
The Antiphysical Review

Founded and Edited by M. Apostol

246 (2024)

ISSN 1453-4436

Absurdul si Fizica

M. Apostol

Department of Theoretical Physics, Institute of Atomic Physics,

Magurele-Bucharest MG-6, POBox MG-35, Romania

email: apoma@theory.nipne.ro

Fizica este absurda. Nu e nici buna nici rea, nici frumoasa nici urita, nici utila nici daunatoare, nici nici, sau e si si; ceea ce vine a spune nu stim. Eu cred ca e pur si simplu absurda. Feynman spunea da, natura e absurda, ca urmare si teoriile mele sint absurde, pentru ca descriu natura, se potrivesc cu ceea ce masuram in natura; asta e! Fizicienii au vazut acest absurd deseori, dar s-au cam ferit sa-l spuna, asa, pur si simplu de-adreptul. Lui Newton ii era frica sa-si publice fluxiunile, ca ar fi ris lumea de el. Ce e aia zero pe zero? Vreo doi, Boltzmann si Ehrenfest, s-au sinucis cind au vazut grozavia asta cu absurdul. Ehrenfest spunea ca il apuca panica ori de cite ori vede un numar nou din Phys. Rev.

Oameni mari, foarte destepti, care s-au ocupat cu Fizica in cursul timpului, au avut diverse pareri despre ea, ca omu'. Unii ziceau ca e mareatza, ca e fascinanta, altii ca ne-ar fi adus minunatiile tehnologice care ne-au usurat viata, altii ca ne-ar satface curiozitatea intelectuala intr-un cel mai inalt grad. Altii, precum Kelvin pe la 1900, ca ar fi cam terminata, un edificiu maret finit, n-avem decit sa-l folosim de-acum (la ce?), nu mai ar fi cazul sa ne ocupam de el. Cind a aparut Cursul de Fizica Teoretica al lui Landau si Lifshitz multi au vazut in el incununarea definitiva a unei constructii sublime si grandioase, de-acum terminata definitiv. Wigner zicea ca matematica folosita de Fizica ar fi un dar de la Dumnezeu, pe care omenirea nici nu l-a cerut, nici nu-l merita. Deh, oameni, pareri, foiala, viata. Toate aceste ziceri sint amuzante, dar substanta e in alta parte. Fizica este absurda.

Desigur, treaba asta cu absurdul e de natura sa ne infricoseze. Cind nevasta-mea ma vizita in tinerete in laboratorul de fizica teoretica unde lucram zicea ca ii era frica sa intre acolo fiindca toti erau foarte destepti, ciudati, cu comportari si ziceri aiuritoare, pe care ea nu le intelegea; ti-era frica sa intri acolo, zicea nevasta-mea. Acuma, pe buna dreptate, frica e buna, daca ti-e frica stai deoparte. nu intra in padure daca ti-e frica de lup Nu sfatuiesc pe nimeni sa se ocupe de Fizica daca i se face frica de ecuatii, de atomi, de alte alea. Pe de alta parte exista si inconstienti care o cauta cu luminarea. Sint stupizi, se expun cu totul imprudent si sfrsesc ca niste epave. E plina Fizica de ei. De, Dumnezeu bate pe fiecare cu mintea fiecaruia. Curajul fara frica e esec sigur.

Mecanica, Relativitatea, Electromagnetismul. Ca o particula libera se misca rectiliniu si uniform, cu legea

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = 0 \quad (1)$$

pare in regula; nimic n-o abate din calea ei, afara doar daca spatiul nu este ciudat. Ei, daca spatiul este curb, particula se misca dupa curbura. O forta pare ca apare, ceea ce ne face sa modificam legea de mai sus in

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\frac{\partial}{\partial \mathbf{r}} g, \quad (2)$$

ca si cum un potential g ar fi prezent. Dar de ce ar fi spatiul curb? Ei bine, dupa Einstein, fiindca gravitatiea l-ar curba. Asta e cam fistichiu, lui Einstein nu-i placea forta de gravitatie, ii placea mai mult cu curbura. Cam asa a aparut teoria gravitatiei (sau cum se spune aiurea teoria relativitatii generale). Din acest capriciu au aparut lucruri noi, care se gasesc in natura (precesia periheliului planetei Mercur, devierea luminii in cimp gravitational, incetinirea timpului, unde gravitationale), au aparut lucruri bizare, cam rare in natura (gauri negre), sau poate inexistente, au aparut idei misterioase (materia neagra, energia neagra), dar cel mai interesant este ca acest moft, aceasta idee destul de creatza, ne-a pus in fata unui absurd cam ultim si fundamental. Sa urmarim desfasurarea acestei intreprinderi. a

