الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria

Ministry of Higher Education and Scientific Research

Setif 1 University - Ferhat ABBAS

Faculty of Sciences

Ferhat Abbas University setif-1

Faculty Of Sciences

Department Of Physics

Domain: Material Sciences

Division: Fundamental Physics

Option: Materials Physics

A Master's thesis for the Degree of Academic Master in Materials Physics

Green Synthesis Of NiO Nanoparticles

By

Zerraghi maria ghania

Members of the jury:

Dr. Medkour Youcef	Ferhat Abbas University Setif-1	Supervisor
Dr. Saoudi Amer	Ferhat Abbas University Setif-1	President
Dr. REFFAS Mounir	Ferhat Abbas University Setif-1	Examiner

Academic Year: 2025-2026

Abstract:

Nickel oxide (NiO) nanoparticles were successfully synthesized through an eco-friendly green synthesis approach using bee pollen extract and cinnamon extract as natural reducing and stabilizing agents. This method offers a sustainable alternative to conventional chemical

synthesis routes by minimizing the use of hazardous chemicals and reducing environmental impact. The synthesized nanoparticles were characterized using X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), and UV–Visible diffuse reflectance spectroscopy (UV–Vis DRS). XRD results confirmed the formation of highly crystalline NiO nanoparticles with a cubic phase structure. FTIR spectra revealed the participation of various phytochemical compounds present in bee pollen and cinnamon extracts during the reduction and stabilization processes. Furthermore, UV–Vis DRS measurements showed significant light absorption properties and enabled the evaluation of the optical band gap energy of the synthesized material. The obtained results indicate that the prepared NiO nanoparticles possess favorable structural and optical characteristics, making them promising candidates for applications in photocatalysis, environmental remediation, sensing technologies, and energy-related devices.

Keywords: NiO nanoparticles, Green nanotechnology, Bee pollen, Cinnamon extract, Biosynthesis, Photocatalysis, Optical properties.

Résumé:

Les nanoparticules d'oxyde de nickel (NiO) ont été synthétisées avec succès par une méthode de synthèse verte respectueuse de l'environnement utilisant des extraits de pollen d'abeille et de cannelle comme agents naturels réducteurs et stabilisants. Cette approche constitue une alternative durable aux méthodes de synthèse chimique conventionnelles en réduisant l'utilisation de substances chimiques dangereuses et en limitant l'impact environnemental. Les nanoparticules obtenues ont été caractérisées par diffraction des rayons X (DRX), spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) et spectroscopie de réflectance diffuse UV-Visible (UV–Vis DRS). Les résultats de la DRX ont confirmé la formation de nanoparticules de NiO hautement cristallines présentant une structure cristalline cubique. Les spectres FTIR ont révélé la participation de divers composés phytochimiques présents dans les extraits de pollen d'abeille et de cannelle au cours des processus de réduction et de stabilisation. De plus, les mesures UV–Vis DRS ont mis en évidence des propriétés d'absorption lumineuse remarquables et ont permis de déterminer la valeur de la bande interdite optique du matériau synthétisé. Les résultats obtenus indiquent que les nanoparticules de NiO préparées possèdent des caractéristiques structurales et optiques prometteuses, les rendant adaptées à des applications potentielles dans la photocatalyse, la dépollution environnementale, les technologies de détection et les dispositifs liés à l'énergie.

Mots-clés : Nanoparticules de NiO, Nanotechnologie verte, Pollen d'abeille, Extrait de cannelle, Biosynthèse, Photocatalyse, Propriétés optiques.

ملخص:

تم تحضير جسيمات أكسيد النيكل النانوية (NiO) بنجاح باستخدام طريقة التخليق الأخضر الصديقة للبيئة بالاعتماد على مستخلص حبوب اللقاح ومستخلص القرفة كعوامل طبيعية للاختزال والتثبيت. وتمثل هذه الطريقة بديلاً مستدامًا لطرق التخليق الكيميائية التقليدية، حيث تحدّ من استخدام المواد الكيميائية الخطرة وتقلل من التأثيرات البيئية السلبية. وقد تم توصيف الجسيمات النانوية المحضرة باستخدام تقنيات حيود الأشعة السينية (XRD)، ومطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR)، ومطيافية الانعكاس المنتشر للأشعة فوق البنفسجية–المرئية (UV–Vis DRS). وأكدت نتائج XRD تكوّن جسيمات NiO نانوية عالية التبلور ذات بنية بلورية مكعبة.. وكشفت أطياف FTIR عن مشاركة العديد من المركبات الكيميائية النباتية الموجودة في مستخلصي حبوب اللقاح والقرفة في عمليتي الاختزال والتثبيت. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت قياسات UV–Vis DRS خصائص امتصاص ضوئي مميزة ومكّنت من تحديد قيمة فجوة الطاقة البصرية للمادة المحضرة. وتشير النتائج المتحصل عليها إلى أن جسيمات أكسيد النيكل النانوية المحضرة تمتلك خصائص بنيوية وبصرية واعدة، مما يجعلها مرشحة للتطبيقات في التحفيز الضوئي، والمعالجة البيئية، وتقنيات الاستشعار، والأجهزة المرتبطة بالطاقة.

الكلمات المفتاحية: جسيمات أكسيد النيكل النانوية، التكنولوجيا النانوية الخضراء، حبوب اللقاح، مستخلص القرفة، التخليق الحيوي، التحفيز الضوئي، الخصائص البصرية.

Content

Acknowledgment I

Abbreviations & symboles II

Liste of figures III

Liste of tables V

Genral Introduction

1 General Context 1

2 Problem statement and Proposed solution: 2

References 4

Chapter I Literature review

I.1 Nanomaterials & Their Classifications: 7

I.2 Nanoparticles 9

I.2.1 Classification of NPs 9

I.2.1.1 Organic nanoparticles 9

I. 2.1.2 Inorganic nanoparticles 10

I.2.2 Synthesis of Nanoparticles 12

I.3 Properties and uses of Nichel oxide (NiO) NPs 16

I.3.1 Properties 16

I.3.2 Green synthesis of NiO NPs from different sources 19

I.3.3 Applications of biosynthesized NiO NPs 20

II.3.3.1 Biomedical Application 20

I.3.3.2 Environmental Remediation Applications of NiO Nanoparticles 22

I.3.3.3 Application in environmental sensing 23

I.3.3.4 Emerging applications 23

I.4 Green synthesis of NiO NPs from plants 24

I.4.1 Role of phytochemicals for NPs biosynthesis 26

I.4.2 Protocol for the eco-benevolent synthesis of NiO NPs 27

I.4.3 Factors influencing the plant-mediated of synthesis NiO NPs 28

I.4.4 Proposed mechanism for plant extract mediated synthesis of NiO NPs 29

References 31

Chapter II Materials & Methods

II.1 Bee Pollen based NPs and their applications 36

II.1.1 Bee Pollen and its composition 36

II.1.2 Collection process of bee pollen by honeybee 38

II.1.3 Bee Pollen their uses and applications 39

II.1.4 Bee Pollen based NPs 39

II.2 Cinnamon based NPs and their applications 40

II.2.1 Cinnamon and its composition 40

II.2.2 Cinnamon their uses and applications 43

II.2.3 Cinnamon-based NPs 44

II.3 Characterization techniques of NiO NPs 44

II.3.1 X-Ray diffraction 45

II.3.2 Fourier Transform Infrared Spectroscopy 46

II.4 Materials & Methods 47

II.4.1 Materials 47

II.4.2 Instruments 48

II.4.3 Preparation of Bee pollen extract 49

II.4.4 Preparation of cinnamon extract 49

II.4.5 Biogenic synthesis of NiO NPs 50

II.4.6 Characterization of BP-NiO NPs and of CI-NiO NPs 51

References 52

Chapter III Results & Discussion

III.1 Structural analysis 56

III.1.1 Calculation of crystallographic parameters 58

III.1.2 Calculation of of the average crystallite (grain) size 59

III.1.3 Calculation of lattice strain and dislocation density 61

III.2 Chemical composition analysis 61

III.2.1 Comparison between the FTIR spectra of CI and BP 63

III.2.2 Comparison between the FTIR spectra of CI and NiO-CI 63

III.2.3 Comparison between the FTIR spectra of BP and NiO-BP 64

References 68