniko, pro kiu okazos malrapida procezo de venenado kaj malbonigo de la genetika strukturo de la homo.

La demando sin trudas: Ĉu tiu ĉi disvolviĝo estis neevitebla? Ĉu la homaro ne povis kviete pluviadi, ne esplorante la misterojn de la strukturo de la materio kaj per tio elsorĉante la danĝeron de sindetruo? Kaj pli ĝenerale ankoraŭ: Ĉu la teknika progreso bazita sur la scio pri naturaj leĝoj estas neevitebla neceso, kvazaŭ ĝi mem estus natura leĝo?

Se tio eble estus vera, ĉu ne estus vane provi ĝin direkti, kaj doni al ĝi racian celon? Ĉu ne estus preferinde akcepti fatalisman sintenon kaj gaje daŭrigi la vivon de tago al tago?

Jen do duo da demandoj, kiujn ni devas respondi: Unue la demando, ĉu ekzistas reguleco aŭ naturaj leĝoj en la historio — ĉar la esplorado kaj la teknologio estas historiaj fenomenoj, — kaj due, la antikva problemo pri la neceso kaj la libereco.

Antaŭ ol diskuti la aktualan hodiaŭan aferstaton kaj la estontecajn perspektivojn, mi proponas konsideri ĉi tiujn du ĝeneralajn problemojn el la vidpunkto de filozofema fizikisto.

Nur tre malmultaj historiistoj estas pretaj konsenti ke la okazaĵoj traktataj en historiolibroj montras tiajn regulaĵojn kiaj estas formulablaj kiel naturleĝoj. Ja konataj estas la teorioj de Spengler kaj de Toynbee kiuj pretendas esti malkovrintaj periodecojn en la suprenkaj malsupreniroj de la popoloj, nacioj, civilizoj — procezoj de kreskado, florado kaj velkado, similaj al tiuj kiuj okazas en plantoj kaj bestoj. Mi ne povas prijuĝi, kiom tio estas ĝusta, kaj tio nin ne koncernas ĉi tie, ĉar mi pensas pri tute alitipa regulaĵo, kiu aperas kiam ajn temas pri granda nombro da objektoj, nome pri statistikaj — aŭ, prefere, stohastikaj — leĝoj. (La vorto stohastika nuntempe estas uzata kiam temas pri sistemo el multaj eroj kies stato ŝanĝiĝas rezulte de hazardaj agoj kaj interagoj). Por ĝuste trakti ĉi tiajn regulaĵojn oni devas uzi la probablokalkulon, eltroviton de Blaise Pascal por kompreni hazardludojn. Desia hazardluda origino ĉi tiu branĉo de la matematiko tre disvastiĝis al multaj aliaj homaj aktivaĵoj. Hodiaŭ ĝi estas aplikata, ekzemple, al asekuro, merkatanalizo, reguligo de trafiko, ktp. Ĝi estas aplikata ankaŭ en multaj branĉoj de scienco, ekzemple: astronomio de la steloj, genetiko, epidemiologio, la distribuo de specioj de plantoj kaj bestoj, ktp.

En la fiziko la statistiko aperis kun la ideo atomisma, kiu devenis de la kemio, sed longe antaŭ ol rekta observo certigis la efektivan ekziston de atomoj. La komenco estis ĉe la kinetika gasteorio. Ne eblas sekvi la moviĝon de unuopaj atomoj en gaso (eĉ ne teorie, pro la ege komplikitaj interagadoj ĉe kunpuŝiĝoj de la korpuskloj), kaj eĉ tia moviĝo tute ne interesas. Oni volas determini nur observeblajn mezvalorojn, kaj tiel disvolviĝis tio, kio nomiĝas statistika mekaniko. Ĉi tiu diferencas tamen de ĉiuj aliaj aplikoj de la statistiko al la naturo en unu esenca punkto, esprimita per la vorto mekaniko. La leĝoj de la mekaniko, kiaj starigis ilin Galilei kaj Newton, estas strikte kaŭzaj kaj determinismaj. La moviĝo de la atomoj devas obei ilin. Tial la atommoviĝo en gaso estas procezo samtempe haosa kaj laŭleĝa. La fiziko sukcesis interpaciĝi ĉi tiujn du trajtojn en la impona konstruaĵo de la statistika varmoteorio.

Ni nun reiru al la historia problemo de la disvolviĝo de scienco kaj teknologio. Tie la situacio ŝajnas iel simila. Ni konsideru fermitan grupon da homoj tian, kiaj ekzistadis en pasintaj historiaj periodoj: komunumo, ŝtato, grupo de nacioj. La unuopulo agas laŭ la impulsoj de sia volo kaj samtempe estas submetita al la influoj de sia ĉirkaŭaĵo kaj de siaj najbaroj. Konsiderante la konduton de granda nombro da homoj en komunaĵo, ni vidas miksaĵon de psikologiaj kaj statistikaj regulaĵoj

analogaj al tiuj de la statistika termodinamiko. Ni tiel ricevas la jenan bildon:

La disvolviĝon de la civilizo antaŭenigas malplimulto, nome tiuj kiuj estas talentaj, scivolemaj, strebaj, ne kontentaj pri la cirkonstancoj en kiuj ili troviĝas. Ili montras la vojon; la amaso sekvas. Oni ne riskas gravan eraron, supozante ke la elcento de talentuloj en loĝantaro estas proksimume konstanta. Ĉiu pliboniĝo de la vivkondiĉoj implicas pligrandiĝon de la tuta popolnombro kaj samtempe plimultiĝon de la teknikaj ebloj. Do mezvalore la rapido de la civiliza progreso devas esti proporcia al la samtempa grado de civilizo. Alivorte: la grado de civilizo mezvalore plialtiĝas laŭ eksponenciala leĝo. Ĉi tio estas simpla stohastika leĝo valida por la disvolviĝo de kiu ajn sana komunaĵo fermita.

Kontraŭ tia rezonado oni povas diri, ke la koncepto pri la „grado de civilizo” estas tro nedefinebla por permesi tian aserton. Ja estas vere ke rilate antikvajn historiajn epokojn oni ŝajne tute ne povas kontroli la supozitan leĝon. Sed rilate la speciale interesan modernan epokon oni faris esplorojn kiuj plene konfirmas la eksponencialan leĝon. Mi mencias nur tiujn kiujn faris D. J. Price, bibliotekisto de la Filozofia Societo de Cambridge en Anglujo. Li eltrovis metodojn por mezuri la gradon de disvolviĝo ĉe scienco kaj teknologio, ekzemple per tio, ke li kalkulis la nombron de la priesploraj artikoloj publikigitaj en ĉiu jaro, aŭ la nombron de la personoj dungitaj en metio, profesio, aŭ industrio, ktp. Li konstatis ke okazas kresko laŭ eksponenciala leĝo, ofte kun miriga precizeco (ĉirkaŭ 1%), kaj je rapido egale miriga, ĉar okazas duobligo en ĉiu periodo de 10 ĝis 15 jaroj. La faktoj sur kiuj estas bazitaj tiuj konkludoj, datumas el la periodo post proksimume la jaro 1700, kiam komenciĝis la moderna scienca epoko. Samtempe la observoj ankaŭ evidentigas la limojn de la valideco de ĉi tiu leĝo. Unue, ĝi interrompiĝas pro eksteraj perturboj, ekzemple la militoj de 1914-1918 kaj 1939-1945, kiuj estigis evidentajn deviojn disde la eksponenciala kurbo prezentanta la nombron de la prifizikaj publikigaĵoj (laŭ *Physical Abstracts*). Due, kaj pli grave: Se la objektoj konsiderataj apartenas al granda, sed ne senlima klaso, ekzemple la instruistoj kiel grupo el la civitanoj ĝenerale, eksponenciala kresko relativa povas okazi nur se la nombro de tiuj objektoj estas nur malgranda ono de la tuta klaso. Se la ono fariĝas tro granda, la eksponenciala kresko ŝanĝiĝas al malpli rapida aŭ tute ĉesas. Ja disvolviĝas kontraŭreagoj, inter kiuj certe ne la malplej grava estas la homa volo, direktata de la racio (ekzemple, oni ne permesas ke ĉiuj civitanoj fariĝu instruistoj).