Din Electromagnetism stim ca viteza luminii este, ar fi, o constanta. Oricum am apuca-o, oricum am intoarce-o, c -ul asta pare ca trebuie sa fie o constanta. Acest lucru nu este cunoscut. Chipurile ar cam fi stabilit prin experiente. Este constanta fiindca asa ne arata experienta ca ar fi o constanta. Experienta nu ne arata niciodata nimic. Sigur, nihil est in intellectu quod non fuerit in sensu, dar nisi ipse intellectus. Din contra, avem bune motive sa credem ca c e constant din ecuatiile lui Maxwell. Se afla in cartea mea de Statistica. Dintr-o fantezie, sa scriem acum legea de mai sus ca

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -c^2 \frac{\partial}{\partial \mathbf{r}} g, \quad g = 1 - \frac{v^2}{2c^2} + \frac{\phi}{c^2}, \quad (3)$$

unde ϕ e potentialul gravitational. Legea devine atunci

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\frac{\partial \phi}{\partial \mathbf{r}}, \quad (4)$$

ceea ce este legea gravitatiei; de exemplu, daca $\phi = -GM/r$, dam de legea lui Newton

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -G \frac{M \mathbf{r}}{r^2 r}, \quad (5)$$

unde M e masa Soarelui si G este constanta gravitacionala. Nu pare a fi mare scofala. Scofala e in g -ul dat de ecuatie (3). Ca ϕ -ul e necesar acolo, e clar. Pe de alta parte $m\phi/mc^2$ e energie pe energie. Ca urmare si un termen mv^2/mc^2 pare indreptatit sa fie acolo. De unde 1? Ei, asta e o problema. Trebuie sa vedem ce sens ii dam acestui g , ce inseamna el. Acest 1 e mare in comparatie cu ceilalti termeni. Sa lasam la o parte pe ϕ/c^2 , nu ne incurca disparitia lui, si sa scriem

$$g = 1 - \frac{d\mathbf{r}^2}{2c^2 dt^2}, \quad (6)$$

sau

$$c^2 g^2 dt^2 = c^2 dt^2 - d\mathbf{r}^2. \quad (7)$$

Ajungem la un lucru simplu, pe care il notam

$$ds^2 = c^2 dt^2 - d\mathbf{r}^2. \quad (8)$$

Ce facem cu el? Din neclar in mai neclar? Simplu si neclar. Vorba lui Pauli, acum lucrurile sint si mai neclare, dar neclaritatea este la un nivel superior de data asta!

Un indiciu il gasim in ecuatiile Electromagnetismului,

$$\partial_\mu F^{\mu\nu} = -\frac{4\pi}{c} j^\nu, \quad (9)$$

unde $F^{\mu\nu}$ este tensorul cimpului electromagnetic iar j^ν este densitatea de patru-curent. Sa presupunem ca facem o transformare liniara asupra lui $F^{\mu\nu}$ si asupra lui j^ν ; ecuatie se schimba, nu ne

spune mare lucru. Sa facem aceeasi transformare si asupra coordonatelor. Ce ar putea insemna o astfel de transformare? Desigur, o schimbare de sistem de referinta. Atentie, care include si timpul. Ce se intimpla la schimbarea sistemului de referinta? Ei bine, ecuatia trebuie sa ramina neschimbata. Acesta este principiul relativitatii, el este confirmat de masuratori, e solid. Dar pentru ca ecuatia sa ramina neschimbata, trebuie sa avem invarianta cantitatea $\partial_\mu \partial^\mu$, sau, ceea ce este totuna, cantitatea $x_\mu x^\mu$, care nu este altceva decit $c^2 t^2 - \mathbf{r}^2$ (sau $ds^2 = c^2 dt^2 - d\mathbf{r}^2$ de mai sus), convenind sa scriem $x^\mu = (ct, \mathbf{r})$, $x_\mu = (ct, -\mathbf{r})$. Aceasta este Relativitatea Speciala, sau simplu Teoria Relativitatii. Principiul relativitatii, ecuatiile electromagnetismului si constanta vitezei luminii par solide. Inexorabil sintem condusi la invarianta cantitatii ds^2 ; ds se cheama interval (elementar) de spatiu-timp, de univers. Aceasta invarianta a lui ds^2 este imposibil de inteles. Nu este nimic in ds^2 care sa ceara, sa sugereze aceasta invarianta. Nu stim ce insemna ds^2 , nu se vede de loc de ce ar fi el invariant la o transformare de sistem de referinta, transformare care mai include si timpul pe deasupra. Nu exista nimic in ds^2 care sa ne faca sa intelegem invarianta lui. Acesta este absurdul. Acesta este absurdul ultim si fundamental. El face pui. Gasim o energie proprie mc^2 , gasim ca lungimile se contracta in miscare, timpul se dilata, gasim ca ar exista fenomene cauza-efect (cauzale) si altele acauzale, care unele nu se amesteca cu celelalte. Absurd peste absurd. Desigur, o aiureala initiala produce consecinte aiuristice. Am ajuns in felul acesta la primul mare absurd din Fizica.

