

Deu ontologies per a la física quàntica

ÒSCAR LLORENS I GARCIA

IES Jaume I, Borriana
genociderf9@yahoo.es

Resum: La física quàntica precisa d'una ontologia si vol ser algun tipus de model de la realitat. Proposarem deu ontologies possibles arran del problema de la mesura. Conclourem que l'ontologia adient serà aquella en la qual la consciència desenvolupa algun rol.

Paraules clau: física quàntica, ontologia, consciència, interpretacions.

Ten ontologies for quantum physics

Abstract: If quantum physics is involved in being a model of reality needs an ontology. We propose 10 ontologies on the measure problem. We find that the ontology which fits best needs the role of consciousness.

Keywords: quantum physics, ontology, consciousness, interpretations.

1/ Cal una ontologia?

Certament la física pot viure sense fer seva cap ontologia (Cassini 2016; Rivero 2016: 18-19; Cadenas 2004: 228-232; de Ronde 2012; Lombarni, Vanni 2010) però pagant el preu de la renúncia de la ciència a esdevenir una adient descripció de la realitat ahí fora. Dic *realitat ahí fora*, atès que des de certes ontologies dualistes (Llorens 2007, 2009, 2014, 2017) les idees i el llenguatge també són entitats d'algun tipus; però si hom vol pretendre que la ciència natural proveeix una font vàlida de coneixement del món físic, aquest món físic ha d'estar adientment tematitzat, és a dir, ens cal, sí o sí, una ontologia (Rivero 2016: 5-7; Vanney 2016; Eslava 2007; Fedrizzi et al. 2015; Nieves 2017). També és cert (Penrose 1999: 286-289) que a la filosofia no li cal la física quàntica per filosofar; però, altra volta, si la ciència ens ha de dir quelcom sobre la realitat, bé està que la metafísica o les metafísiques tinguen present els elements més significatius que aquella ens atorga; i la física quàntica és un assumpte perfecte per considerar aquesta presència.

En Samaniego (2008: 161-172) vaig llegir una conferència on se'ns exposaven dues ontologies per a la física quàntica. La ponència contemplava aquesta des d'un àmbit més general, tot considerant les interpretacions de tarannà realista¹ i d'antirrealista com a ontologies rivals. Això em va suggerir la idea d'investigar el nombre d'interpretacions, amb major o menor càrrega metafísica, circumscrites al que jo considere el problema fonamental de la mecànica quàntica: el problema de la medicció.

2/ El problema de la medicció

Com és possible que quelcom siga una ona abans d'una medicció o una partícula després? Hom sap que les partícules subatòmiques se comporten com una ona, tot interferint-se una a l'altra i creant un patró a ratlles en la mesura en què són projectades a una pantalla quan aquestes poden travessar aleatòriament dos badalls (Davies, Gribbin 2007: 208-212; Penrose 1999: 294-300; Bernstein 2011: 79-100). També és sabut que si tapem un dels badalls, com és lògic, el resultat és patró irregular i aparentment aleatori atès que no hi ha interferència. L'assumpte que ens du ací, el problema de la mesura en si, és per què les partícules subatòmiques saben que estan sent mesurades o per què l'acció de medir altera llur comportament present i passat, quan hom medeix la posició de les partícules només ixquen d'un dels badalls en qüestió. En efecte, tot i que ambdós badalls estiguen oberts, si fem un detector en travessar una d'ambdues ranures, el patró que s'observa projectat

1. La qual distinció, tot i que popular, no pot ser més desafortunada, atès que hom sol referir-se a ontologies realistes quan se conserva la localitat i a l'inrevés; quan una ontologia no local pot tenir la mateixa pretensió de realitat.

a la pantalla torna a ser irregular i no presenta línies d'interferència. Per què si no mesurem passa una cosa i una altra si deixem de fer-ho?

No falta qui considera que no hi ha tal problema de la mesura (Lombardi, Vanni 2010) i que el que s'obté és un artifici causat per la pròpia acció de mesurar; però la immensa quantitat d'experiments realitzats semblen rebutjar aquesta opció (Clemente, Kofler 2016; Chaves et al. 2018; Huang et al. 2019; Manning et al. 2015; Ananthaswamy 2018), així com el mixate plantejament teòric del que la física teòrica i llur filosofia han anat abocant en els darrers vuitanta anys (Bernstein 2009: 111-119; Davies, Gribbin 2007: 216-226; Rosenblum, Kuttner 2010; Penrose 1999: 360-369).

3/ Deu interpretacions

D'interpretacions no n'hi ha pas sols deu, cada matís que cada autora o autor, des de la física o la filosofia aporta a l'assumpte de la medicció es pot considerar una interpretació nova. Investigant me n'he trobat moltes, però crec que en aquestes deu hi ha present bona part del gros de les interpretacions, tal volta en menys n'hi hauria prou, però així hom s'adona amb facilitat de l'enorme complexitat del tema ací tractat.

