



Enigma cuantică

Fizica întâlnește conștiința

Bruce Rosenblum și Fred Kuttner



Editura Prestige

2011

Cuprins

1. Prezentarea enigmei	15
2. Einstein le numea „înfricoșătoare“. Și aș vrea să fi știut asta	23
3. Vizita la Neg Ahne Poc. O parabolă cuantică	31
4. Viziunea noastră newtoniană despre lume. O lege universală a mișcării	41
5. Restul fizicii clasice	61
Salut, mecanica cuantică	75
6. Cum s-a impus cuantica asupra fizicii	77
7. Ecuația lui Schrodinger. <i>Noua</i> lege universală a mișcării	97
8. O treime din economia noastră	115
9. Scheletul din dulap	123
10. Minunata, minunata Copenhaga	139
11. Controversata pisică a lui Schrodinger	161
12. În căutarea unei lumi reale – EPR	175
13. Acțiuni înfricoșătoare. Teorema lui Bell	193
14. Ce se întâmplă? Interpretarea enigmei cuantice	215
15. Misterul conștiinței	235
16. Misterul se întâlnește cu enigma	251
17. Conștiința și cosmosul cuantic	271
Sugestii bibliografice	285

Prezentarea enigmei

Deși ceea ce spui este corect, a prezenta acest material unor nesavanți este echivalentul intelectual al situației în care lași niște copii să se joace cu niște pistoale încărcate.

Obiecția unui coleg la cursul nostru de fizică
„Enigma cuantică“

Aceasta este o carte controversată. Dar nimic din ceea ce spunem despre *mecanica cuantică* nu este controversat. Rezultatele experimentale pe care le relatăm și modul în care le explicăm prin teoria cuantică sunt complet agreate. Misterul pe care îl implică aceste rezultate *dincolo* de fizică este cel care e dezbătut *aprins*. Pentru mulți fizicieni, acest mister, enigma cuantică, e ceva despre care mai bine să nu vorbești. El reprezintă întâlnirea fizicii cu conștiința. E scheletul nostru din dulap.

Un lucru care îi îngrijorează pe fizicieni este că unii oameni, văzând știința solidă a fizicii legată de misterul minții conștiente, ar putea să devină susceptibili la tot soiul de aberații neștiințifice. Noi suntem conștienți de această problemă și o abordăm. Fizicienii mai pot să se simtă neplăcut și pentru că își văd disciplina pusă în legătură cu ceva atât de „ne-fizic“.

Să remarcăm direct că întâlnirea cu conștiința, prezentă în titlul nostru, nu implică o acțiune a minții, așa cum este uneori descrisă

Vizita la Neg Ahne Poc

O parabolă cuantică

Dacă tot vrei să exagerezi, măcar fă-o până la capăt.

G. I. Gurdjeff

Vor mai trece câteva capitole până ce vom întâlni enigma pe care o ridică mecanica cuantică. Însă haideți să începem prin a arunca o privire asupra paradoxului. Tehnologia de azi limitează prezentarea enigmei cuantice la obiectele foarte mici. Dar asta nu e decât o limitare tehnică. Mecanica cuantică se aplică la tot.

Așa că începem prin a spune o poveste în care un fizician vizitează Neg Ahne Poc, o țară care are o tehnologie magică, ce permite demonstrarea a ceva *asemănător* cu enigma cuantică, dar cu obiecte mari – un bărbat și o femeie – în loc de atomi, de exemplu; ceva imposibil în lumea reală. Urmăriți ce îl uluiește pe acest vizitator în Neg Ahne Poc. Uluirea sa este ideea, în parabola noastră. În capitolele ulterioare, probabil că și voi veți avea uluirea similară pe care o invocă mecanica cuantică. În povestea noastră, explicația pe care Rhobul i-o oferă vizitatorului său este ca și interpretarea de la Copenhaga a lui Bohr despre mecanica cuantică.

Prologul vizitatorului nostru sigur pe sine în Neg Ahne Poc

Haideți să vă spun de ce mă târăsc din greu să urc pe cărarea asta abruptă. Dacă mecanica cuantică poate să facă Natura să pară aproape mistică, unii oameni devin susceptibili la noțiuni total nejustificate. Pot să fie induși în eroare și să accepte prostii supranaturale.

