



Chorzów, 15 listopada 2023 roku

Prof. Karolina Adrjanowicz
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Uniwersytet Śląski w Katowicach
75 Pułku Piechoty 1a
41-500 Chorzów
email. karolina.adrjanowicz@us.edu.pl
tel. 32 359 75 70

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Jeena Varghese

„Mechanical properties of polymer colloidal crystals exposed to supercritical fluids”

W przedstawionej mi do recenzji pracy doktorskiej mgr Jeena Varghese zajmowała się przygotowaniem polistyrenowych kryształów koloidalnych metodą nazywaną w pracy jako „cold-soldering”, czyli lutowanie na zimno z użyciem gazów takich jak hel, azot i argon. Uzyskane w trakcie tego procesu struktury badano z wykorzystaniem techniki rozpraszania światła Brillouina. Wykonano również pomiary SEM (skaningowej mikroskopii elektronowej) celem zweryfikowania ich kształtów i rozmiarów przed i po etapie „zimnego lutowania”, a także celem porównania uzyskanych wartości z obliczeniami opartymi na wynikach brillouinowskiego rozpraszania światła.

Doktorantka w swoich badaniach rozpatrywała samoorganizujące się cząstki polistyrenowe o 6 różnych rozmiarach (143 nm, 210 nm, 337 nm, 556 nm, 610 nm i 830 nm), które następnie były poddawane kompresji i dekompresji z użyciem 3 różnych gazów (He, Ar, N₂) w zakresie ciśnień od 1 bara do 1000 bar. Proces ten prowadzono za każdym razem w temperaturze pokojowej. Analiza położenia wzbudzanych w obszarze GHz wibracji akustycznych, powszechnie zwanymi modami Lamba, pozwoliła monitorować zmiany właściwości sprężystych rozpatrywanych materiałów przed, w trakcie, a także po badaniach ciśnieniowych. W warunkach podwyższonego ciśnienia odległości między sferycznymi cząstkami polimerowymi zmniejszają się, a gaz zaczyna je plastyfikować zwiększając w ten sposób powierzchnię kontaktu. W efekcie tego procesu sąsiadujące ze sobą cząstki zaczynają się ze sobą niejako „sklejać” w sposób bardziej lub mniej trwały. A więc, po odpuszczeniu ciśnienia można uzyskać materiał wyjściowy o zupełnie odmiennych właściwościach mechanicznych niż materiał początkowy. Jak pokazuje Doktorantka, w zależności od użytego gazu proces ten może być całkowicie odwracalny, bądź też nie. Ważną rolę odgrywa tutaj także rozmiar samych cząstek polimerowych.

Rozpatrywane zagadnienia są bardzo ciekawe i aktualne, a sama idea tzw. „zimnego lutowania” zastosowana do polimerowych kryształów koloidalnych została zaproponowana dość niedawno przez badaczy z Wydziału Fizyki UAM. Jest to z pewnością oryginalne podejście do tematu fabrykacji polimerowych kryształów koloidalnych bez angażowania skomplikowanych metod chemicznych czy też fizycznych. Jednak w moim przekonaniu wciąż konieczne są dalsze badania celem dokładnego zrozumienia procesu „zimnego lutowania”, jego wpływu na szereg kluczowych właściwości fizycznych polimerowych kryształów koloidalnych, porównania efektywności metody „zimnego lutowania” z innymi metodami fabrykacji tego typu struktur i





możliwości dalszego wykorzystania tej metody w przypadku innych samoorganizujących się układów koloidalnych. Badania przeprowadzone w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej bez żadnej wątpliwości wnoszą nowy wkład w lepsze poznanie metody „zimnego lutowania” i czynników mających wpływ na efektywność tworzenia bardziej trwałych połączeń pomiędzy cząstkami w polimerowych kryształach koloidalnych.

