

Зашто „the hard problem“ има решења у квантној физици

Игор Салом, Институт за физику у Београду

Подржано од стране Фонда за науку Републике Србије, број 7745968,
„Квантна гравитација преко виших гејџ теорија 2021“ (QGHG-2021)

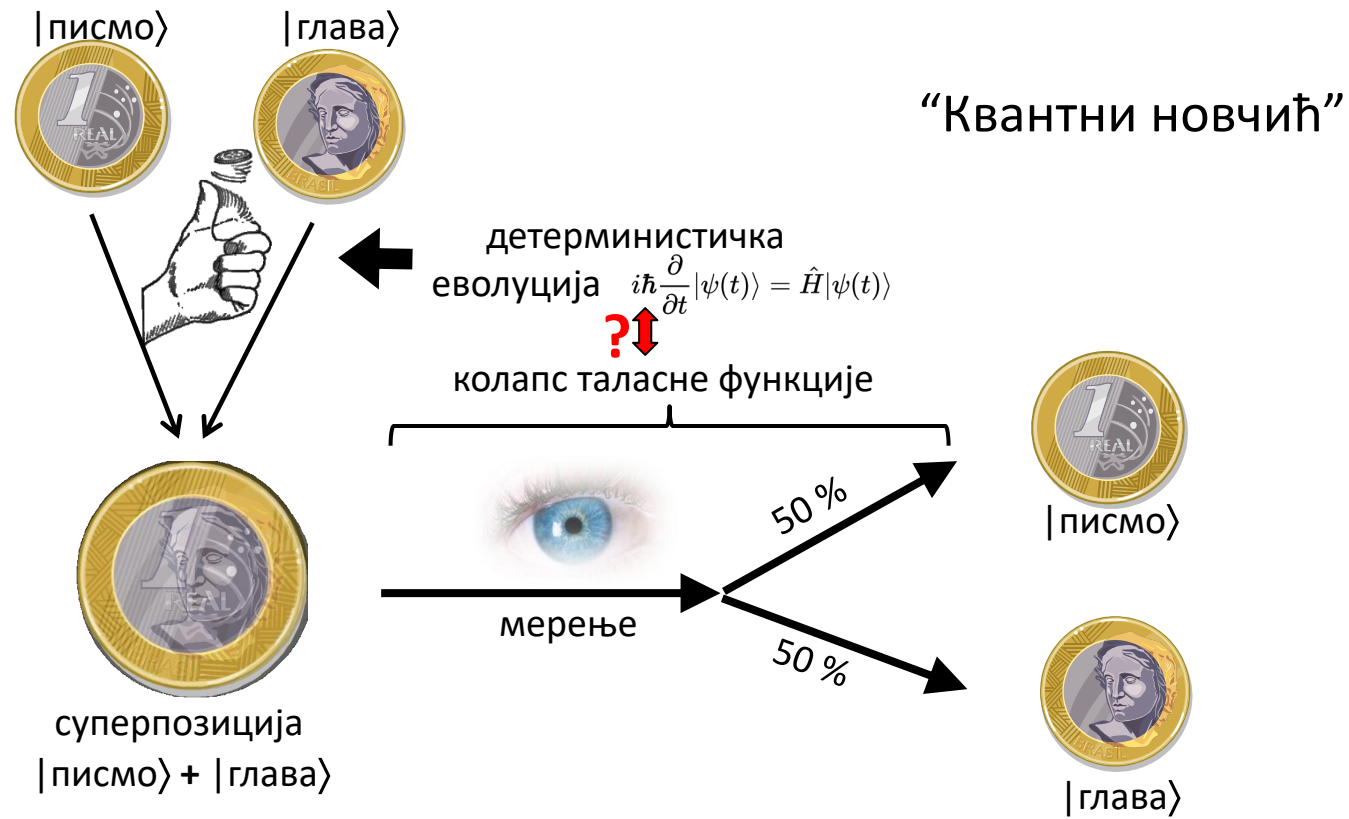


Фонд за науку
Републике Србије

План:

1. Шта је „проблем мерења“ у квантној физици
2. Кулминација у Парадоксу Вигнеровог пријатеља
3. Преглед главних покушаја решавања
4. Мапирање „hard problem“ $\leftrightarrow$ „measurement problem“
5. Како квантна механика превазилази “no-go” теорему
6. Зашто комбинација оба проблема (и решавање W.F. парадокса) води у идеализам

Квантна физика?



“Measurement problem”

- Процес 1 – Мерење:

спектрална декомпозиција

$$M = \sum_m m P_m = \sum_m m |m\rangle \langle m|$$

$$p(m) = \langle \psi | P_m | \psi \rangle \leftarrow \text{случајност!!!}$$

$$|\psi\rangle \xrightarrow{\text{red arrow}} \frac{P_m |\psi\rangle}{\sqrt{p(m)}} \leftarrow \text{скоковит колапс!!!}$$

- Процес 2 – Еволуција:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\psi(t)\rangle = \hat{H} |\psi(t)\rangle$$

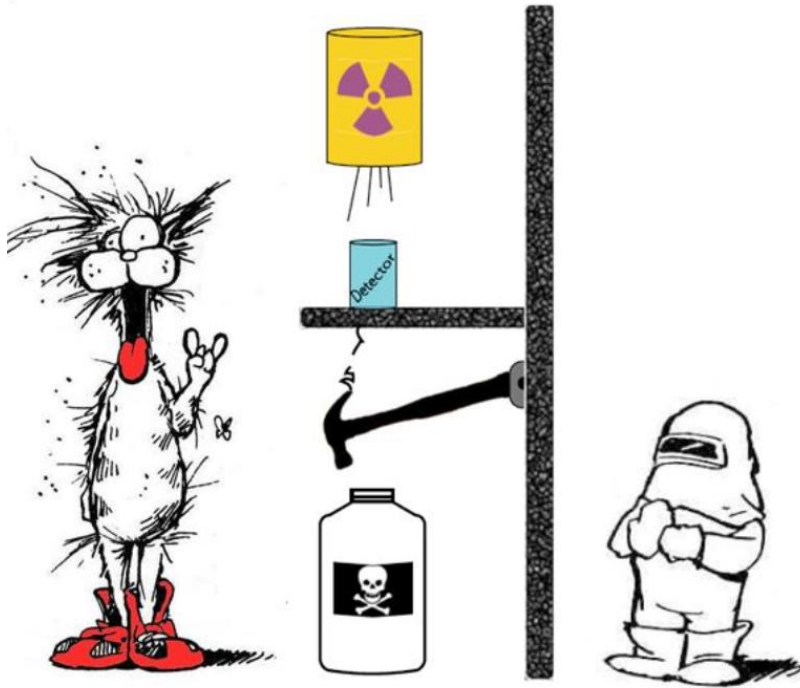
континуална и
детерминистичка!!!

