

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Zofia Szczęsna

Promotor: dr hab, prof. ASP Tomasz Daniec

Akademia Sztuk Pięknych im. Jana Matejki w Krakowie, Wydział Grafiki, 2019

Degenerate Objects.

Electron Degeneracy of Brown Dwarfs Interiors Expressed in Chemo-Degenerate Printing. Results of the Influence of Scientific Knowledge on Artistic Creation.

Wstęp

W pracy doktorskiej skupiłam się na powiązaniu aktywności w obszarze sztuk wizualnych z działalnością naukowo-badawczą. Istotne jest dla mnie rzeczywiste, a nie tylko teoretyczne, doświadczenie różnic i podobieństw tych dwóch sfer. Uważam, że moje badania prowadzone w obszarze (albo na styku) tak różnych, a jednak porównywalnych dziedzin kultury, jak nauka i sztuka, mają szansę poszerzyć pole możliwości postrzegania rzeczywistości fizycznej. Podczas pracy nad projektami science-art zawsze istotny jest dla mnie aspekt dotyczący sposobów percepcji świata fizycznego. Tak też jest w projekcie doktorskim. Oparłam tu swoje rozważania m.in. na teorii Karla Poppera (1994) dotyczącej zagadnień ciała i umysłu, oraz jego koncepcji trzech światów (świata bytów fizycznych, świata stanów mentalnych oraz świata teorii i idei).

Dla mnie, jako artysty, relacja nauki ze sztuką wykracza poza inspirację i ilustrację. Moje prace powstałe na podstawie wiedzy naukowej określam jako *ekspresje*. W mojej intencji są obiektami, które pokazują wybrane aspekty rozumienia określonego zjawiska fizycznego za pomocą wizualnej metafory. Medium, użyte materiały i sposób prezentacji prac wynikają i są ściśle powiązane z teoriami, eksperymentami czy odkryciami dokonywanymi w obrębie wybranego problemu naukowego. W pracy doktorskiej opisuję fizyczne właściwości materii, która była moją pierwszą inspiracją, i która stała się tematem i istotą dedykowanej jej serii prac artystycznych. Pokazuję również, jak i dlaczego cykl uzyskał swoją ostateczną formę, która jest nierozzerwalnie związana z kwantowymi właściwościami materii wewnątrz obiektów określanych mianem brązowych karłów. A także z zagadnieniami filozoficznymi, które wybrałam jako podstawę moich rozważań o nauce, sztuce i związkach obu tych dziedzin.

Rozdział 1

W Rozdziale 1 koncentruję się na definicjach oraz problemach wynikających z istoty ich formułowania. Na początku opisuję ewolucję chmur gazu, które dają początek gwiazdom, a później także dyskom gazowym wokół gwiazd, z których powstają planety. Wyjaśniam czym są brązowe karły w odniesieniu do planet i gwiazd. Pokazuję, dlaczego i jak definiowanie pewnych rzeczy może być trudne w wybranych dziedzinach nauki. Przykładowo: brązowe karły są często określane w artykułach popularnonaukowych jako „nieudane gwiazdy” (ang. *failed stars*). Wykorzystuję ten pozornie przystępny termin opisując budowę gwiazd aby pokazać, dlaczego nie mogą „zawieść” (z ang. *fail*). Chociaż uważam przystępność pewnych określeń za pomocną, w tym przypadku proponowany termin skłaniający do przyjęcia mylnej definicji jest moim zdaniem wysoce nieodpowiedni. Idąc tropem takiego sformułowania, niezbędne etymologicznie jest wprowadzenie bytu jednostkowego, istoty, która *planuje* i może *spodziewać się* pewnych *rezultatów*. *Porażka* (ang. *failure*) jest następstwem niespełnienia założeń. Tymczasem gwiazdy, ani żadne inne zjawiska fizyczne, nie podlegają takim określeniom. Można równie dobrze nazwać wszystkie gwiazdy „nieudanymi brązowymi karłami”, jeśli chcemy podążać za tą logiką. Woląabym raczej używać terminu (z ang.) „*substellar object*” jako zamiennika nazwy „brązowy karzeł”, niż bardziej potocznie brzmiącego terminu „nieudana gwiazda”. Brązowe karły nie są „gorszymi” rodzajami gwiazd, ani też nie są „lepszymi” rodzajami planet. Są to obiekty przejściowe dzielące właściwości zarówno planet jak i gwiazd, które jednocześnie różnią się od obu typów obiektów. Są wyjątkowe ze względu na swoją naturę i wyjątkowość ta nie jest powiązana z kategoryzacją obiektów. Idąc za myślą Poppera używam tego przykładu, aby wskazać, że definicje muszą być każdorazowo uzgadniane w dyskusji, a generalnie lepiej jest ich unikać.