Rozprawa doktorska mgr Jeena Varghese jest napisana w tradycyjnej formie, tj. pracy pisemnej i z tego o czym informuje sama Doktorantka na str. 41 bazuje ona na wynikach badań opublikowanych w postaci zaledwie jednego wieloautorskiego artykułu naukowego w *Journal of Colloid and Interface Science* z 2023 roku („Size-dependent nanoscale soldering of polystyrene colloidal crystals by supercritical fluids”). Zgodnie z wykazem czasopism punktowanych przez MNISW czasopismo to ma 100 pkt. Swój wkład w tym artykule Doktorantka ocenia na 60%. Oprócz oświadczenia określającego wkład samej Doktorantki w powstanie wspomnianej pracy, do rozprawy doktorskiej załączono oświadczenia czterech z ośmiu współautorów. Doktorantka precyzuje również swój wkład w powstanie dodatkowych prac naukowych których jest współautorką, a w tym artykule przeglądowego i rozdziału w książce, mianowicie:

- Rozdział w książce: Varghese, Jeena; Gapiński, Jacek; Pochylski, Mikołaj, Brillouin spectroscopy: probing the acoustic vibrations in colloidal nanoparticles, *Design, Fabrication, and Characterization of Multifunctional Nanomaterials*, pp. 45–72, Elsevier, 2022.
- Artykuł przeglądowy: Vasileiadis, Thomas; Varghese, Jeena; Babacic, Visnja; Gomis-Bresco, Jordi; Urrios, Daniel Navarro; Graczykowski, Bartłomiej, *Progress and perspectives on phononic crystals*, *Journal of Applied Physics*, vol. 129, no. 16, pp. 160901, 2021, ISSN: 0021-8979.

Oczywiście świadczy to bardzo dobrze o Doktorantce, zwłaszcza jej wszechstronnej wiedzy z tego tematu i znajomości aktualnych trendów badań na świecie (wkład procentowy na poziomie 80% w przypadku rozdziału w książce, i 20% dla artykułu przeglądowego). Jednak warto zauważyć, że w żaden sposób zaprezentowane tam wyniki nie wnoszą nic dodatkowego jeśli chodzi o samą tematykę rozprawy doktorskiej. Stanowią one przegląd dotychczasowych osiągnięć w dziedzinie fonicznych kryształów, czy też zastosowania techniki rozpraszania światła Brillouina do badań układów koloidalnych. Doktorantka wiele z zamieszczonych tam informacji i rysunków wykorzystuje w części teoretycznej swojej rozprawy doktorskiej.

Doktorantka precyzuje także swój wkład (tj. 30%) w powstanie pracy pt. „Mechanical reinforcement of polymer colloidal crystals by supercritical fluids” (*Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 579, pp. 786 - 793, 2020), jednak ponownie warto zauważyć, że mimo zbliżonej tematyki żadne z zaprezentowanych w tejże pracy wyników nie stanowią podstawy rozprawy doktorskiej mgr Jeena Varghese. Wspomniany artykuł z 2020 roku i zaprezentowane tam wyniki stanowiły bowiem podstawę rozprawy doktorskiej innej Doktorantki prof. UAM dr. hab. Bartłomieja Graczykowskiego, Dr. Višnji Babić (“Evaluation of elastic properties of nanomaterials by Brillouin light scattering”, 2021). Jako recenzentowi pozostaje mi więc wyłącznie ocena napisanej pracy doktorskiej bazującej de-facto na wynikach badań, które można zawrzeć w ramach jednego artykułu naukowego.