„Хајзенбергов
рез“

контрадикторни!!!



Илустрација: Шредингера мачка



Blaylock - UMass seminar 3/4/11

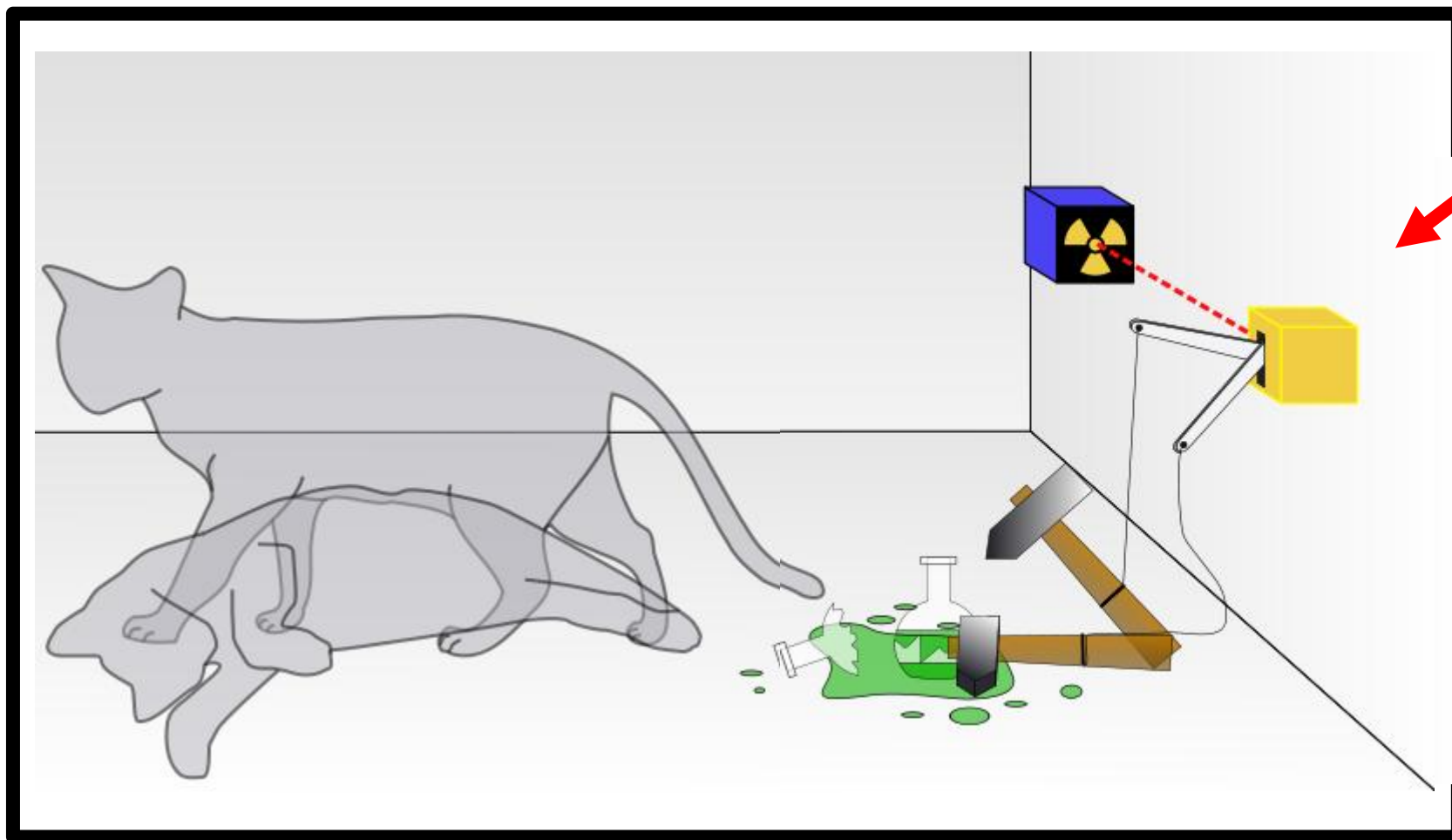
with apologies to Berk Breathed

2



“About your cat, Mr. Schrödinger—I have good news and bad news.”

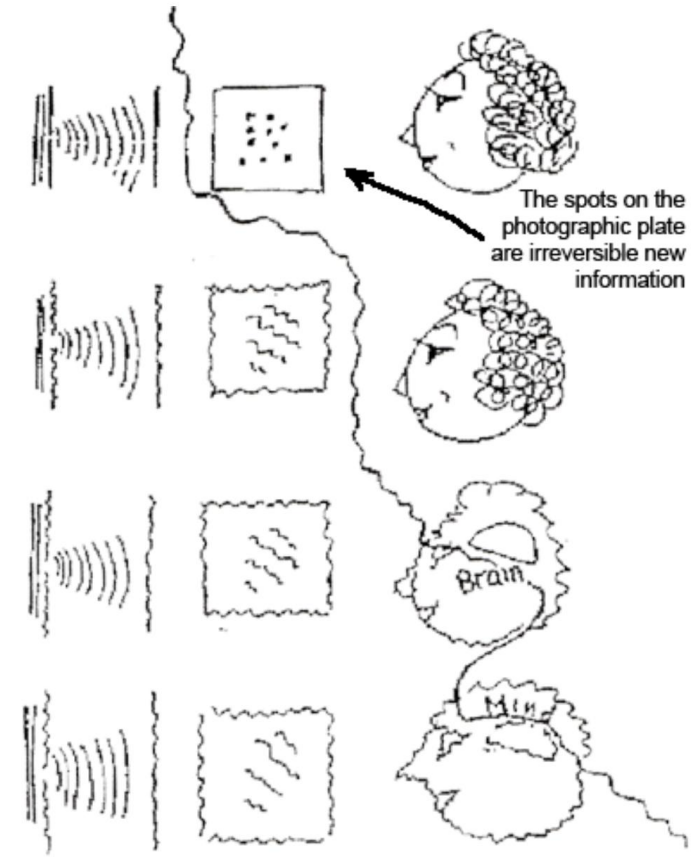
Шредингера мачка



„Фон
Нојманов
ланац“

Хајзенбергов рез Нојмановог ланца

- Где се налази?
- Постоји ли?
- Да ли је објективан?
- Да ли је субјективан? ← као „other minds” проблем
- Да ли је битно?