Mi inklinas opinii, ke ĉi tiuj specialaj esploroj, kiom ajn limigita estas ilia amplekso, donas bildon de la disvolviĝo de civilizoj entute. Tamen, farante tiun ĝeneraligon, oni devas konsideri la fakton, ke la tuta homaro konsistas el multnombraj grupoj, ŝtatoj kiuj estis sendependaj kaj

kiuj kondutas kvazaŭ ili ankoraŭ estus sendependaj, sed kiuj kverelis, militis, kaj reciproke sin detruis. Tiuj eventoj, kiuj el mia aktuala vidpunkto aperas kiel perturboj, estas la temo de la ordinara historio. Ili malrapidigis la sciencan kaj teknologian progreson, ofte eĉ dum longaj periodoj, sed ne haltigis ĝin. Estas sendube ke ĉi tiu aserto estas vera rilate al tiu longega epoko kiu kutime nomiĝas „prahistoria”, dum kiu la duonbesta, simieca estaĵo evoluis al civilizita homo, kun lingvo, skribarto, terkulturo, brutbredado, iloj, armiloj, domoj, vilaĝoj, urboj, ktp. Kiam ni turniĝas al la epoko traktita en la skribita historio, ni ricevas pli multe da informoj pri militoj, detruoj, kaj katastrofoj, ĉar tiaj aferoj estas pli frapaj kaj ekscitaj ol la normala kreskado. Tamen, oni ne povas nei, ke meznombro kaj ĝenerale la grado de civilizo plialtiĝis. Ekde la jaro 1700, la progreso rapidiĝis spirhaltige. Fine ĝi kondukis al la eltrovo de la atomkerna energio, kaj tiel al krizo en la vivo de la homaro.

Tial, laŭ mi, al la demando ĉu oni povus esti evitinta ĉi tiun krizon de la ekzisto, la respondo estu klarvoĉa „Ne”. Mallonga resumo pri la historio de la scienco, kaj speciale de la fiziko kaj atomscienco, konfirmos ĉi tiun konkludon.

Atoma scienco komenciĝis ĉirkaŭ 600 a. K. kun la spekulativaĵoj de la grekaj filozofoj *Thales*, *Anaximander* kaj *Anaximenes*, kiuj estis la unuaj kiuj pensadis pri la naturo, pelate far nura scivolo, sen tuja celo praktika. La atomistoj *Leŭkippos* kaj *Demokritos* postulatis la ekzistadon de naturleĝoj kaj provis redukti la diversecon montratan de diferencaj substancoj al la konfiguracio kaj moviĝado de nevideble etaj, neŝanĝeblaj, nedivideblaj eretoj, la atomoj.

Ĉi tiu fascina, bela, kaj inspira ideo pri la esenca naturo de la materio troviĝadis en tombo de forgeso dum longa tempo, ĉar oni ne disponis pri rimedoj per kiuj oni povus verŝajniĝi ĝin. Eĉ la ĝenerala ideo mem ke estas eble konfirmi teoriajn konstruojn per sistema eksperimentado, ankoraŭ devis naskiĝi kaj esti disvolvata. La grekoj mem multe kontribuis al tio ĉi. Ni ŝuldas al ili ne nur la fondon de la abstrakta matematiko, sed ankaŭ ĝiajn unuajn aplikojn al la naturo, ekz., la statikon de solidaĵoj kaj likvaĵoj, kaj la Ptolomean sistemon de ĉielaj korpoj.

La grekan civilizon detruis invado de ekstere. Sed la araboj reprenis kaj konservis la sciencan tradicion de la grekoj. Ili transdonis ĝin al la popoloj de Eŭropo, kiuj fariĝis la sciencaj gvidantoj ekde la dekseca jarcento. Tamen ni ne forgesu ke estis periodoj kiam scienco floradis ankaŭ en Ĉinujo kaj Hindujo. Ofte oni klopodis sufoki la sciencon. La Romkatolika Eklezio brulmortigis Giordanon *Bruno* sur ŝtiparo kaj kondamnis Galileon *Galilei*. Niatempe, dum la regoperiodo de *Hitler*, ni aŭdis la frapesprimon „juda fiziko”, kiu kondukis al la forpelo de multaj fizikistoj el Germanujo kaj per tio al la velkado de la

tia fiziko. En Sovetio oni malagnoskis la Mendelajn leĝojn genetikajn kaj dum pluraj jaroj persekutadis ĝiajn adeptojn, sed fine devis cedi.

Ni nun returniĝu al la ideo atomisma: Ĝi reaperis en la kemio (se ni esceptas kelkajn primitivajn klopodojn en la kinetika gasteorio) komence de la deknaŭa jarcento per la laboro de *John Dalton*. Iom poste la ideo vastiĝis al la fiziko, unue per definitiva formulado de la kinetika gasteorio. De tie ni povas vidi rektan evoluan vojon al la hodiaŭa koncepto de la kernhava atomo.

La plej grava punkto kiun oni atingis sur ĉi tiu vojo, estis la eltrovo ke la atomo fakte ne rajtas pri sia nomo — signifanta „nedividebla” —, sed ke ĝi estas kunmetita el pli malgrandaj, elementaj korpuskloj. Kiel okazis ĉi tio, mi povas skizi nur per kelkaj linioj. La eltrovoj de la X-radioj far *Röntgen* kaj de la radioaktiveco far *Becquerel* malfermis la vojon. Proksimume samtempe, meze de la lasta jardeko de la pasinta jarcento, *J. J. Thomson* eltrovis la elektronon, kaj proksimume dek-kvin jarojn poste *Rutherford* trovis la atomkernon. En la posta periodo oni ĉefe esploris la aranĝon kaj moviĝon de la elektronoj ĉirkaŭantaj la kernon kiel negative ŝargita nubo. Montriĝis ke la klasika mekaniko ne kapablas trakti ĉi tiujn strukturojn, kaj ke ĝin anstataŭu kvantuma mekaniko, pri kiu mi poste diros kelkajn vortojn. Fine oni komencis la studon pri la atomkerno mem. La rezulto estis konfirmo de la antikva greka koncepto pri la ekzisto de finfinaj partetoj. Hodiaŭ ni nomas ilin nukleonoj kaj distingas du specojn: la protonojn kaj la neŭtronojn, laŭ tio ĉu ili portas elektran ŝargon, aŭ ne. Atoma kerno konsistas el nukleonoj; la nombro de la pozitivŝargaj protonoj determinas la kernan ŝargon kaj per tio la nombron de la negativaj elektronoj en la ĉirkaŭa nubo, necesaj por estigi elektran neŭtrecon. La kemia karaktero de atomo dependas sole de la nombro de la elektronoj. Sed kerno kun donita nombro da protonoj ankoraŭ povas havi diversajn nombrojn da neŭtronoj; rezulte ekzistas atomoj kemie identaj, sed mase diferencaj; oni nomas ilin izotopoj.