No ontologia

Una opció, diria que encara majoritària en filosofia de la física i entre els mateixos físics i físiques, és renunciar a cap interpretació ontològica de la física quàntica. Aquesta permet explicar com funciona el món subatòmic i la seva transició cap al món macroscòpic i en això ja en tenim prou. Aquesta mena d'operacionalisme assoleix, al meu parer, dues formes principals:

3.1/ Copenhague

Fins que el model de decoherència, que vorem d'ací no res, s'ha fet popular, la interpretació de Copenhague, defensada per Bohr (Bernstein 2011: 110-111; Rivero 2016: 18-19; Rosenblum, Kuttner 2010: 193-194) ha estat la més comunament acceptada entre la comunitat científica. Aquesta interpretació assoleix que la física quàntica és perfectament determinista en tant que concep el comportament del món subatòmic com una funció d'ona amb trets no locals, açò és, vulnerant la física relativista, que col·lapsa en un model probabilístic macroscòpic en la mesura en què són observades. Contràriament al que la filosofia pop a les xarxes sol dir, la interpretació de Copenhague no atorga a la consciència cap paper destacat en el paper de la medicció ni aclareix per què se produeix el col·lapse de la funció d'ona; natural si entenem que el model de Bohr renuncia a majors compromisos ontològics.

3.2/ FAPP

En la mateixa línia operacionalista la FAPP, per les seves sigles en anglès «For All Practical Purposes», no se planteja en la física quàntica res més enllà d'un mecanisme per a predir el comportament del món microscòpic (Ghirardi 2016; Bernstein 2011: 110-111).

Variables ocultes

Una tendència generalitzada en la primera meitat del segle xx fou pensar que els resultats oferts per la mecànica quàntica no representaven una descripció adient de la realitat, que havia d'haver-hi variables ocultes, açò és, processos encara no descoberts que haurien de casar el món descrit per la mecànica quàntica amb allò predit per la mecànica relativista i que tant bé prediu el comportament del món macroscòpic.

3.3/ Einstein

En efecte pensar que després de mesurar una partícula aquesta es comportara diferent arran la medició, que quan tal entitat es comportava com una ona, ho fera determinísticament i quan ho fera com una partícula ho fera probabilísticament, que l'observació en suma, creara la realitat macroscòpica pel sol acte d'observar li pareixia a Einstein anar massa lluny (Davies, Gribbin 2007: 221-224; Penrose 1999: 353-354). Einstein de seguida va notar que d'acceptar la física quàntica com una descripció adient del món físic implicava que la Lluna deixava d'existir quan ningú no la mirava o que hi hagueren accions a distància quan col·lapsava la funció d'ona. D'ací que junt amb Podolsky i Rosen (Rivero 2016: 16; Contín 2012) desenvoluparen un experiment mental en aquesta línia tot mostrant la paradoxa (anomenada EPR per les inicials dels tres autors) mostrant com de revolucionari seria l'acnç de la mecànica quàntica d'acceptar-la com a model adient del món físic.

Mal que bé, la quantitat d'experiments tot mostrant la completesa de la mecànica quàntica i la impossibilitat que aquesta teoria siga incompleta i, per tant, càpiguen variables ocultes ha estat molt contundent (Contín 2012: 51-52; Fedrizzi et al. 2015; Ratner 2018; Byrne 2015; ANU 2015; Treutlein et al. 2018; Georgiou 2018; Clemente, Kofler 2016; Mitchell et al. 2018).

3.4/ Bohm i l'ordre implicat

Tot i això, no ha mancat la presència d'altre autors que han buscat la forma d'introduir variables ocultes en la física quàntica. Hom sap que l'oli no es barreja amb l'aigua, però tal propietat no és l'única rellevant des de l'àmbit de la física. Una gota d'oli veu llur trajectòria alterada per les seves pròpies ones anomenades *ones pilot* (Wolchover 2014). David Bohm pensava que hi havia un ordre implicat en el món subquàntic, que les partícules sempre tenien un estat definit i que el comportament dual de les partícules obeïa

a l'existència de les ones pilot (Welch 2002; Contín 2012: 48-53; Vanney 2016). Malauradament aquest estat definit de les partícules no és observable, i per això el model mecànic de Bohm roman entre els models quàntics de variables ocultes (Penrose 1999: 355-360; Bernstein 2011: 113; Rosenblum, Kuttner 2010: 199-200), més enllà del que els experiments ens poden mostrar (Contín 2012: 48-49; Vanney 2016; López, Aboites 2017: 112).

Col·lapse

Tot i que la interpretació de Copenhague incorpora la idea de col·lapse de la funció d'ona per donar lloc a la localitat pròpia del món macroscòpic, aquesta interpretació no inclou cap ontologia, açò és, no s'implica a dir-nos res sobre el significat d'aquest col·lapse, per això he preferit circumscriure les interpretacions ontològiques de la mecànica quàntica que inclouen la noció de col·lapse a les tres següents:

3.5/ Col·lapse objectiu: Penrose

Sir Roger Penrose considera que el col·lapse de la funció d'ona és una cosa real, del món físic, més exactament. Però al contrari del que hom poguera suposar pel fet que el col·lapse se produeix en observar el comportament de les partícules mitjançant una medició, la consciència no juga cap paper en dit col·lapse (Penrose 1999: 370-377; Rosenblum, Kuttner 2010: 203, 234-235).