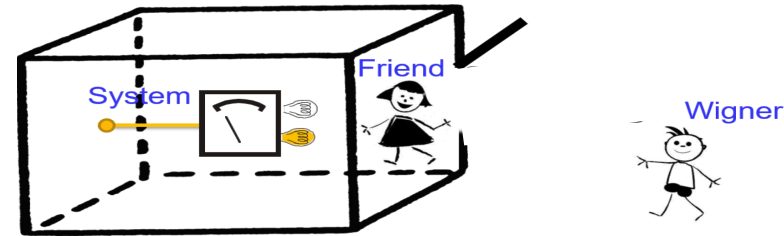
Парадокс Вигнеровог пријатеља

- Честота
непр...

Може ли добити W- исход? Ко је у праву?

- Спин је дуж $x+$ осе/смера:

$$|x+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|z+\rangle + |z-\rangle)$$



- али га пријатељ мери дуж z , па отуд:

- Пријатељ: стање је или $|F+\rangle|z+\rangle$ или $|F-\rangle|z-\rangle$

- Вигнер: стање мора бити $\frac{1}{\sqrt{2}}(|F+\rangle|z+\rangle + |F-\rangle|z-\rangle)$

- Да се увери, Вигнер мери у „уврнутом“ $+/-$ базису:

$$\{|W+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|F+\rangle|z+\rangle + |F-\rangle|z-\rangle), |W-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|F+\rangle|z+\rangle - |F-\rangle|z-\rangle)\}$$

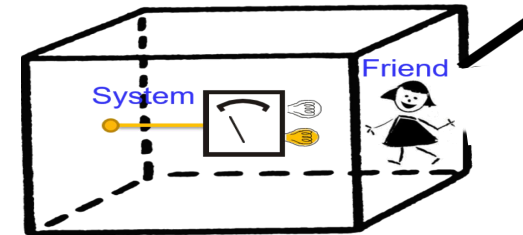
Парадокс Вигнеровог пријатеља

1. Ако се мерење=колапс заиста десило, у кутији је или $|F+\rangle|z+\rangle$ или $|F-\rangle|z-\rangle$

• Онда Вигнер има 50% шансе да добије било који од исхода:

$$|W-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|F+\rangle|z+\rangle - |F-\rangle|z-\rangle)$$

$$|W+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|F+\rangle|z+\rangle + |F-\rangle|z-\rangle)$$



2. Ако је Шр. једначила важила, унутра је и даље суперпозиција:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|F+\rangle|z+\rangle + |F-\rangle|z-\rangle)$$

па Вигнер мора 100% да измери **W+** !

• Али, ако је и даље суперпозиција, шта је онда пријатељ видео?!?

Парадокс Вигнеровог пријатеља

- Не постоји
- F+/F- мере
- W+/W- мерење захтева „full quantum control” $\Rightarrow$ немогуће у пракси
- Могуће са „тривијалним” пријатељем $\Rightarrow$ суперпозиција потврђена!
- Вигнер: ал **Субјективни доживљај не може да буде у суперпозицији!**
– он мора
- Вигнер: $\Rightarrow$ **$\Rightarrow$ Проблем постоји САМО ако се питамо шта је пријатељ СУБЈЕКТИВНО доживео!**
Шредигне подлеже
- Све материјално пак делује да јој подлеже
 $\Rightarrow$ Вигнер-Нојман интерпретација: свест изазива колапс!

Measurement p. – како га решити?

1. Нада у комплексност система ← GRW, (декохеренција)
2. Нада у скривени механизам (вариабле) ← Pilot wave
3. Колапс је илузија! ← MWI
4. Одустајање од логике материјализма:
 - I. Нешто пркоси једначинама ← „Свест изазива колапс“
 - II. Колапс и реалност су релативни ← Релациона QM
 - III. “Објективни” субјективизам ← QBism, Цајлингер-Брукнер
 - IV. Аперсонални субјективизам ← Идеалистичка QM, PU

Може ли миш, бува...?

Перспектива електрона

**reality consists of more than can be captured by any
putative third-person account of it**

Hard п. – како га решити?

1. Нада у комплексност система = функционализам
2. Нада у биолошки механизам = биолошки натурализам
3. Свест је илузија! = елиминитивизам
4. Одустајање од логике материјализма:
 - I. Постоји тело, али и посебно дух = дуализам
 - II. Све има протосвест = панпсихизам
 - III. Постоји нешто треће, нит је баш материја, нит свест = неутрални монизам
 - IV. Постоји само (једна) свест = идеализам

Measurement p. – како га решити?

1. Нада у комплексност система ← GRW, (декохеренција) ⇔ функционализам
2. Нада у скривени механизам (вариабле) ← Pilot wave ⇔ Биолошки
натурализам
3. Колапс је илузија! ← MWI ⇔ елиминитивизам
4. Одустајање од логике материјализма:
 - I. Нешто пркоси једначинама ← „Свест изазива колапс“ ⇔ дуализам
 - II. Колапс и реалност су релативни ← Релациона QM ⇔ панпсихизам
 - III. “Објективни” субјективизам ← QBism ⇔ неутрални монизам
 - IV. Аперсонални субјективизам ← Субјективистичка QM, PU ⇔ идеализам

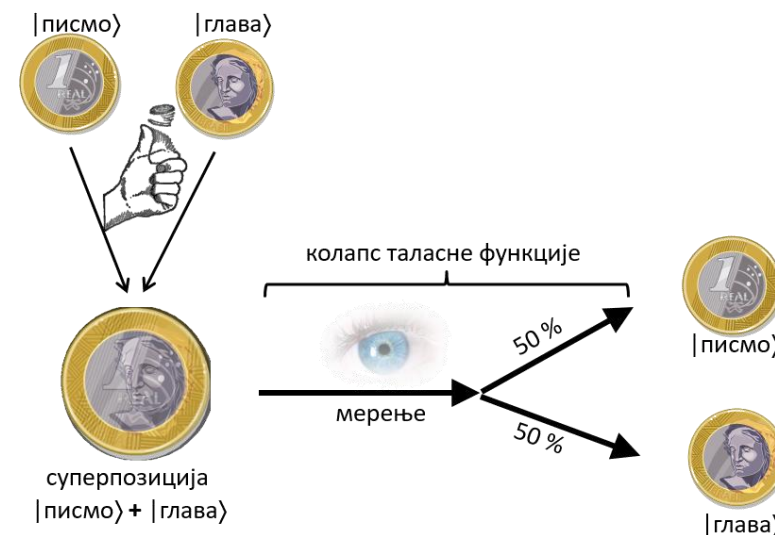
Посебно поучно: MWI = елиминитивизам

- Many Worlds Interpretation:
- Вечна суперпозиција
- Постоје 2 пријатеља
а потом и два Вигнера
- Колапс и Шредингера једначина контрадикторни
⇒ Колапс је илузија!
- „Узимамо кв. механику озбиљно“
→ „Узимамо кв. механику **ПОЛУ**-озбиљно“



MWI подразумева решен hard problem!