Praca doktorska została przygotowana zgodnie z wymogami ustawowymi. Obejmuje ona: wprowadzenie do tematyki związanej z kryształami koloidalnymi, teorią sprężystości,





wykorzystaniu techniki rozpraszania światła Brillouina do badań polimerowych układów koloidalnych (rozdział 1), postawy rozpraszania światła Brillouina i zasady działania spektrometru Brillouina typu tandem (rozdział 2), opis procesu syntezy/fabrykacji samoorganizujących się cząstek polistyrenowych, a także określenie ich rozmiarów i podstawowych własności mechanicznych (rozdział 3). W rozdziale 4 znajdują się wyniki badań ciśnieniowych właściwości akustycznych gazów wykorzystywanych w dalszej części pracy do „zimnego lutowania” koloidalnych cząstek polistyrenowych. Z kolei rozdziały 5, 6 i 7 prezentują odpowiednio wyniki badań rozpraszania światła Brillouina w trakcie plastyfikacji cząstek polistyrenowych z użyciem odpowiednio He, Ar i N₂. Praca zawiera także podsumowanie i spis literatury obejmujący 186 pozycji. Streszczenia w języku polskim i angielskim zamieszczone są na początku pracy, podobnie jak lista skrótów i najczęściej używanych symboli. Całość pracy napisana jest w języku angielskim.

Przed przystąpieniem do przedstawienia najważniejszych wyników badań przedłożonej rozprawy doktorskiej wraz z uwagami recenzenta chciałabym zaznaczyć, że wykorzystanie gazów celem plastyfikacji koloidalnych cząstek polistyrenowych w warunkach podwyższonego ciśnienia uważam za bardzo ciekawy sposób na wzmocnienie ich wytrzymałości i tworzenia trwałych fizycznych wiązań pomiędzy nimi. Zastosowanie tego typu podejścia może więc stanowić nową ścieżkę uzyskiwania materiałów o wielu interesujących właściwościach, być może niemożliwych do uzyskania w żaden inny sposób. Badania te mają więc bardzo duży potencjał poznawczy, ale także i aplikacyjny. Niestety, niniejsza rozprawa doktorska ma naprawdę wiele mankamentów i słabych punktów, które jako recenzent jestem zmuszona przedstawić.

Przede wszystkim chciałabym zauważyć, że Doktorantka nie precyzuje na początku rozprawy doktorskiej co jest tak naprawdę celem Jej badań!!! Na stronie 41 rozprawy doktorskiej znajduje się podrozdział „1.4. Thesis Outline” jednak po jego przeczytaniu czytelnik dostaje jedynie informację o tym co znajduje się w kolejnych rozdziałach pracy, oraz że praca bazuje na wynikach badań opublikowanych na łamach czasopisma Journal of Colloid and Interface Science. Z kolei, dopiero na stronie 96 (!) pracy można się dowiedzieć, że jej głównym celem jest zbadanie zależności pomiędzy rozmiarem lutowanych cząstek a rodzajem użytej nadkrytycznej cieczy. Uważam to za bardzo duży błąd, który tak naprawdę odzwierciedla chaotyczny układ niektórych fragmentów niniejszej rozprawy doktorskiej. Cel badań powinien być jasno określony od samego początku nie tylko dla Doktorantki, ale także każdego Czytelnika niniejszej rozprawy doktorskiej. Brak wyraźnie postawionego celu badawczego rzutuje także na jakość podsumowania („conclusion and outlook”), które powinno w sposób syntetyczny odnieść się do postawionych sobie na samym początku celów badawczych. W ostatnich zdaniach podsumowania Doktorantka formułuje bardzo ogólne, niejako standardowe i niewiele wnoszące przekonanie o tym, że niniejsze badania stanowią mogą inspirację do dalszych prac eksperymentalnych i teoretycznych nad stworzeniem wytrzymałych kryształów koloidalnych do nowatorskich zastosowań. Moim zdaniem zabrakło tu bardziej szczegółowych informacji o perspektywach i kierunkach przyszłych badań bazujących na uzyskanych wynikach, ale przede wszystkim doświadczeniu Doktorantki zdobytym w trakcie studiów doktoranckich. Takie informacje dają bowiem jasno do zrozumienia czy Doktorantka potrafi samodzielnie formułować problemy badawcze, które mogłaby rozwijać na dalszych etapach swojej kariery naukowej. Dla przykładu, co nowego oczekiwałaby Doktorantka, gdy zamiast He, Ar czy N₂ do plastyfikacji cząstek polistyrenowych w warunkach podwyższonego ciśnienia użyje się CO₂ czy też Xe? Dla jakich innych samoorganizujących się polimerowych układów koloidalnych można by





