

Cursul VII

CUNOAȘTEREA ȘTIINȚIFICĂ CLASICĂ ȘI MODERNĂ ȘI AMPRENTA EI ASUPRA COSMOLOGIEI

1. INTRODUCERE¹

Cosmogonia, studiul originii și evoluției universului ca un tot, precum și a corpurilor individuale ce-l compun. Din moment ce cosmogonia are de a face de obicei cu creația, cosmogoniile din trecut au făcut parte din religii sau mitologii. Este imperios de aceea pentru cunoașterea acestor cosmogonii să abordăm problema din perspectiva religiilor cunoscute și având o cosmogonie reprezentativă, eventual diferită față de celelalte; unde este cazul vom prezenta aici numai elementele particulare dintre ele. Cosmogoniile moderne formează părți ale cosmologiei științifice, cuprinzând studiul tuturor aspectelor pe o scală largă a conținutului și organizării universului fizic, precum și istoria acestuia.

O încercare de a explica originea sistemului solar pe o bază naturală mai degrabă decât pornind de la un proces supranatural a fost inițiat de Emanuel Swedenborg și Immanuel Kant pe la mijlocul anilor 1700'. Teoriile lor semănau foarte mult cu ipoteza nebulară montată mai târziu de Pierre Simon de Laplace în 1796.

Ipoteza **nebulară** și cele care i-au succedat – „teoria **planetesimală**” a lui F. R. Moulton și T. C. Chamberlin prin 1905, precum și „teoria tidal” a lui J. H. Jeans prin 1916-1918 – au fost îndepărtate în favoarea „teoriei condensării turbulente”. Această teorie, propusă prima dată de fizicianul german Carl von Weizscker în 1940', presupune că soarele nou format era înconjurat de particule solide dispersate, de un înveliș de materie care se rotea foarte lent, la fel de întins cât sistemul planetar actual. Materialele mai grele care alcătuiau acest înveliș s-au acumulat într-un final în planete în buzunarele create de vârtejurile ce se iscau în acest înveliș. O astfel de teorie pare să explice de ce planetele de pe orbitele altor planete coincid îndeaproape cu Luna de pe orbita pământului și sugerează de ce planetele sunt îndepărtate de soare la anumite distanțe. O altă teorie, bazată parțial pe dovezi luate de echipaje aflate în explorări lunare, afirmă că planetele s-au răcit într-un proces numit acumulare.

Teoria cea mai larg acceptată despre începutul universului însuși este numită teoria „**Big Bang**”. Conform acestei teorii universul a luat ființă într-un singur punct (singularitate) în urmă cu apx. 10 - 20 miliarde de ani în urmă. O teorie alternativă, **Teoria stării de echilibru**, susține că universul nu a avut un început și că universul este în mare parte la fel acum ca întotdeauna.

¹ Mărturisesc că această primă formă a cursului nu este nici pe departe ceea ce îmi doream, dar, din motive practice, a trebuit să vă ofer câteva rânduri concrete pentru studiul individual. Am subliniat și la curs că, pe lângă suportul de curs oferit pe site, vor fi de mare folos și notițele și discuțiile purtate la cursuri și seminarii.

2. Teoria relativității

Teoria relativității reprezintă în fizica modernă un ansamblu a două teorii formulate de Albert Einstein: relativitatea restrânsă și relativitatea generalizată.

Ideea de bază a acestor două teorii este că timpul și distanțele unui eveniment măsurate de doi observatori au, în general, valori diferite, dar se supun totdeauna aceluiași legi fizice. Când doi observatori examinează configurații diferite, și anume deplasările lor, una în raport cu cealaltă, aplicând regulile logice, se constată că legile fizice au în mod necesar o anumită formă.

2.1. Relativitatea restrânsă

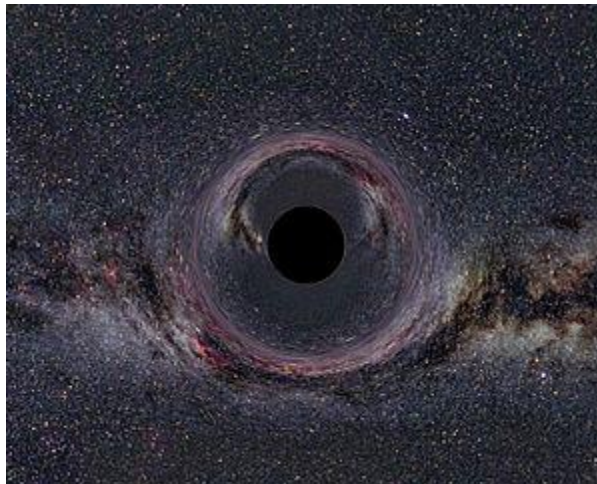
Relativitatea restrânsă, formulată în 1905, s-a născut din observația că transformarea care permite schimbarea unui sistem referențial, transformarea lui Galilei, nu este valabilă pentru propagarea undelor electromagnetice, care sunt dirijate de ecuațiile lui Maxwell. Pentru a putea împăca mecanica clasică cu electromagnetismul, Einstein a postulat faptul că viteza luminii, măsurată de doi observatori situați în sisteme referențiale inerțiale diferite, este totdeauna constantă (ulterior a demonstrat că acest postulat este de fapt inutil, pentru că viteza constantă a luminii derivă din formele legilor fizice).

Aceasta l-a condus la revizuirea conceptelor fundamentale ale fizicii teoretice, cum sunt timpul, distanța, masa, energia, cantitatea de mișcare, cu toate consecințele care derivă. Astfel, obiectele în mișcare apar mai grele și mai dense pe direcția lor de mișcare, pe când timpul se scurge mai lent la ceasurile aflate în mișcare. O cantitate de mișcare este acum asociată vitezei luminii, viteza luminii în vid devenind viteză limită atât pentru obiecte, cât și pentru informații. Masa și energia devin echivalente. Două evenimente care par simultane unui observator, apar în momente diferite altui observator care se deplasează în raport cu primul. Relativitatea restrânsă nu ține cont de efectele gravitației, elementul central al formulării ei matematice sunt transformările Lorentz.

2.2. Relativitatea generală

Relativitatea generală a fost formulată de Einstein în 1916. Această teorie utilizează formulele matematice ale geometriei diferențiale și a tensorilor pentru descrierea gravitației. Spre deosebire de relativitatea restrânsă, legile relativității generale sunt aceleași pentru toți observatorii, chiar dacă aceștia se deplasează de o manieră neuniformă, unii față de ceilalți.

Relativitatea generală este o teorie geometrică, care postulează că prezența de masă și energie conduce la "curbura" spațiului, și că această curbura influențează traiectoria altor obiecte, inclusiv a luminii, în urma forțelor gravitaționale. Această teorie poate fi utilizată pentru construirea unor modele matematice ale originii și evoluției Universului și reprezintă deci unul din instrumentele cosmologiei fizice.



Simularea unei găuri negre cu masa de zece ori mai mare decât a soarelui, văzută de la o distanță de 600 km cu galaxia Calea Lactee în fundal.

Relativitatea generală sau teoria relativității generale este teoria geometrică a gravitației, publicată de Albert Einstein în 1916. Ea constituie descrierea gravitației în fizica modernă, unifică teoria relativității restrânse cu legea gravitației universale a lui Newton, și descrie gravitația ca o proprietate a geometriei spațiului și timpului (spațiu-timp). În particular, curbura spațiu-timp este legată direct de masa-energia și impulsul materiei, respectiv a radiației. Relația fundamentală a teoriei relativității generale este dată de ecuațiile de câmp ale lui Einstein, un sistem de ecuații cu derivate parțiale.

Predicțiile relativității generale diferă semnificativ de cele ale fizicii clasice, mai ales în ce privește structura mărimilor fizice: timpul, metrica spațiului fizic real, energia, dar și asupra teoriei propagării luminii în spațiul fizic. Exemple de astfel de diferențe sunt dilatarea temporală gravitațională, deplasarea spre roșu gravitațională a luminii, și întârzierea gravitațională. Previziunile relativității generale au fost confirmate de observațiile empirice efectuate în toate domeniile științelor experimentale. Deși relativitatea generală nu este singura teorie relativistă a gravitației, ea reprezintă cea mai simplă teorie în acord cu datele experimentale. Totuși, teoria nu oferă răspuns la câteva dileme teoretice, cea mai fundamentală dintre acestea fiind modalitatea în care se poate unifica teoria gravitației generale cu legile mecanicii cuantice, care să conducă la o teorie completă și consistentă cu ea însăși a gravitației cuantice.

Teoria lui Einstein are implicații astrofizice importante. Din ea decurge posibilitatea existenței găurilor negre – regiuni ale Universului în care spațiul și timpul sunt distorsionate într-o măsură atât de pronunțată, încât nimic, nici măcar lumina, nu mai pot emerge de acolo – ca stare finală a evoluției stelelor masive. Există indicii că astfel de găuri negre stelare, precum și alte tipuri mai masive de găuri negre, sunt răspunzătoare pentru radiațiile intense emise de unele tipuri de obiecte astronomice, cum ar fi nucleele galactice active sau microquasarii. Curbura traiectoriei luminii sub efectul gravitației poate conduce la apariția de lentile gravitaționale, prin care se văd pe cer mai multe imagini ale aceluiași obiect astronomic. Relativitatea generală prezice existența undelor gravitaționale, care au fost măsurate indirect. O măsurare directă a acestora este scopul mai multor proiecte, între care și LIGO. În plus, relativitatea generală stă la baza modelelor cosmologice actuale ale unui univers în expansiune.