En 1938 *Hahn* kaj *Strassmann* trovis ke urania izotopo, kiam ĝi kaptas neŭtronon, malstabiliĝas kaj fendiĝas en du partojn proksimume egalgrandajn. Detala esploro de ĉi tiu procezo de fendiĝo malkaŝis ke samtempe kelkaj neŭtronoj liberiĝas. Kiam aliaj uraniaj kernoj estas trafataj de ĉi tiuj neŭtronoj, ĉenreago rezultas, kiu liberigas grandegan energion. En 1942 grupo de fizikistoj en Ĉikago, gvidata de *Enrico Fermi*, sukcesis konstrui kernreagujon (reaktoron) en kiu ĉi tiu procezo okazas en regulebla maniero.

Ĉi tie mi estas tentata lasi kelkan liberon al mia fantazio: kio estus okazinta se tiam ne estus estinta milito? Mi konjektas ke ĉio estus okazinta esence same, kvankam malpli rapide. Eble la unuan kernreagujon oni estus konstruinta kvin aŭ dek jarojn malpli frue, ie en la civilizita

mondo. La politikistoj kaj militestroj, kompreneble, ne estus ne rimarkintaj ĉi tion. Sed la malfacilaĵoj kaj elspezoj rilate al la produktado de atombombo estas tiel grandegaj, ke oni rajtas dubi ĉu io estus atingita sen la akuta premo de la milito. La Okcidentaj Parlamentoj certe estus hezitintaj konsenti sumegojn por projekto kies efektivigeblo estis pruvebla nur teorie. Oni eble estus havinta tempon por konsideri la konsekvencojn kaj por provi starigi internacian interkonsenton por eviti la danĝeron de atomkerna milito.

Sed ja ne tiel okazis. La procezo estis akcelata far historia hazardaĵo, kiel kemia reago far katalizilo. La hazardaĵo konsistis en tio ke la kernfendiĝon oni eltrovis en Germanujo en la periodo de la nacisocialista reĝimo.

Mi devis forlasi Germanujon, kiel multaj aliaj, kaj mi spertis la terurigon kiu inundis la ceteron de la mondo kiam la komenca sukceso de Hitler ŝajnis ebla ke li subjugigos ĉiujn popolojn de la mondo. Se Germanujo sukcesus fari atombombon antaŭ ol la aliaj nacioj, savo ne estus. Eĉ Einstein, kiu estadis pacisto dum sia tuta vivo, partoprenis en ĉi tiu timo kaj lasis sin persvadi averti prezidenton Roosevelt. Tiel komenciĝis timiga evoluo. Grandegaj rimedoj estis disponigataj; gigantan organizaĵon oni kreis, kaj la plej bonajn sciencistajn kaj teknikistajn cerbojn oni laborigis. La rezulto estis la unua atombomba eksplodo ĉe la eksperimentejo apud Alomogordo en Usono en julio 1945.

Ĝis tiu ĉi punkto ĉio evoluis tute „normale”, se oni konsideras la politikan situacion. La politikistoj kaj militistoj agadis singarde laŭ sia devo; kaj la fizikistoj, kemiistoj kaj inĝenieroj faris sian militan servon tie kie ili estis plej utilaj; ili havis senlimajn rimedojn je sia dispono por la esplorado de nova fascina branĉo de scienco, kaj leviĝis en la socia skalo al la rango de graveguloj.

La tragika okazaĵo estis la decido uzi la novan armilon, faligi du bombojn sur dense loĝatajn japanajn urbojn. Kiu estis respondeca pri tiu decido? La prezidento Truman donis la ordonon, aŭskultinte multajn konsilantojn. Inter ili estis ne nur politikistoj kaj militistoj, sed ankaŭ eminentaj sciencistoj. Estas vere ke grupo da atomkernfizikistoj avertis kaj ĝuste antaŭdiris la rezultojn en raporto al la militministro; la raporton¹⁾ subskribis la prezidanto de la komisiono, James Franck, mia amiko kaj kolego el pasinta paca tempo en Göttingen. Sed alia grupo da fizikistoj rekomendis la faligon de la bomboj.

Mi uzis la vorton „respondeco” — ne „kulpo”. Ĉar kiu rajtas arogi la juĝon pri homoj kiuj sub la premo de la milito agis kiel eble plej taŭge laŭ siaj scio kaj konscienco? Oni kutime provas pravigi la teruran de-

cidon, pretekstante ke ĝi efektivigis la baldaŭan finon de la milito, kaj ŝparis la vivojn de centmiloj da soldatoj ne nur usonaj, sed ankaŭ japanaj. Oni ne mencias la centmilojn da japanaj civiluloj — viroj, virinoj kaj infanoj — kiuj estis oferataj. Aŭ se oni mencias ilin, oni diras, ke pereigi ilin ne esence diferencas de tio kion ĉiuj militantoj faras ĉe ordinara aeratakoj. Kaj efektive, neniu povas nei tion. Sed ĉu oni povas pravigi grandan krimon, pretekstante ke ni kutimas fari multajn malpli grandajn krimojn?

Mi ne hezitas uzi la vorton „krimo”, tiom malpli, ĉar — kiel poste montriĝis — Japanujo jam antaŭ la faligo de la bomboj komencis traktadojn pri kapitulaco. Efektive, tio estis krimo, sed mi ne volas nomi iun apartan personon krimulo. Ĉi tie temas pri kolektiva kulpo, pri kadukiĝo de nia morala konscio rilate kiun ni ĉiuj kulpas — ankaŭ mi mem, kvankam mi ne ludis rolon en la dramo. Pluraj el miaj kolegoj en diversaj landoj kredeble konsentis pri tio, kion mi diras, sed pli multaj min akre kontraŭdiros jene: „Tio estas sentimentala sensencaĵo” aŭ „oni servu sian landon kaj ne faru demandojn” aŭ „vi mem jam konvinkiĝis ke ĉi tio estis neevitebla disvolviĝo, do ne ĝenu nin per via morala indigno”.

La lasta kontraŭdiro estas grava: kiel oni povas (aŭ rajtas) paroli pri kulpo kaj kolektiva krimo, se oni jam agnoskis la neeviteblecon de la disvolviĝo de la sovaĝulo kun arko kaj sago al la aviadisto kun atomkerna bombo?

Oni ne povas esperi sukceson de rekta alvoko al ne-sentimentala, materialisma sciencisto per etikaj aŭ religiaj argumentoj. Sed ekzistas respondo kiu distingiĝas per tio, ke finfine ĝi originas el la atomo mem. Mi jam aludis tion, ke la atomfiziko instruis al ni ne nur faktojn pri la materia mondo, sed ankaŭ novan manieron de pensado. Ĝi donis al ni konteorian lecionon, kiu, se oni ĝuste ĝin komprenas, fariĝas filozofio, vivosaĝo. Pri tio mi deziras diri kelkajn vortojn.