przetestować ideę „zimnego lutowania” skoro ma ona szansę otworzyć nową ścieżkę fabrykacji w fotonice czy fononice? Jakim trudnościami należałoby wcześniej stawić czoła, aby było to możliwe?

W rozdziale 1 Doktorantka przedstawia krótkie wprowadzenie do tematyki kryształów koloidalnych, „zimnego lutowania”, podstawy teorii sprężystości, a także zastosowania rozpraszania światła Brillouina w badaniach układów koloidalnych. Tutaj chciałabym zwrócić Doktorantce uwagę, że czerpiąc pewne informacje/rysunki ze źródeł będących własnością kogoś innego należy bezwzględnie podawać właściwe odniesienie do literatury! Zawartości niektórych podrozdziałów w tejże pracy są bowiem bliźniaczo podobne (a momentami niemalże identyczne!) do tych znajdujących się w rozprawie doktorskiej Dr. Višnji Babačić („Evaluation of elastic properties of nanomaterials by Brillouin light scattering”, 2021). Dla przykładu konspekt podrozdziałów „1.2.1 Strain tensor”, „1.2.2 Stress Tensor”, „1.2.3. Hooke’s law” to analogi podrozdziałów „1.1.1 Deformation and strain tensor”, „1.1.2 Stress Tensor”, „1.1.3 Generalized Hooke’s law: Linear theory of elasticity” z doktoratu Pani Babačić. Rysunek 1.6. z pracy doktorskiej mgr Varghese to wierna kopia rysunku 1.10 z doktoratu p. Babačić, lecz bez podania stosownej referencji. Kopiując tabelę 1.1 z „supporting materials” będących integralną częścią pracy opublikowanej na łamach Journal of Colloid and Interface Science (633, 314-322, 2023) Doktorantka także zapomniała podać referencji. Warto pamiętać o poszanowaniu cudzej własności intelektualnej bez względu na to czy wykorzystujemy ją w sposób jawny czy też ukryty.

Rozdział 2 zawiera podstawowe informacje na temat techniki rozpraszania światła Brillouina, a także budowy układu pomiarowego na bazie interferometru Fabry-Perot. Przedstawienie informacji na temat zastosowania rozpraszania światła Brillouina w badaniach układów koloidalnych tuż za (a nie przed) omówieniem samej techniki sprawiłoby, że praca układałaby się w bardziej logiczny i następujący po sobie ciąg zdarzeń.

W Rozdziale 3 Doktorantka przechodzi do opisu procesu syntezy polistyrenowych samoorganizujących się cząstek koloidalnych i przygotowywania ich do pomiarów rozpraszania światła Brillouina w warunkach podwyższonego ciśnienia. W oparciu o analizę położeń modów (1,1) i (1,2), a także właściwości elastyczne PS w litej masie udało się określić zmiany efektywnego modułu sprężystości C_{eff} badanych cząstek w funkcji ich rozmiaru. Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem średnicy C_{eff} maleje, a dla cząstek powyżej 500 nm wynosi już tylko ~0.5 GPa. Natomiast, po przeskalowaniu uzyskanych wartości w odniesieniu do materiału litego okazało się, że dla wszystkich rozpatrywanych cząstek koloidalnych C_{eff} jest dużo mniejszy w porównaniu z materiałem litym (5.79 GPa). Jak można by wyjaśnić fakt, iż dla cząstek o największych (prawie mikrometrycznych) rozmiarach wartości C_{eff} coraz bardziej odbiegają od tych raportowanych dla materiału litego? Zazwyczaj, wraz ze zmniejszaniem rozmiarów cząstek/struktur do skali nano obserwuje się coraz większe odstępstwa w porównaniu z materiałem litym. Przeprowadzone obliczenia wskazały również na istotny wzrost promienia kontaktu wraz ze wzrostem rozmiarów cząstek budujących PS kryształy koloidalne. Jednak wartości uzyskane w oparciu o model JKR (Johnson-Kendall-Roberts) są niemalże 3-krotnie mniejsze w porównaniu z tymi uzyskanymi w oparciu o pomiary SEM. Czym może być spowodowana taka różnica? Co ciekawe, rozmiary samych cząstek PS uzyskane w oparciu o pomiary rozpraszania światła Brillouina i skaningowej mikroskopii elektronowej są do siebie bardzo zbliżone.