Per a Penrose, l'estat de superposició, és a dir, el temps en què una partícula se comporta com una ona, és limitat i acaba col·lapsant per gravetat (Vanney 2016; Contín 2012: 60-62). Fins ara, en canvi, no hem trobat cap prova d'un col·lapse objectiu (Folger 2005; Lea 2018).

3.6/ GRW

En la mateixa línia, Ghirardi, Rimini i Weber (GRW, des d'ara), van proposar un col·lapse objectiu de la funció d'ona (Rosenblum, Kuttner 2010: 203); però en aquest cas se tractava d'un procés estocàstic en què tal funció d'ona col·lapsa rarament de forma probabilística i espontània (Ghirardi 2016; Contín 2012: 59-61); però aquest tractament sembla que modifica la mecànica quàntica (Cassini 2016: 18-20), de forma que se tracta en realitat de quelcom més que una interpretació. Per descomptat, la crítica anterior al voltant de l'absència de cap experiment en què hi haja col·lapse objectiu roman vàlida al voltant de la interpretació GRW.

3.7/ Col·lapse mitjançant la consciència

Abans de mesurar un sistema quàntic, obtenim una lectura; després de fer-ho, una altra. Aquest és l'assumpte central del problema de la mesura. Però, què és al cap i a la fi una mesura en el món quàntic? O més ben dit,

què és una mesura del món quàntic des del món macroscòpic? Naturalment una mesura és una interacció de l'objecte a medir amb un altre objecte físic; però sembla que no tota interacció és en si una mesura: el registre de l'aigua de precipitació en un pluviòmetre sense regular, sense ratlletes, no és pas una mesura. Això obre una caixa de Pandora amb trons i gats a dintre: si la mera interacció no és necessàriament una mesura, quin paper hi fa la consciència? Segons Von Neuman aquesta hi té un paper destacat fins al punt de causar el col·lapse de funció d'ona, (Contín 2012: 54-57; Vanney 2016; Ghirardi 2016; Rosenblum, Kuttner 2010; Penrose 1999: 371-372; Bernstein 2011: 101-102, 116-119; Davies, Gribbin 2007: 213-219), que és real i subjectiu. Naturalment això és problemàtic pel que fa a la física teòrica: quelcom difícilment quantificable, com ara la consciència, rarament pot formar part d'una teoria física:

What we perceive with the naked eye are the positions of macroscopic objects. However, we know from scientific experience that the macroscopic objects are composed of discrete microscopic objects. If the macroscopic objects have precise positions when we observe them, so do the microscopic objects. There is no coherent theory of a magic power of the mind to change macroscopic objects in such a way that they acquire positions only when a being with a mind perceives them. Thus, the macroscopic objects better have positions independently of someone observing them. If not the moon, so surely the desk in my office is there also when I do not observe it. (Lazarovici et al. 2018: 130)

De manera que la consciència com a element clau per explicar el problema de la mesura, ha estat el gran problema a evitar per la física teòrica i la filosofia de la física de tarannà naturalista, fins al punt que pot ser tota altra interpretació, com les vistes fins ara² i, explícitament la tercera o les que demanen un col·lapse objectiu, són un intent recurrent de traure qualsevol operador conscient de tota ontologia per a la física quàntica. Tornarem sobre això en breu.

Molts mons

3.8/ Everett

La genuïna interpretació anomenada de molts mons o molts universos és la proposada per Hugh Everett (Penrose 1999: 372-373; Davies, Gribbin 2007: 219-221, Rosenblum, Kuttner 2010: 196-198; Bernstein 2011: 113-115; Contín 2012: 57-58; Vanni 2012: 42-44; Vanney 2016) segons la qual cada història possible que una partícula pot recórrer té lloc actual, de forma que s'evita el col·lapse de la funció d'ona, però se multipliquen els mons *ad*

2. Amb la probable excepció de la interpretació de Bohm.

nauseam. A més, no queda clar com la consciència queda exclosa del model (Arana 2012: 15) ni com resol alguns altres problemes de consistència (Combi, Romero 2017).

3.9/ Interpretació modal

La interpretació modal rep el nom de la llarga tradició filosòfica referida al que és necessari, possible i contingent. Segons aquesta interpretació l'acció d'obtenir un resultat local en la mesura i un de no local abans de la mateixa, se deu únicament a la contemplació d'aquesta com un procés dinàmic (de Ronde 2012; Ardengui 2011; Vanni 2012: 39-40). No obstant això, no queda clar si la interpretació modal, popular en alguns països de Sud-amèrica, representa o no una ontologia. Segons aquesta interpretació, cal considerar la funció d'ona com un conjunt de possibilitats que s'actualitzen en la mesura (Lombardi, Vanni 2010; Vanney 2016). Però, aleshores, les potències són actes, la qual cosa és confús o fins i tot contradictori;³ o per contra no són res concret i per tant no es pot pas dir que la interpretació modal ofereix alguna ontologia? A més, la interpretació modal no resisteix l'anomenada bala d'argent en referència entre la discrepància entre el model i allò experimentat (Lombardi 2017). Per a resoldre tal problema s'ha proposat la noció de *decoherència*.