Ni do nun reiru de la monda scenejo al la studoĉambro kaj laboratorio. Mi klarigis kiel la atomismo iom post iom aliformis la klasikan fizikon. La originajn rigidajn kaŭzajn leĝojn de la Newtona mekaniko oni devis kompletigi per probablecaj konsideroj por ebligi korektan traktadon de gasoj kaj aliaj sistemoj konsistantaj el multaj korpuskloj. Ĉi-cele oni disvolvis la statistikan mekanikon kaj la kinetikan gasteorion. Tamen oni plu opiniis ke la korpuskloj, se nur eblus detale observi iliajn moviĝojn, estus trovataj kondutantaj laŭ la samaj mekanikaj leĝoj kiel la planedoj, kies poziciojn oni povas antaŭdiri jarmilojn anticipe. Sed, kun la progreso de la esploro de la strukturo de la unuopa atomo evidentiĝis ke la elektronoj en la nubo ĉirkaŭanta la kernon ne obeas la klasikajn leĝojn de la mekaniko. La unua indiko ke ni trafis sur ion tute novan, estis la kvantumo-hipotezo de Planck, en

¹⁾ Vidu: Bull. Atomic Scientists 1 (1946) 2-4, 16.

1900. Dum la sekvaj 25 jaroj ĉi tiu komencaĵoj kreskis, formante la modernan kvantuman mekanikon, kiu alportis ordon kaj sencon en la haoson de atomaj fenomenoj. Mi ne povas nun diskuti ĉi tiun teorion. Mi substreku nur unu punkton: La nova mekaniko faras, *principe*, nur eldirojn probablecajn. Ĝi ne respondas la demandon kie troviĝas iu korpusklo en difinita momento, sed nur la demandon, kiel granda estas la probablo ke iu korpusklo en difinita momento troviĝos en difinita loko. La nova teorio do estas malpli nepre en siaj antaŭdiroj kaj iusence pli modesta ol la malnova teorio. La ŝanĝon en la sinteno kaŭzis la agnosko ke ĉiu observo implicas mallason kaj perturbon de la objekto kaj fenomeno observataj. Pro tio la donitaĵoj uzataj en la klasika mekaniko por antaŭdiri la kielon de moviĝo estas principe neakireblaj — la leĝoj de l' naturo mem malebligas tion. Ĉi tiu limigo de la mezurebleco estas la esenco de la konataj rilatoj necertecaj de Heisenberg. Krome, ni lernis priskribi unu saman fenomenon pere de tute malsamaj imagaĵoj aŭ modeloj, ne trafante en kontraŭdirojn. Radiaĵo — ekz. lumradio aŭ katoda radio — povas esti priskribata ĉu kiel sinsekvo de ondoj laŭ la modelo de Huygens, ĉu kiel pluvo de korpuskloj laŭ la modelo de Newton; la elekto de la modelo dependas de la metodo de observado. La interakordo de ĉi tiuj ŝajne reciprokaj kontraŭdiraj priskriboj estas certigita far la fakto ke ambaŭ estas entenataj en unu sola, rigore korekta, matematika teorio. Por karakterizi ĉi tiun situacion la granda dana fizikisto Niels Bohr enkondukis la esprimon „*komplementeco*”. Ĝi aplikiĝas al du aspektoj de la sama fizika situacio, ne reciproke kontraŭdiraj, sed reciproke kompletigaj, kiuj nur kune prezentas plenan modelon de la per la matematika teorio senmanke priskribita realo.

Bohr ĝeneraligis ĉi tiun konteorian lecionon al „filozofio de komplementeco”. Estas multaj kampoj de homa pensado kie unu sama fakto povas esti vidata sub malsamaj, sed komplementaj aspektoj. Ekzemple, en la biologio oni uzas fiziko-kemiajn metodojn por esplori vivantajn organismojn, sed neniu biologo rezignus pri la priskribado de la vivoprocezoj per tute alia lingvo, uzante tiajn konceptojn kiel celo, ordo, evoluo, ktp. Ambaŭ manieroj de esprimado povas esti uzataj unu apud la alia, se oni nur konscias pri la limoj de ilia valideco: Ju pli profunda la fiziko-kemia analizo de biologia procezo estas, des pli tiu procezo mem estas perturbata, kaj ĉi tio sugestas ke la mekanismo de l' vivo ne povas esti plene konstatata pro tio, ke la esplorprocedo nuligus la vivon mem.

La plej aŭdaca apliko de la ideo pri la komplementeco estas la solvo, kiun prezentas Bohr de la antikva problemo pri la neceso kaj la libereco. Ni kredas je naturaj leĝoj kaj fidas pri ilia valideco en la ĉiutaga vivo. Sed ni, homoj, estas partoj de la naturo kaj subiĝas al ĝiaj leĝoj.

Do oni supozus ke tio kion ni faras, estas egale determinita kiel kiu ajn natura procezo. Tamen ni rigardas nin kiel estaĵojn kapablajn fari opiniojn kaj agi sur bazo de liberaj decidoj, kaj ni juĝas pri homaj agoj, nomante ilin virtaj aŭ malvirtaj, justaj aŭ maljustaj. Kiel ni povas tion fari, se ĉiu homa ago estas nur naturleĝe determinita procezo? La kontraŭeco ŝajnas nesolvebla. Ŝajne ekzistas nur du ebloj: aŭ oni devas kredi je la determinismo kaj opinii ke la libera volo estas subjektiva iluzio, aŭ oni devas fariĝi mistikulo kaj opinii ke la eltrovado de naturaj leĝoj estas sensignifa ludo. Metafizikistoj de la malnovaj skoloj proklamis ĉu unu, aŭ la alian el tiuj du doktrinoj, sed ordinaruloj ĉiam akceptis la duopan naturon de la mondo. La ideo de Bohr pri la komplementeco pravigas ĉi tiun naturan sintenon; ambaŭ opinioj estas egalrajtaj, ili estas komplementaj kaj nur kune prezentas bildon de la mondo.

Mi estas konvinkita ke Bohr pravas, kaj tial mi ne hezitas rigardi iujn okazaĵojn en la homa historio kiel determinitajn de leĝoj kaj samtempe paroli pri respondeco kaj kulpo.

Post ĉi tiu fiziko-filozofia devojiĝo mi jam revenos al tiuj aktualaj eventoj kiuj rezultis pro la interpuŝiĝo inter la atomscienco kaj la politiko.

Dum la dekunu jaroj de post la unua atomkerna eksplodo la alianco kontraŭ Hitler disiĝis, kaj komenciĝis la „malvarma milito” inter la du grupoj de ŝtatoj kiujn oni kutimas nomi la Oriento kaj la Okcidento.

Kiel malmulte la esenco de la naturscienco penetris en la konscion de la homoj, montriĝis en la periodo kiu sekvis post la fino de la milito. Multaj usonaj politikistoj kredis ke oni povos konservi la teknikan antaŭecon de la Okcidento per sekreteco. Per tio ili malhelpis la propran flankan esploron kaj per la kontraŭspiona incitkampanjo difektis la civilan liberecon, la fierindaĵon de sia lando. Nenio povis malhelpi la rusojn konfirmi jam konstatitan fakton kaj ekspluati ĝin teknike. La eksplodo de ilia unua urania bombo en la jaro 1949 ĉesigis la usonan monopolon, kaj kiam komenciĝis la disvolvo de la hidrogena bombo, la rusoj fariĝis la egaluloj de la okcidentanoj.