- Објективан опис (из трећег лица) довољан!
- $(|глава\rangle + |писмо\rangle)|ја\rangle$
 $\rightarrow |глава\rangle|видех главу\rangle + |писмо\rangle|видех писмо\rangle$
- Подразумева се да фактор т.ф. $|видех главу\rangle$ индукује и појаву субјективног доживљаја!
- Everett: “**As models for observers** we can, if we wish, **consider automatically functioning machines**, possessing sensory apparata and coupled to recording devices capable of registering past sensory data and machine configurations”
- DeWitt: “**to the extent to which we can be regarded simply as automata** and hence on a par with ordinary measuring apparatuses, the laws of quantum mechanics do not **allow us to feel** the splits”



Проблеми са MWI

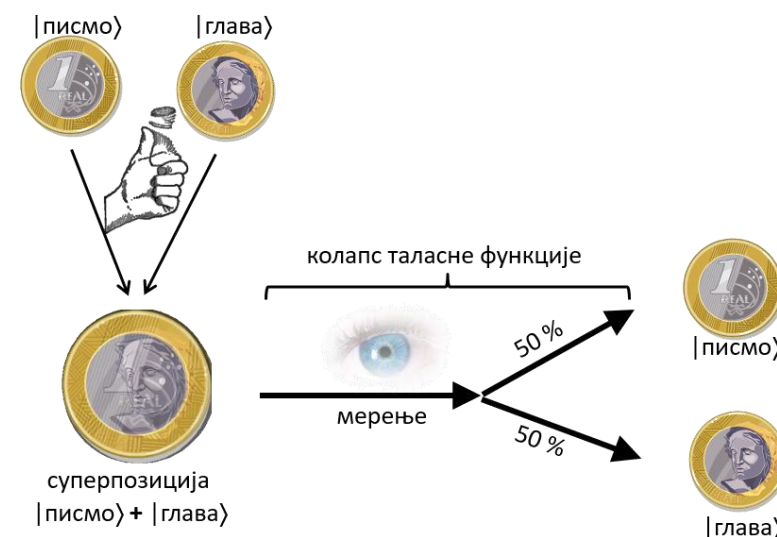
- Проблем преферентног базиса
→према ком базису се „деле“ светови?

- Базиси:

1. $\{|глава\rangle, |письмо\rangle\}$
2. $\{\sqrt{1/2}(|глава\rangle + |письмо\rangle), \sqrt{1/2}(|глава\rangle - |письмо\rangle)\}$

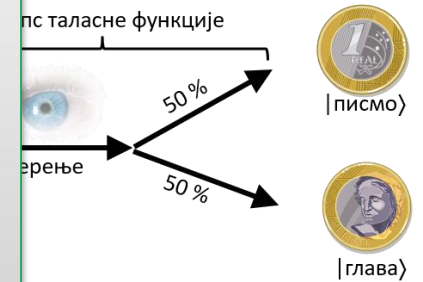
су математички потпуно равноправни

- Аргумент: локалност интеракција + декохеренција уводе преферентни базис



Saunders: "...Alice does know everything there is to know: she knows (we might as well assume) the entire corpus of impersonal, scientific knowledge. But what that does not tell her is just which person she is or where she is located in the wave-function of the universe."

⇒ НЕШТО ФАЛИ!!! ("many-minds", проблеми идентитета, шта је мој интерес...)



- Аргумент з
- Све је дете
- Ипак, зар н
- Како објас
- Како објаснити Борново правило, кад вероватноће нису 50-50, а сви исходи се десили?

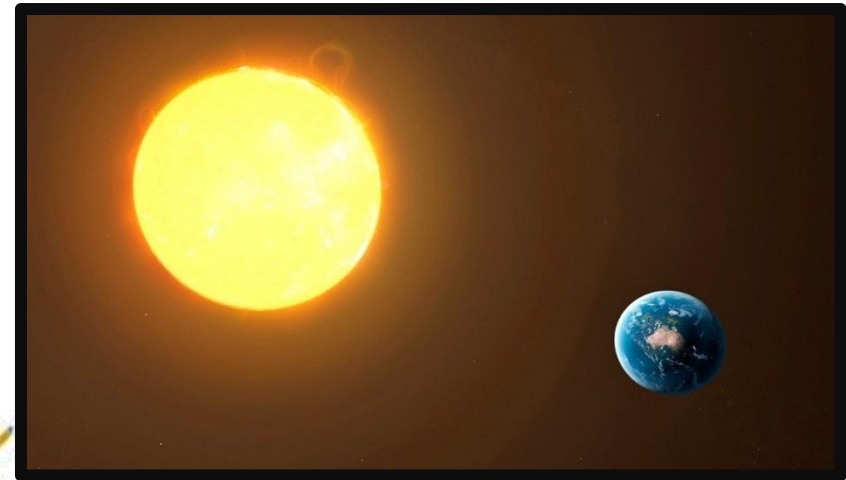
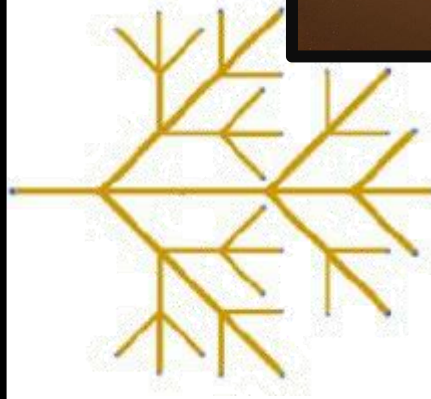
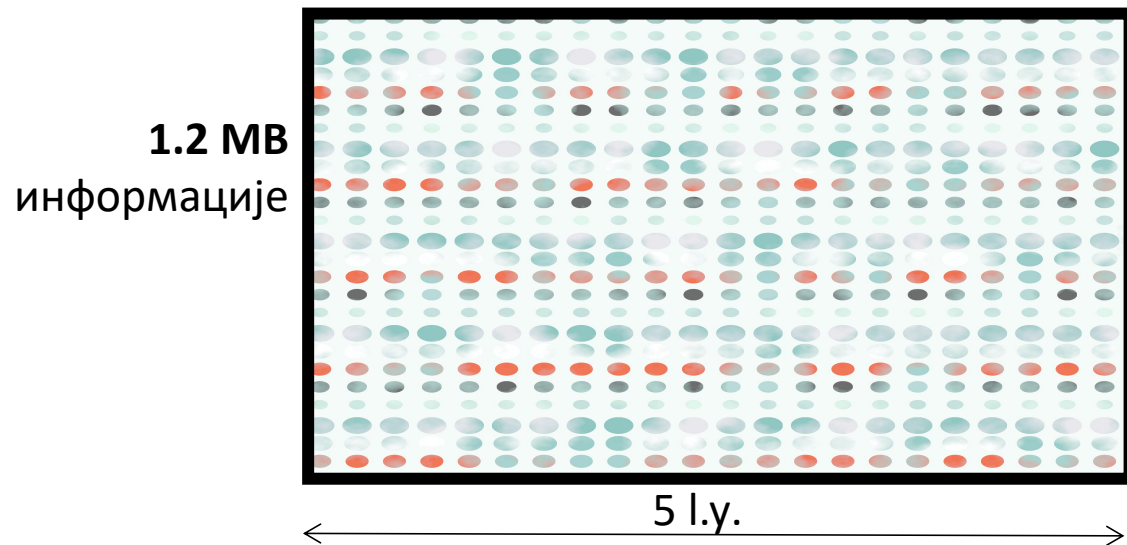
$$\alpha | \text{глава} \rangle | \text{видех главу} \rangle + \beta | \text{писмо} \rangle | \text{видех писмо} \rangle$$