Sigur, imi veti spune ca sintem fortati sa admitem aceasta invarianta, din ecuatii si din experienta. De acord, dar de ce aceste ecuatii? In Statistica mea dau o motivare a lor, ele par rezonabile. Dar problema ramine. De ce lucruri rezonabile, solide ca experimentul, duc la lucruri absurde? Sau nu sint atit de nevinovate aceste ecuatii pe cit par? De exemplu, Δ pentru un punct duce la o forta ce se extinde in tot spatiu, $1/r$; iar $\partial^2/\partial t^2$ o mai si propaga. Pai, parca se zice ca nu exista forta la distanta? Ca pentru a exista o forta intr-un punct, odata, ar trebui sa existe un corp in acel punct, atunci, care sa o produca. Da, dar nu e corp, e cimp. Aha, nu e la distanta, e de la cimpul care este peste tot. Tare idee! De ce-o fi el peste tot? Si cum vine el de devine, asa deodata, dintr-un punct? Cam urit. Dupa cum vedeti cam inghitim broaste in Fizica, asa ca sa nu ne mai miram ca ne doare burta apoi. De-aia omu' se zapaceste, si-l apuca frica.

Fizicienii s-au luptat mult cu teoria relativitatii si teoria gravitatiei. Simteau ca ceva e putred in Danemarca. Unii au suferit in tacere, erau, carevasazica, sceptici. Altii, ca Born sau Ehrenfest, au cirtit cam deschis, cu paradoxele lor (gemenii, discul care se roteste, etc, etc). Altii, nu prea mai merita sa-i pomenim, au contrazis-o pur si simplu de-adreptul, cam neconvingator. Obositi, deceptionati, prin anii 70 oamenii au sfirsit printr-o acceptare consensuala. Acceptarea consensuala, zice Ziman, e cam asa: Esti de acord? Atunci si eu sint de acord. Daca noi doi sintem de acord, atunci teoria e corecta. Ce-o fi aia corect, cind e absurd? Se zice c-ar fi remarcabil faptul ca de-abia dupa 60 de ani teoria a fost in fine acceptata. Cum ar veni, nu fiti impacienti, trebuie timp sa va fie acceptate teoriile. Daca, de, si marelui Einstein? Pai? Fals, binisor fals. Exista asa zise teorii, absolut aberante, care sint acceptate imediat, din cauza faimei autorilor si institutiilor lor, faima bazata totalmente eminamente pe bani (acceptam si-n natura). Exista teorii corecte, importante, considerate minore (adica nu sint absurde) care sint definitiv uitate. Exista teorii necunoscute, rumegate la nesfirsit intr-un cerc de discipoli, completamente izolati de lume. Exista intrebari legitime, care sint evitate. Exista false misterii, care sint vinturate la nesfirsit. Exista succesuri false, si multe altele care vor veni; deh, malaiul trebuie justificat. Asa se intimpla cind strutzul baga capu-n nisip, si cind ne-nchinam la imparatul gol: visam vise.

Un lucru imporatnt trebuie subliniat in legatura cu relativitatea. Cind c este mult mai mare decit v , atunci timpul se decupleaza de spatiu, putem sa le tratam separat, si regasim mecanica clasica. Astfel de generalizari cu limite stiute au devenit un fel de dogma in definirea noului in Fizica. Si atentie la scale diferite!