3.10/ Decoherència

Quan un sistema quàntic interactua amb l'entorn, segons la interpretació de la mecànica quàntica on intervé el concepte de decoherència, la coherència de la funció d'ona desapareix espontàniament sense necessitat d'una observació. D'aquesta manera se soluciona el problema de la medició sense la necessitat de fer cap referència a la consciència (Fortín 2016; Vanni 2012: 48-58; Vanney 2016). No obstant això, sembla que no queda clar en quin moment aquesta interpretació explica per què abans d'observar s'obté un resultat i després un altre (Rosenblum, Kuttner 2010: 194-196; Contín 2012: 66-67; Fortín 2016) com tampoc se resol el problema de la consistència explicat en la interpretació vuitena (Combi, Romero 2017).

4/ I quina és la bona? Discussió

Sovint, s'ha parlat d'interpretacions realistes o antirrealistes de la física quàntica (Samaniego 2008: 161-172). No obstant això, creiem que aquest debat està metafísicament compromès. No és més antirrealista una metafísica idealista que una de materialista, només que una considera la primàcia de les idees i l'altra del món ahí fora. Caldria parlar millor de quina interpre-

3. Recordem que, en Aristòtil, el que és en acte és en potència alhora que serà, o no, actualitzada.

tació és més adient ontològicament i per què i quina metafísica hi hauria al darrere. Aquesta aproximació ens sembla més interessant.

Pot ser una exageració –però potser no– que totes les interpretacions ontològiques (aquelles que hi proposen una ontologia, diferents de la setena, açò és, que la consciència té un paper destacat en el col·lapse de la funció d'ona o, més exactament, en el fet que mesurar conscientment té un poder causal en el resultat de la medicació) són propostes emeses ad hoc per a evitar qualsevol referència a la consciència en un model físic de la realitat (Lazarovici et al. 2018: 130). Caldria argumentar açò.

Les propostes 1 i 2 no aposten per cap metafísica i, per tant, no resolen res sobre en quina mesura la física quàntica descriu la realitat. Les postures 3 i 4 necessiten del suport de variables ocultes mai observades fins l'actualitat. De la mateixa manera les interpretacions 5 i 6 no gaudeixen de cap suport empíric fins aquest moment. La 8 no és falsable i necessita una multiplicitat de realitats *ad infinitum*. La 9 i la 10 no resolen el problema de la medicació fins on jo entenc. La 7 necessita de la consciència.

Que la consciència és una realitat fonamental ha estat exposat a Occident almenys des de Descartes, i des de molt abans a Orient. Les ontologies idealistes o dualistes no precisen de la física quàntica per a reivindicar-se i, tot i això, aquest desenvolupament de la física del segle passat sembla apuntar-la amb el dit de forma directa (Rosenblum, Kuttner 2010). Les raons per a un dualisme ontològic han estat treballades en diferents llocs (Llorens 2007, 2009, 2011, 2014, 2015, 2017), ací podem oferir-ne un breu resum:

1) La consciència és ontològicament prèvia a qualsevol enunciat sobre el món, cal consciència per a poder referir «el gat està damunt l'estora» o «ahí fora hi ha quelcom anomenat cervell».

2) En el cas que el cervell fora l'origen de la consciència, aleshores no és el mateix el món material que el món que construeix el cervell, la qual cosa ens aboca al dualisme; altre camí.

3) Hi ha una asimetria fonamental entre la descripció neurocientífica i la fenomenològica: jo veig una rosa roja i dic «veig una rosa roja». Ací trobem una simetria apofàntica, però: la dada de consciència en tant que dada de consciència no es pot pas assenyalar.

4) En plena relació amb 3, el significat es produeix en la consciència. Voler dir quelcom no és més que l'assignació d'una idea a un enunciat. Si açò no fora així i el significat fora quelcom socialment o evolutivament construït, tot enunciat perdria llur valor objectiu.

5) La llibertat permet escollir entre veritat i mentida. Si jo soc un cervell determinat, bioquímicament no hi ha cap elecció possible. Per tant el que anomene *veritat* és un procés neurocognitiu determinat no necessàriament per la racionalitat, sinó pels mecanismes adaptatius en la mesura en què per al cervell no importa la veritat sinó la supervivència. Així doncs, o soc lliure o la ciència que me diu que no ho soc, no té sentit.

6) Els aspectes qualitius de l'experiència subjectiva no són ells mateixos l'activitat bioquímica o biofísica del cervell.

7) Si el cervell produeix la ment, aleshores no hi ha cap raó per a no poder contemplar-la com un macroordinador de carn. No obstant això, Roger Penrose (1991: 117-121; 2007: 21-228, 392-424) ha demostrat que això no és possible.

8) El cervell ens enganya. Ara bé, a qui enganya el cervell? A un subjecte que no existeix?