Z drugiej jednak strony, w wielu przypadkach definicja może być pomocna, a czasami ma wręcz kluczowe znaczenie. Dotyczy to oczywiście głównie sfery nauk ścisłych. Przykładowo, w ramach mechaniki kwantowej, tylko ścisły język matematyki odnoszący się do bardzo precyzyjnie zdefiniowanych zjawisk może umożliwić dalsze badania i rozwój teorii.

Zatem: nie odrzucam ogólnie definicji jako takiej. Moim celem jest podkreślenie, że istnieją konkretne sytuacje, w których nie jest to najlepszy sposób podejścia do opisywania rzeczywistości.

W Rozdziale 1 są również przedstawione niektóre cechy prac z serii “Degenerate Objects”, które korespondują z wybranymi przeze mnie zagadnieniami naukowymi. Otwiera się tu pole do tworzenia różnych, mniej lub bardziej zauważalnych koneksji elementów należących do wszystkich obszarów opisywanych w dysertacji i zawartych w cyklu. Na przykład granica wyznaczana przez

liczbę 13. mas Jowisza, która umożliwia krótkotrwałą fuzję deuteru (i która może być postrzegana jako minimalna masa brązowego karła) była ważną wartością do określenia liczby prac, które są częścią tego projektu. W związku z tym cała seria składa się po prostu z 13 obiektów, w których umieszczone są *ekspresje* na temat zdegenerowanej materii elektronowej wewnątrz brązowych karłów. Z kolei grawitacyjne zapadanie się regionów chmur gazowych, które dają początek gwiazdom, obiektom substelarnym, a następnie formacji planet, zaważyło na wyborze sposobu konstruowania trójwymiarowych obrazów.

Pierwszym etapem w procesie budowania cyklu było skanowanie powietrza w mojej pracowni. Mam tutaj na myśli najprostszą metodę, która przyszła mi na myśl - były to dosłownie skany przestrzeni pracowni, uchwycone przez otwartą powierzchnię urządzenia. Początkowo, opierając się na wcześniejszych doświadczeniach zakładałam, że uzyskam w ten sposób proste, ciemne wydruki, które posłużą jako materiał wyjściowy do dalszej obróbki. Dlatego postanowiłam, że uwzględnione zostanie nawet tak umowne powiązanie wyjściowej formy z wyobrażeniem gazu. W dalszej części pracy, ale też w rozwijanym tu opisie, dochodzi do paradoksalnie dosłownego i umownego zarazem, wykorzystania oddziaływań fizycznych i semantycznych wziętych ze skali kosmologicznej, a następnie przeniesienie ich na sposób wykonywania prac. Skoro zapadanie się gazu w przestrzeni kosmicznej daje początek gwiazdom i brązowym karłom, wszystkie wydrukowane skany zostały wizualnie zmienione przez poddanie ich fizycznemu naciskowi prasy drukarskiej. Aby je „zdegenerować” (sprawić, by różniły się od oryginalnego, „normalnego” gazu, który reprezentowały) użyłam odczynników chemicznych. W połączeniu z naciskiem prasy drukarskiej charakter wyjściowych wydruków uległ poważnej zmianie.

Spośród wielu odbitek, z pełną świadomością arbitralności takiego gestu, intuicyjnie wybrałam trzynaście, które moim zdaniem stanowiły najlepszą wizualizację mojej wiedzy na temat zdegenerowanej materii oraz powstawania i ewolucji brązowych karłów. Wydruki te zostały następnie zeskanowane i poddane dokładnej obróbce cyfrowej. Każdy obraz był rozdzielany na wiele warstw i drukowany na różnego rodzaju przezroczystych i półprzezroczystych materiałach w celu stworzenia ostatecznego trójwymiarowego obrazu.