Mecanica Cuantica si Teoria Cimpului. Sa povestesc aici pe scurt istoria Mecanicii Cuantice (e si-n cartea mea Theory of Quanta). Mai intii a fost Planck, caruia i s-a aratat ca daca o lumina cu frecventa ν are o energie $h\nu n$, atunci lumina dintr-o cavitate perfecta (numita cavitate neagra) e conforma cu masuratorile. Aici n este un intreg $0, 1, 2, \dots$ iar h este o constanta bizara, masurata ca $\simeq 6 \times 10^{-27} \text{erg} \cdot \text{s}$, numita mai apoi constanta lui Planck. Einstein a sarit ca ars, a prins ocazia, si ne-a spus ca daca e asa, atunci si corpurile, atomii ar trebui sa aiba astfel de energii discrete, ca sa emita si sa absoarba lumina. Asta i-a convenit de minune lui Bohr, care a inceput sa vorbeasca de stari de energie discreta, bine determinata, in atomul lui Rutherford, cu un nucleu mic in centru, inconjurat de electroni. Lucrurile s-au aprins unul de la altul, ca focul in vreascurile din padure. Daca exista $E_n - E_m = 2\pi \frac{h}{2\pi} (\nu_n - \nu_m)$, adica $E_n - E_m = \hbar(\omega_n - \omega_m)$, atunci in locul transformatei Fourier $e^{i\omega t}$ trebuie sa folosim $e^{i(\omega_n - \omega_m)t}$, zice Heisenberg (ca sa nu mai umblam cu 2π , scriem \hbar , zice Dirac; mai tirziu, Feynman a incondeiat si el la fel momentul, in produse cu matricile Dirac). Dar daca folosim $e^{i(\omega_n - \omega_m)t}$, atunci in locul unei marimi fizice $F(t)$ ar trebui sa avem un lucru cu doi indici $F_{nm}(t)$. Ce este un lucru cu doi indici? (Atentie cimpisti nu e neaparat un tensor!) Este o matrice, si-au amintit cu greu Born, Heisenberg si Jordan. Aici oamenii astia s-au oprit un pic, si-au tras suflitul, si s-au dus la Hilbert sa-i lamureasca ce fac ei cind fac ceea ce fac. Hilbert le-a spus ca ar trebui sa lege aceste matrici de niste unde. Born si Heisenberg au crezut ca Hilbert glumeste, ca n-a inteles nimic. Dar repede repede, Louis de Brogie a scris variatia energiei unei particule ca $vp = h\nu$, adica $vp = hv/\lambda$, adica $p = h/\lambda$, adica o particula este o unda cu lungimea de unda λ . De aici, Schroedinger si-a facut ideea ca impulsul trebuie sa fie $p = -i\hbar\partial/\partial x$, pentru ca o unda se scrie $e^{i2\pi x/\lambda}$, adica $e^{\frac{i}{\hbar}px}$, si numai $-i\hbar\frac{\partial}{\partial x}$ da $p = h/\lambda$ cind e aplicat acelei unde plane; apoi a scris conservarea energiei ca o ecuatie diferentiala pentru o unda ψ ; ecuatie care are, ca si matricile, valori discrete de energie, cum zicea Hilbert. Cam pe aici, istoria Mecanicii Cuantice s-a terminat. Ramasese sa intelegem ce faceam.

Dirac a incercat din rasputeri sa inteleaga. In Mecanica Cuantica rezolvam ecuatia lui Schroedinger, care este o ecuatie diferentiala, si gasim nivele de energie. Daca vrem sa vedem evolutia in timp a unei marimi, atunci e nevoie sa folosim un comutator al acelei marimi cu energia, cu hamiltonianul. Ca sa putem efectua comutatorul trebuie sa stim comutatorul fundamental intre pozitia q si impulsul (momentul) p ; sau comutatori echivalenti. Din $p = -i\hbar\partial/\partial q$ este evident ca

$$[p, q] = -i\hbar . \quad (10)$$

Aici lui Dirac i s-a parut ca o sa intealga mai mult din analogia cu Mecanica, unde paranteza Poisson este

$$\{p, q\} = \frac{\partial p}{\partial p} \frac{\partial q}{\partial q} - \frac{\partial p}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial p} = 1 . \quad (11)$$

Dupa cum se vede, nici o legatura! Nu e de inteles nici \hbar -ul, nici i -ul, nici minusul, nici 1. La urma urmei, nici $\{ \}$ nici $[]$. Acesta a fost primul semn ca sintem in primejdie mare. Ca nu intelegem.

Absurdul fundamental aici este energia minima $h\nu$, numita cuanta de energie. De ce exista aceasta cuanta? Nimic nu ne spune asta, si nimeni nu poate spune. Desigur, exista o masinarie matematica ce ne arata cum sa umblam cu ea, masinarie numita Mecanica Cuantica. Dar de ce ar exista cuanta? E complet absurd. Mai ales ca noi stim ca energia este continua. E-adevarat, in cantitati mari, cind e mica ea este cuantificata. Intr-adevar, h este mic, cuantele se refera la particule microscopice; mai exact, la variatii mici ale actiunii mecanice, pentru ca h este o actiune mecanica, iar h se cheama cuanta de actiune, asa incit ele pot aparea si in corpuri macroscopice, corpuri speciale, precum superfluiditatea, de exemplu. Dar cum ne legam de corpurile macroscopice, clasice? De exemplu, cum e treaba cu lungimea de unda a particulei libere? Aici, chestiunea devine asa. Sa zicem ca particula libera nu se misca in linie dreapta, ci se misca pe un cerc, de circumferinta mare L . Pentru continuitate, functia de unda $e^{\frac{i}{\hbar}px}$ trebuie sa

