

Dr hab. Janusz Walasek  
ur. 7.11.1948 r.

### **Autoreferat**

kandydata informujący o jego zainteresowaniach i osiągnięciach  
w działalności naukowo-badawczej oraz w kształceniu kadr naukowych

#### ***Osiągnięcia w działalności naukowo-badawczej***

Moje zainteresowania naukowe dotyczą prognozowania własności materiałów polimerowych i ciekłokrystalicznych pod kątem wykorzystania tej wiedzy w praktyce. Uściślając – zastosowania mechaniki statystycznej i termodynamiki do opisu własności tych materiałów.

Ogólne metody mechaniki statystycznej muszą być zmodyfikowane ze względu na specyficzne więzy pomiędzy elementami układu, które wynikają z polimeryzacji. Więzy te są znacznie silniejsze niż ma to miejsce w gazach i ciekłych kryształach monomerowych, ale nie na tyle stabilne i jednoznacznie określone jak to jest w ciele stałym. Stąd wynikają podstawowe trudności w prognozowaniu własności układów polimerowo-ciekłokrystalicznych. Rozwiązywanie ich składa się na moją działalność naukową.

Problemy, którymi się zajmuję startują z teoretycznych badań podstawowych. Jednak wyniki końcowe dotyczą równań konstytutywnych, których sformułowanie pomaga w prognozowaniu własności materiałów polimerowych i weryfikacji danych doświadczalnych.

Wyniki poszczególnych etapów mojej działalności naukowej postaram się omówić w nawiązaniu do zamieszczonego, w częściach A i B, wykazu osiągnięć w pracy naukowo-badawczej.

#### ***Przed habilitacją***

Podstawowym zagadnieniem pierwszego okresu mojej działalności naukowej, przed obroną doktoratu i przez pewien okres po obronie, było określenie wpływu defektów sieci polimerowej na równania konstytutywne układu.

W pracy [A1.1] zostało udowodnione, że entropia sieci jest proporcjonalna do liczby węzłów sieci a nie do liczby łańcuchów w niej zawartych. Wynik ten pozwolił na proste przewidywanie wpływu sposobu usieciowania, a w konsekwencji defektów w realnej sieci, na równanie konstytutywne układu.

Również w pracy [A1.1], został wyznaczony związek pomiędzy dowolną funkcyjnością węzłów sieci a ich liczbą.

Stosując metody kombinatoryczne, wyznaczono liczbę węzłów sieci jako funkcję ich defektów topologicznych. W pracy [A1.1] - dla siedmiu podstawowych rodzajów defektów węzłów sieci czterofunkcyjnej. W pracy [A1.2] - dla wszystkich możliwych topologicznie (trzydziestu czterech) typów defektów węzłów. W pracy [A1.3] wyznaczono wpływ defektów na równanie konstytutywne sieci trzyfunkcyjnych. W pracy [A1.9] opisano uproszczoną metodę wyznaczania prawdopodobieństwa liczby defektów dla sieci czterofunkcyjnych, zaś w pracy [A1.10] sformalizowano kombinatoryczną metodę liczenia liczby węzłów sieci czterofunkcyjnej z defektami.

Omawiane do tej pory węzły są chemicznie trwałe. Przez pewien czas po doktoracie rozważałem wpływ nietrwałości chemicznej węzłów na entropię układu. Wyniki dotyczące relacji naprężenie - odkształcenie dla takich układów zostały umieszczone w pracy [A1.7].

Własności układów dyskutowanych, opierały się na modelu łańcucha „idealnego” reprezentującego makromolekułę. W modelu tym są uwzględnione tylko oddziaływania krótkiego zasięgu pomiędzy elementami sąsiednimi liniowej makromolekuły. Uwzględnienie oddziaływań dalszego zasięgu jest kolejnym krokiem w urealnieniu modelu.

W początkowym etapie mojej pracy nad problemem oddziaływań dalszego zasięgu, zastosowałem model łańcucha typu naszyjnika perełek (*pearl necklace*), gdzie jest stała odległość pomiędzy sąsiednimi, wzdłuż łańcucha, jednakowymi perełkami (kuliście symetrycznymi centrami oddziaływań). W pracy [A1.5] rozszerzyłem metodę Isihary na oddziaływania pomiędzy łańcuchami i zastosowałem do układów łańcuchów usieciowanych.