Ĉe la hidrogena bombo temas pri tute alia atomkerna reago ol ĉe la urania bombo, ne pri fendigo de pezaj kernoj, sed pri kunfandiĝo de malpezaj, nome pri la formiĝo de heliuma kerno el du protonoj kaj du neŭtronoj. Oni scias ke ĉi tiu reago estas la fonto de la radiada energio de la steloj. Ĝi do estas la procezo kiu daŭrigas la radiadon de la suno kaj tiel ebligas la vivon sur la tero. En la centraj regionoj de la steloj la temperaturo kaj premo estas tiel altegaj, ke ĉi tiu procezo, kiel ĉeno de sinsekvaj partaj reagoj, okazas spontanee. Similajn kondiĉojn oni povas estigi sur tero, uzante uranian bombon por ekbruligo, kaj la rezulto

estas la tiel nomata termonuklea eksplodaĵo. La energio eligata ĉe tia eksplodo estas la miloblo de tiu de urania bombo, kaj oni povas relative malmultekoste fabriki bombojn de kiu ajn amplekso. La hidrogena bombo estas absolute infera elpenŝaĵo, kaj ĝia efektiveco en Usono elvokis kontraŭstaron. La viro, gvidinta la faradon de la unua urania bombo, Robert Oppenheimer, komence malrekomendis pro miksaĵo de teknikaj kontraŭaĵoj kaj moralaj skrupuloj. Ĉi-lastaj tamen evidente ne estis tre fortaj, ĉar li cedis kiam lia kontraŭludanto, Edward Teller, elpensis novan, teknike simplan solvon. Komence oni uzis likvan hidrogenon, kaj la bombo, kiu devis enteni kompletan aparaton por la likvigo de la gaso, estis malfacile manipulebla malelegant-aĵo. Tiam Teller ellaboris metodon laŭ kiu estas uzataj solidaj substancoj el malpezaj atomoj (kombinaĵoj el la hidrogenizotopo tricio kaj la metalo litio). Ĉi tiu ideo akiris la aprobon de Oppenheimer, sed tio ne savis lin. Oni akuzis lin pri politika nefidindeco kaj vokis lin antaŭ la Komisionon de Sekureco de la usona Komisiono de Atomenergio. La esplordemandadoj koncernis preskaŭ ĉiujn elstarajn fizikistojn ludantajn rolon en la atomprojekto, kaj la koncerna publikigaĵo ampleksas 992 dense presitajn paĝojn. La komisiono mem decidis la 29an de junio 1954, kun kvar voĉoj kontraŭ unu, ke Oppenheimer estu eksigita el sia posteno kiel membro de la Konsila Komisiono kaj ne estu allasata al kiuj ajn sekretaj dokumentoj — de la organizaĵo kiun li mem kreis. Teller venkis. Ambaŭ viroj enskribis sian nomon en la libron de la mondhistorio, ĉu sur la kreditan, aŭ sur la debetan flankon, tion montris la estonto. Ilia sinpravigo kompreneble estas jena: se ne ni faras tion, tamen la rusoj faras. Ĉi tiuj efektive nelonge poste eksplodigis sian unuan H-bombon. Ambaŭ viroj, Oppenheimer kaj Teller, cetere ankaŭ Fermi kaj aliaj koncernatoj, inter kiuj ankaŭ rusaj fizikistoj, iam estis miaj kunlaborantoj en Göttingen, longe antaŭ ĉi tiuj eventoj, kiam pura scienco ankoraŭ ekzistis. Ja estas kontentige esti instruinta tiel inteligentajn kaj kompetentajn lernantojn, sed tamen mi dezirus ke ili estu malpli inteligentaj kaj pli saĝaj. Supozeble mi estas riproĉinda se ili lernis de mi nur metodojn de esplorado kaj cetere nenion. Pro ilia inteligento la mondo nun troviĝas en preskaŭ senespera situacio.

Kiu deziras pliajn informojn pri ĉi tiuj dramaj eventoj, legu la libron de Robert Jungk „Heller als tausend Sonnen” (Pli hela ol mil sunoj) (Eldonejo Scherz und Govers, Stuttgart, 1956), kiu donas ekvilibran prezentadon de la evoluo kaj de la personoj. Kiel antipodaĵon al ĉi tiu bona libro de ĵurnalisto mi menciis la malbonan libron de fizikisto kiu iam estis mia disĉiplo kaj kunlaboranto: „Der gescheiterte Aufstand” (La fiaskinta ribelo) de Pascual Jordan (Eldonejo Vittorio Klostermann, Frankfurt a/M) kiu, kun la pretendo esti

verkita de kompetentulo, estas kontestebila el politika, etika kaj religia vidpunktoj.

Kia estas nun la hodiaŭa situacio? Ambaŭ partioj, la Orienta kaj la Okcidenta, jam posedas sufiĉe da bomboj por reciproke detrui ĉiujn urbegojn kaj industriajn centrojn pere de aviadiloj kaj de gvidataj kaj balistikaj pafaĵoj. Mi ne provos konkuri kun romanistoj kaj ĵurnalistoj en la priskribado de la teruraĵoj de la atomkerna milito. Tamen estas necese memori ke grandskala uzado de atomkernaj armiloj kondukos ne nur al la detruado de difinitaj celataĵoj, sed ankaŭ al la radioaktiva venenigo de la atmosfero, kiu etendiĝos super la tutan mondon. Jam la malmultaj eksperimentaj bomboj kiujn oni eksplodigis en malproksimaj regionoj de la tero, plurloke proksimigis la radioaktivecon de la atmosfero al la danĝerolimo. Post atomkerna milito ne multo el nia civilizo ankoraŭ restus. La postvivantoj — amikoj kaj malamikoj, militantoj kaj neŭtraluloj, homoj, bestoj, kaj kreskaĵoj — ne tuj mortigitaj de la bomboj, suferus doloregan morton pro la radiada malsano.

La plej eminentaj ŝtatestoj de la grandaj nacioj posedantaj atomkernajn armilojn, kutimas deklari ke granda milito jam ne povas okazi. Sed nek iliaj propraj ministrejoj de eksteraj aferoj, nek la registaroj de malpli grandaj ŝtatoj multe atentis pri tiaj deklaroj. La malnova diplomatia ludo, la marĉandado kaj kverelado pri etaj avantaĝoj daŭras, kvazaŭ nenio estus okazinta. La malvolo de la Grandaj Potencoj implikiĝi en grava konflikto estas uzata de malpli grandaj ŝtatoj por ĉantaĝi. La Oriento kaj la Okcidento sin armadas per atomkerna armilaro ĉar ili sin malfidas reciproke, kaj iluziiĝas ke ili povas gajni sekurecon per minacado. La vorton „milito” oni evitas, sed militsimilan agadon, malobservadon de la internacia juro, kaj uzadon de perforto oni faras sub aliaj nomoj, kiel ni lastatempe konstatis en Hungarujo kaj Egiptujo (antaŭ ĉirkaŭ 2 jaroj — Red.).

Oni faradas treege multekostajn preparojn por milito, kiun oni nepreni akondiĉe permesu okazi. Tio estas la freneza situacio en kiu ni troviĝas. Ŝajnas kvazaŭ nia civilizo estus kondamnita al ruiniĝo pro sia propra naturo kaj pro la naturleĝeco de sia evoluo. La literaturo kaj filozofio de nia epoko agordiĝis laŭe. Mi pensas pri la romanoj de Aldous Huxley kaj George Orwell, kaj pri la verkoj de la ekzistadismaj filozofoj.