2.3. Descoperirea principiului relativității

Principiul relativității a fost descoperit de parintele dinamicii moderne, Galileo Galilei, ca urmare a încercărilor sale de a dovedi că pământul se misca prin spațiu, așa cum cerea concepția lui Copernic. Se știe că marele astronom polonez se ridicase împotriva ideilor lui

Aristotel și Ptolemeu, idei susținute încă de învățații secolului al XVII-lea, după care Pământul ar fi fix în spațiu, iar în jurul lui s-ar mișca Soarele și planetele. În cartea pe care a publicat-o la Florența în 1632, cu titlul „Dialogo di Galileo Galilei sopra i due massimi sistemi del mondo Tolemaico e Copernicano” (Dialogul lui Galileo Galilei asupra celor două sisteme mari ale lumii, ptolemeic și copernician). În această lucrare, Galilei afirmă că pentru a putea stabili cu precizie dacă Pământul se mișcă sau nu prin spațiu trebuie să recurgem la experiențe. Și anume, experiențe efectuate pe o corabie în repaus și apoi în mers rectiliniu și uniform. Ar fi posibil să se descopere, în aceste condiții, dacă mișcările de pe puntea vasului sunt sau nu influențate de deplasarea acestuia. Dacă nu sunt influențate, atunci nici mișcările de la suprafața Pământului nu sunt influențate de rotația globului terestru, astfel ca inexistența acestor influențe nu poate fi invocată în sprijinul concepției aristotelice, după care Pământul ar fi fix în spațiu.

O experiență întreprinsă special în scopul de a observa influența mișcării unei corabii asupra unui fenomen din cuprinsul ei, se datorează filozofului francez Pierre Gessendi. Acesta a studiat în 1640 caderea unei pietre din vârful catargului unei corabii în mers, în apropiere de portul Marsilia: piatra a căzut exact la baza catargului, ca și cum corabia ar fi stat pe loc.

Din cele publicate de Galilei nu reiese în mod clar că el ar fi întrevăzut aici experiența unei legi generale, care să justifice desfășurarea unor fenomene în sistemele aflate în mișcare rectilinie și uniformă. Meritul de a fi formulat pentru prima dată o astfel de lege îi revine lui Newton. În celebra lui operă: *Philosophiae naturalis principia mathematica* (Principiile matematice ale filozofiei naturale) din 1687, tratând axiomele sau legile mișcării, ilustrul învățat englez enunță următoarele: Într-o corabie toate mișcările se întâmplă la fel, fie că ea este în stare de repaus, fie că se mișcă în linie dreaptă. După cum se vede în acest citat, influența lui Galilei asupra lui Newton este evidentă, dar fizicianul englez omite să-l menționeze pe cel care a inițiat primele cercetări în această direcție.

2.4. Principiul relativității în mecanica clasică

În mișcarea unui corp se măsoară viteza acestuia față de un alt corp de care considerăm legat un sistem de referință (SR). Ca urmare, nu putem vorbi despre o viteză absolută a corpurilor, ci numai despre o viteză relativă.

Prin sistem de referință inertial (SRI) se înțelege un sistem de referință față de care este valabil principiul inerției. Conform mecanicii clasice, un sistem de referință este inertial dacă și numai dacă se mișcă rectiliniu și uniform față de un alt sistem de referință care este inertial.

Sistemele inertiiale prezintă o proprietate fizică foarte importantă: mișcarea acestora nu influențează fenomenele fizice din cuprinsul lor. Caderea liberă a corpurilor, mișcarea pendulelor etc. se execută la fel, fie că sistemul inertial se află în mișcare rectilinie și uniformă fie că se află în repaus (față de Pământ). Aceasta înseamnă că: nici o experiență mecanică, executată într-un sistem inertial, nu poate să pună în evidență mișcarea rectilinie și uniformă a sistemului. Un observator aflat în cuprinsul unui astfel de sistem nu poate să-și dea seama de mișcarea acestuia, decât numai dacă privește lucrurile din afară.

2.5. Transformările Galilei

Fie un eveniment care constă în existența unui punct material P într-un anumit loc din spațiu, la un anumit moment. Considerăm două sisteme de referință inertiiale, unul fix S și unul

CUNOAȘTEREA ȘTIINȚIFICĂ CLASICĂ ȘI MODERNĂ ȘI AMPRENTA EI ASUPRA COSMOLOGIEI

mobil S' , fata de care vom descrie evenimentul respectiv. Fata de sistemul S coordonatele evenimentului sunt (x, y, z, t) , iar fata de $S'(x', y', z', t')$.

Se analizează relațiile dintre coordonatele spatio-temporale ale evenimentului, determinate în raport cu cele două sisteme de referință.

Se consideră:

- Momentele de referință din cele două sisteme de referință astfel alese încât originea timpului să coincidă.

- La $t_0=0$ cele două sisteme de coordonate sunt suprapuse;

- Se alege direcția comună a axelor Ox și Ox' pe direcția vectorului vitezei a lui S' fata de S .

Ca o consecință imediată a acestor afirmații rezultă:

$$x = x' + ut' \quad \text{daca si numai daca} \quad x' = x - ut$$

$$y = y' \quad y' = y$$

$$z = z' \quad z' = z$$

Aceste relații se numesc grupul transformărilor Galilei sau mai concis, transformările Galilei.

Din aceste relații rezultă:

1. $\Delta x = \Delta x'$ - distanța dintre două puncte oarecare, la un moment dat, are aceeași valoare în toate sistemele de referință inerțiale. Drept consecință rezultă invariabilitatea lungimii: lungimea unei rigle are aceeași valoare atât în sistemul de referință în care rigla se află în repaus, l_0 , cât și în orice alt sistem de referință fata de care ea se deplasează, l : $l_0 = l$;

2. $t = t'$ - dacă două evenimente sunt simultane în S ele sunt simultane și în S' ;

3. $\Delta t = \Delta t'$ - durata unui fenomen este aceeași în ambele sisteme de referință.

La viteze mari, care se apropie de viteza luminii în vid,

$c \cong 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, transformările lui Galilei nu mai sunt adecvate, ele se înlocuiesc cu transformările lui Lorentz.

Galileo Galilei (n. 15 februarie 1564 - d. 8 ianuarie 1642) a fost un fizician, matematician, astronom și filosof italian

Compunerea vitezelor

Derivând relațiile de mai sus și ținând cont că $dt = dt'$, se obține:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx'}{dt'} + u \quad V_x = V'_x + u$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{dy'}{dt} \quad \text{rezulta} \quad V_y = V'_y$$

$$\frac{dz}{dt} = \frac{dz'}{dt'} \quad V_z = V'_z$$

acestea constituie regula de compunere a vitezelor în mecanica newtoniană. Aceste relații sunt consecință imediată a postulatelor mecanicii newtoniene și au pronunțat caracter intuitiv.

Conform relației de compunere a vitezelor, dacă $V'_x = c$, unde c este viteza luminii în vid, atunci $V_x = c + u$.

2.6. Probleme cu mișcarea relativă

1) O barcă cu motor, mișcându-se împotriva sensului de curgere a unui râu, parcurge o distanță $d = 9 \text{ km}$ în $t = 0,5 \text{ h}$. În cât timp va parcurge barcă aceeași distanță înapoi, dacă viteza de curgere a râului este $v = 6,0 \text{ km/h}$?

Rezolvarea:

Notam: V_b viteza barcii fata de apa; $V_b > V$

$V_b - V = d/t$ (contra curentului)

$V_b + V = d/t'$ (in sensul curentului)

Se scad aceste doua relatii si se obtine

$-2V = d/t - d/t'$;

$d/t' = d/t + 2V$

$d/t' = (d + 2Vt)/t$

$t' = t(d / (d + 2Vt))$

$t' = 0,5(9 / (9 + 2 * 6 * 0,5)) = 0,3h = 18min$

2) Distanța $d = 100km$ dintre doua porturi fluviale este parcursa de o salupa in sensul curentului in $t_1 = 4h$, iar impotriva curentului in $t_2 = 10h$. Care este viteza apei si viteza salupeii fata de apa?

Rezolvarea:

$d = (V_b + V_a)t_1$; $d = (V_b - V_a)t_2$

$d/t_1 = V_b - V_a$; $d/t_2 = V_b - V_a$;

Adun si apoi scad aceste ultime doua relatii:

$d/t_1 + d/t_2 = 2V_b$; $V_b = d(t_1 + t_2) / 2t_1 * t_2$ (viteza barcii fata de apa)

$d/t_1 - d/t_2 = 2V_a$; $V_a = d(t_1 - t_2) / 2t_1 * t_2$ (viteza apei)

$V_b = 100(4 + 10) / 2 * 4 * 10 = 17,5km/h$

$V_a = 100(10 - 4) / 2 * 4 * 10 = 7,5km/h$

3) In cat timp este ridicat de o scara rulanta un om care sta pe ea, stiind ca la ceasi viteza relativa fata de scara, omul nemiscata in timpul $t_1 = 120s$, iar pe scara mobila in $t_2 = 30s$?

Rezolvare:

Notam: V_s -viteza scarii, V_o -viteza omului fata de Pamant

$t_1 = d/V_o$; $t_2 = d / (V_o - V_s)$; $T = d / V_s$

$V_o = d / t_1$; $t_2 = d / (d / t_1 + V_s)$; $V_s = d / t_2 - d / t_1 = d(t_1 - t_2) / t_1 t_2$

$T = t_1 t_2 / (t_1 - t_2)$; $T = 120 * 30 / (120 - 30) = 40s$

4) Un barcagiu valseste perpendicular catre tarm cu o viteza $V_o = 7,2km/h$ fata de apa. Cursul apei deplaseaza barca cu o distanta $d = 150m$ in josul raului. Latimea raului este $L = 500m$. Care este viteza raului si durata traversarii raului?