Acum o lună, eram cu niște prieteni în California. Oamenii de acolo par deosebit de susceptibili la astfel de aberații. Prietenii mei vorbeau de *Rhobul* din Neg Ahne Poc, un sat aflat la înălțime, în munții Hima-Ural. Pretindeau că șamanul acesta putea să prezinte fenomene de genul celor cuantice, cu obiecte mari. Desigur, asta e ridicol!

Când le-am explicat că o astfel de demonstrație este imposibilă, m-au acuzat că sunt închis la minte. Am fost provocat să investighez, iar unul dintre ei, un miliardar dot.com, s-a oferit să-mi finanțeze călătoria. Deși colegii mei de la catedra de fizică m-au îndemnat să nu-mi pierd timpul vânând rațe moarte, cred că un savant motivat de binele public ar trebui să investească ceva eforturi investigând noțiuni nejustificate, pentru a împiedica propagarea lor. Astfel că, iată-mă.

O să văd ce e cu treaba asta cu o minte total deschisă. Apoi, o să demasc toate aceste aberații, când o să mă întorc în California. Dar în timp ce mă aflu în Neg Ahne Poc, o să fiu discret. Trucurile acestui șaman probabil că fac parte din religia locală.

Poteca devine mai puțin abruptă și se lărgeste, sfârșind brusc într-o piațetă spațioasă. Vizitatorul nostru a ajuns la Neg Ahne Poc. E ușurat să vadă că aranjamentele de la distanță ale prietenului său au funcționat. Sosirea sa era așteptată. Este salutat călduros de Rhob și de un grup mic de săteni.

✂ Salutări, Curios Întrebător, Experimentator Atent. Ești un vizitator binevenit în satul nostru.

⚡ Mulțumesc, vă mulțumesc foarte mult. Apreciez călduroasa întâmpinare.

⚡ Suntem bucuroși să te avem printre noi. Înțeleg că vii într-o misiune, să cauți adevărul. Fiind american, sunt sigur că vrei să îl afli repede. O să încerc să fac asta, dar te rog să ai înțelegere pentru felul nostru molcom.

⚡ Oh, chiar mulțumesc foarte mult. Sper că n-o să fie mare problemă.

⚡ Deloc. Înțeleg că voi, fizicienii, abia recent – în secolul trecut, de fapt – ați învățat să demonstrați unele din adevărurile mai profunde ale universului nostru. Dar tehnologia voastră vă limitează la a lucra cu obiecte mici și simple. „Tehnologia“ noastră, dacă așa vrei să o numești, poate să îți facă o demonstrație cu entitățile cele mai complexe.

⚡ (Entuziasmat, dar suspicios) Abia aștept să văd asta.

⚡ Am aranjat cele necesare. Vei pune o întrebare adecvată, apoi ți se va dezvălui răspunsul la întrebarea ta. Cred că procedura de a pune o întrebare și a ți se dezvălui un răspuns este asemănătoare cu ceea ce voi, savanții, numiți „a face un experiment“. Vrei această experiență?

⚡ (Pare încurcat) Păi, da, o vreau...

⚡ O să pregătesc o situație pentru ca acest experiment să aibă loc.

Rhobul se duce înspre două colibe mici, cam la vreo treizeci de yarzi mai încolo. În afara fiecăreia dintre colibe stă unul din ucenicii Rhobului. Între colibe, un tânăr și o tânără se țin de mână, în picioare.

⚡ Aranjarea situației, „pregătirea stării“, cum i-ai spune, trebuie să se facă fără observare. Te rog să-ți pui gluga asta.

Vizitatorul nostru își pune gluga neagră peste cap și acum nu mai vede nimic. După câteva momente, Rhobul continuă.

⌘ Acum, starea este pregătită. Te rog, dă-ți jos gluga. Într-una din aceste colibe se află un cuplu, un bărbat și o femeie împreună. Cealaltă colibă e goală. Primul tău „experiment“ este să determini în care colibă se află cuplul și care este coliba goală. Fă aceasta, punând întrebarea adecvată.

⌘ Bine, în care colibă se află cuplul și care este coliba goală?