Sendube la homaro estas en akuta krizo. Nuntempe nur la timo trudas necertan pacon. Tamen, tio estas malstabila aferstato kiun oni devas anstataŭigi per io pli taŭga.

Ni ne bezonas serĉi malproksime por trovi pli solidan bazon por la ĝusta ordigado de niaj aferoj. Ĝi estas la principo kiu estas komuna al ĉiuj grandaj religioj, kaj pri kiu ĉiuj moral-filozofoj akordiĝas; la principo kiu en la Okcidento estas instruata de la Kristanismo; la principo

kiun Mahatma Gandhi efektive praktikis, kvazaŭ antaŭ niaj propraj okuloj, por la liberigo de sia lando, Hindujo: la rezigno pri perforto en la strebado al politikaj celoj.

Antaŭ kvindek jaroj, kiam mi estis juna, tian aserton oni ankoraŭ rigardis utopia kaj malsaĝa. Nun mi povas ĝin esprimi, ne estigante dubojn pri mia mensa saneco. En proksima estonto, kredeble, oni rigardos kiel malsaĝulojn ne la pacistojn, sed la militemulojn, ĉar la spertoj de la lastaj kvindek jaroj lasis fortan impreson sur la mensoj de la homoj. Tamen, mi sentas min ne kapabla entrepreni la taskon analizi kaj diskuti ĉi tiun grandegan problemon laŭ ĉiuj ĝiaj aspektoj. Kion mi povus aldoni al la vortoj de la grandaj poetoj kaj profetoj de nia epoko? Venas al mi en la menson la parolado kiun faris Albert Schweitzer kiam li ricevis la Nobel-premion por la Paco; la deklaro kiun publikigis iom antaŭ sia morto Albert Einstein, kune kun Bertrand Russell kaj aliaj klereguloj el multaj nacioj; la manifesto de Mainau, kiun subskribis 52 Nobel-laureatoj; la parolado de la germana poeto Reinhold Schneider okaze de la transdono al li de la pacopremio de la germana librokomercistaro; kaj multaj aliaj similaj deklaroj. Ĉi tiuj voĉoj jam ne estingiĝas ne aŭdite, ĉar ilin aŭskultas la ordinarulo — kaj eble ankaŭ kelkaj el la eminentuloj en tiu ĉi mondo.

Mi ne ignoras la malfacilaĵojn de la hodiaŭa politiko, la terurajn kunodiĝojn kaj konfliktojn de intereso, kaj la kunpuŝiĝojn de ideologioj, de raso, kaj de religioj. Sed kiam en la daŭro de la homa historio tiaj problemoj solviĝis per milito? Kutime unu milito kondukis nur al la sekvanta. Ĉu imagebla estas iu ajn politika celo kiu pravigus la riskon de atomkerna milito? Troviĝas multaj politikistoj kaj ĵurnalistoj kiuj respondas al avertoj de spertuloj per tiaj banalaĵoj, kiel „atom-histerio” aŭ „bombo-malvenkismo”. Tiaj politikistoj kaj ĵurnalistoj estas aŭ miopaj, aŭ fanatikaj kaj malicaj, aŭ apartenaj al unu el la multnombraj grupoj da homoj kiuj profitas — aŭ ŝajnas profiti — el milit-preparo kaj militado. Tiaj homoj estas industriistoj kiuj profitas per la fabrikado de armiloj; soldatoj al kiuj plaĉas la militista vivo kun sia tradicia romantiko kaj kiuj preferas sendemande obeadi, ol mem esti respondecaj; oficiroj, generaloj, admiraloj, aermarŝaloj, kies profesio estas la milito; fine la fizikistoj, kemiistoj, kaj inĝenieroj, kiuj elpensas kaj fabrikas novajn specojn de armiloj. Oni ne povos stabiligi la nunan-pacon-pro-timo, se oni ne donas alian enhavon al la vivo de tiuj homoj.

Kredeble ne ekzistas ia ĝenerala recepto por tio. Tamen mi povas diri kelkajn vortojn pri la fizikistoj, kies mensan sintenon mi konas. Mi opinias ke inter ili ne troviĝas eĉ unu sola persono komparebla kun Herostatos, la Efezano, kiu bruligis la templon de Diano por akiri eternan famon. Ĉe kelkaj el la fizikistoj kiuj laboris pri novaj armiloj, inter la motivoj sendube estis ambicio, tamen ne la volo detru,

por famiĝi, sed la deziro kontribui al la defendo de la lando kaj ties ideologio. Ili ne estas la misteraj, malbonaŭguraj figuroj, kiaj volonte prezentas ilin iu speco de populara literaturo, sed ordinaraj homoj dotitaj per specifa talento. Ilia etiko ne estas koncernata de ilia scienco. Ili rigardas bona tion, kio estas utila por ilia lando, same kiel tion faras ĉiuj lojalaj civitanoj. Sed samtempe ili nepre konscias pri speciala vivtasko — kaj tio min kondukas al gravega demando kiun ĝis nun mi ne konsideris.

La eltrovo de la atomkerna energio estas ne nur minaco, danĝero al la ekzisto de la homaro, sed ankaŭ rimedo por profunda esplorado pri la sekretoj de la Naturo, kaj per tio por la teknika progreso. Ĝi ja estas, sen troigo, la rimedo por savi la homan civilizon el alia, inside alproksimiĝanta danĝero, nome: la elĉerpiĝo de la fosiliaj brulaĵoj — la karbo kaj la petrolo.

La kernreaguloj estigas ne nur eksplodaĵojn, sed ankaŭ du aliajn aĵojn, treege gravajn: radioaktivajn izotopojn kaj energion.

Diskuto pri la radioaktivaj izotopoj estas ekster la kadro de ĉi tiu artikolo, do mi diros pri ili nur malmulte. Laŭ mi, estas kvar gravaj kampoj por la aplikado de radioaktivaj izotopoj: (1) kiel naturaj horloĝoj ĉe la esplorado de la geologia, kosmologia, kaj arkeologia kronologio; (2) kiel treege potencaj markiloj por ebligi spuradon de iuj substancoj en fizikaj, kemiaj, fiziologiaj, kaj metalurgiaj procezoj; (3) kiel rimedoj por akceli mutaciojn kaj tiel estigi novajn speciojn de organismoj por teoria studado kaj por praktika uzo en la terkulturo; (4) kiel rimedoj ĉe la medicina diagnozo kaj terapio, precipe ĉe la kuracado de kancero. En ĉiu el ĉi tiuj kampoj la novaj metodoj kaŭzis revolucion; multon oni jam atingis, plimulton oni povas ankoraŭ ekspekti. Sed ĉio ĉi apartenas nur nerekte al mia temo.