Rezolvare:

$V_o/L = V_a/d$; $V_a = V_o * d/L$

$V_a = (7,2 * 150 / 500) * (1000 / 3600) = 0,6m/s$

$t = L / V_o$

$t = 500 / [7,2 * (1000 / 3600)] = 250s = 4min10s$

5) Un vaslas care se misca cu viteza $u = 0,5m/s$ fata de raul care curge cu viteza $v = 0,3m/s$ doreste sa traverseze raul pe drumul cel mai scurt. Cat timp este necesar pentru traversarea raului, daca acesta are o latime $l = 50m$?

Rezolvare:

$V_{abs} = 0,4m/s$

$l_{abs} = l / V_{abs} = 125s$

2.7. BIBLIOGRAFIE

1. PRINCIPII SI LEGI FUNDAMENTALE IN FIZICA - Gheorghe Hutanu - /Editura Albatros Bucuresti 1983
2. CULEGERE DE PROBLEME DE FIZICA – Mecanica -Anolie Hristev – /Editura APH Bucuresti 1996
3. CULEGERE DE PROBLEME Matematica-Fizica-Chimie –O.Stanasila /I.M.Popescu /Felicia Cornea /Editura Stiintifica si Enciclopedica Bucuresti 1984
4. Manual de Fizica cls. XII-a

2.8. Universul lui Einstein

Teoria gravitației elaborată de Newton este larg folosită și în ziua de azi pentru a calcula, de pildă, zborul unei mingi de tenis, structura de rezistență a unui pod, oscilațiile unui pendul sau traiectoria unei rachete balistice. Formula lui Newton rămâne extrem de precisă când e aplicată unor fenomene care țin de domeniul gravitației terestre, unde Forțele gravitaționale sunt relativ slabe. Teoria gravitației elaborată de Einstein s-a dovedit însă mai bună pentru că putea fi aplicată atât în mediul cu gravitație scăzută de pe Pământ, cât și în apropierea stelelor, unde gravitația e intensă. Deși teoria lui Einstein era superioară celei a lui Newton, creatorul relativității generale i-a adus un elogiu uriașului din secolul al XVII-lea pe ai cărui umeri stătea: „Tu ai găsit singura cale care, la acea epocă, cu greu îi era accesibilă unui om cu cele mai înalte înzestrări intelectuale și creatoare.” Am ajuns la teoria lui Einstein asupra gravitației pe un drum sinuos, care a adus în discuție măsurarea vitezei luminii, respingerea eterului, relativitatea galileeană, relativitatea specială și, în fine, relativitatea generală. După toate aceste ocoluri, singurul lucru cu adevărat important de ținut minte este că astronomii dispuneau acum de o mai bună teorie a gravitației, o teorie mai precisă, în care se puteau încrede. Înțelegerea gravitației are o importanță esențială în astronomie și cosmologie, deoarece gravitația e forța care guvernează mișcările și interacțiunile tuturor corpurilor cerești. Gravitația e cea care hotărăște dacă un asteroid se va ciocni de Pământ sau va trece pe lângă el; ea stabilește dacă două stele se rotesc una în jurul alteia, alcătuind un sistem stelar binar; și tot ea explică de ce o stea extrem de mare s-ar putea în cele din urmă prăbuși sub propria-i greutate pentru a forma o gaură neagră.

Einstein era nerăbdător să vadă cum era afectată înțelegerea universului de noua sa teorie a gravitației, așa încât în februarie 1917 a scris o lucrare științifică intitulată Considerații cosmologice ale teoriei generale a relativității. Cuvântul-cheie din titlu era „cosmologice”. Pe Einstein nu-l mai interesa răsuțirea orbitei lui Mercur sau felul în care Soarele nostru încovoia o rază de lumină, ci se concentra asupra rolului gravitației la scară cosmică. Einstein voia să înțeleagă proprietățile și interacțiunile întregului univers. Când Copernic, Kepler și Galilei și-au formulat viziunea despre univers, ei și-au concentrat atenția asupra sistemului solar, dar pe Einstein îl interesa universul în întregul lui, în limitele accesibile prin telescop și dincolo de ele. La puțin timp după ce și-a publicat lucrarea, Einstein a spus: „Starea de spirit care îi îngăduie unui om să se îndeletnicească cu asemenea lucruri [...] seamănă cu cea a unui credincios devotat sau cu cea a unui îndrăgostit; efortul de zi cu zi nu vine din vreo intenție sau vreun program anume, ci direct din inimă.” A folosi o formulă a gravitației pentru a prezice comportamentul orbitei lui Mercur presupunea doar introducerea câtorva mase și distanțe și efectuarea unor calcule aproape banale. A face același lucru pentru întregul univers îți cere să iei în considerare toate stelele și planetele cunoscute și necunoscute. Pare o ambiție absurdă — e limpede că un asemenea calcul este imposibil. Dar Einstein și-a redus sarcina la un nivel abordabil făcând o singură ipoteză simplificatoare asupra universului.

Ipoteza lui Einstein, cunoscută sub numele de principiu cosmologic, afirmă că, în linii mari, universul este pretutindeni la fel. Mai exact, principiul presupune că universul e izotrop,

ceea ce înseamnă că arată la fel în orice direcție ai privi — fapt confirmat când astronomii au început să privească din ce în ce mai departe în adâncurile spațiului. Principiul cosmologic presupunea de asemenea că universul e omogen, ceea ce înseamnă că universul arată la fel oriunde te-ai afla sau, altfel spus, că Pământul nu ocupă o poziție privilegiată în univers. Când Einstein a aplicat relativitatea generală și formula gravitației asupra universului la scară mare, a fost ușor surprins și dezamăgit de predicțiile teoriei privind comportarea universului. A aflat că universul era tulburător de instabil. Formula gravitației arăta că toate corpurile din univers sunt atrase de toate celelalte corpuri la scară cosmică. Aceasta ar face ca fiecare obiect să se apropie din ce în ce mai mult de fiecare alt obiect. Atracția ar putea începe ca o alunecare ușoară, dar treptat s-ar transforma într-o avalanșă care ar duce în cele din urmă la o atotputernică prăbușire — universul părea destinat să se autodistrugă. Revenind la analogia între structura spațiului-timp și trambulina elastică, ne putem închipui o trambulină gigantică pe care se află câteva bile de popice, fiecare creându-și propria sa adâncitură.

Mai devreme sau mai târziu, două bile se vor rostogoli una spre alta, formând o adâncitură și mai mare care, la rândul ei, va atrage celelalte bile, până când se vor prăbuși toate într-o singură groapă, foarte adâncă. Era un rezultat absurd. Așa cum am văzut în capitolul 1, la începutul secolului XX, comunitatea științifică era convinsă că universul e static și etern, iar nu într-o mișcare de contracție și efemer. Nu e deci de mirare că Einstein a fost nemulțumit de ideea unui univers care se prăbușește: „Să accept o asemenea posibilitate mi se pare absurd.” Deși teoria newtoniană a gravitației era diferită, conducea și ea către un univers în prăbușire, iar Newton fusese la rândul lui tulburat de consecințele teoriei sale. Una din soluții era să-și închipuie un univers infinit și simetric, în care fiecare corp ar fi fost atras în mod egal în toate direcțiile și n-ar exista vreo mișcare globală sau vreo prăbușire. Din nefericire, și-a dat imediat seama că acest univers fin echilibrat ar fi instabil. În teorie, un univers infinit s-ar putea afla în stare de echilibru, dar în practică cea mai mică perturbare a echilibrului gravitațional ar destabiliza universul și ar conduce spre o catastrofa. De pildă, o cometă străbătând sistemul solar ar face să crească pentru moment densitatea de masă a fiecărei regiuni din spațiu prin care trece, atrăgând mai multă materie spre aceste regiuni și declanșând astfel procesul de prăbușire totală. Chiar și prin simplul gest de a întoarce pagina unei cărți alterăm echilibrul universului, iar astfel declanșăm inevitabilul cataclism. Pentru a rezolva problema, Newton a sugerat ca Dumnezeu intervine din când în când și îndepărtează corpurile cerești unele de altele.

Einstein refuza să-i recunoască lui Dumnezeu un rol în menținerea Corpurilor la distanță, dar în același timp voia cu orice preț să găsească o cale de a rămâne cu un univers etern și static, în consens cu opinia generală a oamenilor de știință. După ce și-a reexaminat teoria relativității generale, a descoperit un truc matematic care ar fi salvat universul de la prăbușire. A văzut că formula lui pentru gravitație putea fi modificată așa încât să includă un termen nou, pe care l-a botezat constantă cosmologică. Aceasta umplea spațiul gol cu o presiune intrinsecă ce avea tendința de a împinge universul mai departe. Cu alte cuvinte, constanta cosmologică dădea naștere unei noi forțe repulsive care acționa împotriva atracției gravitaționale a tuturor stelelor. Era un fel de antigravitație, a cărei intensitate depindea de valoarea dată constantei (care în principiu putea lua orice valoare). Einstein și-a dat seama că, alegând cu atenție valoarea constantei cosmologice, putea echilibra exact atracția gravitațională obișnuită și opri universul din prăbușire. Esențial era că această antigravitație devenea semnificativă la scara uriașelor distanțe cosmice, dar era neglijabilă la distanțe scurte. Prin urmare, n-ar fi impietat asupra capacității relativității generale de a descrie cu succes gravitația la scară terestră sau stelară. Pe scurt, formula revizuită a lui Einstein pentru relativitatea generală ar fi rezolvat simultan trei probleme distincte. Ea putea:

1. explica un univers static și etern,

2. reproduce toate succesele lui Newton în condiții de gravitație scăzută (de exemplu pe Pământ),

3. reuși în condiții de gravitație intensă, acolo unde Newton dăduse greș (de exemplu în cazul lui Mercur).

