EXPERIMENTAL STUDIES OF LIQUID CRYSTALS IN MAGNETIC FIELDS

Mr. Kiranant Ratanathammapan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1977

การศึกษาผลึกเหลวเชิงทดลองในสนามแม่เหล็ก

นายกิรณ์นต์ รัตนธรรมพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๒๕๒๐

000127

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.

.....Visid Prachuabmoh.....

(Professor Dr. Visid Prachuabmoh)

Dean

Thesis Commitee .....A. Tachagumpuch.....Chairman

(Dr. Anantasin Tachagumpuch)

.....Wijit Senghaphan..... Member

(Assistant Professor Wijit Senghaphan)

.....O. Phaovibul..... Member

(Assistant Professor Orapin Phaovibul)

.....Kopr Kritayakirana..... Member

(Assistant Professor Kopr Kritayakirana)

Thesis Advisor : Assistant Professor Kopr Kritayakirana

Copyright 1977

by

The Graduate School

Chulalongkorn University

Thesis Title : Experimental Studies of Liquid Crystals in Magnetic Fields

By : Mr. Kiranant Ratanathammapan

Department : Physics

Thesis Title Experimental Studies of Liquid Crystals in Magnetic Fields

Name Mr. Kiranant Ratanathammapan

Department Physics

Academic Year 1976

ABSTRACT

The liquid crystal systems of para-axozyanisole doped with low concentrations of cholesteryl palmitate prepared as thin films between rubbed glass slides were studied in the magnetic field. The helical pitch measurable from the stripe patterns observed with a microscope was studied for its dependence on temperature, cholesteric concentration and film thickness. The helical pitch was observed to diverge with increasing magnetic field strength in the manner predicted by de Gennes' analysis of the cholesteric-nematic transition. The critical field associated with such transition was studied for its dependence on cholesteric concentration, film thickness and temperature. The variation of cholesteric pitch and of the critical field with cholesteric concentration were consistent with one another and gave confidence to the attribution of the stripe pattern as being due to helices in the nematic material induced by the cholesteric dopant. The weak dependences of both the cholesteric pitch and the critical field in film thickness were indicative that boundary effects were weak and rather short range in the systems studied. While the helical pitch was independent of temperature, the critical field showed a strong temperature dependence which revealed clearly the easy occurence of a supercool state and the first order

nature of the mesophase-isotropic transition . The independent measurements of the cholesteric pitch and the critical field and de Gennes' theoretical expression made possible the calculation of the value of the ratio $\frac{k_{22}}{\chi_a}$, k_{22} being the twist elastic constant in the curvature elasticity theory and χ_a being the anisotropic part of the molecule susceptibility of the system. the values of $\frac{k_{22}}{\chi_a}$ obtained agreed well with values available in the literature. The ratio $\frac{k_{22}}{\chi_a}$ showed the same temperature dependence as that of the order parameter S and a scaling factor α of 0.23 was obtained.

The present work represented a detailed testing of de Gennes' analysis of the magnetic field effects of cholesteric liquid crystals which was confirmed unequivocally by the present experimental results.

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาผลึกเหลวเชิงทดลองในสนามแม่เหล็ก

ชื่อ นายกิรณันต์ รัตนธรรมพันธ์

ปีการศึกษา ๒๕๑๙

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบผลึกเหลวในสนามแม่เหล็กของสารอะซอคซี่อะนีโซล เจือด้วยสารคอเลสเตอเรลปาล์มิเตต เตรียมเป็นฟิล์มบางอยู่ห่างกลางแผ่นกระจกสไลด์ ที่ได้ถูเป็นรอยแล้ว ลวดลายที่มองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทัศน์เกือบเป็นเส้นขนานกันนั้นใช้วัดระยะช่วงเกลียวของการบิดตัวของโมเลกุลได้ ได้ทำการศึกษาการแปรเปลี่ยนของระยะช่วงเกลียว เมื่อแปรค่าอุณหภูมิ ปริมาณความเข้มข้นของสารคอเลสเตอริคที่เจือและความหนาของสารที่ เตรียมเป็นฟิล์มบาง ได้พบว่าระยะช่วงเกลียวมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มสนามแม่เหล็กที่เพิ่ม ในลักษณะเดียวกับผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนสถานะของคอเลสเตอริคสู่นีมาติคของเดอเจนส์ ได้ศึกษาค่าสนามวิกฤตสำหรับการเปลี่ยนสถานะนี้ว่าขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของสาร คอเลสเตอริค ความหนาของฟิล์ม และอุณหภูมิอย่างไร และพบว่าการแปรเปลี่ยนค่าระยะ ช่วงเกลียวและค่าสนามวิกฤตเมื่อแปรค่าความเข้มข้นคอเลสเตอริคที่เจือมีความสัมพันธ์สอด คล้องกัน ทำให้เกิดความมั่นใจในการอธิบายว่าลวดลายเส้นขนานที่เห็นนั้นเกิดจากการเรียง ตัวเป็นเกลียวของโมเลกุลของสารนีมาติคที่ถูกบังคับโดยโมเลกุลของคอเลสเตอริคที่เจืออยู่ ความหนาของฟิล์มมีผลน้อยต่อระยะช่วงเกลียวและค่าสนามวิกฤตแสดงว่าผิวแก้วมีผลน้อยต่อการ จัดเรียงตัวของโมเลกุลและเป็นผลระยะสั้นในระบบสารที่ศึกษา ได้พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อระยะ ช่วงเกลียว แต่ค่าสนามวิกฤตแปรเปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน สถานะเย็น ยิ่งยวดเกิดได้ง่ายและการเปลี่ยนสถานะของสารระหว่างมีโซเฟสสู่ไอโซโทรปิคเป็นการเปลี่ยน สถานะแบบอันดับที่หนึ่ง ค่าระยะช่วงเกลียวและค่าสนามวิกฤตที่วัดได้เมื่อใช้สมการของ เดอเจนส์ จะทำให้คำนวณค่าอัตราส่วน $\frac{k_{22}}{\chi_a}$ ได้ k_{22} คือค่าคงตัวยืดหยุ่นของการบิด