Komplikacja procesu była założeniem wynikającym z charakteru powstawania obiektów gwiazdowych i obiektów substelarnych, który jest znacznie bardziej złożony i zależy od wielu czynników. Na tym etapie każdy z obiektów budowanych przeze mnie był inny, a wyniki były często całkowicie przypadkowe. Wybrałam zestaw prac, które wykazywały cechy uznane przeze mnie za istotne.

Skala prac skłoniła mnie do umieszczenia w dalszej części rozdziału opisu domeny małych obiektów - w tym kontekście małych według standardów astronomicznych (świat małych obiektów w znaczeniu cząstek i efektów kwantowych jest opisany w Rozdziale 3) i na przybliżeniu znaczenia skali wielkości.

Rozdział 2

W Rozdziale 2 omówione są (z ang.) "*insides and insights*" (*insides* - wnętrza gwiazd, planet i brązowych karłów, *insights* - spostrzeżenia, wgląd filozofów nauki w wybrane zagadnienia). Przedstawiam niektóre teorie dotyczące sposobów opisywania rzeczywistości z naukowego punktu widzenia, a także teorie i badania dotyczące wnętrza brązowych karłów i podstawowych fizycznych właściwości materii gwiazdnej i planetarnej.

Wyszczególniam wybrane teorie opisujące nasze rozumienie rzeczywistości fizycznej. Zaczynam od tzw. Teorii Wszystkiego (próby połączenia Teorii Względności i Teorii Kwantowej). Następnie opisuję bardziej szczegółowo spostrzeżenia Bohma i Heisenberga związane z konstruowaniem teorii, która pozwalałaby opisać rzeczywistość szerzej i bardziej precyzyjnie niż Teoria Względności i mechanika kwantowa.

Przedstawiam sposób myślenia Bohma (2008) o rozumieniu fizycznego opisu rzeczywistości. Jego teoria miała wielki wpływ nie tylko na moje pojmowanie nauki, ale także na wybór głównej metody zastosowanej do stworzenia serii prac złożonych w ramach przewodu doktorskiego. Hologram Bohma był dla mnie powodem do metaforycznego odniesienia się do tej formy patrzenia na świat. Postanowiłam stworzyć trójwymiarowe obrazy, które odnosiłyby się do formy hologramu - trójwymiarowej projekcji całości, niepodzielonej rzeczywistości, która pozwala dostrzec wiele jej aspektów w tym samym czasie. Wybrana przeze mnie metoda miała również inne cechy, które odzwierciedlają niektóre aspekty fizyczne i filozoficzne. Rozwinięcie tej kwestii znajduje się w rozprawie doktorskiej. Wspomnę tu choćby o niemożności wykonania reprodukcji i pełnej dokumentacji wizualnej moich obiektów. Ze względu na ich cechy jest to technicznie niemożliwe. To z kolei wiąże się z elementami wspomnianej wyżej teorii Bohma dotyczącymi niepodzielnej rzeczywistości, z której mogą zostać wyabstrahowane wybrane fragmenty, jednak niemożliwe jest opisanie i uchwycenie jej w całości.

Każdy obraz jest nie tylko przestrzenny, ale także podlega fluktuacjom. Zależą one od kąta, pod jakim jest obserwowany, i nawet niewielkie przesunięcia punktu widzenia powodują zmiany w obrazie. Stąd też jego ostateczna wizualizacja jest niemożliwa do pokazania ani uchwycenia.

Pełna i w zasadzie jedyna uprawniona forma percepcji prac zachodzi tylko w bezpośredniej obserwacji. Ta cecha jest metaforą stanu, w którym także w stworzonych laboratoryjnie warunkach ziemskich, nie możemy uzyskać zdegenerowanego gazu elektronowego ani wchodzić z nim w interakcję. Można go badać tylko za pomocą teoretycznych obliczeń i pośrednich obserwacji bardzo odległych (i emitujących bardzo słabe światło) obiektów znajdujących się wiele (czasem nawet setki) lat świetlnych od Ziemi.