Mulți cosmologi au fost mulțumiți de constanta cosmologică a lui Einstein, pentru că părea să armonizeze relativitatea generală cu un univers static și etern. Nimeni însă nu avea vreo idee despre ce ar putea reprezenta de fapt constanta gravitațională. Într-un fel, semăna cu epiciclurile lui Ptolemeu, în sensul că era o găselniță care îi permitea lui Einstein să obțină rezultatul corect. El însuși a recunoscut cu timiditate că așa stăteau lucrurile atunci când a mărturisit că, într-adevăr, constanta cosmologică „era necesară numai în scopul de a se ajunge la o distribuție cvasi-statică a materiei”. Cu alte cuvinte, era o născocire de care Einstein s-a folosit pentru a obține rezultatul așteptat: un univers stabil și etern. Einstein a recunoscut de asemenea că i se părea urâtă constanta cosmologică. Lăsând la o parte rolul ei în relativitatea generală, a spus odată că „știrbește frumusețea formală”. Accasta era o problemă gravă, fiindcă de multe ori teoreticienii sunt stimulați în căutările lor de aspirația spre frumos. Există un consens în privința faptului că legile fizicii trebuie să fie elegante, simple și armonioase, iar deseori acești factori sunt excelente călăuze care îi îndreaptă pe fizicini spre legi ce ar putea fi valabile și îi îndepărtează de false legi.* În orice context, frumusețea e greu de definit, dar ne dăm seama cu toții de prezența ei dacă o vedem, iar atunci când Einstein privea la constanta lui cosmologică trebuia să recunoască: nu arăta deloc bine. Și totuși, era pata să sacrifice frumusețea formulei sale pentru a permite teoriei relativității generale să se pună de acord cu un univers etern, așa cum cerea ortodoxia științifică.

Între timp, un alt savant a adoptat perspectiva opusă și a așezat frumusețea mai presus de ortodoxie, într-o viziune radical diferită asupra universului. După ce a citit cu încântare lucrarea de cosmologie a lui Einstein, Aleksandr Friedmann a pus sub semnul întrebării rolul constantei cosmologice și a sfidat consensul autorităților științifice din vremea lui.

Născut la Sankt Petersburg în 1888, Friedmann a crescut în mijlocul unor mari tulburări politice și s-a obișnuit de tânăr să fie în răspăr cu autoritățile. Încă din adolescență a condus greve ale elevilor, o parte din amplul protest la scară națională împotriva regimului țarist. Revoluția din 1905, care a urmat protestelor, avea să conducă la revizuirea constituției și la o perioadă de relativă calm, deși țarul Nicolae al II-lea rămăsese la putere.

Ajuns la Universitatea din Sankt Petersburg pentru a studia matematica, Friedmann a devenit protejatul profesorului Vladimir Steklov, el însuși antițarist, care l-a încurajat să abordeze probleme ce i-ar fi intimidat pe mulți alți studenți. Steklov ținea un jurnal amănunțit și a consemnat ce s-a petrecut când i-a pus în față lui Friedmann o teribilă problemă matematică, legată de ecuația lui Laplace: atins în treacăt această problemă în teza mea de doctorat, dar n-am tratat-o în detaliu. I-am sugerat lui Friedmann să încerce s-o rezolve, ținând cont de uimitoarea sa capacitate de muncă și vastele sale cunoștințe, în comparație cu alții de vârsta lui. În ianuarie anul curent, Dl Friedmann mi-a trimis un studiu exhaustiv de circa 130 de pagini, în care a dat problemei o soluție absolut satisfăcătoare."

Deși era limpede că Friedmann avea pasiune și talent pentru matematică, disciplină cât se poate de abstractă, avea o aplecare și spre știință și tehnică, iar în cursul Primului Război Mondial s-a angajat în cercetarea militară. S-a oferit chiar să zboare ca voluntar într-o misiune de bombardament și și-a folosit aptitudinile matematice în problema practică a lansării bombelor cu mai mare precizie. I-a scris lui Steklov: „Am avut recent ocazia să-mi verific ideile într-un zbor deasupra orașului Przemysl; s-a dovedit că bombele cad aproape exact așa cum o prezice teoria. Pentru a avea demonstrația finală a teoriei, am să zbor din nou în zilele următoare.” După Primul Război Mondial, Friedmann a trebuit să îndure revoluția din 1917, iar apoi războiul civil. Când s-a întors în sfârșit la viața academică, s-a confruntat cu sosirea târzie a relativității generale, care fusese pe larg discutată în Occident, dar a trebuit să aștepte ani buni pentru a fi receptată corect în cercurile academice din Rusia. Poate că tocmai izolarea

Rusiei față de comunitatea științifică din Occident i-a permis lui Friedmann să ignore abordarea cosmologică a lui Einstein și să-și făurească propriul său model asupra universului.

În timp ce Einstein a pornit de la presupunerea că universul e etem, iar apoi a adăgat constanta cosmologică pentru ca teoria să-i confirme așteptările, Friedmann a adoptat atitudinea opusă. El a pornit de la teoria relativității generale, în forma ei cea mai simplă și mai atrăgătoare estetic — fără constantă cosmologică —, dobândind astfel libertatea de a vedea ce fel de univers rezultă pe cale logică din teorie. Era o abordare tipic matematică, fiindcă în fond Friedmann era matematician. Spera, evident, ca abordarea lui, mai pură, să conducă la o descriere exactă a universului, dar pentru Friedmann frumusețea re nației și măreția teoriei aveau întâietate asupra realității — sau, mai bine zis, asupra așteptărilor.

Cercetările lui Friedmann au atins punctul culminant în 1922, când a publicat un articol în *Zeitschrift für Physik*. În timp ce Einstein pleda pentru o constantă cosmologică atent ajustată și un univers fin echilibrat, Friedmann arăta acum că diferite modele ale universului ar putea fi create pornind de la diferite valori ale constantei cosmologice și, în primul rând, punea în evidență un univers în care constanta cosmologică era zero. Un asemenea model se întemeia pe formula inițială a lui Einstein pentru gravitație, iară nici o constantă cosmologică.

Neexistând o constantă cosmologică pentru a contracara atracția gravitațională, modelul lui Friedmann se expunea neobosirii acțiunii a gravitației. Aceasta conducea către un univers dinamic, în evoluție. Pentru Einstein și colegii lui, dinamismul acesta era asociat cu un univers condamnat la prăbușirea catastrofală. De aceea, majoritatea cosmologilor l-au considerat inacceptabil. Pentru Friedmann însă, dinamismul era asociat cu un univers ce ar fi început printr-o expansiune, având astfel impulsul inițial care să se opună atracției gravitaționale. Dar aceasta era o viziune cu totul nouă asupra universului. Friedmann a explicat că modelul său putea reacționa la gravitație în trei moduri, în funcție de viteza cu care a început expansiunea și de cantitatea de materie pe care o conține. Prima posibilitate presupunea că densitatea medie a universului e ridicată, multe stele aflându-se într-un volum dat. Multe stele înseamnă atracție gravitațională puternică, ceea ce ar trage în cele din urmă stelele înapoi, oprind expansiunea și provocând treptat contracția universului până la prăbușirea totală. A doua variantă a modelului lui Friedmann presupunea că densitatea medie a stelelor e scăzută, caz în care atracția gravitației nu ar învinge niciodată expansiunea universului, care ar continua să se extindă pe veci, nelimitat. A treia variantă lua în considerare o densitate între cele două extreme, conducând spre un univers în care gravitația încetinește, dar nu oprește niciodată complet expansiunea. Astfel, universul nici nu s-ar prăbuși într-un punct, nici nu s-ar dilata dincolo de orice limite spațiale. O analogie utilă ar fi să ne închipuim un tun care lansează ghiulele cu o viteză fixă. Să ne imaginăm că scenariul are loc pe trei planete de dimensiuni diferite, așa cum se vede în figura 30. Dacă planeta e masivă, ghiuleaua va zbura câteva sute de metri până când gravitația puternică o va face să cadă pe sol. Acest caz corespunde primului model al lui Friedmann, în care un univers foarte dens se extinde și apoi se prăbușește. Dacă planeta e foarte mică, atunci gravitația e slabă, iar ghiuleaua își ia zborul în spațiu fără a mai fi văzută vreodată, caz corespunzând celui de-al doilea scenariu al lui Friedmann, în care universul se extinde pe veci. Dar, dacă planeta are exact o anumită dimensiune, intermediară, și o anumită gravitație, atunci ghiuleaua călătorește în sus, încetinește și intră pe orbită, fără să se îndepărteze și fără să se apropie de planetă, caz corespunzând celui de-al treilea scenariu al lui Friedmann. Toate aceste trei perspective au în comun ideea de univers aflat în schimbare. Friedmann credea într-un univers care azi arată altfel decât ieri, iar mâine va arăta altfel decât azi. Perspectiva unui univers care evoluează la scară cosmică și nu rămâne static pe veci a fost contribuția revoluționară a lui Friedmann în cosmologie. Cum ipotezele se înmulțesc, poate că ar fi mai bine să ne oprim pentru o clipă și să cumpănim. Einstein oferise două versiuni ale relativității generale, una cu constantă