fie in L cit e in zero, adica $pL/\hbar = 2\pi n$, sau $\lambda = n/L$, cu $n = 0, 1, 2, \dots$; pe zero putem sa-l lasam la o parte. Aceasta este asa-zisa conditie ciclica. Dar pretul este ca particula libera se misca pe un cerc, nu in linie dreapta. Vedem ca pentru a intelege trebuie sa sacrificam bune lucruri, care ne dau exact intelegerea. Sintem in Kafka, pentru a intelege trebuie sa sacrificam intelegerea. Cind p -ul e mare, adica λ e mic, adica L -ul e foarte mare, putem degaja o raza, adica o linie dreapta (de fapt mai multe, paralele), de-a lungul careia particula se misca, cu oscilatii foarte dese, care nu prea mai conteaza, si avem deja miscarea unei particule libere clasice. Aceasta este asa-zisa aproximatie cuasi clasica a mecanicii cuantice. Cu alte cuvinte particula nu prea mai are traiectorie.

Aici este iarasi important sa subliniem ca in procese cu schimb mare de actiune mecanica, regasim fizica clasica, in modul descris mai sus; adica, in limita $\hbar \rightarrow 0$ mecanica cuantica devine, cu chiuu cu vai, mecanica clasica.

Existenta absurdului cuantic atrage alte si alte bizarerii. De exemplu, in loc de o marime F avem elementele ei de matrice F_{mn} . Ce poate sa insemne asta? Asta inseamna ca marimea nu este bine definita; intr-adevar, cu o matrice putem construi medii si abateri medii patratice, deviatii de la medii. Ca urmare, nu mai avem o marime fizica, avem in schimb masuratori medii pe o stare sau alta, si incertitudini referitoare la astfel de masuratori. Masuratorile devin o afacere statistica. De exemplu, functia de unda $e^{\frac{i}{\hbar}px}$ este definita din 2π in 2π , proiectiile ei din 1 in 1, ceea ce inseamna ca produsul incertitudinilor este $\delta p \delta x = \frac{1}{2}\hbar$. Desigur, el poate fi si mai mare, din cauza periodicitatii. Acesta se cheama principiul de incertitudine al lui Heisenberg.. Apropos, dar functia de unda ψ ce inseamna? Ce unda este acea particula? Hai, pentru lumina mai treca mearga, ca lumina e o unda, dar o particula materiala, ca un electron? Culmea este ca intr-adevar electronii se difracta pe reseaua cristalina a unui corp solid, precum undele. Mai mult, pentru mai multe particule functia de unda $\psi(x_1, x_2, \dots)$ nu se separa neaparat in produse de functii uni-particula, asa ca un astfel de ansamblu nu poate fi analizat in termeni uni-particula. Avem ceea ce se cheama un entanglement, cind masuram o particula, masuram si pe alta. Adica, particulele astea microscopice, nu numai ca au energii discrete in cuante, dar sint si inseparabile, mai ales cind sint identice. Apoi, o particula libera cu moment dat e peste tot, dar cind si cind scintileaza pe un ecran, intr-un atom. Ce s-a ales de functia ei de unda, cum vine de devine acest colaps al masuratorii? Sint lucruri absurde.

Dar poate cel mai absurd este ca o particula, una singura, lasata sa cada pe un ecran cu o fanta dubla, interfera cu ea insasi. Adica ea chiar este o unda. Apoi cade pe detectorul scintilator, ca orice particula. Aceasta dualitate intrinseca, dualitate unda-corpusul, este un frumos absurd.

Acuma si cazuta pe atomul din detector, particula, electronul tot unda ramine, mai mititica e drept. Asta inseamna ca lumea e facuta din unde, in fapt. Adica aceste corpuri pe care le vedem, le pipaim, de care ne lovim si ne doare cind ne lovim, nu sint decit unde, care interactioneaza, intre ele, cu noi insine, corpul nostru fiind el insusi, ca orice corp, facut din unde ce interactioneaza cu alte unde; iar interactiunile nu sint altceva decit alte si alte unde, ce apar in cuante de energie, de moment, etc, asa incit le mai numim si particule. Aceasta este filozofia de baza a teoriei cimpurilor. Care e nevoita sa admita ca lumea nu exista, exista numai manifestari ale ei, pe care le masuram, nu altfel decit in termeni de energie, moment (impuls), alte lucruri ce se conserva, ca urmare a simetriilor diverse. Am ajuns departe.