⌘ Foarte bine, bravo!

Rhobul îi face un semn ucenicului său, care deschide ușa colibei din dreapta, pentru a da la iveală un bărbat și o femeie, unul în brațele celuilalt, zâmbind timizi. Apoi, deschide ușa celeilalte colibe și arată că aceasta este goală.

⌘ Observă, prietene, că ai primit un răspuns *corespunzător* la întrebarea ta. Într-adevăr, cuplul se afla într-una dintre colibe. Și, desigur, cealaltă colibă era goală.

⌘ (Neimpresionat, dar încercând să fie politicos). Aha. Da, înțeleg.

⌘ Dar înțeleg că pentru un savant reproductibilitatea este crucială. Vom repeta experimentul.

De încă șase ori, procedura se repetă pentru vizitatorul nostru. Uneori cuplul se află în coliba din dreapta, alteori în cea din stânga. Cum vizitatorul nostru începe să dea semne clare de *plictiseală*, Rhobul oprește demonstrația și explică.

⌘ (Oarecum voios) Observă, prietene! Faptul că ai întrebat unde se află cuplul face ca tânărul și tânăra să fie împreună, face cuplul să fie concentrat într-o singură colibă. Dacă ai îndoieli, putem să mai repetăm asta, de mai multe ori.

⌘ (Plictisit că a venit așa de departe ca să vadă o demonstrație aparent banală, vizitatorul nostru se stăpânește cu greu să

nu jighească). *Întrebările* mele au făcut cuplul meu să fie într-una sau cealaltă dintre colibe? *Aberații!* Unde i-ai pus tu pe când eu aveam gluga pe ochi - asta i-a făcut. Oh, dar, îmi cer scuze, asta n-are legătură. Vă mulțumesc foarte mult pentru demonstrație. Chiar apreciez efortul. Dar se face târziu și trebuie să cobor muntele.

⚡ Nu, eu ar trebui să îmi cer scuze. Trebuie să nu uit: durata atenției americanilor e scurtă. Am auzit că, de fapt, voi vă alegeți conducătorii națiunii pe baza unei serii de prezentări de treizeci de secunde pe un mic perete de sticlă.

Te rog, acum avem un al doilea experiment. Tu vei pune o *altă* întrebare. Vei pune o întrebare care va face ca femeia și bărbatul să se afle în colibe *separate*.

⚡ Bine, da, dar trebuie să ajung jos...

Fără să îl aștepte pe vizitatorul nostru să termine, Rhobul îi dă gluga, iar vizitatorul nostru și-o pune pe cap, strângând din umeri. După vreun minut, Rhobul vorbește.

⚡ Te rog să-ți dai jos gluga. Pune o nouă întrebare, pentru a determina în ce colibă se află bărbatul și în ce colibă se află femeia.

⚡ Bine, bine, în ce colibă se află bărbatul și în ce colibă se află femeia?

De data aceasta, Rhobul le face semn ucenicilor să deschidă colibele în același timp. Ei dezvăluie bărbatul în coliba din dreapta și femeia în cea din stânga, zâmbindu-și de-a latul piațetei.

⚡ (Vizibil neimpresionat) Aha.

⚡ Observă! Ai primit un răspuns corespunzător *noii* întrebări pe care ai pus-o, un rezultat corespunzător experimentului *diferit* pe care l-ai făcut. Într-adevăr, bărbatul se afla într-una din colibe, iar femeia în cealaltă. Întrebarea ta a făcut ca acest cuplu să fie distribuit în ambele colibe. Acum, arătăm reproductibilitatea, repetând acest experiment.

♂ Te rog, *trebuie* să plec. Pot să stipulez reproductibilitatea? (Acum cu un ton sarcastic în voce) Recunosc că „experimentele“ tale sunt repetabile, toate, de un număr arbitrar de ori, cu rezultate la fel de impresionante.

♀ Oh, *chiar* îmi pare rău.

♂ (Surprins de propria sa lipsă de politețe) Oh, nu, eu îmi cer scuze. Aș fi încântat să văd o repetare a acestui experiment.

♀ Bine, poate numai de două sau de trei ori?

Și demonstrația se repetă de trei ori.