← Еверет: „то је субјективна илузија агената“

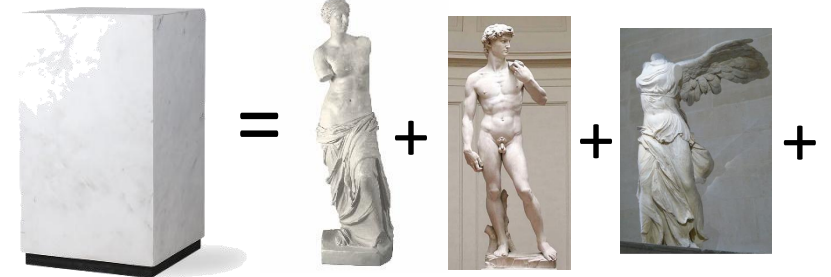
↑ Зашто не могу да израчунам који ћу „ја“ бити???

Проблеми са MWI

- Проблем порекла информације
- Детерминизам не креира информацију
- Сунчев систем у кутији:



1000000000...000000000 PB информације



- Објективно (у збиру) не постојимо, само субјективно?!?

Сви MWI проблеми нестају ако нема свести!

- Таласна функција!
- Свеједно исани
људи/аге
- Нема недора
субјективно
да се осећа
таласне функције
убјективно
"од"
- Слично не
множиоци, а Борново правило не треба!
ју само
- Нема проблема са информацијом: светови са зомбијима могу да
у збиру дају изотропну смешу, подела на гране је само
математичка могућност без икаквих нусефеката. Нико ту није жив!

⇒ MWI природно одговара
елиминитивизму!

Једино што не одговара нашем универзуму!

Приде, "no-go" теорема слично пролази

Поука: hard проблем опипљивији у квантној физици

- MWI континуалан и детерминистички кад нема свести
- Тек увођење субјективне перспективе у кв. физици $\Rightarrow$ појава дискретности и случајности
- Субјективна перспектива $\Rightarrow$ опсервација појединачног исхода
 $\Rightarrow$ Необјашњива „квалија“ да смо „видели само једну страну новчића“
- Појединачни исходи, дискретност, случајност и информација су пак оно што (субјективно) опажамо у реалности!

„Скроз озбиљне“ интерпретације

„Скроз“ и „полу“ озбиљне интерпретације су
„праве“ – остале махом захтевају измену
Шредингерове једначине (= хипотезе)

- Узимају
- Колапс н
- ← иначе
- Колапс може бити
 - релативан – Ровели, Брукнер? („there are no facts of the world per se, but only relative to observers“)
 - “Објективно-субјективан” – Фуш, Брукнер? (игнорисање хард проблема)
 - Интерперсонално субјективан – Салом, Вилер?
- „Свест изазива колапс“ није из ове класе (због свестометра)

„Скроз озбиљне“ интерпретације

- Интерна (субјективна) „перспектива“ система не следи из „објективног“ описа (= из угла трећег лица)

↑↑ ↑↑ ↑↑

потребан читав нов постулат/процес!

- Нешто преостаје да се објасни чак и ако смо, од споља гледано, скроз објаснили функционисање $\approx$ **hard problem**
- Непотребне су ако субјективна перспектива следи из еволуције таласне ф. мозга (проблематично чак и Бомовцима)

“no-go” теорема више не пролази!

Зашто?

- Унитарна еволуција т.ф. уместо динамике класичне физике?
= само замена „супстрата“ и детаља једначина 
 - Случајност уместо детерминизма, ствара се нова информација?
= замена детер. Тјурингове машине недетерминистичком
= детерминистичка + додатна трака са случајним бројевима 
 - Постулирају да је субјективна перспектива нешто фундаментално ново
без покушаја да се изведе из перспективе трећег лица 
 - **Субјективни исходи мерења су реалност**, т.ф. је математичко помагало и
релативна је за посматрача (није више „онтолошки стваран“ супстрат). 
- непримењивост “no-go” теореме $\neq$ решење hard/measurement проблема

Како решити парадокс W.f.?

arXiv > quant-ph > arXiv:1809.01746

Search...