Asadar, lumea e cuantica la baza, ea este clasica numai aproximativ. Este ea si relativista? Nu neaparat, la viteze mici este iarasi clasica, mai exact ne-relativista, caci poate fi cuantica. Dar la viteze mari? Ei bine, aici trebuie sa bagam de seama ca relativitatea cere o pozitie si un moment de timp exacte, precise, pe cind unda cuantica are o nedeterminare, o incertitudine intrinseca a pozitiei si timpului. Pentru o particula libera asta nu prea conteaza, pentru ca particula libera se

poate afla in orice pozitie la orice timp. De aceea ecuatia Dirac e buna. Dar pentru o particula in interactie lucrurile se complica, pentru ca o particula in interactie are constrangeri asupra pozitiei si timpului, care nu sint compatibile cu relativitatea, sau cu cuantica, decit in limite. In particular, ecuatia Dirac cu interactie trebuie tratata cu limite; ceea ce revine la a spune nu numai ca e inutila, dar e si aiurea.

Dar daca tot am luat-o pe drumul absurdului, sa mergem mai departe. De ce sint patru forte in natura: slaba, electromagnetica, tare si gravitatie? Sa fie, domle, una singura! Sa unificam fortele! De ce? O idee aiurita, care vine tot de la Einstein. Acum, daca omul a facut lucruri bune, tot el poate sa faca si lucruri rele, ne dam si noi cu parerea, nu dam cu bita. Fiindca daca deci precum ar fi un cimp unificat e unul singur, nu mai avem mai multe cimpuri, nici slabe, nici electromagnetice, tari, asa ca, paradoxal, ce vrem, adica o prostie, aia avem, adica o prostie. Dupa ce ne complicam atit de inutil, cum facem sa calculam si sa comparam cu experienta? Ca experienta e cu patru forte, nu cu una unificata. Apoi, simplu, o luam pe energii. Adica unificam, unificam, dar mai ales juxtapunem. La energii mici, mici, interactiunile superioare nu conteaza, le neglijam. Facem calcule, cu teoria perturbatiilor, nu are sens sa mergem prea departe ca oricum efectele sint slabe, si gasim, ce gasim in interactii slabe. Sigur e sa folosim teoria originala, primitiva a lui Fermi; ceea ce se si face. E frumos, pentru damblagii loviti de morb, e bine. Sa dea inainte. Vine la rind interactiunea electromagnetica. Aici aia slaba ne incurca. O inghetam, printr-un procedeu sofisticat, imprumutat din tranzitiile de faza, zis ruperea de simetrie. Trebuie sa aratam ca stim, nu, ca sintem invatati? Stim si cu tranzitiile de faza. Pai? Dupa ce-am rupt simetria interactia slaba nu mai conteaza, am calculat-o deja, raminem cu cea electromagnetica. Aici, situatia se complica. Vrem sa facem calcule cit mai exacte. S-au facut, si s-au potrivit, culmea, perfect cu masuratorile. Este ceea ce se numeste electrodinamica cuantica. Numai ca! Numai! Mai intii s-a constatat ca in calculele precise apar lucruri infinite. Ce facem cu ele? Gasim la rezeala alte lucruri infinite si le scadem din primele, taman exact potrivite ca sa le anuleze. Acest procedeu se cheama renormalizare. Primul lui campion a fost Feynman, care pentru succes ar fi facut orice. S-a constatat nu numai ca e o gluma, dar s-a mai constatat ca s-au produs falsuri in calculele raportate de unii si de altii. Mai mult, s-a constatat ca nici experientele nu dau rezultate precise si exacte, ci cam alandala. Nu e nimic, bagam sub pres, bine ca e frumos, ce mai conteaza ca am inselat, bine ca avem succes. Vine la rind interactia tare. Aici le inghetam prin rupere de simetrie p-ale doua mici de inainte, si facem calcule simple, ca oricum interactia e tare, n-avem noi energii pina acolo sus s-o masuram. Oricum, calcule superioare sint imposibile. In fine gravitatie. Aici nu se poate. Nu gasim infiniti sa-i sustragem. E mai infinita decit infinitul. Oare de ce? Pai, simplu, din capul locului se vede ca e diferita. Si alelalte sint diferite, dar acolo mai mege sa matrasim, diferentele sint mai blinde, dincoace diferentele sint mai dure, prostia are si ea limitele ei. Cam asta e starea actuala in teoria actuala cuantica a cimpului.

