

جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
ميدان علوم المادة
قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي
فرع الفيزياء

تخصص: فيزياء المواد

من إعداد الطالبتين : سلخان مسعودة-غالي نادية
بعنوان:

دراسة حركة جزيئات نانوية الأبعاد في مجال كهرومغناطيسي

تناقش يوم : 2018/06/05

أمام اللجنة المناقشة المكونة من:

محمدي لزهري	أستاذ محاضر (أ) بجامعة قاصدي مرباح ورقلة	رئيسا
معريف ياسين	أستاذ محاضر (أ) بجامعة قاصدي مرباح ورقلة	مناقشا
بن مبروك لزهري	أستاذ محاضر (أ) بجامعة قاصدي مرباح ورقلة	مشرفا

الموسم الجامعي : 2017-2018

الشكر و العرفان

نحمد الله حمدا كثيرا طيبا مباركا أن أثار لنا درج العلم و المعرفة و النجاح و نشكره

سبحانه و تعالى الذي و فقتنا و أعاننا على إنجاز هذا العمل.

كما نتقدم بالشكر الجزيل و فائق التقدير و الامتنان للأستاذ المشرف

" بن مبروك لزهر " على قبوله الإشراف علينا و على كل ما قدمه لنا من مساعدة

وتوجيهات و نصائح لإتمام هذا العمل.

ونتقدم بالشكر و التقدير و الاحترام للأستاذ "محمدي لزهر" و الأستاذ

"معروف ياسين" على قبولهم مناقشة هذه المذكرة و على ما سيقدمانه لنا من

توجيهات و نصائح.

كما نتوجه بالشكر الجزيل إلى كل من ساعدنا من قريب أو من بعيد لإنجاح هذا العمل.

كما نتقدم بالشكر إلى جميع الأساتذة الأفاضل أساتذة قسم الفيزياء.

الإهداء

الحمد لله رب العالمين و الصلاة و السلام على خاتم الأنبياء و المرسلين نبينا
محمد و على آله و صحبه أجمعين.

أهدي هذا العمل :

إلى رمز العطاء اللذين تعبوا من أجلي لأكون هنا في هذا المكان

إلى من كان دعائهما سر نجاحي اللهم أسعدهما و أرزقهما الجنة

أمي و أبي الغاليين.

إلى أغلى و أعز الناس على قلبي:

إلى جدتي العزيزتين و جدي الغالي حفظهم الله و أطال في أعمارهم.

إلى أقاربي الذين كانوا سنداً لي و تعبوا من أجلي الأعماء جدا على قلبي

كل واحد باسمه

إلى كل الأقارب و الأصدقاء الذي ذكرهم قلبي و لم يكتبهم قلبي.

إلى صديقتي و أختي و رفيقة دربي في هذا العمل.....مسعودة.

إلى كل طلبة الفيزياء ثمانية ماستر دفعة 2018 وخاصة تخصص فيزياء مواد.

إلى كل أساتذة قسم الفيزياء.

الإهداء

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين

أهدي عملي هذا إلى :