Założenie, że sekwencja kuliście symetrycznych centrów jest reprezentacją łańcucha, nie pozwala włączyć do obliczeń efektów wzajemnej orientacji jego elementów. Efekty te mają znaczenie fundamentalne dla opisu własności elastomerów nematycznych. Pierwsza uczyniona przeze mnie próba włączenia oddziaływań orientujących typu nematycznego pomiędzy sekwencjami łańcuchów; opierała się na sugestii de Gennes'a, zmodyfikowania modelu autorstwa Maiera i Saupe dla nematycznego układu monomerowego sztywnych niepowiązanych „prętów” ciekłokrystalicznych, ze względu na połączenie tych „prętów” w łańcuchy. Sugestię tę wykorzystali Jarry i Monnerie i zastosowali do układu reprezentowanego przez „komórkę” podstawową składającą się z trzech łańcuchów o stałych odległościach końców, narzuconych

przez warunki równowagi układu, oraz o orientacjach wzajemnie prostopadłych. Jedną z tych odległości jest równoległa do osi nematycznej układu zaś dwie pozostałe - prostopadłe. Dalsze postępowanie autorów ograniczało się do rozważania statystyki poszczególnych łańcuchów dla założonych orientacji. W pracy [A1.7] zastosowałem podejście proponowane przez Jarry'ego i Monnerie do modelu sieci reprezentowanej przez tetraedryczną komórkę Flory'ego-Rehnera, gdzie cztery łańcuchy zaczepione jednym końcem w różnych wierzchołkach czworoboku łączą się drugimi końcami w jednym ruchomym węźle. Rozwiązania w [A1.7] zostały jednak otrzymane w formie niezbyt poręcznych rozwinięć. Pomimo to, wyniki te zostały opublikowane jako część pracy [A1.8].

W pracy [A1.11], dzięki zastosowaniu oryginalnej procedury wariacyjnej, wyznaczyłem energię swobodną nematycznego łańcucha polimerowego dowolnie zorientowanego względem pola molekularnego w postaci znacznie ogólniejszej niż w [A1.7]. Pozwoliło to przewidzieć w szerokim zakresie zmienności parametrów strukturalnych i temperaturowych sieci, lokalną orientację wewnętrzną, warunki przejść izotropowo - nematycznych i własności elastyczne dla zdeformowanych układów polimerowych. Wyniki te znajdują się w pracach [A1.12] - [A1.15]. Jednak ostateczne rozwiązanie problemu, które pozwala rozważać układ wielu łańcuchów bez uproszczenia jakim jest stosowanie reprezentacji układu przez komórki trzy-łańcuchowe lub cztero-łańcuchowe, zostało zaprezentowane przeze mnie znacznie później (po habilitacji).

Następnym krokiem było wyznaczenie wpływu superpozycji pól molekularnego i elektrycznego na lokalną orientację segmentów w łańcuchu polimerowym, na orientację łańcucha jako całości oraz na jego kształt. Wyniki zostały opublikowane częściowo w pracy [A1.18] i po habilitacji w pracach [B1.1] oraz [B1.8].

#### *Po habilitacji*

Następny etap mojej pracy naukowej wiąże się z wyjazdami do Center for Materials Characterization, Department of Material Science and Engineering, University of North Texas, Denton TX, USA, jako *visiting professor*. Wyjazdy miały miejsce w latach 1993 - 2003.

W pierwszym etapie współpracy zajmowałem się teorią polimerów ciekłokrystalicznych, wykorzystując model sieciowym Flory'ego dla układu tzw. łańcuchów półelastycznych. Łańcuchy te składają się z następujących po sobie naprzemiennie odcinków elastycznego polimeru i sztywnych „prętów” ciekłokrystalicznych. Wyznaczanie orientacji „prętów” w układzie na podstawie analizy energii swobodnej Flory'ego, jest poważnie utrudnione ze względu

na jej skomplikowaną postać. Aby obliczenia uprościć, zaproponowałem metodę Landau'a dyskusji energii swobodnej, poprzez analizę współczynników rozwinięcia po parametrze orientacji. Otrzymane wyniki zostały opublikowane w pracach [B1.3] i [B1.4]

Model łańcucha półelastycznego proponowany przez Flory'ego w jego teorii sieciowej, daje dobre wyniki w przewidywaniu własności nematycznych polimerów ciekłokrystalicznych. Jednak w tym modelu, odchylenie „pręta” ciekłokrystalicznego w łańcuchu układu, od kierunku jego osi nematycznej, jest z góry, ze względów formalnych, ograniczone do kątów nie większych niż  $45^\circ$ . Aby to ograniczenie pominąć, zaproponowałem niesieciowy model łańcucha półelastycznego, którego sekwencja elastyczna jest reprezentowana przez łańcuch swobodnie związanych segmentów Kuhna, zaś sekwencja ciekłokrystaliczna - przez sztywny „pręt” oddziałujący anizotropowo z innymi „prętami”.