Help | Adv

Quantum Physics

[Submitted on 5 Sep 2018]

To the rescue of Copenhagen interpretation

Igor Salom

A recent paper "Single-world interpretations of quantum theory cannot be self-consistent" [[arXiv:1604.07422](#)] by D. Frauchiger and R. Renner has attracted a considerable interest of a broader physics audience and shortly elicited a number of replies. In spite of the objections that ensued, we find that significant part of the controversial initial claim has not been refuted - on the contrary, arguments presented both in the initial paper and in the replies seem to leave no longer room for the basic Copenhagen interpretation of quantum mechanics. We revisit the controversy trying to pinpoint the exact phenomenon that lies in its core, pointing out to some aspects of the problem that seem to have been mostly overlooked. Taking all conclusions into account, we here propose novel ways to approach the ostensible paradox, in which the Copenhagen interpretation is naturally preserved. Whereas arguments presented in Frauchiger and Renner paper and the replies that followed revolve over whether Wigner's friend would perceive only one or both of the possible outcomes, we offer the third, pretty obvious solution - namely, that Wigner's friend, in the well known setup, would subjectively perceive {it none} of the potentially conflicting outcomes. As a side note, we also argue that, contrary to the often stated beliefs, hypothetical real experimental realization of Wigner's friend thought experiment actually would not provide us with any new insight into the quantum mechanics.

Subjects: **Quantum Physics (quant-ph)**; History and Philosophy of Physics (physics.hist-ph)

Cite as: [arXiv:1809.01746](#) [**quant-ph**]

(or [arXiv:1809.01746v1](#) [**quant-ph**] for this version)

<https://doi.org/10.48550/arXiv.1809.01746> 

Submission history

From: Igor Salom [[view email](#)]

[v1] Wed, 5 Sep 2018 21:58:27 UTC (37 KB)

Перспектива Вигнера

- Почетно: $|\psi_0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|F_0\rangle(|z+\rangle + |z-\rangle)$
- Мерење спина у t_1 : $|\psi_1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|F_1+\rangle|z+\rangle + |F_1-\rangle|z-\rangle)$
- У t_2 стање је: $|\psi_2\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|F_2+\rangle|z+\rangle + |F_2-\rangle|z-\rangle)$
- Вигнер врши мерење у базису:
$$|W+\rangle = |\psi_2\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|F_2+\rangle|z+\rangle + |F_2-\rangle|z-\rangle)$$
$$|W-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|F_2+\rangle|z+\rangle - |F_2-\rangle|z-\rangle)$$
- и сигурно добија $W+$.
- У t_3 отвара кутију и пријатељ постаје
- $|\psi_3\rangle = |F_3+\rangle|z+\rangle$ или $|\psi_3\rangle = |F_3-\rangle|z-\rangle$

Из интерпретација
које поштују
унитарност следи:
1) $W+$; 2) пријатељ
ће се сећати да је у
 t_1 видео исход који
је одлучен тек у t_3 !

Перспектива пријатеља

- Вигнерово мерење не мења стање у кутији
- Пријатељ се сећа да је видео конкретан један резултат па може да очекује да је био колапс
- Збуњен је што нема “W-” исхода!
- Ипак, то је предвиђено унитарношћу QM!!!
- Садржај његове меморије одређен је тек у t_3
- Парадокс једино: шта је он доживео између t_1 и t_2 !?
- Ако је у тренутку t_1 доживео један исход, то је у контрадикцији са изостанком “W-”

Аперсонални субјективизам

- Просто, из угла Вигнера **није постојао субјективни доживљај пријатеља између t_1 и t_2 !**
- Приде, нигде у универзуму не постоји траг да је тако нешто постојало:
 - оно кога се пријатељ сећа, одређено је тек у t_3
 - да је и постојало неко раније, било би избрисано Вигнеровим мерењем
- Зашто инсистирати на постојању тог искуства, када нема трага о њему у универзуму, а изазива контрадикције?!

Шта је онда пријатељ доживео?!

- Неколико могућих одговора:
 1. **“колапс изазива свест”**: свест пријатеља се реализује тек у t_3 (гледано из угла Вигнера). У том „тренутку“ пријатељ субјективно проживљава све догађаје између t_0 и t_3 .
 2. **“нема објективне свести”**: субјективно искуство пријатеља некако никад ни не постоји из угла Вигнера. Могуће због “other minds” проблема.
 3. **“доживљај из будућности”**: Пријатељ може да има искуство још у t_1 али искуство виђења исхода који је одређен тек у каснијем тренутку t_3 . Овде неће бити контрадикција.
- Варијанте 1 и 3 подразумевају драстичну временску релативност субјективног искуства. Могуће да се своди на исто!

Шта ово значи и како је могуће?

- Немамо независну свест пријатеља овде и сада, а Вигнера тамо и тада – све је „уклопљено“
- Не постоји једнозначно дефинисан поредак субјективних перцепција у просторвремену, само „логички“ поредак
- Аналогија: писац саставља конзистентну причу – иста радња може да се исприча из разних углова
- Проживљава „креативну амнезију“: када пише о неком лику и одлучује шта ће са њим бити, ставља се скроз у његов положај и заборавља све остало $\Rightarrow$ као да лик из дела то проживљава
- Један писац, замишљено дело $\Leftrightarrow$ ИДЕАЛИЗАМ

Алтернативно а слично: сви заједно пишу

- Вилеров „Participatory universe”
- Информација је фундаментална: „it from bit”
- Универзум је као „игра 20 питања”
- „ all things physical are information-theoretic in origin and that this is a participatory universe”
- Participatory Anthropic Principle:



Резиме: вера у материјализам није ни
изблиза рационална!

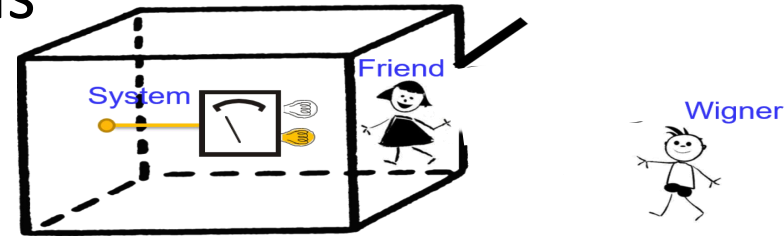
Хвала на пажњи

The paradox in a nutshell

Can he get W- outcome? Who is right

- A spin $\frac{1}{2}$ particle (system) and the friend are enclosed in an information-proof box, Wigner is outside
- Spin is aligned with the $x+$ axis

$$|x+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|z+\rangle + |z-\rangle)$$



- but the friend measures it along z direction, and then:
- The friend: the state is either $|F+\rangle|z+\rangle$ or $|F-\rangle|z-\rangle$
- Wigner: the state must be $\frac{1}{\sqrt{2}}(|F+\rangle|z+\rangle + |F-\rangle|z-\rangle)$
- Wigner then measures in basis (in principle he can):
 $\{|W+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|F+\rangle|z+\rangle + |F-\rangle|z-\rangle), |W-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|F+\rangle|z+\rangle - |F-\rangle|z-\rangle)\}$

Један је “the hard problem”

The Hard Problem

Play by Tom Stoppard

Overview

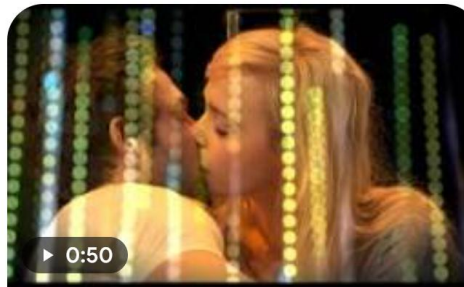
Get book

Summary

Reviews

Analysis

More By Author



YouTube • Sharmill Films

National Theatre Live: Tom Stoppard's The Hard Problem

THE HARD PROBLEM A new play by Tom Stoppard Starring Olivia Vinall, Damian...