Si construïm una ontologia on la primacia pertany a la consciència des d'on descobrim idees per a interrogar-nos pel continguts dels sentits; aleshores la consciència no sols deixa de resultar un problema per a la filosofia i la ciència, sinó que resol llur ubicació metafísica alhora que, en la física quàntica, la seva consideració no resulta eludible, de manera que una interpretació de la mecànica quàntica i del problema de la medicació adés exposat que no contemplara aquella, la consciència, com un element fonamental, no tindria sentit. El fet que des de la física i la filosofia, aquesta defensa de la consciència com a causant de la diferència en les mesures obtingudes, explicada en el punt dos, haja estat evitada a tot preu és, al meu parer, perquè s'acosta massa a l'anomenat *quantum woo*.

El matrimoni entre naturalisme i escepticisme, tan contradictori com qui afirma que ahí fora hi ha una realitat racional que se deixa conèixer i alhora afirma que cap coneixement és possible, ha donat a llum un hereu que és un pensament crític de baixa qualitat; però això és motiu per a un altre treball. Amb tot, vaig confirmar prèvies sospites sobre la dita baixa qualitat quan vaig haver de llegir que Descartes, el pare del racionalisme modern d'encuny mecanicista, o el mateix Roger Penrose eren *magufos*.⁴ En efecte, el naturalisme i l'escepticisme redueixen el pensament crític a desestimar a priori qualsevol fenomen que no siga mecànic; però l'acció màgica a distància que incorpora la mecànica quàntica en general i el col·lapse de la funció d'ona arran la consciència en concret se pareixen massa a la telepatia com per a ser admeses com una ontologia vàlida, tot i que aquella costa d'erradicar de l'àmbit de la ciència fins i tot en els monogràfics més exloents (Edis 2017) i dissenyats ad hoc per fer-ho.⁵

4. *Hocuspocuswoo*, o simplement *woo* als països anglosaxons.

5. Especialment significatives són les opinions de Hyman o Wiseman, *hardcore* escèptics, qui han acabat acceptant els fenòmens PSI. Per al primer, «seems better than it ever has been. The contemporary findings along with the output of the SRI / SAIC program do seem to indicate that something beyond odd statistical hiccups is taking place. (He) also (has) to admit that (he) do not (has) a ready explanation for these observed effects» (French 2014: 234); o que «by the standards of any other area of science, remote viewing is proven» (Penman 2008).

Ara bé, per què no podem proposar que una mesura no necessita pas de la consciència, com volia Mario Bunge (1981: 17)? Doncs perquè la mera interacció de fotons, electrons o altres partícules amb aparells de mesurar, constituïts de barions, no deixa de ser una interacció comú més: hom podria fer rebotar una partícula dins una caixa abans de travessar el badall explicat al segon punt. Bunge (1981:17) proposava un registre (com un vídeo) que enregistrara una mesura sense una consciència present i així evitar el component *telepàtic* del col·lapse de la funció d'ona. Amb tot, cada medicció implica una petita retrocausació (Becker 2018; Kim et al. 2000; Werbos, Dolmatova 2000; Popescu 2009; Leifer, Pusey 2017) en la mesura en què una observació present determina la posició passada de qualsevol partícula mesurada. De forma que la medicció de Bunge, fora en forma de píxels en una foto, vídeo VHS, o qualsevol dels formats digitals actuals, no deixarien de ser interaccions ordinàries fins que la consciència hi intervinguera.

És la consciència una realitat fonamental del cosmos, com preveuen les ontologies dualistes (psicofísiques) en coherència amb l'ontologia que defensa el col·lapse subjectiu de la funció d'ona en el problema de la mesura? Creiem que no sols és aquesta la solució més adient per a tal problema, sinó que altres com la de Bohm (Penrose 1999: 355-360; Bernstein 2011: 113; Rosenblum, Kuttner 2010: 199-200; Lazarovici 2018) i la de Penrose (1999: 433-556; Rosenblum, Kuttner 2010: 233-234; Hameroff 2014), també la inclouen i Paul Davies (2007: 307-309) la du a la seva màxima expressió. La consciència com a protagonista del problema de la mesura, amb o sense col·lapse de la funció d'ona, és consistent amb l'efecte zenó quàntic que sembla *congelar* en el temps una partícula mentre és observada (Steele 2015), amb l'efecte de retrocausalitat (Becker 2018) i amb la reflexió filosòfica de component més o menys dualista o idealista (Kastrup 2018; Kastrup et al. 2018; Zimmerman 2017), caçamagufos (Ruyant 2014) o d'experiments més o menys *woo* (Radin et al. 2012) o més reconeguts (Tremblay 2019; Fedrizzi et al. 2019).

Tot i que els acadèmics prefereixen altres interpretacions (Zeilinger et al. 2013), ací defensem que la consciència causa o bé el col·lapse de la funció d'ona o bé, en tot cas, que el resultat de les mediccions siga un o altre en relació amb llur participació. Però, quina consciència? Per al panpsiquisme tot el cosmos és d'alguna manera conscient. Segurament un gos o un dofí ho són? Ho és una panderola o un termòmetre? Un fotó? Quina consciència és necessària per a causar un efecte en la mesura? Podria ser que fora 1, per a una consciència merament humana. <1 per a qualsevol consciència, la qual cosa queda exclosa atès que no hi ha cap resultat experimental en què una consciència instrumental (com la d'una caixa) modifiqui el patró observacional. Podria ser una consciència superior a la humana >1 o fins i tot una consciència còsmica (?) capaç de col·lapsar la funció d'ona sense aparell de mesura: 2 (Bushell, Seaberg 2018).