W dalszej części rozdziału opisuję, dlaczego brązowe karły są czasami określane jako „niewypały gwiazdowe” - otóż „nie potrafią” one utrzymać fuzji jądrowej w cyklu protonowym. Ich masa nie jest wystarczająco wysoka, aby gaz wewnątrz obiektu osiągnął temperaturę pozwalającą na rozpoczęcie i podtrzymanie syntezy jądrowej. Fuzja deuteru jest utrzymywana przez krótki okres czasu istnienia takiego obiektu (czasami, w przypadku brązowych karłów o bardzo wysokiej masie jest to fuzja wodoru). Dość szybko jednak pierwotny deuter zostaje zużyty, a dalsze reakcje jądrowe zostają zatrzymane przez rosnącą degenerację obiektu. Jego temperatura szybko spada. W wyniku tego procesu gaz zapada się dalej, ponieważ nie zachodzą już żadne reakcje, które mogłyby temu zapobiec. W pewnym momencie grawitacyjny kolaps zostaje zatrzymany przez tak zwany *zakaz Pauliego*, dzięki któremu dalsze zapadnięcie się brązowego karła pod własnym ciężarem jest niemożliwe. Głosi on, że dwa fermiony (w tym przypadku elektrony) w tym samym systemie kwantowym nie mogą mieć tego samego stanu kwantowego, a do tego musiałoby dojść przy dalszym postępie procesu. To elektrony zatrzymują więc dalsze zapadanie się gazu, w związku z czym ten rodzaj zdegenerowania nazywamy degeneracją elektronową.

Rozdział 3

W Rozdziale 3 opisuję bardziej szczegółowo kwantowe właściwości wnętrza brązowych karłów - materii zdegenerowanej elektronowo. Mówiąc o świecie kwantowym nie możemy bazować na naszej wiedzy odnośnie stanów lub zjawisk, z którymi spotykamy się w życiu codziennym. Model atomu przypominający mały układ słoneczny z elektronami orbitującymi wokół jądra jak planety, od dawna uważany jest za nieodpowiedni. Podobnie ilustracje molekuł szeroko stosowane w podręcznikach do chemii, pokazujące cząstki jako kulki połączone patyczkami symbolizującymi wiązania chemiczne. W rzeczywistości (o ile możemy mówić o rzeczywistości w dziedzinie kwantowej) świat cząstek opisywany jest przez *funkcje prawdopodobieństwa*. Na przykład elektron nie jest bytem, do opisu którego jesteśmy przyzwyczajeni - jest to prawdopodobieństwo, że zestaw właściwości nazywany elektronem, wydarzy się w pewnym obszarze opisanym przez jego funkcję prawdopodobieństwa. Elektron jest czymś pomiędzy cząstką a falą, przejawiającym właściwości

obu, ale jednocześnie nie będącym ani jednym ani drugim. Elektrony nie „orbitują” wokół jąder atomowych. Przejawiają pewne cechy z określonym prawdopodobieństwem w różnych miejscach wokół jąder atomowych. Według profesora Piotra Petelenza, który specjalizuje się w chemii teoretycznej, możemy nazwać to *rzeźbieniem we mgle*.

Zatem na początku rozdziału opisuję różne podejścia do mechaniki kwantowej prezentowane przez wybranych naukowców i filozofów zajmujących się tym obszarem fizyki. Bohm (2008) sugeruje, że powinniśmy wdrożyć nową formę języka, aby mówić o nowym porządku w fizyce, który jego zdaniem został zainicjowany przez rozwój mechaniki kwantowej. Eksperymentuje na formie języka, nazwanej przez niego *rheomode*, która byłaby odpowiednia do mówienia o teorii kwantowej i jej dalszym rozwoju (*holomovement*). Bohm analizuje słowa i ich znaczenia, etymologię itd. Następnie formułuje zdania w inny sposób, który pozwoliłby zmienić tor naszego myślenia tak, aby nie koncentrowało się już na fragmentacji świata. Podkreśla, że nasz światopogląd jest głęboko zakorzeniony w języku. Jego struktura pomaga lub uniemożliwia nam zobaczenie pewnych aspektów świata. Podobnie jak u Poppera (1994), gdy mówi on o tworcach świata 3 (świata teorii), używa do tego celu meta-języka - czyli narzędzia pozwalającego mówić o języku samym w sobie. Aspekt języka jest bardzo ważny, gdy mówimy o formułowaniu praw fizyki opisowo, bez użycia aparatu matematycznego. Bohm stwierdza, że samo zwrócenie uwagi na ten problem i kontemplacja jego struktury oraz konsekwencji w postrzeganiu świata jakiego język ze sobą niesie, są krokiem w kierunku zmiany perspektywy, na taką, która pozwala przyglądać się rzeczywistości z innego punktu widzenia. Heisenberg (2007) postrzega język w bardzo podobny sposób. Chociaż nie sugeruje żadnego konkretnego sposobu zmiany formułowania słów lub zdań, zwraca uwagę, że nasze użycie języka nie pasuje już do fizycznych praw cząstek w świecie kwantowym. Podkreśla też, że sama świadomość tego faktu, a tym samym używanie języka przy zachowaniu świadomości, że jest on tylko konwencjonalną formą, powoduje, że myślimy inaczej, pozwala nam na nieco większą precyzję sformułowań.