Apr 16, 2015

Playwright >
Tom Stoppard



Originally
published

2015

The Guardian

The Hard Problem review – Tom Stoppard dodges the big ...

Consciousness is the subject of Stoppard'...

Feb 1, 2015

Па опет, многи нису ни чули за њега

Многима га је тешко сагледати/уочити

- Слепа мрља $\Rightarrow$ Први циљ – уочити проблем







No subjective experience at t_1

- Option overlooked due to tacit assumptions:
 1. subjective perception is a mere *product* of brain functioning
 2. experience must also emerge from a "potential" state of a brain
- None of these is generally accepted in cognitive science, even less proved (2. is denied even by DBB)
- Only correlation of the subj. experience and brain functioning is beyond doubt
- There is no any paradox without these assumptions!

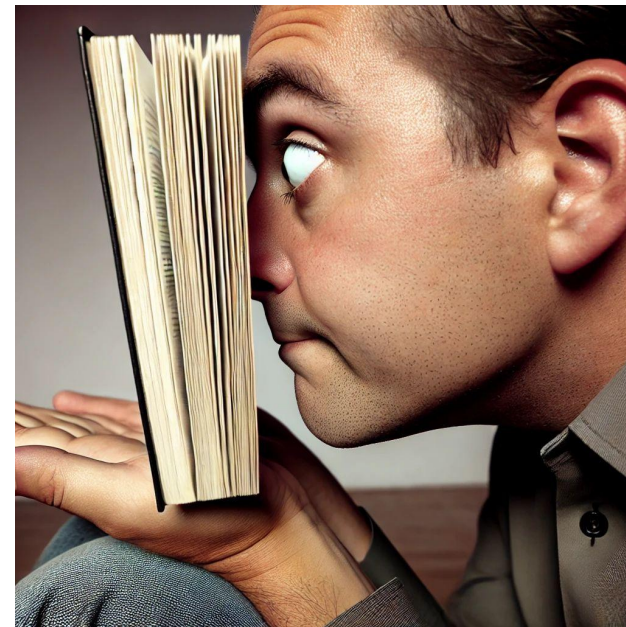
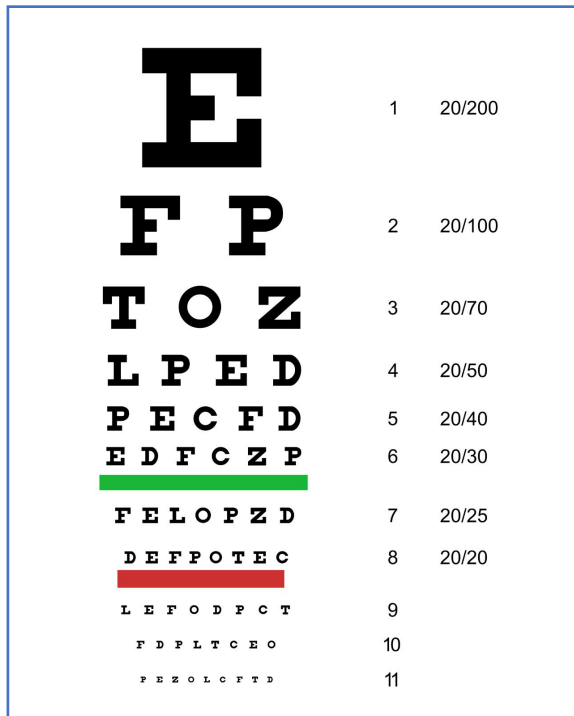
Не само да је невероватно тежак...

...већ је и по много чему специфичан.

Отуд и ово предавање захтева специфичан увод...

Вероватно најтежи отворен проблем у науци/филозофији

- Што мање знамо о hard problemu, то лакши делује!
- једна од компликација: проблем је „преблизу“, уместо предалеко



А кад га уочимо...

- „Идеолошко-филозофска“ предубеђења често отежавају рационално тражење решења (и рационално подразумевамо одговор)
- Што мање знамо о hard проблему, то лакши делује!

⇒ Непопуларан практичан апел:

Оставимо дискусије за крај, а поготову изношење
личних гледишта
(којих нема сумње да ће бити 😊)

Теорема 7. „no-go“ теорема

- Зар треба оволики доказ да се покаже да нешто дрвета које по пустињи покреће ветар, не може да изазове субјективни осећај прикљештеног прста, кога тамо нема?
- Зар није очигледно да покретна дрвенарија може да изазове само покретање песка, а све преко тога је дивља машта? Зар није магија, а не рационални материјализам, да кретање дрвета по песку изива бол имагинарног прста имагинарног андроида?
- Зачудо, из идеолошких разлога, многи верују у овакву врсту магије!
- Напомена: уместо доказа теорема 6 и 7, могао се искористити Маудлинов доказ.

Теорема 7. „no-go“ теорема

- Зар треба оволики доказ да се покаже да нешто дрвета које по пустињи покреће ветар, не може да изазове субјективни осећај прикљештеног прста, кога тамо нема?
- Зар није очигледно да покретна дрвенарија може да изазове само покретање песка, а све преко тога је дивља машта? Зар није магија, а не рационални материјализам, да кретање дрвета по песку изива бол имагинарног прста имагинарног андроида?
- Зачудо, из идеолошких разлога, многи верују у овакву врсту магије!