5/ Corol·lari: Déu no existeix o no és omniscient 24/7

Una inferència capriciosa del present treball és que, si la consciència provoca el col·lapse de la funció d'ona o, en tot cas, altera la medició, si una consciència omniscient està en permanent observació de totes les coses, aleshores, com que no s'ha trobat un col·lapse permanent de la funció d'ona o una alteració de la medició permanent, aleshores o Déu no existeix o no és permanentment omniscient... o és prou bromista com per a emprar la seva voluntat per a evitar el col·lapse.

Bibliografia⁶

- ANANTHASWAMY, A. (2018) «Closed loop hole confirms the unreality of the quantum world». *Quanta Magazine*, 25/07/2018. [<https://www.quantamagazine.org/closed-loop-hole-confirms-the-unreality-of-the-quantum-world-20180725>; recuperat 09/04/2019]
- ANU (2015) «Experiment confirms quantum theory weirdness theory». *ScienceDaily*, 27/05/2015. [<https://www.sciencedaily.com/releases/2015/05/150527103110.htm>; recuperat 09/04/2019]
- ARANA, J. (2012) «El problema de la causalidad en la mecánica cuántica». *Eikasía: Revista de Filosofía* 43: 17-33. [<http://www.revistadefilosofia.org/43-04.pdf>; recuperat 09/04/2019]
- ARDENGUI, J. S. (2011) *Interpretación modal hamiltoniana en términos de la teoría de grupos y su extensión a la mecánica cuántica relativista*. Tesi doctoral. Universidad Nacional de Buenos Aires. [https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/BDUBAFCEN_bb4c7631773841be1e5a26015806e8e2; recuperat 09/04/2019]
- BECKER, A. (2018) «Quantum time machine: How the future can change what happens now». *New Scientist*, 14/02/2018. [<https://www.newscientist.com/article/mg23731652-800-quantum-time-machine-how-the-future-can-change-what-happens-now>; recuperat 09/04/2019].
- BERNSTEIN, J. (2011) *Salto cuántico*. Barcelona: Alba.
- BUSHELL, W.; SEABERG, M. (2018) «Experiment suggest humans can directly observe the quantum». *Psychology Today*, 31/05/2019. [<https://www.psychologytoday.com/us/blog/sensorium/201905/experiments-suggest-humans-can-directly-observe-the-quantum>; recuperat 31/05/2019].
- BYRNE, M. (2015) «New measurements show that the unreal part of quantum physics is very real». *Motherboard*, 04/02/2015. [https://www.vice.com/en_us/article/3dk4nv/new-measurements-show-that-the-unreal-part-of-quantum-physics-is-very-real; recuperat 09/04/2019]
- CADENAS GÓMEZ, Y. (2004) *Epistemología, ontología y complementariedad en Niels Bohr*. Madrid: UNED.
- CASSINI, A. (2016) «El problema interpretativo de la mecánica cuántica. Interpretación minimal e interpretaciones totales». *Revista de Humanidades de Valparaíso* 8: 9-42.