Termin „degeneracja” opisany w kontekście jego użycia w nauce ma różne znaczenia. Wszystkie są inne od powszechnego rozumienia tego słowa (które jest związane z rozpadem, deformacją). Dlatego, aby przybliżyć znaczenie natury degeneracji, która jest tematem tego projektu, opisuję te jej odmiany, które są pomocne w uchwyceniu właściwego kontekstu mojej pracy.

Po ich omówieniu opisuję wybrane zjawiska zachodzące w zdegenerowanej materii elektronowej. W tym celu porównuję dwa modele opisu zachowania cząsteczek - w gazie klasycznym oraz gazie Fermiego. Gaz klasyczny to model stosowany jedynie dla stosunkowo rozrzedzonych gazów. Natomiast gaz Fermiego (nazywany również elektronowym gazem Fermiego lub gazem fermionów) to model opisu idealnego gazu kwantowego złożonego z nieoddziałujących fermionów. W gazie

klasycznym, do którego nie ma zastosowania zakaz Pauliego, nie ma ograniczeń co do liczby cząstek zajmujących ten sam stan. W efekcie cząstki nie przeszkadzają sobie nawzajem w reagowaniu na energię dostarczaną przez otoczenie. Większość z nich ma energię na poziomie średniej wartości temperatury otoczenia. Tymczasem w przypadku gazu Fermiego dozwolona jest tylko jedna cząstka na każdy stan, tak że okupowane stany rozprzestrzeniają się do nieporównywalnie wyższej energii. Prowadzi to do znacznie wyższej całkowitej energii gazu, a co za tym idzie, do jego ogromnie *zwiększonego ciśnienia*.

W bardzo wysokich temperaturach, za które wewnątrz gwiazd odpowiedzialna jest synteza jądrowa, właściwości gazu Fermiego zbliżają się do właściwości gazu klasycznego - tak zwana „słaba degeneracja”. W porównaniu z nią przejawy silnej degeneracji gazu Fermiego są spektakularne. Degeneracja elektronów w gazie złożonym z wodoru jest dla nas czymś bardzo egzotycznym, ponieważ nie dokonano tego jeszcze w żadnym ziemskim laboratorium¹. Tymczasem degeneracja elektronów w dowolnym metalu jest czymś, co powszechnie występuje wokół nas. W brązowych karłach *wodór* wykazuje cechy metaliczne i to odróżnia tę materię od wszystkiego, co znamy. Ten niezwykle rodzaj degeneracji ma kluczowe znaczenie dla fizyki brązowych karłów, odróżniając je od gwiazd i większości planet.

Dalej przedstawiam i opisuję różne inne znaczenia słowa „zdegenerowany”, w języku potocznym, społecznym i naukowym. Opisuję na przykład, jak Pick (1989) przedstawia genezę tego określenia przyglądając się skutkom historycznych niepokojów społecznych we Włoszech, Anglii i Francji na przełomie XIX i XX wieku. W swoich badaniach wykazuje, że degeneracja nie może zostać sprowadzona do prostego modelu manipulacji czy ideologicznej krucjaty. Określenie to nie było jasno i jednoznacznie zdefiniowane. Był to termin szeroko stosowany w wielu kontekstach, „chosen freely at will by various professional groups” (str. 234). Podaje przykłady filozofów (Nietzsche, Foucault), lekarzy (Freud, Morel, Lombroso, Maudsley) lub pisarzy (Zola, Buchez, Taine, Le Bon), którzy stosowali to określenie inaczej i do opisywania zupełnie różnych przejawów aberracji.