W pracach [B1.5] - [B1.13] zostały sformułowane poszczególne elementy teorii pozwalające przewidywać bez ograniczeń orientacje „prętów”, zarówno dla polimerów długich jak też dla krótszych. Wyznaczono wpływ pól molekularnych i elektrycznych na te orientacje. Rozważono układy łańcuchów nieusieciowanych oraz usieciowanych.

Wyniki teorii opublikowanej w pracach [B1.5] - [B1.13] pokazują w jakim stopniu wprowadzenie łączników elastycznych pomiędzy „prętami” ciekłokrystalicznymi w łańcuchu modyfikuje własności takich układów w porównaniu z układami nematycznymi składającymi się tylko z niepowiązanych „prętów”. Teoria przewiduje zmiany parametrów ciekłokrystaliczności następujące w wyniku kontrolowanego procesu polimeryzacji układu. Określono również wpływ koncentracji łączników elastycznych na własności elastyczne układu. Określono rodzaje przejść fazowych ze względu na orientację wewnętrzną. Współistnienie faz jest podstawą wyznaczania warunków dla dwójłomności generowanej przez ograniczenie liczby stopni swobody w układzie spolimeryzowanym, w stosunku do niespolimeryzowanego, oraz przez jego deformację. Pozwala to wytłumaczyć i przewidywać unikalne własności optyczne i elastyczne polimerów ciekłokrystalicznych, ze względu na ich strukturę i deformację zewnętrzną.

Absolutną nowością, w stosunku do wyników opublikowanych w literaturze światowej, jest uwzględnienie w pracach [B1.14] i [B1.15] zarówno entropii jak też energii przy wyznaczaniu funkcji termodynamicznych układów łańcuchów polimerowych. Do chwili obecnej, ze względu na stopień skomplikowania problemu, stosowano uproszczony model gdzie łańcuch polimerowy jest uznawany za układ czysto entropowy, choć jego energia jest uwzględniona przy

wyznaczaniu entropii. Jednak, licząc funkcje termodynamiczne układu deformowanego izochorycznie, nie uwzględnia się energii deformacji zakładając, że jest ona stała. Postępowanie takie prowadzi do mylnych wniosków dotyczących własności elastomerów nematycznych. Są one zweryfikowane przez wyniki pełnej i konsekwentnej, z punktu widzenia termodynamiki statystycznej, teorii prezentowanej w pracach [B1.14] i [B1.15].

Jest to możliwe ponieważ w pracy [B1.14] opracowano, po raz pierwszy, poprawną metodę wyznaczania funkcji rozkładu orientacji „pręta” nematycznego, związanego w łańcuchu polimerowym o danej odległości końców. Pozwoliło to obliczyć funkcje termodynamiczne zarówno dla przybliżenia gaussowskiego (dla łańcuchów bardzo długich) w pracy [B1.14] jak też dla przybliżenia niegaussowskiego (dla łańcuchów krótkich) w pracy [B1.15].

Treścią monografii [B3.1] jest krótkie przypomnienie teorii monomerowych układów nematycznych, oraz przedstawienie autorskich wyników dla układów polimerowych, które zostały opublikowane w czasopismach naukowych, jak też tych, które w chwili publikacji monografii nie były opublikowane. Monografia ta została również opublikowana w wersji anglojęzycznej [B3.2], która jest poprawioną i uzupełnioną wersją polskojęzyczną [B3.1].

Byłem aktywnym, prezentującym referaty, uczestnikiem wielu konferencji naukowych krajowych i międzynarodowych.

Wygłaszałem referaty w ośrodkach naukowych krajowych i zagranicznych.

Od 1976 r. prowadzę różne rodzaje prac zleconych początkowo przez PAN a następnie KBN w postaci prac własnych, statutowych i projektu badawczego (grantu) w latach 1991 - 1994. Tytuł grantu: *Lokalna orientacja i przejścia fazowe w układzie polimerowo – ciekłokrystalicznym*, Nr. KBN: 203059101.

Wygłaszałem również referaty na seminariach studiów doktoranckich i byłem konsultantem z zakresu polimerów ciekłokrystalicznych w Center for Materials Characterization, Department of Material Science and Engineering, University of North Texas, Denton TX, USA.