Unificarea cimpurilor e pedeapasa lui Dumnezeu pentru ateul Einstein. Cum nu credea in Dumnezeu (pe romaneste se spune n-avea nici un Dumnezeu), Einstein a trebuit sa-si confectioneze unul. Din care se vede ca omul nu poate trai fara Dumnezeu. Si atunci Einstein si-a inventat unificarea, sa aiba si el ceva, acolo, in care sa creada la o adica.

Desigur, toate aceste cimpuri sint cuantice si relativiste. Energia proprie mc^2 se poate duce in cuante de energii de interactie. O particula poate disparea, in cimpuri. Unirea clasicului cu cuantica poate duce la impas. Le fel, unirea cuanticii cu relativitatea poate duce la alt impas. Ambele, din bune motive. De exemplu, cu interactia slaba si electromagnetica, mai treaca mearga, au energii relativ mici, timpi rezonabili, asa ca h poate conta. Dar interactia tare are energii mari, h conteaza numai pe timpi scurti, pe distante mici, asa incit, astfel de oscilatii dese dau mai mult o comportare clasica. Cu gravitatie e alta poveste. Ea este foarte slaba, conteaza h pe timpi foarte lungi, in astfel de cazuri derivatele temporale sint cam inexistente, situatia e mai mult statica,

slab dinamica, si iarasi ea seamana mai mult cu o situatie clasica, dar cu h , efecte mici, oricum absurd!

Daca Fizica este absurda, asta nu inseamna ca nu trebuie totusi sa ne preocupe. Pe unii, desigur. Pur si simplu, acest absurd este contra-intuitiv. Trebuie sa ne obisnuim, e cu atat mai interesant, poate, mai captivant. Dar exista absurd productiv, si absurd neproductiv. De exemplu, cu invarianta intervalului spatiu-timp gasim dilatarea timpului, contractia lungimii, energia proprie, interna mc^2 , multe alte lucruri, reale, interesante, surprinzatoare, contra-intuitive, bizare, cu care ne putem obisnui. Unii mai greu, altii mai usor. Cu cuanta de actiune h gasim nivele de energie discreta, probabilitati de tranzitie, lucruri verificate de practica. In teoria radiatiei electromagnetice trebuie sa ne limitam la teoria lui Dirac, expusa magistral de Fermi. Dar exista si absurduri contra-productive, ca in teoria cuantica a cimpurilor, unde pierdem obiectul muncii. Nu facem acolo decit sa postulam un cimp unificat, abstract, ireal si nefizic, sa-i rupem simetriile si sa aratam ca obtinem ecuatiile lui Maxwell si teoria slaba a lui Fermi. Ce-am facut cu asta? Ce-am invatat? Ce-am realizat? Decit o emptitudine si un exercitiu in zadarnicie. Unificarea cu interactia tare e mai problematica, in sensul ca nu iese. O bijbiim, fara sa realizam totusi ca exista obstacole absolute, ca cele sugerate mai sus. Sintem redusi la scheme goale ca renormalizarea, ruperea de simetrie, si cind e sa facem calcule concrete, apelam la teoriile asa-zise primitive: ordinele joase de teoria perturbatiilor, teoria lui Fermi. De exemplu, de ce apar infinitii in teoriile cuantice de cimp? Simplu, pentru ca self-interactia nu trebuie luata in seama, pentru ca interactia statica coulombiana, nu trebuie inclusa, ceea ce impiedica o teorie relativista, dar o teorie relativista nu e conforma cu cuantica, pentru ca undele cuantice, si in special ecuatia Dirac impun limite spatio-temporale incompatibile cu relativitatea (lucruri pe care le-am descris in cartea mea de Electrodinamica Cuantica), pentru ca scalele de timp si de spatiu sint diferite dupa energii si impulsuri, etc, etc. Un lucru poate fi facut cuantica, ca ecuatia Dirac, dar pretul este ca noile obiecte introduse nu sint puncte spatiu-timp definite, asa cum cere relativitatea. Nu orice lucru poate fi combinat cu alt lucru. E nevoie de mai multa delicatetze (ca in bucatarie).

Termodinamica si Fizica Statistica. Aici sintem intr-o situatie foarte speciala. Am identificat pina acum absurduri productive, precum relativitatea si cuantica, si absurduri contra-productive, provenite din absolutizarea primelor, precum unificarea. Cu Termodinamica si Fizica Statistica ajungem la un absurd special, care este si foarte productiv si, in acelasi timp, poarta cu el absurduri blocante. E un absurd care e dincolo de bun si rau. Este probabil absurdul suprem al Fizicii.