Tytuł tego projektu to „Degenerate Objects”. Odnosi się on nie tylko do gazu zdegenerowanych elektronów, ale także do efektów moich poszukiwań wizualnych jako artysty. Mówiąc o serii prac, która jest częścią tego projektu i używając słowa „zdegenerowany”, nie mam na myśli znaczenia, które ma swoje korzenie w XIX wieku i wiąże się z rozpadem i rozwojem niepożądanych cech. Dla własnych celów używam tego słowa tylko w związku z fizyczną degeneracją opisaną w Rozdziale 3.

¹ Eremets i Troyan (2011) twierdzili, że w swoim laboratorium uzyskali metaliczny wodór, ale eksperyment został później szeroko skrytykowany. W swoim artykule na ten temat Amato (2012) wskazuje, że jest to prawie niemożliwe, co tylko potwierdza fakt, że wyniki tego eksperymentu nie były powtarzalne. Amato analizuje, dlaczego społeczność naukowa jest sceptycznie nastawiona do tego eksperymentu.

Projekt został przeze mnie zakwalifikowany jako science-art. Prace są tematycznie głęboko zakorzenione w wybranych badaniach zjawisk fizycznych i mają wykraczać poza ilustrację. Nazywam je „zdegenerowanymi”, ponieważ proces ich tworzenia metaforycznie odwołuje się do procesów zachodzących wewnątrz brązowych karłów. Doprowadzanie materii do jej fizycznych granic jest w tym przypadku określane przeze mnie jako zdegenerowane. Nazwałam w ten sposób na przykład obróbkę wydruków skanów powietrza za pomocą silnych odczynników chemicznych pod znacznym ciśnieniem prasy drukarskiej. Jest to oczywiście tylko metaforyczne odniesienie do fizycznych zmian chmur wodoru pod znacznym ciśnieniem wywołanym zapadaniem się pod wpływem grawitacji.

Kontekst łacińskiego źródła słowa „zdegenerowany” jest dla mnie ważny w odniesieniu do tytułu cyklu dyplomowego “Degenerate Objects”. Łacińskie *degeneratus* przetłumaczyć można na (z ang.) „no longer of its kind”, co oznacza anomalie. Stworzone przeze mnie prace mają być trudne do zdefiniowania i udokumentowania. Są związane z bardzo precyzyjną i specjalistyczną dziedziną wiedzy, wykraczają poza emocjonalną inspirację Kosmosem. Również ich forma ma odnosić się do domeny kwantowej, która nie poddaje się intuicji i nie jest możliwa do pełnego zrozumienia. Jest to spowodowane niemożnością wizualizacji świata kwantowego, oraz brakiem dobrej formy opisu jego cech przez nasz język. Podczas próby zobrazowania zagadnień, które odnoszą się do domeny fizycznej, której nie można zobaczyć ani opisać bez równań matematycznych, przestaje być możliwe stworzenie dosłownych ilustracji czy wizualizacji omawianych procesów. Najlepszą metaforą tej niemożności był dla mnie fakt, że trójwymiarowe wydruki są niemożliwe do udokumentowania fotograficznie lub filmowo. Świadczą o tym także zauważalne kłopoty związane z klarownym sformułowaniem niniejszego streszczenia. Specyficzne cechy mechaniki kwantowej są metaforycznie oddane poprzez kształt obiektów, w których umieszczone są trójwymiarowe obrazy.

Wszystkie trzynaście obiektów to sześciiany tego samego rozmiaru, identyczne pod względem kształtu. To nie tylko proste, minimalistyczne formy - mają również reprezentować matematyczny język domeny kwantowej, gdzie wygodnie jest zwizualizować wolne cząsteczki umieszczając je w ściśle określonej przestrzeni - bardzo dużym „pudełku”. W opisie kwantowym symetria “pudełka” nieuchronnie prowadzi do degeneracji poziomów energii, ponieważ w świecie kwantowym wyższa symetria równa się także wyższej degeneracji.