Tamen la demando pri la produktado de energio rilatas al mia temo rekte. Nia civilizo baziĝas sur la ekspluatado de la fosiliaj brulaĵoj, karbo kaj petrolo, kun malgranda kontribuo de la akvopotenco. Ĉi tiuj brulaĵoj estas nun ankoraŭ sufiĉakvante produktataj, aŭ, pli ĝuste, elminigataj. Sed jam ne malproksime estas la momento kiam la produktado ne plu sufiĉos por la bezonoj. Ni ja foruzas nian kapitalon kaj malŝparas ĝin kun senekzempla senkonsidereco. Nuntempe la homaro ĉiujare konsumas proksimume tiom, kiom la naturo per fiksado de suna energio amasigadis dum unu miliono da jaroj. La mondaĵ provizoj de petrolo ankoraŭ en la nuna jarcento tre malpliĝos. La karboprovizoj estas iom pli abundaj, sed ĝuste en la plej evoluintaj landoj industriaj, kiel Britujo, ili proksimiĝas al sia elĉerpiĝo kaj ĉie oni devos, por kontentigi la bezonon pri likvaj motorbrulaĵoj, sintezi benzinon el karbo. La fino de la karboepoko jam ne estas malproksime.

Malgraŭ multnombraj militoj la nombro de la homoj treege pli-

grandiĝis dum la lastaj 150 jaroj en proksimume eksponenciala maniero, duobliĝante en periodo de ĉirkaŭ 100 jaroj, kiel montras la jenaj nombroj:

En la jaro	1800	1850	1900	1950	
estis ĉirkaŭ ...	900	1250	1600	2500	milionoj da homoj.

Ankoraŭ kelkajn nombrojn mi menciuj: Hodiaŭ ĉiutrisekunde naskiĝas du homoj pli, ol mortas samperiode. Do la homaro kreskas kun 60 mil homoj tage, t.e. 22 milionoj po jaro.

Pri la misrilato inter la laŭ geometria progresio kreskanta loĝantaro de la tero kaj la — en plej favora kazo — laŭ aritmetika progresio kreskanta produktado de nutraĵoj jam antaŭ 160 jaroj atentigis la anglo Thomas Malthus. Ĉi tiun instruon akre kontraŭbatalis speciale la doktrinemaj sistemoj ĉiutendencaj, la eklezio, kiel ankaŭ la totalismaj mondaj potencoj, ĉu faŝismaj, aŭ komunismaj. Kaj tamen oni facile kalkulas ke, se la ĝisnuna eksponenciala kresko daŭrus, post unu jarmilo la homoj sur la tero, inklude dezertojn kaj Antarktikon, ne havus pli da spaco kiel sur la platformo de troplena tramvagono. Ĉe tio oni konsideru ke jarmilo estas ege eta ono de la tempospaco de duona jarmiliono dum kiu vivadas homoj sur la tero, kaj de la multegaj milionoj da jaroj kiuj estos ankoraŭ je la dispono de la homaro se la homoj taŭge uzados sian dian doton, la prudenton.

La bezono pri nutraĵoj, kaj speciale pri energio, certe kreskos ankoraŭ grave pli rapide ol la nombro de la homoj, ĉar la loĝantaroj de grandaj terpartoj, speciale en Azio kaj Afriko, ankoraŭ vivadas en cirkonstancoj ege postrestintaj kompare kun tiuj de la pli progresintaj landoj, kaj intense deziras forigi tiun postreston.

Oni do ne bezonas grandan profetan talenton por antaŭdiri kun certeco ke la homaro alproksimiĝas al krizo.

Kiel oni solvu la nutraĵoproblemon, tion kredeble eĉ la koncernaj fakuloj ne scias. Sed solve al la energiproblemo oni eltrovis metodojn por liberigi atomkernan energion ankoraŭ ĝustatempe por eviti katastrofon. La tutmondaj provizaĵoj de uranio kaj torio sufiĉas por multaj generacioj, eĉ se la energikonsumo de la postrestintaj nacioj grade levigis al la eŭropa-amerika-aŭstralia nivelo. Oni ankaŭ vigle esploras la problemon, kiel fari la kunfandiĝon de hidrogenkernoj regebla procezo; la kruda materialo por ĉi tiu procezo estas havebla en senlima kvanto. La teknikaj malfacilaĵoj, speciale de la forigo de radioaktivaj forĵetaĵoj, estas grandegaj, sed, supozeble, venkeblaj.

La atomkernfizikistoj konscias pri sia respondeco pri ĉi tiuj disvolvadoj, sen kiuj nia civilizo mizere pereus pro manko de energio; kaj ili sindediĉe laboras por solvi la malfacilajn ĉi-koncernajn sciencajn, teknologiajn, ekonomikajn kaj sociajn problemojn. Mi ne estas fakulo pri

tiaj demandoj; tamen, legado kaj diskutado kun fakuloj konvinkis min pri jeno: La starigo de kernreaguloj, komence por provaj celoj, poste grandskale por energiproduktado, ne rezultigos danĝerojn pli grandajn ol kiu ajn alia granda teknika progreso. Vaporokaldrono povas eksplodi; vagonaroj povas elreliĝi aŭ kolizii. Simile en kernreagulo ĉenreago povas eksplode disvolviĝi kaj endangerigi la deĵorantajn funkciigistojn, eĉ la tutan ĉirkaŭaĵon. Oni devas akcepti tiun riskon. Tute alia afero estas la radioaktiva venenigo de la atmosfero per la eksperimentaj kerneksplodoj de la Grandaj Potencoj. Tio estas danĝeriga malsaĝaĵo kontraŭ kiu ni luktadu. Ĉar krom la minaco de radiado de forŝvebintaj polvoj ekzistas la danĝero de venenigo de nutraĵoj. Ekzistas longedaŭraj izotopoj, ekz. stroncio-90 kun periodo de duoniĝo de 20 jaroj, kiu akumuliĝas en plantoj, kaj kun ili transiras ankaŭ en bestojn kiuj manĝas plantojn, kaj en aliajn bestojn kiuj manĝas la unuajn, kaj fine ankaŭ en homojn, kiuj manĝas plantojn kaj bestojn. Plej malbone ĉe tio estas, ke tio koncernas ne nur la nun vivantajn generaciojn, sed ankaŭ la generaciojn de naskotoj, ĉar la heredofaktoroj, la t.n. genoj de la reproduktaj ĉeloj, estas aparte impresblaj far radioj. Kontraŭ ĉi tiu sinmortigo de la homaro komenciĝis tutmonda propagando, kaj ŝajnas ke la registaroj de la atompotencoj komencas atenti ĝin. Gravus kaj urĝas venki la militisman spiriton, aŭ pli ĝuste misspiriton.

Ŝajnas, kvazaŭ la providenco provus la homaron, dirante al ni: „Vi deziras vivadi, plimultiĝi, kaj plibonigi viajn vivkondiĉojn, — jen, mi donas al vi la ŝlosilon de via estonto, sed sub unu kondiĉo: ke vi forlasu viajn kverelojn, suspektojn, kaj perfortojn. Se vi rifuzas, ve al vi!”

Ĉu oni atentus la averton?

Ekzistas indikoj pri tio. Ekzemple, en la rondoj al kiuj mi profesie apartenas, la sento pri socia respondeco kreskas. En Usono kaj en Britujo oni fondis societojn kiuj luktas kontraŭ la misuzo de la scienco por la milito. Pri pacaj aplikoj de la atomkerna fiziko oni internacie kunlaboras. En la jaro 1955 granda konferenco en Ĝenevo estis dediĉata al tiu celo, kaj en 1956 oficialaj delegitoj el multaj landoj kunvenis en Novjorko por fondi internacian organizon. En Ĝenevo en admirinda parolado pri la eterna interpopola malpacado, Niels Bohr diris jenon: „La malfacilo mem, sur la bazo de sia propra nacia tradicio ĝuste taksu la tradiciojn de aliaj nacioj, urĝas rigardi la rilatojn inter la kulturoj kiel komplementajn.” Agnosko de la alieco; ne malamikeco inter la popoloj, sed reciproka kompletigo, komplementeco; jen la vorto per kiu la granda abstraktpensulo antaŭ aŭskultantaro sciencista el ĉiuj partoj de la mondo pledas por interpopola akordiĝo.