Mai intii au fost atomii. O colectie mare, mare de atomi este in continua miscare. Daca interactioneaza, atunci starile lor de interactie se misca si ele ca niste particule, sau unde, numite excitatii elementare. Sint intr-o continua agitatie, numita agitatie termica. Agitatie termica determina o temperatura T , care este o energie. Aceste particule lovesc in continuu peretii volumului in care se afla, dau o presiune. Corpurile acestea mari, macroscopice au o temperatura, un volum, o presiune, care sint constante in timp. Desigur, cu mici fluctuatii. Evident, trebuie sa vorbim de o probabilitate, de medii statistice. Spunem ca astfel de corpuri sint in echilibru termodinamic. Daca le perturbam, le tulburam, ele revin repede, repede la echilibru, de unde au plecat. In termeni tehnici, spunem ca entropia corpului creste, sau, la echilibru, ramine constanta. De asemenea, echilibrul poate trece usor, usor in alt echilibru, si tot asa, corpurile pot suferi transformari de echilibru, cind li se schimba parametrii macroscopici precum temperatura, volumul, presiunea. Toate bune si frumoase, numai ca exista acea miscare interna a particulelor corpurilor. Aceasta miscare, fie ea clasica, fie cuantica, sau relativista este determinata, adica depinde de conditiile initiale. Daca echilibrul ar fi sa-l obtinem din miscarea mecanica, el ar trebui sa depinda de conditiile initiale. Daca depinde de conditiile initiale, acelasi corp ar avea temperaturi, volume, presiuni diferite, in aceleasi conditii, dupa cum l-am preparat. Ori nu e cazul. Scoase din echilibru, corpurile nu s-ar mai intoarce la echilibrul de la care au plecat, ci la altul si altul. Ceea ce nu e

cazul. Cum se realizeaza echilibrul termodinamic, cum se realizeaza termalizarea, cum se spune in termeni tehnici? Desigur, daca echilibrul este unic in conditii date, e de presupus ca e ceva unic pe care il atinge corpul, de exemplu un maxim de o functie. Si intr-adevar, se foloseste o functie numita entropia S , al carei maxim da echilibrul. Dar ecuatiile mecanice deterministe nu dau acest maxim, dau rezultate ce depind de conditiile initiale. Existenta echilibrului termodinamic contrazice tot determinismul Fizicii. Acesta este absurdul termodinamic fundamental. El exista bine mersi si nu e de inteles in termenii in care am inteles Fizica pina la el.

Notiunea fundamentala aici este ca corpul, la echilibrul termodinamic, are la dispozitie toate stările posibile, in conditii date. Sa notam numarul acestora cu G . Daca schimbam acest numar cu infinitesimala dG , atunci ii dam cite un T la fiecare din dG si impartim egal aceasta energie la toate stările G . Ce obtinem este o infinitesimala de energie dE , adica scriem

$$T \frac{dG}{G} = dE . \quad (12)$$

Entropia este $S = \ln G$. Integrarea acestei ecuatii duce la

$$G = G_0 e^{(E-E_0)/T} , \quad (13)$$

unde G_0 si E_0 definesc conditiile, iar probabilitatea

$$\frac{1}{G} = \frac{e^{E_0/T}}{G_0} e^{-E/T} = \text{const} \cdot e^{-E/T} \quad (14)$$

este mult celebrata distributie Gibbs. Ce nu se intelege aici este de ce luam in considerare toate aceste stari posibile, numarul lor maxim in conditii date, si de ce corpul si-ar distribui energia egal la toate. E o miscare complet diferita de miscarea mecanica, unde energia se conserva pe fiecare stare, unde corpul primeste dintr-o stare, primeste (sau cedeaza) o energie, pe care o transmite de la stare la stare, nu o colectivizeaza, termalizeaza, ca aici.

Odata acceptat principiul echilibrului termodinamic (sau al maximului entropiei cum se mai spune), s-a construit imediat marele edificiu al Termodinamicii si Fizicii Statistice, care explica infinitatea de procese termodinamice din gaze, lichide, solide, plasma, lumina, solutii, reactii chimice, coexistenta fazelor de agregare a materiei, tranzitiile de faza si imensa multime de fenomene de transport de masa, caldura, sarcina electrica, etc, etc. O productivitate enorma. In acelasi timp, incercarile de a deduce acest mare principiu din mecanica au dus la blocaje uriase, precum clusterii in gaze cu interactie, modele exact solubile in tranzitii de faza (de exemplu magnetice), sau grup de renormare.