Nie tylko kształt moich obiektów jest istotny w odniesieniu do własności kwantowych metalicznego wodoru. Dzięki świadomie zaakcentowanym cechom wizualnym, istotna jest także ich powierzchnia i system wzajemnych relacji poszczególnych elementów. Metalowa powierzchnia obiektów zgodnie z prawami fizyki zawiera zdegenerowane elektrony. Natomiast ich wnętrza nawiązuje do metalicznego wodoru, z którego zbudowane są brązowe karły.

Podsumowanie

Jak opisuje Dawkins (1998), czysta wiedza naukowa może być piękną i intrygującą dziedziną ludzkiej kultury. Mogłaby ona być (i czasami jest) inspiracją lub tematem dla dzieł poetów lub artystów. Tak jak określił to Feynman (1964), zdobywanie wiedzy o czymś wcześniej nieznanym, nie odbiera temu piękna.

“Poets say science takes away from the beauty of the stars — mere globs of gas atoms. Nothing is „mere”. I too can see the stars on a desert night, and feel them. But do I see less or more? The vastness of the heavens stretches my imagination — stuck on this carousel my little eye can catch one-million-year-old light. A vast pattern — of which I am a part... What is the pattern, or the meaning, or the why? It does not do harm to the mystery to know a little about it. For far more marvelous is the truth than any artists of the past imagined! Why do the poets of the present not speak of it? What men are poets who can speak of Jupiter if he were a man, but if he is an immense spinning sphere of methane and ammonia must be silent?” (str. 3-6)

Jak każda dziedzina ludzkiej kultury, działalności lub zainteresowań, nauka może być powodem i tematem dla twórczości artystycznej lub dla poszukiwań nowych metod obrazowania w sztukach wizualnych. Dla mnie, jako artysty, wiedza o naszych sposobach wglądu w świat fizyczny stwarza możliwość odkrywania różnych form wizualnej kreacji. Ta praca jest przykładem takiego podejścia.

Moja praca, przez poszukiwania prowadzone w obszarze astrofizyki, od początku oparta była na dość precyzyjnie sformułowanych założeniach. Jednak, tak jak w przypadku każdej pracy twórczej, niektóre nawiązania ujawniły się dopiero po rozpoczęciu procesu tworzenia obrazów gdy mogłam odnieść pierwotne założenia do faktycznych wyników.

Tak było na przykład z pomysłem zastosowania warstwy metalu w konstruowaniu obiektów, który przyszedł mi do głowy już podczas pracy nad obrazami i omawiania kwantowych subtelności z profesorem Piotrem Petelenczem. Dzięki temu zdegenerowane elektrony stały się dosłownie częścią prac. Również skompresowana wielowarstwowość każdej z nich okazała się być dla mnie metaforą ciśnienia, w wyniku którego powstają obiekty gwiazdowe i brązowe karły. Same obrazy to w większości *ekspresje* ewolucji i zmian właściwości wodoru wraz ze wzrostem ciśnienia i degeneracją elektronów.

Podczas pracy nad cyklem doszłam do wniosku, że wielowarstwowe obrazy nawiązują do hologramu Bohma na więcej sposobów niż tylko przez ich właściwości przestrzenne. Każda warstwa może być postrzegana jako wyabstrahowana z całości - jednak nie tylko metaforycznie, ale również jako

część wyjęta z konkretnego obrazu. Każda taka warstwa tworzy równocześnie samodzielny obraz. Wszystkie warstwy, połączone razem, budują trójwymiarowe obrazy, zmieniające się przez cały czas podczas obserwacji. Holograficzne w analogowy sposób, są nie tylko nawiązaniem do twierdzenia Bohma o postrzeganiu świata fizycznego, są również przykładami tego rodzaju obserwacji, która daje możliwość spojrzenia na obraz nieco inaczej.

Praca dotyczy zagadnienia, które jest przedmiotem ciągle prowadzonych badań naukowych. W jej trakcie zdarzało się, że pewne aspekty realizacji ulegały zmianie wraz z pojawianiem się nowych faktów lub hipotez naukowych. Okazało się także, że jednym z nie zakładanych wcześniej problemów, stał się polski przekład streszczenia rozprawy. W zasadzie wszystkie naukowe opracowania, z jakich korzystałam, to teksty anglojęzyczne nieprzetłumaczone jeszcze na język polski. Oryginalny tekst jest więc siłą rzeczy znacznie bardziej precyzyjny w opisywaniu problematyki naukowej. Wersja polska razić może niekiedy niezgrabnością sformułowań i licznymi powtórzeniami poszczególnych określeń, które wynikają z ubogiej terminologii dotyczącej opisywanych zagadnień, jaka jest dostępna w naszym języku.