♀ Pari nerăbdător. Așa că, poate că de trei ori e destul, ca să demonstrăm că faptul că întreb unde se află bărbatul și femeia separat face ca ei să fie distribuiți în ambele colibe. Poți să fii de acord cu asta?

♂ (Plictisit și dezamăgit, dar cumva infatuat) Cu siguranță că sunt de acord că *tu* poți să distribui cuplul în colibe cum vrei. Însă acum chiar că *trebuie* să cobor. Am crezut că o să se demonstreze altceva. Dar îți mulțumesc foarte, foarte mult pentru...

♀ (Înterupându-l) N-ai văzut versiunea *finală* a acestor experimente. Este cea *crucială*, care încheie demonstrația noastră. Dă-mi voie să o fac, pentru tine – numai de două ori. Doar de două ori.

♂ (Cu condescendență) Bine, hai, de două ori.

Vizitatorul nostru își pune din nou gluga.

♀ Te rog, dă-ți gluga la o parte și pune-ți întrebarea.

♂ Care întrebare să o pun?

♀ Ei, prietene, acum ai experiență cu *amândouă* întrebările. Poți să o pui pe *oricare*. Poți să alegi *orice* experiment.

♂ (Fără să se gândească prea mult) Bine, în ce colibă e cuplul?

Rhobul pune să se deschidă coliba din dreapta și se vede un bărbat și o femeie ținându-se de mână. Apoi, deschide ușa celeilalte colibe și arată că e goală.

♂ (Puțin încurcat, dar nu prea surprins) Hmmmm...

♀ Observă că întrebarea pe care ai pus-o, experimentul pe care l-ai ales *tu*, a făcut cuplul să fie într-o singură colibă. Acum să încercăm din nou – a doua oară – cu care ai fost de acord.

♂ (Destul de dispus) Sigur, să mai încercăm o dată.

Vizitatorul nostru își trage din nou pe cap gluga.

♀ Te rog să-ți dai gluga jos și să pui oricare dintre întrebări.

♂ (Cu o nuanță de scepticism) Bine, de data asta am decis să pun *cealaltă* întrebare: În ce colibă e bărbatul și în ce colibă e femeia?

Rhobul își pune ucenicii să deschidă ambele colibe în același timp și să dezvăluie bărbatul în coliba din dreapta și femeia în cea din stânga.

♂ Hmmmm... (În lături – un gând cu voce tare) *Ciudat, a putut să-mi răspundă la întrebare și de data asta. De două ori la rând. N-avea cum să știe ce întrebare aveam să pun.*

♀ Observă, prietene, că orice întrebare ai alege să pui, ea primește întotdeauna răspunsul corespunzător. Și acum, doreai să pleci.

♂ Ăăă... de fapt, nu m-ar deranja deloc să mai încercăm ultimul experiment.

♀ Sigur, sunt încântat de interesul tău pentru demonstrația că indiferent ce experiment alegi, întotdeauna primești un răspuns potrivit.

Vizitatorul nostru își mai trage o dată gluga pe cap.

♀ Te rog, dă-ți gluga jos și, încă o dată, pune oricare dintre întrebări.

♁ Bine. De data asta, în ce colibă e cuplul?

Rhobul pune să se deschidă ușa colibeii din partea stângă, unde se văd bărbatul și femeia împreună. Apoi, pune să se deschidă ușa colibeii din partea cealaltă, arătând că este goală.

♁ Ai dat un răspuns potrivit la întrebarea pe care am ales-o de trei ori la rând. Ai un noroc impresionant!

♁ Nu a fost vorba de noroc, prietene. Observarea pe care o alegi tu, liber, va determina dacă cuplul va fi împreună, într-una din colibe, sau împărțit în două.

♁ (Uimit) Cum se poate? (Acum, cu nerăbdare) Putem să mai încercăm?

Sigur, dacă vrei.

Demonstrația se repetă, iar vizitatorul nostru din ce în ce mai uimit cere să se mai repete iar și iar. De opt ori, vede un rezultat corespunzător întrebării pe care a pus-o, dar necorespunzător întrebării celeilalte, pe care ar fi putut să o pună.

♁ (Agitat, într-o parte) Nu pot să cred! Te rog, aș vrea să mai încerc o dată!