cosmologică și alta fară. El a creat apoi un model de univers static, bazat pe teoria cu constantă cosmologică, în timp ce Friedmann a creat un model (în trei variante) bazat pe o teorie fără constanta cosmologică. Pot fi create, desigur, o mulțime de modele, dar există o singură realitate. Problema e care model se potrivește cu realitatea. Din perspectiva lui Einstein, răspunsul era clar: el avea dreptate, iar Friedmann se înșela. Credea chiar că lucrarea rusului conținea erori matematice și a adresat revistei care i-a publicat lui Friedmann articolul o scrisoare de protest: „Rezultatele privind o lume nestaționară, conținute în lucrare [a lui Friedmann], mi se par dubioase. În realitate se dovedește că soluțiile date acolo nu satisfac ecuațiile [relativității generale].” Calculele lui Friedmann erau însă corecte, așa încât modelele sale erau matematic valabile, chiar dacă asemănarea lor cu realitatea rămânea o problemă deschisă. Poate că Einstein și-a aruncat doar în treacăt privirea asupra articolului și a presupus că trebuie să existe o eroare, din moment ce contrazicea credința lui într-un univers static. Când Friedmann i-a cerut să-și retragă afirmațiile, Einstein s-a găsit în situația umilitoare de a recunoaște: „Sunt convins că rezultatele lui Friedmann sunt deopotrivă corecte și lămuritoare. Ele arată că, în plus față de soluțiile statice ale ecuațiilor [relativității generale], există soluții variabile în timp, cu o structură spațială simetrică.” Deși acum era de acord că soluțiile dinamice ale lui Friedmann sunt corecte matematic, Einstein continua să le considere științific irelevante. E semnificativ faptul că, în ciorna inițială a textului de retractare, Einstein diminua valoarea soluțiilor lui Friedmann, afirmând că „e greu să li se atribuie vreo semnificație fizică”, dar apoi a tăiat această critică, amintindu-și probabil că scrisoarea trebuia să fie una de scuze. În ciuda obiecțiilor lui Einstein, Friedmann a continuat să-și susțină propriile idei. Dar înainte ca el să poată da un asalt decisiv asupra concepțiilor adânc înrădăcinate, a intervenit destinul. În 1925, soția lui era însărcinată și urma să nască primul lor copil, așa că Friedmann privea plin de încredere spre viitor. În timp ce lucra departe de casă, îi scria soției: „Acum, când toți au plecat de la observator, iar eu am rămas singur printre statuile și portretele înaintașilor, sufletul meu devine tot mai împăcat după agitația zilei și mă umple de bucurie gândul că, la mii de verste depărtare, bate inima iubită, trăiește sufletul delicat, crește noua viață [...] viață al cărei viitor e o taină, viață lipsită de trecut.” Friedmann însă nu va trăi pentru a-și vedea copilul născut. S-a îmbolnăvit grav, probabil de febră tifoidă, și a murit într-o stare de delir. Un ziar din Leningrad anunța că încercase să efectueze calcule pe patul de moarte, în vreme ce mormăia ceva despre studenții lui și ținea conferințe unui public imaginar.

Friedmann elaborase o nouă perspectivă asupra universului, dar a murit aproape necunoscut. Ideile lui fuseseră publicate, dar cât timp a trăit au fost complet ignorate. Aceasta se explica în parte prin faptul că Friedmann era pur și simplu prea radical. Se pare că avea multe în comun cu Copernic. În plus, Friedmann avusese ghinionul de a fi condamnat de Einstein, cel mai celebru cosmolog din lume. Deși Einstein, călcându-și pe inimă, scrisese o retractare, faptul că aceasta nu a circulat într-un cerc larg a făcut ca reputația lui Friedmann să rămână pătată. De asemenea, Friedmann avea o formație de matematician, și nu de astronom, așa încât cosmologii îl considerau un intrus. Mai presus de toate însă, Friedmann se afla înaintea timpului său. Astronomii nu erau încă în stare să efectueze acele observații fine care ar fi putut veni în sprijinul unui model al universului în expansiune. Friedmann de altfel recunoscuse deschis că nu exista nici o dovadă în favoarea modelelor sale: „Toate acestea ar trebui pentru moment considerate ca niște fapte ciudate, care nu pot fi susținute de aparatura experimentală inadecvată din astronomie.”

Din fericire, ideea de univers în expansiune și evoluție n-a dispărut cu desăvârșire. Ea a răsărit din nou la câțiva ani după moartea lui Friedmann, dar nici acum savantului rus nu i s-au recunoscut meritele. Motivul e că modelul universului în expansiune a fost reinventat independent, pornind de la zero, de către Georges Lemaître, un preot și cosmolog belgian a cărui perioadă de formare a fost grav perturbată de Primul Război Mondial.

Născut la Charleroi în 1894, Lemaître și-a început studiile de inginerie la Universitatea din Louvain, dar a trebuit să le întrerupă când forțele germane au invadat Belgia. Și-a petrecut

următorii patru ani în armată, asistând la primul atac german cu gaze toxice și primind pentru curajul dovedit pe front La Croix de Guerre. După încheierea războiului și-a tenninat studiile la Louvain, dar a trecut de la inginerie la fizica teoretică, iar în 1920 s-a înscris și la seminarul teologic din Malines. A fost hirotonit în 1923 și tot restul vieții a fost deopotrivă preot și fizician. „Există două căi de a ajunge la adevăr”, spunea el. „M-am hotărât să le urmez pe amândouă.” După hirotonire, Lemaître a petrecut un an la Cambridge sub îndrumarea lui Arthur Eddington, care îl socotea „un student absolut strălucit, extrem de perspicace și pătrunzător, cu mare talent pentru matematică”. În anul următor s-a dus în America pentru a face măsuratori astronomice la observatorul de la Harvard și a-și începe doctoratul la Institutul Tehnologic din Massachusetts. Lemaître pătrunsese în comunitatea astronomilor și cosmologilor, și se familiarizase cu latura observațională a domeniului în încercarea de a contrabalansa preferința lui pentru teorie. În 1925 s-a întors la Universitatea din Louvain, unde a primit un prad academic, și a început să-și elaboreze propriile modele cosmologice, pornind de la ecuațiile relativității generale, dar ignorând rolul constantei cosmologice. În următorii doi ani a redescoperit modelele care descriu un univers în expansiune, fără să știe că Friedmann își pusese aceleași probleme cu zece ani înaintea lui. Lemaître a mers însă mai departe decât predecesorul său rus, urmărind sistematic consecințele unui univers în expansiune. În timp ce Friedmann era matematician, Lemaître era un cosmolog care voia să înțeleagă realitatea din spatele ecuațiilor. Lemaître era în special interesat de istoria fizică a cosmosului. Dacă într-adevăr universul se extindea, atunci ieri trebuie să fi fost mai mic decât azi, iar anul trecut trebuie să fi fost încă și mai mic. Urmând acest fir logic, dacă ne întoarcem în timp suficient de mult, întreg spațiul trebuie să se fi redus la o regiune minusculă. Cu alte cuvinte, Lemaître era pregătit să dea ceasul înapoi până ar fi ajuns la începutul universului.

Marea descoperire a lui Lemaître a fost că relativitatea generală implica existența unui moment al creației. Deși căutarea adevărului științific nu a interferat la el cu căutarea adevărului teologic, această idee trebuie să-1 fi tulburat pe tânărul preot. Lemaître a tras concluzia că universul a început într-o mică regiune compactă, din care a explodat și a evoluat de-a lungul timpului, pentru a deveni universul în care ne aflăm astăzi. El credea de asemenea că universul va continua să evolueze și în viitor.

După ce a elaborat acest model al universului, Lemaître a început să caute acea fizică ce putea fi coroborată cu teoria creației și evoluției cosmice, sau o putea explica. S-a aplecat asupra unui domeniu de interes tot mai mare în rândul astronomilor, fizica razelor cosmice.

Încă din 1912, savantul austriac Viktor Hess atinsese cu balonul altitudinea de aproape 6 kilometri și detectase prezența unor particule de energie înaltă venind din spațiu. Lemaître cunoștea de asemenea procesul dezintegrării radioactive, proces în care atomi mari, cum ar fi cel de uraniu, se fragmentau în atomi mai mici, emițând particule, radiație și energie. Lemaître a emis ipoteza că un proccs similar, dar la o scară mult mai mare, putea să fi dat naștere universului. Extrapolând înapoi în timp, Lemaître și-a închipuit că toate stelele au fost comprimate într-un univers ultra-compact pe care 1-a botezat atom primordial. Momentul creației era, pentru el, momentul în care acest unic, atotcuprinzător atom s-a dezintegrat brusc, generând toată materia din univers.

Lemaître a mai emis ipoteza că radiația cosmică observabilă azi ar putea reprezenta rămășițele dezintegrării inițiale, iar masa aceea de materie ejectată s-ar fi condensat de-a lungul timpului pentru a forma stelele și planetele de astăzi. Mai târziu, avea să-și rezume teoria astfel: „Ipoteza atomului primordial este o ipoteză cosmogonică în care universul actual apare ca rezultatul dezintegrării radioactive a unui atom.” În plus, energia eliberată în această mamă a tuturor dezintegrărilor radioactive ar fi fost sursa care a declanșat expansiunea — aspect esențial în modelul său.

Lemaître a fost deci primul savant care a oferit o descriere destul de credibilă și detaliată a ceea ce numim azi modelul big bang al universului. El susținea că nu e doar un model al universului, ci însuși modelul universului. El a pornit de la relativitatea generală a lui

Einstein, a elaborat un model teoretic al creației cosmologice și al expansiunii, iar apoi 1-a integrat în observațiile cu privire la fenomene cum ar fi razele cosmice și dezintegrarea radioactivă. Existența unui moment al creației era punctul central în modelul lui Lemaître, dar îl preocupau și procesele care transformaseră o explozie informă în stelele și planetele pe care le vedem astăzi. El elaborase o teorie a creației, evoluției și istoriei universului. Deși cercetările sale erau raționale și logice, scria despre ele în termeni poetici: „Evoluția universului poate fi asemuită cu spectacolul unor focuri de artificii care tocmai s-a încheiat: câteva fărâme, cenușă și fum. Stând pe • enușa deja rece, vedem sorii pălind și încercăm să regăsim strălucirea apusă a originilor lumii.”