explain away **verb**

explained away; explaining away; explains away

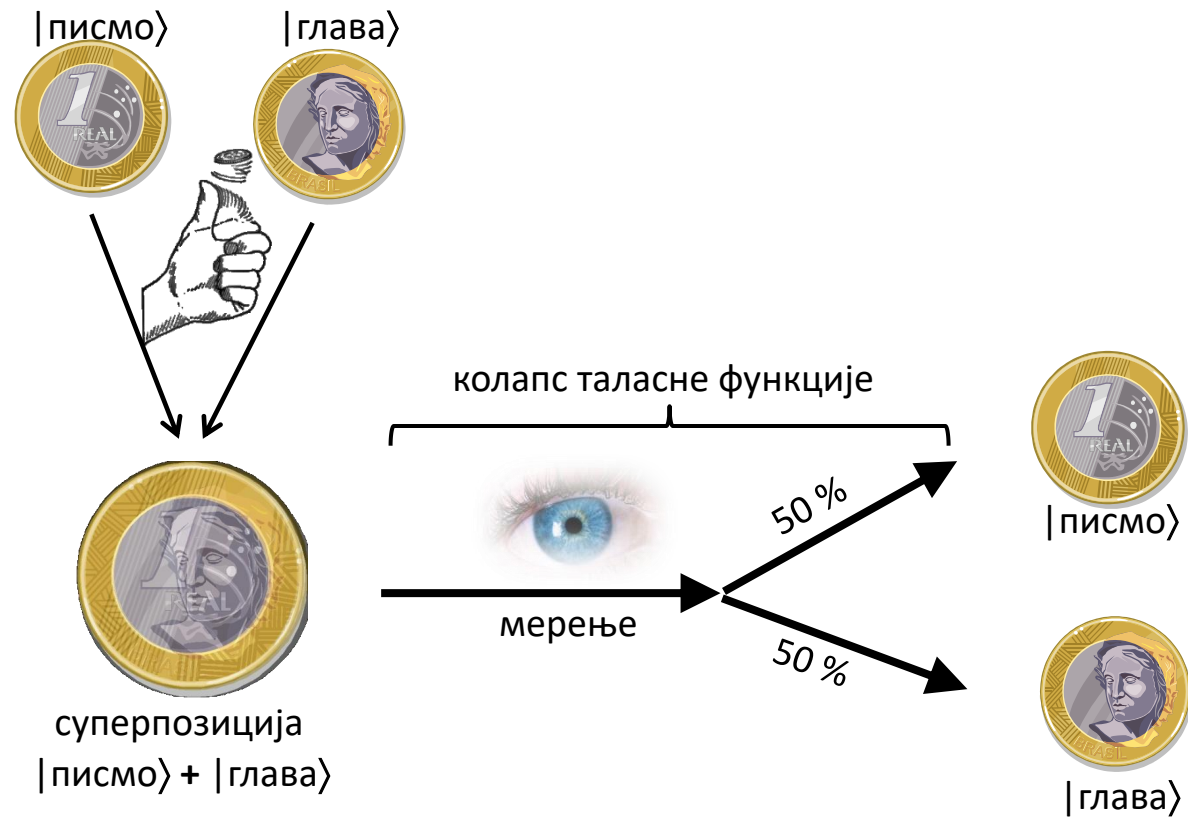
Synonyms of *explain away* >

transitive verb

1 : to get rid of by or as if by explanation

2 : to minimize the significance of by or as if by explanation
| explains his faults, but does not try to *explain* them *away*

Квантна физика?



Вероватно најтежи отворен проблем у науци/филозофији

- Па опет, многи нису ни чули за њега
- А кад први пут чују, често мисле да је одговор лак, и њима јасан
- једна од компликација: проблем је „преблизу“, уместо предалеко
- Отуд га је често јако тешко сагледати/схватити где је уопште проблем –људи га не виде!
- А затим „идеолошко-филозофска“ предубеђења отежавају рационално тражење решење
- И после свега, проблем остаје тек неухватљиво тежак

Како га решити?

0. Неразумевањем: „декохеренција решава проблем“

1. Нада у комплексност система ← GRW

2. Нада у скривене вариабле ← Pilot wave

3. Колапс је илузија! ← MWI

4. Одустајање од логике материјализма:

I. Нешто пркоси једначинама ← „Свест изазива колапс“

II. Колапс је релативан ← Релациона QM

III. Агностички ← QBISM

IV. Колапс је субјективан ← Субјективистичка QM

← случајност!!!

Како га решити?

0. Неразумевањем: „декохеренција решава проблем“
1. Нада да су формуле погрешне
2. Колапс је илузија!
3. Одустајање од логике материјализма:
 - I. Нешто пркоси једначинама
 - II. Колапс је релативан
 - III. Агностички
 - IV. Колапс је субјективан

Како га решити?

- 0. Неразумевањем: „декохеренција решава проблем“
- 1. Нада да су формуле погрешне
- 2. Колапс је илузија!
- 3. Одустајање од логике материјализма:
 - I. релационистички
 - II. панс
 - III. агностички
 - IV. идеалистички

- $\langle || \rangle | \rangle | \rangle | \rangle | \rangle$

Проблеми са MWI

- Аргумент знања (тј, откуд случајност?)

- Све је детерминисано:

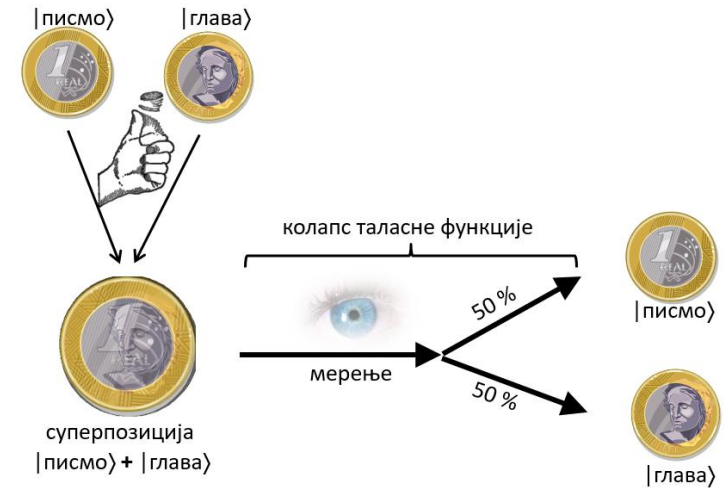
$$|глава\rangle|видех главу\rangle + |писмо\rangle|видех писмо\rangle$$

- Да ли смо сазнали нешто ново кад погледамо новчић? ← „Који сам ја - ја, од две копије“

- Како објаснити субјективну случајност када је све познато и закони детерминистички? ← Еверет: „то је субјективна

- Како објаснити вероватноће кад нису 50-50?

$$\alpha|глава\rangle|видех главу\rangle + \beta|писмо\rangle|видех писмо\rangle$$



илузија агената“

↑ Зашто не можемо да израчунамо који ћемо „ја“ бити???