6. Agraïco la col·laboració d'en Joan Tello Brugal en l'elaboració i la revisió de la Bibliografia.

- CHAVES, R. et al. (2018) «Causal modelling the delayed-choice experiment». *Physical Review Letters* 120/19: 190401. [https://arxiv.org/abs/1710.07323; recuperat 09/04/2019]
- CLEMENTE, L.; KOFLER, J. (2016) «No fine theorem for macrorealism: Limitations of the Leggett-Garg inequality». *Physical Review Letters* 116/15 (150401). [https://arxiv.org/abs/1509.00348; recuperat 09/04/2019.]
- COMBI L.; ROMERO, G. (2017) «Sobre la inconsistència de la interpretació de Everett de la mecànica quàntica». *Metatheoria* 7/2: 47-53.
- CONTÍN AYLÓN, G. C. (2012) *La paradoja del gato de Schrödinger y los problemas de interpretación de la mecánica cuántica*. Madrid: UNED.
- DAVIES P.; GRIBBIN, J. (2007) *The Matter Myth*. Nova York: Simon and Schuster.
- DE RONDE, C. (2012) «La noció de potencialitat ontològica en la interpretació modal de la mecànica quàntica». *Scientiae Studia* 10/1: 137-164.
- EDIS, T. (2017) «Del creacionisme a la economia». *Mètode* 95: 71-77.
- ESLAVA, E. (2007) «Más allá de los datos desnudos: elementos para la interpretación de la mecánica cuántica». *Praxis Filosófica* 24: 69-78.
- FEDRIZZI, A. et al. (2015) «Measurements on the reality of the wavefunction». *Nature Physics* 11: 249-254.
- (2019) «Experimental test of local observer independence». *Science Advances* 5/9: eaaw9832. [https://advances.sciencemag.org/content/5/9/eaaw9832/tab-pdf; recuperat 03/04/2020. Versió final de l'article «Experimental rejection of the observer-independence in the quantum world»; http://www.researchgate.net/publication/331111155_Experimental_rejection_of_observer-independence_in_the_quantum_world].
- FOLGER, T. (2005) «If an electron can be at two places in one, why can't you?» *Discover Magazine*, 05/06/2005. [https://www.discovermagazine.com/the-sciences/if-an-electron-can-be-in-two-places-at-once-why-cant-you; recuperat 09/04/2019]
- FORTÍN, S. (2016) «Decoherència quàntica», dins C. E. Vanney, J. F. Franck, I. Silva (eds.), *Diccionario interdisciplinar Austral*. [http://dia.austral.edu.ar/Decoherencia_cuántica; recuperat 09/04/2019]
- FRENCH, C. (2014) *Anomalistic Psychology*. Londres: Palgrave Macmillan.
- GEORGIU, A. (2018) «Einstein's "spooky action": bizarre quantum phenomenon demonstrated massive scale in world first». *Newsweek*, 26/04/2018. [https://www.newsweek.com/einsteins-spooky-action-bizarre-quantum-phenomenon-demonstrated-massive-scale-902907, recuperat 09/04/2019]
- GHIRARDI, G. (2016) «Collapse Theories». *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Fall 2018 Edition. [https://plato.stanford.edu/archives/fall2018/entries/qm-collapse; recuperat 09/04/2019]
- HAMEROFF, S. (2014) «Consciousness, free will and quantum brain biology - the "Orch OR" theory», dins A. Corradini, U. Meixner (eds.), *Quantum physics meets philosophy of mind*. Boston: De Gruyter, 145-184.
- HUANG, H.-L. et al. (2019) «Compatibility of causal hidden-variable theories with a delayed-choice experiment». *Physical Review A* 100/1 (012114). [Versió final de l'article «A loophole-free Wheeler-delayed-choice experiment», https://arxiv.org/abs/1806.00156; recuperat 09/04/2019]
- KASTRUP, B. (2018) «Should quantum anomalies make us rethink reality?» *Scientific American*, 19/04/2018. [https://blogs.scientificamerican.com/observations/should-quantum-anomalies-make-us-rethink-reality; recuperat 09/04/2019]

- KASTRUP, B.; STAPP, H. P.; KAFATOS, M. C. (2018) «Coming to grips with the implications of quantum mechanics». *Scientific American*, 29/05/2018. [<https://blogs.scientificamerican.com/observations/coming-to-grips-with-the-implications-of-quantum-mechanics/>; recuperat 09/04/2019]
- KIM, Y.-H.; YU, R.; KULIK, S. P.; SHIH, Y. H.; SCULLY M. O. (2000) «Delayed “Choice” Quantum Eraser». *Physical Review Letters* 84/1. [https://www.researchgate.net/publication/12307552_Delayed_Choice_Quantum_Eraser; <https://arxiv.org/abs/quant-ph/9903047>; recuperat 09/04/2019]
- Entropy 20/381: 116-132. [Reeditat dins J. WALLECZEK, G. GRÖSSING, P. PYLKKÄNEN, B. HILEY (eds.), *Emergent Quantum Mechanics: David Bohm Centennial Perspectives*. Basilea: MDPI, 2019]
- LEA, R. (2018) «The double slit experiment desmystified: Disproving the quantum consciousness connection». *Medium*, 04/06/2018. [<https://medium.com/science-first/the-double-slit-experiment-demystified-disproving-the-quantum-consciousness-connection-ee8384a50e2f>; recuperat 09/04/2019]
- LEIFER, M.; PUSEY, M. (2017) «Is a time symmetric interpretation of quantum theory possible without retrocausality?» *Proceedings of the Royal Society A* 473/2002. [<https://arxiv.org/abs/1607.07871>; recuperat 09/04/2019]
- LLORENS, Ò. (2007) «Reflexiones cartesianas a propósito de “The Matrix”», dins C. Moreno et al. (eds.), *Filosofía y realidad virtual*. Zaragoza: PUZ, 403-415.
- (2009) «El error como garantía ontológica». *Eikasia: Revista de Filosofía* 24: 1-14.
- (2011) «Hacia una metafísica mínima», dins I. Murillo (ed.), *La Filosofía Primera*. Madrid: Diálogo Filosófico, 713-722.
- (2015) «Dues ontologies per a la mort». *III Congrés Català de Filosofia: passat i present*. [<http://www.uibcongres.org/filosofia/ponencia.ct.html?mes=20&ordpon=1>; recuperat 09/04/2019]
- (2017) «Hi ha quelcom semblant a una cafetera?» *Filosofía, ara!* 3/3: 21-22.
- LOMBARDI, O.; VANNI, L. (2010) «Medición cuántica y decoherencia: ¿qué medimos cuando medimos?» *Scientiae Studia* 8/2: 273-291.
- LOMBARDI, O. (2017) «Modal interpretations of quantum mechanics». *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Fall 2018 Edition. [<https://plato.stanford.edu/archives/fall2018/entries/qm-collapse/>; recuperat 09/04/2019]
- LÓPEZ, J. A.; ABOITES, V. (2017) «La filosofía frente al objeto cuántico». *Revista Mexicana de Física* 63/2: 107-122.
- MANNING, A. G. et al. (2015) «Wheeler’s delayed-choice gedanken experiment with a single atom». *Nature Physics* 11: 539-542.
- MITCHELL, N. W. (2018) «Challenging local realism with human choices». *Nature* 557: 212-216.
- NIEVES, J. M. (2017) «No, tampoco los físicos entienden la mecánica cuántica». *ABC*, 13/01/2017. [https://www.abc.es/ciencia/abci-no-tampoco-fisicos-entienden-mecanica-cuantica-201701122142_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F; recuperat 09/04/2019]
- PENMAN, D. (2008) «Could there be proof to the theory that we’re ALL psychic?» *Daily Mail*, 28/01/2008. [<https://www.dailymail.co.uk/news/article-510762/Could-proof-theory-ALL-psychic.html>; recuperat 09/05/2019]
- PENROSE, R. (1999) *La nueva mente del emperador*. Barcelona: Mondadori.