Cuplând teoria cu observația și așezând big bang-ul în cadrul fizicii și astronomiei observaționale, Lemaître mersese mult mai departe decât Friedmann. Când însă preotul belgian și-a prezentat teoria creației în 1927, ea a fost întâmpinată cu aceeași tăcere răuvoitoare ca și modelele lui Friedmann. Pe Lemaître nu 1-a ajutat nici faptul că a ales să-și publice ideile într-o revistă belgiană de circulație restrânsă, *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*. Situația s-a înrăutățit în urma unei întâlniri cu Einstein, curând după ce Lemaître publicase *Hypothèse de l'atome primitif*. Lemaître participa la Conferința Solvay de la Bruxelles din 1927, o reuniune a celor mai mari fizicieni din lume, unde prezența sa a fost imedia! remarcată datorită hainelor preoțești bătătoare la ochi. A reușit să-l abordeze pe Einstein și să-i explice viziunea lui asupra unui univers creat și în expansiune. Einstein i-a răspuns că auzise deja ideea asta de la Friedmann, vorbindu-i belgianului pentru prima dată despre lucrările colegului său rus decedat. Apoi Einstein îi trânti lui Lemaître: „Calculule dumatiale sunt corecte, dar fizica e lamentabilă.”

2.9. TEORIILE BIG-BANG-ului

Modelul big bang al universului este probabil cea mai importantă realizare științifică din secolul XX. Dar el poate fi în același timp considerat un model tipic pentru felul în care a fost conceput, elaborat, explorat, testat, validat și în cele din urmă acceptat. În aceste privințe are multe în comun cu idei din ramuri mai puțin spectaculoase ale științei. Dezvoltarea modelului big bang este un exemplu arhetipal pentru felul în care funcționează metoda științifică.

La fel ca multe alte domenii ale științei, cosmologia a început prin încercarea de a explica lucruri care până atunci ținuseră de mit sau de religie. Primele modele cosmologice erau utile, dar imperfecte, iar curând au început să apară contradicții și imprecizii. O nouă generație de cosmologi a oferit un model alternativ și a pledat în favoarea acestei perspective asupra universului, însă autoritățile științifice au apărât modelul existent. Atât autoritățile cât și rebelii și-au susținut cauza prin teorie, experiment și observație, lucrând uneori decenii de-a rândul pentru a înainta cu un pas, iar alteori schimbând peste noapte peisajul științific printr-o descoperire întâmplătoare. Ambele tabere au folosit din plin tehnologia cea mai avansată — de la lentile la sateliti — în încercarea de a găsi o dovadă-cheie care să vină în sprijinul modelului lor. În cele din urmă, dovezile în favoarea noului model au devenit copleșitoare, cosmologia a trecut printr-o revoluție, iar comunitatea științifică a abandonat vechiul model și 1-a adoptat pe cel nou. Mulți foști critici ai noului model și-au schimbat convingerile, iar astfel s-a încheiat tranziția către o altă paradigmă. E important de observat că în majoritatea bătăliilor științifice nu a avut loc o schimbare a paradigmei. De regulă, se dovedește repede că un nou model științific propus e fals, iar modelul în vigoare rămâne la locul lui, fiind cea mai bună explicație a realității. E un fapt îmbucurător, fiindcă altminteri știința și-ar revizui continuu afirmațiile și n-ar mai fi un cadru temeinic pentru explorarea și înțelegerea universului. Dar, atunci când are loc o schimbare de paradigmă, e un moment

extraordinar în istoria științei. Drumul de la vechea paradigmă la cea nouă poate dura câteva decenii și poate implica aportul a zeci de savanți. Aceasta conduce la o întrebare interesantă: cui îi revine meritul pentru noua paradigmă? Problema a fost ingenios abordată în piesa Oxigen de Roald Hoffmann și Cari Djerassi. Piesa pornește de la ideea de retro-Nobel, un premiu fictiv acordat în semn de recunoaștere pentru o descoperire făcută înaintea înființării Academiei Nobel. Se întrunește un comitet și ajunge repede la concluzia că premiul ar trebui acordat pentru descoperirea oxigenului. Din păcate însă, membrii comitetului nu pot cădea de acord asupra celui care are meritul descoperirii. A fost oare farmacistul suedez Cari Wilhelm Scheele, primul care a sintetizat și izolat gazul? Sau preotul englez unitarian Joseph Priestley, primul care a publicat descoperirea și a oferit amănunte despre cercetările sale? Sau poate chimistul francez Antoine Lavoisier, cel care a înțeles că oxigenul nu e o simplă versiune a aerului („aer deflogisticat”), ci un element cu desăvârșire nou? Piesa examinează pe larg problema priorității, ducându-ne înapoi în timp pentru a permite fiecăruia să-și pledeze cauza, ceea ce dezvoltă cât de greu e să atribuie cuiva o descoperire. Dacă la întrebarea cine a descoperit oxigenul e greu de răspuns, la întrebarea cine a inventat modelul big bang e practic imposibil. Elaborarea, testarea, revizuirea și demonstrarea modelului în întregul său a presupus mai multe etape teoretice, experimentale și observaționale, fiecare cu eroii ei. Einstein are meritul de a fi explicat gravitația prin teoria relativității generale, fără de care nici un model cosmologic serios n-ar fi putut apărea. Și totuși, la început s-a opus ideii de univers în evoluție, așa încât Lemaître și Friedmann au elaborat teoria big bang-ului. Cercetările lor nu ar fi fost luate în serios dacă n-ar fi existat observațiile lui Hubble, care a demonstrat că universul se află în expansiune. Dar afirmația că Hubble merită laurii * Teoria fantezistă a flogistonului (de la grecescul phlogiston = ardere) datează din secolul al XVII-lea și afirmă că, în afară de cele patru elemente din tradiția filozofică antică, există un al cincilea, flogistonul, conținut în corpurile inflamabile și eliberat în cursul arderii (proces de oxidare). (N. t.)

pentru big bang e temperată de faptul că nu a vrut să tragă nici o concluzie cosmologică din cercetările sale. Modelul big bang ar fi rămas inert dacă n-ar fi existat contribuțiile teoretice ale lui Gamow, Alpher și Herman și observațiile făcute de Ryle, Penzias, Wilson și echipa COBE. Ba chiar și Fred Hoyle, protagonistul stării staționare, a avut contribuții teoretice la nucleosinteză, dând fără să vrea un ajutor big bang-ului. Hotărât lucru, modelul big bang nu poate fi atribuit unui singur om. De fapt, în această carte apar doar foarte puțini dintre cei care au contribuit la dezvoltarea modelului big bang, fiindcă e imposibilă o relatare completă și definitivă a disputei dintre starea staționară și big bang în doar câteva sute de pagini. Fiecare secțiune a fiecărui capitol al cărții ar trebui extinsă până la dimensiunile unui volum de sine stătător pentru a face dreptate tuturor celor care au contribuit la dezvoltarea modelului big bang. În plus față de limitările legate de spațiu, această relatare a istoriei big bang-ului a trebuit să se conformeze și cerinței de a reduce pe cât posibil numărul ecuațiilor matematice. Matematica este limbajul științei, iar în multe cazuri o explicație deplină și riguroasă a unui concept științific nu se poate face decât printr-o descriere matematică amănunțită. Și totuși, de regulă e cu puțință să faci o prezentare generală a unui concept științific folosind doar cuvinte și câteva imagini care să ilustreze aspectele esențiale. De altfel, matematicianul Cari Friedrich Gauss sublinia odată valoarea „noțiunilor, nu a notațiilor”. Dovada că teoria big bang poate fi explicată în cuvinte și imagini a apărut pe 24 aprilie 1992. A doua zi după conferința de presă despre COBE, prima pagină a ziarului The Independent, rezuma toate elementele esențiale ale modelului big bang într-o diagramă simplă, prezentată aici în figura 103. Unele valori pentru timp și temperatură diferă de cele menționate în capitolele anterioare, pentru că teoria și observațiile au evoluat din 1992. Cifrele sunt încă doar aproximative, dar au fost în mare măsură acceptate de cosmologii zilelor noastre.

Diagrama din The Independent rezumă sistematic cunoștințele noastre actuale despre universul big bang. Întâi de toate, după cum apare în legendă, „întreaga materie și energie era condensată într-un punct”, iar apoi a avut loc un atotputernic big bang. Termenul „big bang” implică un fel de explozie; analogia nu e cu totul nepotrivită, exceptând faptul că big bang-ul nu a fost o explozie în spațiu, ci o explozie a spațiului. Spațiul și timpul au fost create în momentul big bang-ului.

Într-o secundă, universul ultra-fierbinte s-a extins și s-a răcit spectaculos, temperatura scăzând de la câteva bilioane de grade la câteva miliarde de grade. Universul era alcătuit în principal din protoni, neutroni și electroni, scăldați cu toții într-un ocean de lumină. În următoarele câteva minute, protonii, adică nucleele de hidrogen, au reacționat cu neutronii formând nuclee ușoare cum e cel de heliu. Raportul dintre hidrogen și heliu din univers a fost în mare măsură stabilit în timpul acestor câteva minute și e în acord cu cel observat în prezent. Universul a continuat să se extindă și să se răcească. Era acum alcătuit din nuclee simple, electroni de mare energie și o imensă cantitate de lumină, toți acești ingrediente ciocnindu-se neîncetat între ei. După aproximativ 300 000 de ani, universul devenise suficient de rece pentru ca electronii să fie încetiniți și să se atașeze nucleelor alcătuiind astfel atomi. Aceasta a împiedicat ciocnirile repetate ale particulelor de lumină, care de atunci călătoresc prin univers aproape nestânjenite. Lumina aceasta a căpătat numele de radiație cosmică de fond de microunde (CFM), fiind un fel de ecou luminos al big bang-ului. Prezisă de Gamow, Alpher și Herman, ea a fost detectată de Penzias și Wilson. Grație măsurătorilor de mare precizie ale satelitului COBE asupra radiației CFM știm acum că, pe când universul avea vârsta de 300 000 de ani, existau regiuni cu densitate ușor mai mare decât densitatea medie. Treptat, aceste regiuni au atras mai multă materie și au devenit și mai dense, astfel încât, pe când universul avea vârsta de aproximativ un miliard de ani, primele stele și galaxii se formaseră deja. Reacțiile nucleare declanșate în interiorul stelelor au dus la apariția elementelor de greutate medie, iar elementele cele mai grele au fost create în condițiile intense din spasmele morții violente a stelelor. Grație unor elemente formate în stele, precum carbonul, oxigenul, azotul, fosforul sau potasiul, a fost în cele din urmă posibilă apariția vieții.