#### *Reasumując*

Jestem specjalistą w zakresie teoretycznych metod badawczych układów polimerowo-ciekłokrystalicznych, jak też zastosowań uzyskanych wyników w dziedzinie inżynierii materiałowej tych materiałów, w zakresie prognozowania ich własności.

Moja działalność naukowa dotyczy badań podstawowych własności fizycznych i mechanicznych polimerów usieciowanych na gruncie mechaniki i termodynamiki statystycznej, prowadzących do sformułowania równań konstytutywnych. W pierwszym okresie działalności badawczej moje prace dotyczyły wpływu topologii sieci polimerowych, defektów i splątań łańcuchów oraz oddziaływań wewnątrz- i międzyłańcuchowych na związki konstytutywne tych materiałów. Wyniki badań mają duże znaczenie poznawcze i praktyczne w projektowaniu struktury sieci polimerowych oraz prognozowaniu własności polimerów.

Kolejny cykl prac badawczych stanowią publikacje dotyczące kształtowania się struktur ciekłokrystalicznych w polimerach. W oryginalnych pracach z tego cyklu została wyznaczona funkcja termodynamiczna makrocząsteczek polimeru ciekłokrystalicznego, warunki przejść fazowych i własności sprężyste i elastooptyczne deformowanych układów. Ważnym osiągnięciem w tej kwestii jest uogólnienie teorii Maiera-Saupe oddziaływań ciekłokrystalicznych, na układy łańcuchowych makrocząsteczek polimerowych z lokalnymi oddziaływaniami nematycznymi oraz na takie układy w strukturze usieciowanej.

Nowością jest sformułowanie teorii elastooptyki i orientacyjnych przejść fazowych w polimerach usieciowanych o różnej strukturze topologicznej sieci.

Otrzymane wyniki mają niezwykle istotne znaczenie poznawcze i praktyczne ze względu na możliwość prognozowania własności elastycznych, elastooptycznych elastomerów nematycznych oraz określenie wpływu parametrów materiałowych i deformacji na fazowe przemiany ciekłokrystaliczne oraz własności cieplne.

Opublikowałem łącznie 61 prac, w tym 49 anglojęzycznych, w tym 17 publikacji w najwyżej punktowanych czasopismach na liście filadelfijskiej.

Zdecydowana większość moich prac została opublikowana w renomowanych czasopismach naukowych, jak: *Journal of Chemical Physics*, *Macromolecules*, *British Polymer Journal*, *Biological and Synthetic Networks*, *Colloid and Polymer Science*, *Journal of Polymer Science*, *Progress in Colloid and Polymer Science*, *International Journal of Polymeric Materials*. Charakteryzują się one wysokim wskaźnikiem *impact factor* i punktami MNiSZW.

Mój dominujący wpływ na opublikowane artykuły jest zilustrowany przez osiągnięte przeze mnie wskaźniki:

- Indeks Hirscha  $h = 8$  (według bazy ISI), przy dużej liczbie prac indywidualnych.
- łączny *impact factor* 44,082, łączna liczba punktów MNiSZW - 529, w podziale proporcjonalnym na autorów publikacji, na mnie przypada:

- *impact factor* 32,728, liczba punktów MNiSZW - 374.

W tym:

przed habilitacją

- łączny *impact factor* 12,092, łączna liczba punktów MNiSZW - 155, w podziale proporcjonalnym na autorów publikacji, na mnie przypada:

- *impact factor* 8,056, liczba punktów MNiSZW – 125.5,

po habilitacji

- łączny *impact factor* 32,728, łączna liczba punktów MNiSZW - 374 w podziale proporcjonalnym na autorów publikacji, na mnie przypada:

- *impact factor* 20.247, liczba punktów MNiSZW – 241.167.

- Liczba cytowań = 154.

Trzy artykuły, [2], [5] i [12], z następującego poniżej wykazu najważniejszych prac, zostały wytypowane przez ekspertów jako wiodące w reprezentowanej dziedzinie wiedzy.

Artykuły [1] i [2] są absolutną nowością w stosunku do istniejących prac. Proponują one pełen i poprawny model opisu statystycznego polimerów ciekło-krystalicznych, w stosunku do wcześniejszych uproszczonych modeli. W artykule [1] dla układów gaussowskich, zaś w artykule [2] dla układów niegaussowskich. Stało się to możliwe dzięki pokonaniu problemów matematycznych związanych z opisem. Artykuł [2] zyskał uznanie ekspertów.

Jestem autorem lub współautorem wielu komunikatów i referatów na zagranicznych i krajowych konferencjach, dwóch monografi i opracowań zastosowanych w praktyce (działalność w USA).