W kolejnym etapie (rozdział 4) przedstawiono wyniki badań własności akustycznych gazów wykorzystywanych do plastyfikacji polistyrenowych kryształów koloidalnych. Warto zaznaczyć, iż



był to bardzo ważny element badań, bowiem bez znajomości zachowania podłużnej prędkości dźwięku (v_l), czy impedancji akustycznej (Z) rozpatrywanych gazów w warunkach podwyższonego ciśnienia niemożliwym byłoby wyznaczenie kontrastu impedancji akustycznych pomiędzy gazem a cząstkami PS (Z_{PS}/Z_{gaz}). Ten, w rozpatrywanym zakresie ciśnień, okazuje się być największy dla PS/He, a najmniejszy dla PS/Ar. Zgodnie z wynikami zamieszczonymi w tej części pracy zarówno v_l jak i Z rosną wraz ze wzrostem ciśnienia dla wszystkich trzech rozpatrywanych gazów, przy czym wartości v_l dla He są zdecydowanie wyższe od tych uzyskanych dla Ar i N₂. W efekcie przekłada się to na zdecydowanie mniejsze wartości kontrastu Z_{PS}/Z_{gaz} dla obu gazów.

Rozdziały 5, 6 i 7 przedstawiają kolejno wyniki badań rozpraszania światła Brillouina przeprowadzonych dla PS koloidalnych kryształów z użyciem odpowiednio He, Ar i N₂ jako medium przenoszącego ciśnienie, a także plastykującego badane układy. Wyniki uzyskane dla He jednoznacznie pokazują, że gaz ten nie ma zdolności plastyfikowania PS cząstek koloidalnych, a zmiany obserwowane na widmach Brillouinowskich w obszarze GHz w warunkach podwyższonego ciśnienia w zasadzie znikają po odpuszczeniu ciśnienia. Niemniej jednak zauważono istnienie zależności pomiędzy zmianami zachodzącymi w położeniu modów dipolowego (1,1) i kwadrupolowego (1,2) w zależności od rozmiaru cząstek. Zmiany te zostały wyjaśnione biorąc pod uwagę trzy jednocześnie występujące zjawiska: redukcję odległości międzycząsteczkowych i usztywniania się materiału pod wpływem ciśnienia, którym towarzyszy odpływ energii (akustycznej) z PS cząstek do pustych przestrzeni pomiędzy nimi. Ten ostatni efekt w dużym stopniu zależy od wielkości powierzchni, a tym samym rozmiarów cząstek budujących samoorganizujące się PS struktury koloidalne. W odróżnieniu od helu, argonu i azotu pod wysokim ciśnieniem mają zdolność do plastyfikowania cząstek PS, a tym samym tworzenia bardziej trwałych, fizycznych, połączeń pomiędzy nimi. W tym przypadku położenia modów (1,1) i (1,2) ulegają trwałej zmianie, obserwowano „blue-shift”, czyli przesunięcie w kierunku wyższych częstotliwości. W związku z uzyskanymi wynikami nasuwa się pytanie: czy można oszacować o ile uległ zmianie promień kontaktu dla cząstek PS o różnych rozmiarach poddanych działaniu obu plastykujących gazów? Oraz, skoro częstotliwość f_{12} można powiązać ze średnicą cząstek d , to jak dużych zmian rozmiaru cząstek należałoby oczekiwać po procesie „zimnego lutowania”, i jak będą one korespondować z wynikami SEM? W pracy brak jest dyskusji błędów, zwłaszcza jeśli chodzi o wyznaczenie przesunięcia częstotliwości f_{11} i f_{12} . W opisach (wszystkich) rysunków pokazujących widma Brillouinowskie powinna także znaleźć się informacja o tym jakimi funkcjami były one opisane.