Și iată-ne ajunși în prezent, după 15 miliarde de ani (plus sau minus câteva miliarde de ani, în privința acestei cifre nu s-a ajuns încă la un consens). Partea de sus a diagramei din ziar, în care sunt reprezentați oamenii, e oarecum flatantă fiindcă exagerează locul pe care îl ocupăm în istoria universului. Deși viața există de Pământ de câteva miliarde de ani, oamenii au apărut abia de vreo sută de mii de ani. Dacă istoria universului ar fi reprezentată printr-o linie a timpului unind vârful degetelor unui om care stă cu brațele întinse, ar fi de ajuns să-și taie o unghie pentru a face să dispară întreaga existență umană. E important de reținut că istoria creației și a evoluției e susținută cu dovezi puternice. Fizicienii precum Gamow, Alpher și Herman au efectuat calcule amănunțite, au estimat condițiile din universul timpuriu și au făcut predicții în privința amprentelor pe care acesta le-ar fi putut lăsa asupra universului de azi — raportul dintre hidrogen și heliu și radiația CFM. După cum spunea fizicianul Steven Weinberg, laureat al premiului Nobel, modelul big bang nu e o simplă speculație : „Greșeala noastră nu e că luăm teoriile prea în serios, ci că nu le luăm în serios pe cât s-ar cuveni. E de fiecare dată greu de înțeles că aceste numere și ecuații cu care ne jucăm pe masa noastră de lucru au o legătură cu lumea reală. Mai mult, uneori își face loc opinia generală după care anumite fenomene nu sunt subiecte potrivite pentru eforturile teoreticienilor și experimentatorilor respectabili. Gamow, Alpher și Herman au în primul rând meritul de a fi luat în serios universul timpuriu și de a fi găsit ce anume aveau de spus legile cunoscute ale fizicii în privința primelor trei minute.”

Când un ziar e gata să expună pe prima pagină un model cosmologic, avem dovada grăitoare că, după cum ar fi spus Arthur Eddington, modelul big bang a trecut din atelierul teoretic în salonul de prezentare al științei. Dar asta nu înseamnă că modelul e încheiat și bine lustruit, fiindcă vor apărea mereu noi aspecte importante și detalii care trebuie să-și găsească locul. Restul acestui epilog e dedicat unor probleme ce au rămas nerezolvate. E imposibil ca în

câteva paragrafe să cuprinzi subtilitatea, profunzimea și importanța acestor probleme, dar cele ce urmează vor să demonstreze că, deși în linii mari modelul big bang s-a dovedit a fi corect, va mai trece mult timp până când la ajutoarele de șomaj să se înghesuie o puzderie de cosmologi redundanți. Știm, de pildă, că galaxiile din zilele noastre au fost însămânțate de variații ale densității din univers pe când acesta avea aproximativ 300 000 de ani, dar ce anume a provocat aceste variații ale densității? De asemenea, conform relativității generale a lui Einstein, spațiul poate fi plat, curbat spre interior sau curbat spre exterior. Într-un univers plat, o rază de lumină călătorește în linie dreaptă la nesfârșit, la fel cum se rostogolește o bilă pe o suprafață plată, fără frecare; în schimb, într-un univers curb, raza poate urma o traiectorie circulară, întorcându-se în punctul din care a plecat, la fel ca un avion care zboară deasupra ecuatorului. Conform observațiilor astronomice, universul nostru pare să fie plat, așa încât se pune întrebarea: de ce e universul nostru plat, când ar putea fi curbat? O posibilă explicație atât pentru originea variațiilor, cât și pentru faptul că universul e plat este dată de teoria în flației, propusă în 1979. de Alan Guth. Când i-a venit ideea inflației cosmice, Guth a fost atât de uimit încât a notat în jurnalul lui: „ÎNTELEGERE SPECTACULOASĂ”.

Nu exagerase cu nimic, fiindcă inflația pare să fie un prețios adaos la modelul big bang. Există mai multe versiuni ale inflației, dar în esență teoria propune o scurtă și colosală fază de expansiune în chiar primele momente ale universului, sfârșind poate după numai 10-35 secunde. În cursul acestei perioade de inflație, dimensiunea universului s-a dublat la fiecare 10-37 secunde, ceea ce înseamnă că au avut loc aproximativ o sută de dublări. Poate să nu vi se pară mult, dar o celebră poveste ne arată puterea dublării. Povestea spune că un vizir din Persia 1-a întrebat pe sultan dacă nu vrea să-1 plătească în boabe de orez, așa încât pe primul pătrățel al unei table de șah să fie 1 bob, pe al doilea 2, apoi 4, 8, 16 și așa mai departe. Sultanul a fost de acord, gândindu-se că până la urmă cantitatea va fi neglijabilă, dar a dat faliment fiindcă pe ultimul pătrățel de pe tabla de șah trebuiau să fie 9 223 372 036 854 775 808 de boabe. Făcând suma pentru toate pătrățelele obținem un număr aproape dublu, care depășește cu mult producția mondială de orez din zilele noastre. Prin urmare, într-o clipă inflația a dilatat enorm universul, lăsând apoi locul expansiunii mai domoale pe care o observăm azi. Deși a durat doar 0,000000000000000000000000000001 secunde, inflația a avut o influență esențială asupra dezvoltării universului. La început, în universul nou-născut existau doar neînsemnate variații în densitate, dar inflația le-a accentuat, conducând la variațiile despre care astronomii știu că au existat după 300 000 de ani. Aceste variații, în particular „cocoloașele” de densitate mai mare, au fost germenii formării galaxiilor.

Altă consecință a inflației e că un univers care n-a fost plat înainte de inflație a devenit în urma ei aproape perfect plat. Suprafața unei bile de biliard nu e, desigur, plată, dar, dacă îi dublăm dimensiunea de 27 de ori, va deveni la fel de mare ca Pământul. Și suprafața Pământului e curbă, dar în mult mai mică măsură decât o bilă de biliard, iar la scara umană pare să fie plată. În mod asemănător, un univers supus inflației dă impresia că e plat, ceea ce constată astronomii în zilele noastre. În afară de răspunsul la întrebările privind variațiile densității și forma plată, inflația ar putea lămurii și un alt mister. Când astronomii privesc cerul în direcții diametral opuse, regiuni despărțite prin mai bine de 20 de miliarde de ani-lumină par să fie foarte asemănătoare. Cosmologii se așteptau la deosebiri mult mai mari între asemenea regiuni îndepărate, dar inflația poate explica de ce lucrurile nu stau așa. Două regiuni din univers puteau să fi fost foarte aproape una de alta înainte de inflație, astfel încât să fie foarte asemănătoare datorită apropierii. Apoi, după formidabila expansiune a inflației, s-au aflat brusc separate de o mare distanță, dar asemănările inițiale s-au păstrat fiindcă separarea a avut loc foarte repede. Teoria inflației propusă de Guth se află încă într-un stadiu incipient, dar mulți cosmologi cred că în scurt timp va fi încorporată în modelul big bang. Jim Peebles spunea: „Dacă inflația e falsă, atunci Dumnezeu a ratat o șmecherie formidabilă! Inflația e o

idee frumoasă. Există totuși multe alte idei frumoase pe care natura s-a hotărât să nu le folosească, așa că n-ar trebui să ne lamentăm prea mult dacă e falsă." Alt lucru care îi ține treji pe cosmologi est & materia întunecată. Observațiile arată că stelele ce se rotesc la periferia galaxiilor au viteze uriașe, iar atracția gravitațională a tuturor stelelor aflate mai aproape de centrul galaxiei nu e suficientă pentru a împiedica stelele periferice să fie azvârlite în cosmos. Cosmologii cred deci că ar trebui să existe mari cantități de materie întunecată în galaxie, materie care nu strălucește, dar exercită o atracție gravitațională suficientă pentru a menține stelele pe orbitele lor. Deși ideea de materie întunecată a fost lansată de Zwicky la Mount Wilson în anii '30, cosmologii încă nu au căzut de acord asupra naturii ei, ceea ce e destul de neplăcut, din moment ce calculele arată că în univers există mai multă materie întunecată decât materie stelară obișnuită. Unii dintre candidații pentru materia întunecată sunt așa-numitele obiecte halo compacte masive (massive compact halo objects — MACHO), categorie ce include găurile negre, asteroizii și planetele gigant precum Jupiter. Nu vedem asemenea obiecte în galaxie fiindcă ele nu strălucesc, dar pot contribui la atracția gravitațională. Alți candidați pentru materia întunecată sunt particulele masive care interacționează slab (weakly interacting massive particles — WIMP), diferite tipuri de particule care nu alcătuiesc obiecte, cum e cazul MACHO, dar se află pretutindeni în univers și nu-și fac simțită prezența decât prin forța gravitațională. Deocamdată avem doar indicii vagi asupra naturii și cantității materiei întunecate din univers, ceea ce creează cosmologilor mari probleme, fiindcă fără o bună înțelegere a materiei întunecate modelul big bang rămâne incomplet. De pildă, influența gravitațională a materiei întunecate trebuie să fi jucat un rol important în atracția exercitată asupra materiei obișnuite în etapele timpurii ale universului, ajutând astfel la formarea galaxiilor. Apoi, la celălalt capăt al liniei timpului, materia întunecată ar putea juca un rol decisiv în privința soartei universului. De la big bang încoace universul s-a extins neîncetat, dar întreaga masă a universului atrage materia spre interior și încetinește treptat expansiunea. Aceasta conduce la trei scenarii posibile pentru viitor, care au fost propuse de Aleksandr Friedmann în anii '20. În primul, universul se extinde la nesfârșit, dar într-un ritm tot mai lent. În al doilea, universul își încetinește treptat expansiunea, așa încât, când timpul tinde la infinit, viteza tinde spre zero. În al treilea, universul încetinește, se oprește și începe să se contracte, ajungând la marea implozie (big crunch). Prin urmare, viitorul universului depinde de atracția gravitațională din interiorul lui, care depinde de masa universului, care la rândul ei depinde de cantitatea de materie întunecată din univers. În prezent e luat în considerare și un al patrulea scenariu posibil. La sfârșitul anilor '90, astronomii și-au îndreptat telescoapele asupra unei categorii de supernove ce poartă numele de Tipul Ia. Acestea sînt supernove foarte strălucitoare și pot fi văzute chiar dacă erup în galaxii îndepărtate. Supernovele de Tipul Ia prezintă de asemenea avantajul că au o strălucire variabilă care poate fi folosită pentru a etaloniza distanța până la ele, deci distanța până la galaxiile care le conțin. Și, prin metode spectroscopice, se poate măsura viteza cu care se îndepărtează. Pe măsură ce astronomii studiau tot mai multe supernove de Tipul Ia, măsurătorile lor păreau să indice faptul că universul se extinde într-un ritm din ce în ce mai mare. Așa încât, în loc ca expansiunea universului să fie încetinită, ea pare să fie accelerată. E ca și cum universul s-ar destrăma. Forța de respingere care determină această expansiune accelerată rămâne un mister și a primit numele de energie întunecată.