Inter kristanoj tiaj abstraktaĵoj devus esti superfluaĵ. Devus sufiĉi preni la instruojn de Kristo seriozaj kaj mezuri bonecon kaj malbonecon ne per nacia, sed per homeca mezurilo. Neniam antaŭe en la

historio tiu postulo estis tiel urĝa, neniam, ankaŭ, la puno pro malobeo tiel evidenta.

Ne mirige tial, ke fariĝas vigla propagando por la forigo de la atomkernaj armiloj per internacia akordiĝo. De ĉi tiuj klopodoj, mi malkaŝe konfesu, mi ne ekspektas multon; ĉar se okaze de milito komence oni militus nur per kutimaj armiloj, tamen de neniua nacio oni ekspektu ke, kiam la kondiĉoj ekstreme streĉiĝos, ĝi rezignos la uzadon de kia ajn armilo. Efektive la militestroj usonaj deklaris, ke ili eĉ ne atendus ĝis ekstrema urĝo, sed al kiu ajn atako tuj respondus per atomarmiloj. Mi konvinkiĝis ke la sola rimedo por eviti ĝeneralan detruigon, estas la ĝenerala rezigno pri uzado de perarmila perforto akompanata de grada malarmado. Anstataŭ la propagandon por la malpermeso de atomkernaj armiloj, mi rekomendas energian kampanjon popolklerigan pri la naturo de ĉionampleksa milito. La bela ideo pri la heroo kiu batalas kaj mortas por sia patrujo, sia edzino kaj sia infano, estas senrilato al la hodiaŭa realo; ĝi estas, por paroli malkaŝe, pura sensencaĵo. Tre kredeble la edzino kaj infano estos viktimoj de atombombo antaŭ ol la soldato en sia elfosejo, bunkro, aŭ tanko, kaj la savita patrujo fine similos al pejzaĝo sur la luno.

Sed eĉ ni supozu ke estonte la Grandaj Potencoj evitos militon, komence pro timo, kaj poste, eble, pro pli bonaj motivoj, kaj ke ili malobligos, aŭ almenaŭ limigos militsimilajn konfliktojn inter malgrandaj ŝtatoj, kia paco estos?

Apenaŭ komforta paco, tera paradizo, pri kiu mi, kiel ankaŭ multaj aliaj, revadis. Eĉ se oni ĉesigos la organizitan kaj industriigitan amasan murdadon, ne ĉesos la luktado laŭ la rigora leĝo al kiu la Naturo submetis ĉion vivantan. Scienco kaj tekniko tiam kredeble sekvos senmalhelpe sian tendencon al rapida, eksponenciala ekspansio. Tio tamen ne implicas kreskon de la konsumnivele, eĉ malpli de la feliĉo de la homoj, tiel longe, kiel ilia nombro kaj kun ĝi iliaj bezonoj pri nutraĵo kaj energio kreskos same eksponenciale kaj ne limigite.

En ĉi tiu punkto la teknikaj problemoj de la atomo tuŝas sociajn problemojn, kiel naskolimigo kaj la justa distribuo de riĉaĵoj. Oni akre luktos pri ĉi tiuj problemoj — se ne per armiloj mortigaj, do per la pli civilizitaj armiloj de la menso. Eĉ se oni sukcesos ekzorci la fantomon de la atomkerna bombo, la fantomo de la eksponenciala plimultigo zorgos pri tio, ke oni ne havos trankvilan vivon, liberan de zorgoj. Fone ĉiam estos la danĝero de sinneniigo per malkatenado de atomkerna energio, kiel puno pro refalo en la politikan barbarecon, kiu estas nia heredaĵo. Antaŭnelonge ni spertis tian refalon (Egiptujo, Hungarujo). Ĉi tiun fojon nin savis la reago de la publika opinio en la tuta mondo. La publika opinio: tio estas ni. Kaj ĉiu el ni povas kontribui al tio, ke ĝia potenco kresku.

DOMAĜO DE LA ATOMBOMBO EN POSTAJ JAROJ

de Prof. d-ro Hideo YAGI

Prelego en Internacia Somera Universitato, Mainz, 1958.

La atoma bombo signifas la unuan bombon, kiun Japanujo suferis por la unua fojo en la homa historio. Pro tio mi kredas ke japano havas privilegion, eĉ rajton raporti ĉiun detalon pri ĝia efiko de detruo kaj difekto.

Ĉar mi estas kuracisto, mi ne volas pritrakti ĝian efikon aŭ influon al konstruaĵoj aŭ al la urbo entute, sed mi volas limigi mian temon al ĝia efiko al la homo — al la homa korpo.

SENPERA, TUJA DETRUO

La senpera rezulto de la atoma bombo — en la momento de ĝia eksplodo — estis vere terura. Tion vi jam bone scias. La tuta mondo scias jam tre bone.

La 6-an de Aŭgusto 1945 Hiroŝima, najbara urbo de Okajama kie mi loĝas, suferis je la unua atombombo. 69 000 domoj disfalis momente kaj 260 000 homoj mortis. Ne imageble alta temperaturo de 3 000—4 000° C. kaŭzis brulegon, fajregon kaj premegon, kiu detruis ĉion per sia radiada energio perfekte kaj senfine!

Tri tagojn poste, nome la 9-an de Aŭgusto, Nagasaki ricevis la duan bombon atoman en kiu 1 000 domoj kaj 70 000 homoj pereis same kiel en Hiroŝima.

En ambaŭ urboj pereis momente ĉiu vivaĵo en rondo de unukilometra radiuso, — morto de 100%. Kaj en rondo de 2-kilometra radiuso mortis 50%, t.e. la homoj radiitaj ekhavis senpovecon de la korpo, simptomojn de naŭzo, vomemo, kapdoloro, kapturigo, lakso, k.a. — ili mortis en kelkaj sekvintaj tagoj je 50%.

Tiu terura fakto estis la senpera rezulto de la atombombo; pri ĝi oni estas jam sufiĉe informita. — La mondo scias kaj komprenas la aferon tre bone.

La dua demando estas, ĉu la atoma bombo, unu fojon ĵetita, ne postlasas ian longedaŭran efikon al la homa korpo eĉ post longaj jaroj?

Tiu ĉi dua demando restas ankoraŭ hodiaŭ — 13 jarojn post *tiu tago* — unu el la plej gravaj demandoj rilate al la atoma bombo.

Sed al tiu ĉi dua demando troviĝas tre malmulte da respondoj. Kontraŭe, oni emas eĉ forgesi simple, pensante ke la influo de la atoma bombo jam pasis for entute! Granda eraro!

INFLUO EN LA DAŬRO DE LONGAJ SEKVINTAJ JAROJ

Mi devas citi la fakton, ke preskaŭ ĉiuj homoj tiamaj en Hiroŝima