Uzyskane wyniki stanowią konsekwentne pogłębianie wiedzy w inżynierii materiałowej oraz fizyce materiałów.

Głębsze zrozumienie przebiegu badanych przeze mnie zjawisk przyczyniły się w znaczący sposób do postępu prac naukowych w kraju i na świecie w tym zakresie. Świadczą o tym między innymi liczne cytowania.

Duże zainteresowanie wynikami badań prezentowanymi w publikacjach i na międzynarodowych i krajowych konferencjach doprowadziły do długoterminowej współpracy z Center for Materials Characterization, Department of Material Science, University of North Texas, Denton TX, USA.

Pracując w USA brałem udział w programach badawczych dla przemysłu. Świadczy to o przydatności uzyskanych wyników w inżynierii materiałowej.

Byłem recenzentem jawnym i niejawnym artykułów i książek naukowych. Między innymi książka: A. Yu. Grosberg and A. R. Khokhlov *Physics of Macromolecules*, American Institute of

Physics Press, Woodbury, (1994) 350 pp. Recenzja miała na celu ocenę przydatności książki dla studentów i została zamieszczona w *Journal of Materials Education* (1994), **16**.

### ***Osiągnięcia dydaktyczne i w kształceniu kadr naukowych***

Organizowałem (zwłaszcza, gdy pełniłem funkcje prodziekana i dziekana Wydziału Nauczycielskiego) zajęcia z różnych przedmiotów na następujących kierunkach kształcenia w Politechnice Radomskiej: fizyka, matematyka, informatyka, pedagogika, wychowanie fizyczne. Korygowałem i ustalałem na tych kierunkach programy kształcenia studentów z różnych przedmiotów.

Przez wiele lat prowadziłem wykłady z fizyki ogólnej i technicznej oraz fizyki statystycznej na Politechnice Radomskiej.

Politechnika Radomska nigdy nie posiadała i nie posiada praw nadawania żadnego ze stopni naukowych w dziedzinie fizyki czy też inżynierii materiałowej, łącznie ze stopniem magistra. Pomimo sytuacji niezbyt sprzyjającej kształceniu młodych kadr naukowych wypromowałem doktoranta, dr Kazimierza Hibnera z Politechniki Radomskiej, który obronił w roku 2000 pracę doktorską z fizyki na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej nt. „Zmiana orientacji wewnętrznej w ciekłych kryształach wywołana przez obecność matrycy polimerowej i pól zewnętrznych”.

Byłem promotorem i recenzentem prac dyplomowych i magisterskich.

Kilkukrotnie przebywałem jako “*visiting professor*” w University of North Texas, Denton, USA, gdzie miałem wykłady dla doktorantów z zakresu własności polimerów ciekłokrystalicznych.

### ***Działalność organizacyjna***

- Prodziekan ds. nauki
- Dziekan dwukrotnie

W trakcie moich kadencji zostały:

- podniesiona kategoria Wydziału z czwartej na drugą,
- zreformowana struktura wydziału. Powstał Instytut Informatyczno – Techniczny,
- w strukturze Instytutu Informatyczno – Technicznego, powstał Zakład Fizyki Technicznej, którego jestem kierownikiem.



- została pozyskana kadra naukowa, która pozwala prowadzić nie tylko studia nauczycielskie ale również inżynierskie. Jest to podstawa do planowanego wkrótce podziału Wydziału Nauczycielskiego, w którym obecnie jest prowadzonych pięć kierunków studiów, na dwa wydziały: jeden z kierunkami studiów o charakterze humanistycznym i drugi - matematyczno - informatyczno - technicznym.

Ponadto byłem

- Członkiem Rektorskiej Komisji Dyscyplinarnej
- Przewodniczącym Wydziałowej Komisji Wydawniczej
- Członkiem *Polymer Network Group* – stowarzyszona z UPAC
- Członkiem APS

Pełniłem też funkcje dobrowolne

- Honorowy przewodniczący konferencji naukowych.
- Członek konferencyjnych komitetów naukowych.
- W latach 1976-1992 współpracowałem z Instytutem Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie, między innymi poprzez prowadzenie podtematu w pracy zleconej.
- 1993- do chwili obecnej, współpracuję z Center for Materials Characterization, Department of Material Science and Engineering, University of North Texas. Denton TX, USA.

Za wzorową pracę byłem wielokrotnie nagradzany za pracę na Politechnice Radomskiej, odznaczony byłem Srebrnym Krzyżem Zasługi i Medalem Edukacji Narodowej.