Cu scurta perioadă violentă de inflație, cu bizara materie întunecată și cu enigmatică energie întunecată, noul univers big bang al secolului XXI e într-adevăr un loc ciudat. S-ar părea că eminentul savant J.B.S. Haldane a avut dreptate când a scris în 1937: „Am impresia că universul nu e doar mai straniu decât bănuim, ci mai straniu decât putem bănuim.”

Lămurirea deplină a misterelor ce persistă în legătură cu big bang-ul va presupune un atac pe trei fronturi — teoria, experimentele de laborator și, mai important decât toate, observațiile astronomice mai bune. De exemplu, satelitul COBE și-a încheiat misiunea științifică pe 23 decembrie 1993 și a fost înlocuit de sateliți cu detectori superiori, cum ar fi WMAP, ale cărui rezultate apar în figura 104. Sateliți și mai buni au fost deja proiectați, iar la

sol vor fi construite radiotelescoape mai sensibile, telescoape optice mai puternice și vor fi efectuate experimente de laborator care să pună în evidență semne ale materiei întunecate.

Observațiile viitoare vor pune în discuție modelul big bang, îl vor testa și îl vor completa. Ele ar putea duce la o revizuire a estimărilor privind vârsta universului, ar putea diminua influența materiei întunecate în univers sau ar putea umple unele goluri din cunoștințele noastre, dar cosmologii sunt în general de acord că vor fi doar modificări de detaliu la schema de ansamblu a modelului big bang și nu o schimbare de paradigmă către un model cu totul nou. Această opinie e susținută și de Ralph Alpher și Robert Herman în Geneza big bang-ului, publicată în 2001: „Deși multe întrebări din cosmologie au rămas încă fără răspuns, modelul big bang se află într-o formă destul de bună. E cert că studiile teoretice și observațiile viitoare vor aduce cel puțin unele reglaje fine, dar acum, după ce au trecut mai bine de 50 de ani, nu credem că modelul se va dovedi fundamental eronat. Am vrea să ne putem întoarce peste alți 50 de ani să vedem ce va fi devenit.”

3.

El

FIINȚA CREAȚIEI ȘI ESENȚA

Existența universului nu poate fi înțeleasă fără existența lui Dumnezeu, însă odată ce a stabilit că Dumnezeu este actul pur de a fi, rațiunea nu este prin aceasta mai puțin perplexă atunci când trebuie să explice existența universului. De fapt, universul nu este suficient fără Dumnezeu, în vreme ce Dumnezeu este suficient fără univers. Cum am putea, așadar, să concepem posibilitatea unui lucru diferit de Ființa care este deja considerată în sine ca infinitate a propriului său act?

Nu trebuie să așteptăm un răspuns simplu și clar la această întrebare, nu numai pentru că ea se referă la ființă, ci și în măsura în care abordează taina libertății divine — un motiv în plus pentru a nu pierde vedere punerea corectă a problemei. Punctul de plecare al cercetării îl constituie lumea naturală care face parte omul și, deoarece el comportă o cauză primă a existenței sale, filosofii au găsit cinci căi principale care duc la existența lui Dumnezeu. Oricare ar fi dificultățile ulterioare care s-ar ivi, nu stă în puterea noastră să negăm existența Ființei pure, infinite, perfect simple și cauză a tot ceea ce Ea nu este. Cert este însă faptul că producerea Universului de către o astfel de Ființă este posibilă, deoarece acest univers există; problema care ne privește este exclusiv aceea de a căuta temeiurile acestei posibilități.

Dificultățile care trebuie surmontate sunt extrem de grave într-o teologie cum este cea de față, în care Cauza primă transcende ordinea esenței. De fapt, este vorba despre cunoașterea modului în care esențele pot emana din ființa în care nici o esență distinctă nu se adaugă la *esse* pentru a intra în compunere cu el. Această punere a problemei ar trebui, de altfel, să fie suficientă pentru a putea înțelege în ce direcție trebuie căutat răspunsul. Dacă l-am situa pe Dumnezeu în ordinea esenței, fie și în vârful acesteia, ar fi foarte greu, dacă nu imposibil, să aflăm în afara lui Dumnezeu un loc pentru lumea ființelor create. Nu putem adăuga nimic meritului, nici să sustragem ceva din el, chiar dacă afirmației lui Leibniz, „nu există decât un Dumnezeu, iar acest Dumnezeu este suficient“, i-am putea adăuga remarcă: și El își este suficient Sesi. Dar noi plecăm aici de la noțiunea unui Dumnezeu în întregime transcendent ordinii esențelor, care include totalitatea creaturilor, de unde putem deduce că, între El și ființele create, nu se pune sub nici o formă problema adăugării sau a scăderii. *Entia* și *Esse* sunt, strict vorbind, incomensurabile. Prin urmare, iluzia imaginației este cea care creează aici pseudo-probleme ce voi trebui îndepărtate.

Înaintând spre miezul problemei, rațiunea se convinge destul de repede că această dificultate este una dintre acelea, de la care metafizicile ideilor clare și distincte nu au nici o

șansă de a obține satisfacție. Hrana înțelegerii fiind conceptul de quidditate, al cărui obiect îl reprezintă esența, rațiunii îi este imposibil să formuleze, într-un limbaj satisfăcător, o relație între doi termeni, dintre care unul să fie o esență, iar celălalt un „dincolo de esență”, cu siguranță, înțelegerea concepe actul de a fi, dar ideea pe care o posedă cu privire la acesta nu este noțiunea de quidditate, singura care l-ar satisface, în măsura în care doar ea se pretează definiției. Exersând asupra problemei raportului dintre esență și existență, înțelegerea trebuie să se mulțumească astfel dinainte cu concluzii al căror conținut nu este în întregime reprezentabil. Non-reprezentabilitatea ființei este în noi asemenea umbrei purtate de non-reprezentabilitatea lui Dumnezeu.

Rămâne, așadar, să cercetăm modul în care esența poate proveni din ceea ce transcende esența, absorbind-o în ființă. Un anumit filosof al zilelor noastre a reproșat metafizicienilor de altădată faptul de a fi întârziat în jurul problemei „ființării” (das Seiende), fără a aborda direct problema ființei (das Sein). Este posibil ca noi să nu înțelegem sensul exact al reproșului, căci adevărul pare să arate mai degrabă faptul că metafizicile cele mai profunde, de la Platon la Toma de Aquino și dincolo de aceștia, până în prezent, au simțit nevoia de a depăși planul esenței, pentru a-l atinge pe cel al originii și al cauzei esenței. Indiferent de cum stau lucrurile cu celelalte metafizici, cea a lui *esse* constituie cazul tipic al unei ontologii care refuză în mod expres să se mențină în planul ființării și care înaintea astfel până la cel al ființei, acolo unde ființarea își are originea. Este adevărat că, odată ajuns aici, metafizicianul evită arareori să vorbească despre ființă altfel decât în limbajul ființării, însă cei care-i reproșează acest lucru, procedează de fapt exact la fel. S-ar spune că ei comit aceeași greșală, dacă aceasta ar fi într-adevăr o greșală. Dar nu este. Eroarea constă doar în a afirma că, începând de mâine, se va începe la modul serios să se vorbească despre Sein, așadar, altfel decât pentru a spune că este imperios să se discute despre ea. Înțelegerea nu are decât un limbaj, care este cel al esenței. Despre ceea ce este „dincolo de esență” nu putem spune nimic, decât că este și că este originea tuturor celorlalte lucruri; va fi necesar însă să cunoaștem și să afirmăm acest lucru, căci faptul de a considera esența drept ființă reprezintă una dintre cauzele cele mai grave ale greșelii care amenință metafizica. Vom mai studia de asemenea, în cadrul acestui curs de teologie fundamentală și filonul cosmologic al ideilor filosofice, dar și modalitatea în care acestea au influențat cercetarea științifică a cosmologiei.