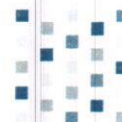
Z rezultatów badań przedstawionych w tej części pracy wyłania się również bardzo ciekawy wniosek, mianowicie, w wyższych ciśnieniach efekty bezpośrednio związane z procesem kompresji zaczynają utrudniać sam proces plastyfikacji (z powodu ograniczonej dyfuzji gazów). Z kolei, odpuszczenie ciśnienia cofa nieliniowe odkształcenia sprężyste, ale odkształcenia plastyczne wywołane działaniem gazu pozostają. Najważniejszy wynik przeprowadzonych badań ilustruje rysunek 7.3, wskazujący, że względna zmiana efektywnego modułu sprężystości PS kryształów koloidalnych pod wpływem „zimnego lutowania” z użyciem He, N₂ i Ar ma niemonotoniczny charakter, ściśle zależny od rozmiaru cząstek. Co ciekawe (i wbrew pozornym oczekiwaniom, że efektywność „zimnego lutowania” będzie najlepsza dla cząstek o najmniejszych rozmiarach) największe zmiany modułu sprężystości zauważono dla cząstek o średniej wielkości. Uważam to za najważniejsze osiągnięcie naukowe niniejszej pracy.





W pracy doktorskiej mgr Jeena Varghese pomiary ciśnieniowe odgrywają kluczową rolę. Jednak opis układu pomiarowego i samej procedury przeprowadzania badań ciśnieniowych jest moim zdaniem dość lakoniczny. Biorąc pod uwagę możliwość wykorzystania „zimnego lutowania” w przypadku innych kryształów koloidalnych warto mieć pewien podstawowy zasób użytecznych informacji na temat samego procesu. Tutaj nasuwa mi się kilka kwestii, które należałoby wyjaśnić. Dla przykładu, jaka była czystość gazów używanych do plastyfikacji? Czy w badaniach rozważano jak potencjalnie zanieczyszczenia wprowadzone w ten sposób mogły mieć wpływ na uzyskane wyniki? Czy ciśnienie było wywierane w sposób izo- czy anizotropowy? Jakie było tempo kompresji/dekompresji? Z jaką dokładnością dokonywano pomiaru ciśnienia? Jeśli do badań wykorzystano multiwarstwy to w jaki sposób można mieć pewność, że proces „sklejania” cząstek zachodzi rzeczywiście homogenicznie w całej objętości? Ponadto, proces „zimnego lutowania” zakłada, że w jego trakcie cząstki polimerowe nie są narażone na kontakt z podwyższoną temperaturą, ale czy w układzie pomiarowym blisko badanej próbki znajdowała się termopara podająca rzeczywiste wartości temperatury w trakcie badań? Lokalnie temperatura – w zależności od tempa kompresji/dekompresji – może się zmieniać o kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt stopni. Procesy plastyfikacji w obecności gazu pod wysokim ciśnieniem można było przeprowadzić w funkcji czasu (tj. wydłużając lub skracając czas ekspozycji celem uzyskiwania odpowiedniego połączenia), albo też weryfikować czy wytworzone za pomocą ciśnienia wiązania fizyczne pomiędzy cząstkami koloidalnymi są rzeczywiście trwałe (tzn. nie zmieniają się ani z czasem ani po ponownej próbie kompresji). Inną ważną do rozpatrzenia kwestią powinno być także sprawdzenie jak bardzo proces „zimnego lutowania” zmienia wybrane własności fizyczne kryształów koloidalnych i czy molekuly gazu mogą być niejako uwięzione w przestrzeniach między „zlutowanymi” cząstkami PS? Tematyka ta kryje w sobie całe spektrum interesujących wątków badawczych, dlatego nie do końca jest to dla mnie zrozumiałe, dlaczego zakres niniejszej rozprawy doktorskiej jest tak bardzo ograniczony.