- (2007) *Las sombras de la mente*. Barcelona: Crítica.
- POPESCU, S. (2009) «Weak measurements just got stronger». *Physics* 2/32.
- RADIN, D. et al. (2012) «Consciousness and the double-slit interference pattern: six experiments». *Physics Essays* 25/2: 157-171.
- RATNER, P. (2018) «Revised Schrödinger's cat experiment challenges reality». *Big Think*, 28/09/2018. [<https://bigthink.com/surprising-science/revised-schrdingers-cat-experiment-challenges-reality>; recuperat 09/04/2019]
- RIVERO, V. (2016) *Interpretaciones de la mecánica cuántica*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- ROSENBLUM, B.; KUTTNER, F. (2010) *El enigma cuántico*. Barcelona. Tusquets.
- RUYANT, Q. (2014) «Is quantum mechanics relevant to the philosophy of mind (and the other way around)?», dins M. Pigliucci (ed.), *Scientia Salon*, 21/07/2014. [<https://scientiasalon.wordpress.com/2014/07/21/is-quantum-mechanics-relevant-to-the-philosophy-of-mind-and-the-other-way-around/>; recuperat 09/04/2019]
- SAMANIEGO, F. (2008) «Dos ontologías alternativas para la mecánica cuántica». *Daimon. Revista Internacional de Filosofía*, supl. 2 (III Congreso Internacional de la Sociedad Académica de Filosofía): 161-174.
- STEELE, B. (2015) «“Zeno effect” verified: atoms won't move while you watch». *Phys.org*, 23/10/2015. [<https://phys.org/news/2015-10-zeno-effect-verified-atoms-wont.html>; recuperat 09/04/2019]
- TREMBLAY, N. (2019) «Independent re-analysis of alleged mind-matter interaction in double-slit experimental data». *PLoS ONE* 14/2: e0211511. [<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0211511>; recuperat 09/04/2019]
- TREUTLEIN, P. et al. (2018) «Spatial entanglement patterns and Einstein-Podolsky-Rosen steering in Einstein-Bose condensates». *Science* 360/6387: 409-413.
- VANNEY, C. E. (2016) «Interpretaciones de la mecánica cuántica». *Diccionario interdisciplinar Austral*. 12/2016. [http://dia.austral.edu.ar/Interpretaciones_de_la_mec%C3%A1nica_cu%C3%A1ntica]. Recuperat 09/04/2019.
- VANNI, L. (2012) *Los problemas de la medición cuántica sin decoherencia*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Quilmes. [<http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/103>; recuperat 09/04/2019]
- WELCH, K. (2002) «Mapping mind or matter?» [https://www.academia.edu/3777110/Mapping_Mind_or_Matter_Whitehead_Bohm_and_Quantum_Consciousness; recuperat 09/04/2019]
- WERBOS, P. J.; DOLMATOVA, L. (2000) «The Backwards-Time Interpretation of Quantum Mechanics – Revisited with Experiment». *arXiv.org*. [<https://arxiv.org/abs/quant-ph/0008036>; recuperat 09/04/2019].
- WOLCHOVER, N. (2014) «Have we been interpreting quantum mechanics wrong this whole time?» *Wired*, 30/06/2014. [Publicat inicialment a *Quanta Magazine*. Trad. cast.: «¿Hemos interpretado mal la mecánica cuántica?»; <https://es.sott.net/article/29225-Hemos-interpretado-mal-la-mecanica-cuantica>; recuperat 09/04/2019]
- ZEILINGER, A.; SCHLOSSHAUER, M.; KOFLER, J. (2013) «A snapshot of foundational attitudes toward quantum mechanics». *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 44/3: 222-230.
- ZIMMERMAN, A. (2017) «Can quantum physics be used to explain the existence of consciousness?» *ThoughtCo*, 11/06/2017. [<https://www.thoughtco.com/is-consciousness-related-to-quantum-physics-2698801>; recuperat 09/04/2019]