Bibliografia

Amato, I. (2012, June 13). *Metallic hydrogen: Hard pressed*. Retrieved from: <https://www.nature.com/news/metallic-hydrogen-hard-pressed-1.10817>

Ashcroft, N. W. (1968). Metallic hydrogen: A high-temperature superconductor?. *Physical Review Letters*, 21(26), 1748.

Baruteau, C., Bai, X., Mordasini, C., & Mollière, P. (2016). Formation, orbital and internal evolutions of Young planetary systems. *Space science reviews*, 205(1-4), 77-124.

Bohm, D. (2008). *Wholeness and the Implicate Order*. London and New York: Routledge.

Braganca, P. (2014, May 1). *Starry Night 7: Stars Rendered as 3D Bodies*. Retrieved from <http://blog.simulationcurriculum.com/articles/2015/3/16/starry-night-7-stars-rendered-as-3d-bodies>

Burrows, A., & Liebert, J. (1993). The Science Of Brown Dwarfs. *Reviews of Modern Physics*, 65(2), 301-336.

- Chandrasekhar, S. (1989). *Selected Papers. Volume 1, Stellar Structure and Stellar Atmospheres*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Dawkins, R. (1998). *Unweaving the Rainbow: Science, Delusion and the Appetite For Wonder*. London: Penguin Books.
- Eremets, M. I., & Troyan, I. A. (2011). Conductive dense hydrogen. *Nature materials*, 10(12), 927.
- Feynman, R. (1964). *The Feynman Lectures on Physics, Volume I*. Pasadena: Addison-Wesley.
- Han, C., Jung, Y. K., Udalski, A., Sumi, T., Gaudi, B. S., Gould, A., ... & Pietrzyński, G. (2013). Microlensing discovery of a tight, low-mass-ratio planetary-mass object around an old field brown dwarf. *The Astrophysical Journal*, 778(1), 38.
- Heisenberg, W. (2007). *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science*. New York, London, Toronto, Sydney, New Delhi, Auckland: Harper Perennial Modern Thought.
- Horedt, G. P. (2004). *Polytropes: Applications in Astrophysics and Related Fields*. Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Joergens, V. (ed.). (2014). *50 Years Of Brown Dwarfs*. Heidelberg: Springer.
- Longair, M. S. (1996). *Our Evolving Universe*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Luhman, K. L., Adame, L., D'Alessio, P., Calvet, N., Hartmann, L., Megeath, S. T., & Fazio, G. G. (2005). Discovery of a planetary-mass brown dwarf with a circumstellar disk. *The Astrophysical Journal Letters*, 635(1), L93.
- Parks, J. (2018, August 3). *Astronomers Discover a Free-range Planet With Incredible Magnetism*. Retrieved from <http://www.astronomy.com/news/2018/08/free-range-planet>
- Pick, D. (1989). *Faces of Degeneration: A European Disorder, c.1848 - c.1918*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Popper, K. (1994). *Knowledge and the Body-Mind Problem*. London and New York: Routledge.
- Reddy, F. (2017). Unveiling a Giant. *Astronomy Magazine*, 45(10), 20-27.

Reid, I. N., & Hawley, S. L. (2005). *New Light On Dark Stars*. Berlin-Heidelberg: Springer.

Runyon, K. D., & Stern, S. A. (2018). An Organically Grown Planet Definition. *Astronomy Magazine*, 46(5), 28-29.

Tinney, C. G. (ed.). (1995). *The Bottom Of The Main Sequence - And Beyond*. Berlin-Heidelberg: Springer.

Wigner, E., & Huntington, H. Á. (1935). On the possibility of a metallic modification of hydrogen. *The Journal of Chemical Physics*, 3(12), 764-770.

Yue, Y. L., Cui, X. H., & Xu, R. X. (2006). Is PSR B0943+ 10 a low-mass quark star?. *The Astrophysical Journal Letters*, 649(2), L95.