และ χ_a คือค่าความซึมสนามแม่เหล็กมีค่าตามแนวทิศทาง ค่าอัตราส่วนที่หาได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ตีพิมพ์ในวารสารต่าง ๆ ค่าอัตราส่วน $\frac{k_{22}}{\chi_a}$ แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิเช่นเดียวกับดรรชนีความเป็นระเบียบ S ตัวเลขปรับค่า α ที่คำนวณได้มีค่า ๐.๒๓

ผลที่ได้จากการทดลองนี้ยืนยันถึงความถูกต้องของทฤษฎีของเดอเจนส์ในเรื่องผลของสนามแม่เหล็กต่อสารคอเลสเตอริค

ACKNOWLEDGEMENTS

The auther wishes to express his deep gratitude to Dr. Kopr Kritayakirana for his keen supervision throughout the course of this work. He also thanks him for improving his English manuscript.

He would also like to thank Science Instruments Unit, Faculty of Science, Chulalongkorn University for permission to use its work shop for the construction of the experimental set up.

TABLE OF CONTENTS

	page
ABSTRACT	iv
ACKNOWLEDGEMENTS	vii
LIST OF CONTENTS	viii
LIST OF TABLES	x
LIST OF FIGURES	xi
CHAPTER 1 INTRODUCTION	1
1.1 General Background on Liquid Crystals	1
1.2 The Curvature Elasticity Theory	2
1.3 The Effects of Magnetic Field	6
1.3.1 Effect of magnetic field on a nematic system : Fredericksz transition	6
1.3.2 Effect of magnetic field on a cholesteric system : cholesteric-nematic transition	12
1.4 Some Recent Experiments	17
1.5 The Scope of Present Investigation	21
CHAPTER II EXPERIMENTAL	24
2.1 Construction and Installation of Experimental Set up	24
2.1.1 The sample chamber	25
2.1.2 Microscopy and photography	28
2.2 Sample Preparation	28
2.2.1 Weighing	28
2.2.2 Mixing of cholesteric with nematic	29
2.2.3 Rubbing of slides	29

page

2.3 Measurements 30

2.3.1 Temperature dependence of the cholesteric pitch..... 30

2.3.2 Variation of cholesteric pitch with cholesteric concentration..... 33

2.3.3 Variation of cholesteric pitch with magnetic field strength 45

2.3.4 Critical field dependence on cholesteric concentration..... 62

2.3.5 Critical field dependence on sample film thickness..... 64

2.3.6 Temperature dependence of the critical field.... 66

CHAPTER III DISCUSSIONS

3.1 Temperature Dependence of the Cholesteric Pitch..... 68

3.2 Variation of Cholesteric Pitch with Cholesteric Concentration..... 69

3.3 Variation of Cholesteric Pitch with Magnetic Field Strength..... 70

3.4 Critical Field Dependence on Cholesteric Concentration..... 72

3.5 Critical Field Dependence on Sample Film Thickness..... 72

3.6 Temperature Dependence of the Critical Field..... 74

3.7 Summary..... 78

BIBLIOGRAPHY..... 81

VITA..... 83

LIST OF TABLES

Table		Page
1	Cholesteric pitch as a function of K	14
2	Variation of cholesteric pitch with cholesteric concentration.....	34
3	Dilation of cholesteric pitch in magnetic field of PAA/CP at temperature 120°C and film thickness ~ 150 μm	45
4	Dependence of critical field values on the concentration of CP in PAA.....	62
5	critical field dependence on sample film thickness.....	64
6	Values of k_{22}/χ_a calculated from average values of pitch and critical field.....	71
7	Values of k_{22}/χ_a of PAA/CP at different temperature...	75

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	Schematic of arrangement of molecules in the three major liquid crystal phases.....	2
2	The three disinct curvature strains of a liquid crystal in a given region.....	3
3	Molecular orientation in the Fredericksz transition , perpendicular case.....	8
4	The maximum distortion ϕ_m in the Fredericksz transition as a function of applied field.....	10
5	Divergence of cholesteric pitch in magnetic field....	15
6	The cholesteric texture in thin film.....	17
7	The helical pitch z as a function of magnetic field strength H.....	19
8	Linear variation of critical field H_c with inverse pitch which is proportional to cholesteric concentration	20
9	Schematic diagram of the experimental set up installed in the magnet	24
10	Schematic diagram of the sample chamber.....	26
11	a) The side view of the second sample chamber b) The photograph of the second sample chamber.....	27
12	PAA doped with 0.5 % CP showing the cholesteric pitch. The pitch is approximately 26 μm.....	31
13	PAA doped with different concentrations of CP.....	35
14	MBBA doped with different concentrations of CP.....	39

Figure		Page
15	Pitch vs inverse concentration.....	43
16	Dilation of cholesteric pitch in magnetic field.....	50
17	Photographs show the dilation of cholesteric pitch in magnetic field.....	55
18	Photographs show the dilation of cholesteric pitch in magnetic field, film thickness = 125 μm	59
19	Dependence of critical field upon the concentration of the cholesteric in PAA/CP	63
20	Critical field dependence on sample thickness for PAA/CP with 0.5 % of CP.....	65
21	Temperature dependence of the critical field for PAA/CP of various CP concentrations and sample thickness of 150 μm.....	67
22	Temperature dependence of k_{22}/χ_a for PAA/CP.....	76