Część redakcyjna rozprawy doktorskiej mgr Jeena Varghese jest niestety jej (bardzo) słabym punktem. Nie zaburza to w jakimś wielkim stopniu odbioru pracy, ale świadczy o złej organizacji pracy samej Doktorantki. Dla przykładu, bardzo częstym zjawiskiem w pracy jest niekonsekwencja stylów, wyboru czcionki, jej rozmiaru czy też koloru. Niektóre opisy do rysunków należy szukać na kolejnych stronach pracy, a nie pod rysunkami. Doktorantka odwołuje się w tekście pracy nie do tych rysunków które aktualnie omawia (np. na str. 63 „In Fgiure 3.4c, the experimental f_{12} values ...” czy przypadkiem nie chodzi o rysunek 3.6c?). Mimo, że zbiór referencji literaturowych stanowi aż 186 pozycji wiele z nich się po prostu dubluje (np. nr.184 to dokładnie ta sama referencja co 145, 87 to dokładnie to samo co 95, itd.). Pojawiają się też błędy w referencjach, np. poz. 176, czy też samym tekście doktoratu, np. str. 48 „BLS comes in the range of 10^8 to 10^{11} GHz”, czy przypadkiem nie chodzi o Hz? Streszczenie w wersji polskiej też zawiera liczne błędy: np. „chamiczna funkcjolaizacja”, „Postęp w technologiach projektowaniu”, „óśrednicy”, „wzbudzonych wibracji akustyczne (GHz)” itp. Wszystko to niestety obniża jakość tej pracy. Większość z błędów można by uniknąć poświęcając jedynie swój czas na wydrukowanie pracy i jej kilkukrotne przejrzenie, bądź też poproszenie o to kogokolwiek z licznego grona osób którym Doktorantka dziękuje na ostatnich stronach swojej pracy. Wersja papierowa doktoratu którą przyszło mi recenzować została wydrukowana na kartkach o różnym odcieniu bieli - niestety niektóre kartki były nawet pożółkłe -





co razem tworzy bardzo nieestetyczny efekt!!! Uważam, że świadczy to o braku szacunku nie tylko do recenzenta, ale także każdego potencjalnego czytelnika.

Na zakończenie chciałabym zaznaczyć, że materiał badawczy przedstawiony w niniejszej rozprawie doktorskiej jest z pewnością ciekawy i wartościowy, potencjalnie dostarcza cennych informacji, które można wykorzystać przy projektowaniu polimerowych kryształów koloidalnych. W moim osobistym przekonaniu jest go jednak trochę za mało jak na osobę aspirującą o tytuł doktora nauk fizycznych, a okres ostatnich lat badań zwieńczonych powstaniem tejsze rozprawy doktorskiej można było spróbować wykorzystać na próbę bardziej szczegółowego zgłębienia tematu, czy też uzupełnienia go o dodatkowe wątki, które w znaczny sposób podniosłyby jej wartość merytoryczną.

Praca ma naprawdę wiele mankamentów obniżających jej ocenę, niemniej jednak jestem skłonna wnioskować o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr Jeeny Varghese do dalszych etapów przewodu doktorskiego; oczekuję jednak ustosunkowania się Doktorantki do wszystkich wspomnianych przeze mnie kwestii w trakcie obrony.

*Adejanovic
Kandine*