♁ Mă tem că acum se face întuneric, iar coborâșul e abrupt. Fii sigur că vei primi întotdeauna răspunsurile corespunzătoare întrebării pe care o pui – corespunzătoare situației pe care a făcut-o să existe întrebarea ta.

♁ (Mormăie și pare deranjat)

♁ Pare să te tulbure ceva, prietene.

♁ De unde ai știut ce întrebare aveam să pun, când ți-ai pus oamenii în colibe?

♁ N-am știut. Ai fi putut să pui oricare dintre întrebări.

♁ (Agitat) Dar, dar... hai să fim *rezonabili!* Și dacă aș fi pus întrebarea care *nu* corespundea locului în care se aflau de fapt femeia și bărbatul?

☞ Prietene, oare marele vostru fizician danez, Bohr din Copenhaga, nu preda el că știința nu trebuie să dea răspunsuri la experimentele care nu s-au executat efectiv?

☞ Oh, da, dar haide – oamenii tăi trebuiau să fie sau împreună, sau separați imediat *înainte* ca eu să pun întrebarea.

☞ Înțeleg ce te tulbură. În ciuda pregătirii tale ca fizician și a experienței pe care o ai cu mecanica cuantică în laborator, încă mai ești saturat de noțiunea că o realitate fizică există independent de observarea ta conștientă a acelei realități. Aparent, fizicienilor le e greu să înțeleagă pe deplin marele adevăr pe care l-au zărit abia de curând.

Dar noapte bună, prietene. Ai văzut ceea ce ai venit să vezi. Acum trebuie să pleci. Mergi în pază, în jos, pe munte.

☞ (Evident uluit, întorcându-se să plece) Uh, da, așa o să fac, ăă, mulțumesc foarte mult, foarte mult, eu, ăăă, păi... mulțumesc...

☞ (Vorbind cu el însuși, în timp ce o ia în jos, pe poteca abruptă și stâncoasă) Și acum să vedem, *trebuie* să existe o explicație rezonabilă. Dacă întrebam unde este *cuplul*, el îmi arăta imediat cuplul într-o singură colibă. Dar dacă alegeam să întreb unde erau femeia și bărbatul *separat*, el îmi arăta imediat pe câte unul în fiecare colibă. Dar înainte să întreb, ei trebuie să se fi aflat într-una sau alta dintre situații. Cum făcea?

Am fost păcălit să pun întrebarea care se potrivea cu aranjamentul lui – ca într-unul din acele trucuri forțate cu cărțile de joc? Nu, *știu* că alegerile mele au fost făcute liber. E imposibil! Dar am văzut-o. E un pic ca un experiment cuantic. Unii au susținut că o decizie conștientă despre ce să observi creează realitatea, dar lucrurile de genul conștiinței n-ar trebui să intre în fizică. În orice caz, mecanica cuantică nu se aplică la lucruri mari, cum ar fi oamenii. Bine, desigur, asta nu e chiar așa. În *principiu*, fizica cuantică se aplică la tot. Dar e imposibil să demonstrezi așa ceva cu lucruri

mari – și fără un experiment de interferență. Oare aveam halucinații?

Cum să îl demasc pe Rhobul ăsta, când ajung în California?

Și – oh, dumnezeule! Cei de la catedra de fizică o să mă întrebe despre călătorie! *Ups!*

Desigur, nu există niciun Neg Ahne Poc. Ceea ce a văzut vizitatorul nostru, de fapt, este imposibil. Dar în capitolele ulterioare ne vom înfrunța cu un paradox similar: vom vedea că un obiect poate fi arătat ca fiind total într-un loc sau, printr-o alegere diferită de experiment, ar putea fi arătat ca fiind distribuit în două locații. Deși tehnologia prezentă limitează această prezentare la lucrurile mici, pe măsură ce tehnologia avansează, acest lucru este demonstrat pentru obiecte din ce în ce mai mari. Viziunea ortodoxă asupra paradoxului este interpretarea de la Copenhaga a mecanicii cuantice, avându-l pe Niels Bohr ca arhitect principal. Nu este diferită de interpretarea dată de Rhob în Neg Ahne Poc („Copenhaga“ scris invers).