التي أعطتني الحنان من وجنتيها وسقوتني الحب من دموع عينيها ومنحتني الأمل

من دعائى شفقتيها

أمي الغالية مصدر إلهامي في هذا الكون

الذي حثني على طلب العلم والمعرفة أبي الغالي

توأم روحي ورفيقة دربي ومشاركتي الأفراح والأحزان أختي العزيزة..... مريم

سر الفرح والمرح في قلبي أختي الصغيرتان سليمة و صبرة

كل من يحمل لقب مسعيد وخاصة خالتي وأخوالي وأبنائهم

كل من يحمل لقب سلخان

التي تعبت معي من أجل إتمام هذا العمل..... صديقتي نادية

إلى جميع أساتذة قسم الفيزياء

مسعودة

الفهرس

1	..... المقدمة العامة.
الفصل الأول :المواد النانوية	
2	..... 1-I مقدمة
2	..... 2-I تعريف النانو.
2	..... 3-I تعريف تقنية النانو.
2	..... 4 -I تعريف المواد النانوية
3	..... 5-I أصناف المواد النانوية.
3	..... 1-5-I مواد أحادية البعد
3	..... 2-5-I مواد ثنائية البعد
3	..... 3-5-I مواد ثلاثية البعد
4	..... 6-I أشكال المواد النانوية.
4	..... 1-6-I النقاط الكمية.
4	..... 2-6-I الفولورينات
5	..... 3-6-I الكرات النانوية.
6	..... 4-6-I الجسيمات النانوية.
6	..... 5-6-I الأنابيب النانوية.
7	..... 6-6-I الألياف النانوية.
8	..... 7-6-I المركبات النانوية.
9	..... 8-6-I الأسلاك النانوية.
9	..... 7-I خصائص المواد النانوية.
9	..... 1-7-I الخواص الميكانيكية.
10	..... 2-7-I الخواص الحرارية.
10	..... 3-7-I الخواص المغناطيسية.
10	..... 4-7-I الخواص الكهربائية.
10	..... 5-7-I الخواص الكيميائية.
11	..... 8-I طرق تصنيع و إنتاج المواد النانوية.

11	1-8-I	الأسلوب من أعلى إلى أسفل
12	2-8-I	الأسلوب من أسفل إلى أعلى
		الفصل الثاني: عموميات حول المجالات الكهرومغناطيسية و اللف المغزلي الإلكتروني
14	1-II	مقدمة
14	2-II	خلفية تاريخية
14	3-II	الفيزياء الكهرومغناطيسية
15	4-II	الحقل الكهرومغناطيسي
15	1-4-II	القوة الكهرومغناطيسية
15	2-4-II	توليد مجال كهرومغناطيسي
15	3-4-II	المجال المغناطيسي
16	1-3-4-II	حركة جسيم في مجال مغناطيسي منتظم
19	2-3-4-II	خواص القوة المغناطيسية على جسيم مشحون يتحرك في مجال مغناطيسي
19	4-4-II	المجال الكهربائي
20	1-4-4-II	حركة جسيم في مجال كهربائي منتظم
20	5-4-II	الفروقات الأساسية بين القوة الكهربائية و المغناطيسية
21	6-4-II	حركة جسيم مشحون في مجال كهرومغناطيسي
23	5-II	اللف المغزلي الإلكتروني
23	1-5-II	اكتشاف الإلكترون
23	2-5-II	خلفية تاريخية
24	3-5-II	تعريف اللف المغزلي للإلكترون (Spin)
24	4-5-II	علم اللف المغزلي الإلكتروني
25	5-5-II	أساسيات علم اللف المغزلي الإلكتروني
25	1-5-5-II	أصل المغنطة
26	2-5-5-II	انحفاظ اتجاه اللف المغزلي الإلكتروني
26	3-5-5-II	انتشار الإلكترونات مرتبط بلفها
27	4-5-5-II	تراكم اللف المغزلي بالمناطق البينية
27	6-5-II	ظواهر اللف المغزلي الإلكتروني
27	1-6-5-II	المقاومة المغناطيسية العظمى (Magnétorésistance Géant) GMR

30.....	2-6-5-II المقاومة المغناطيسية للنفق TMR (Magnétorésistance Tunnel)
31	6-II الليزر
31.....	1-6-II تعريف الليزر
31	2-6-II أشعة الليزر
31	3-6-II جهاز الليزر
32	4-6-II أنواع الليزر
32	1-4-6-II ليزر المواد الصلبة
32.....	2-4-6-II ليزر أشباه الموصلات
32.....	3-4-6-II الليزر الغازي
32.....	4-4-6-II الليزر السائل
33.....	5-6-II ليزر نيدويم ياج

الفصل الثالث : التصميم التجريبي و دراسة حركة الجزيئة النانوية

34	1-III مقدمة
34.....	2-III شرح التصميم التجريبي
35.....	3-III دراسة إحصائية
35	1-3-III طاقة الترابط ما بين الجزيئات الفلورين
35.....	2-3-III الطاقة اللازمة لتفكيك الفلورين
36.....	3-3-III السرعة الابتدائية التي تغادر بها الكرات السطح
37	4-3-III القوي المؤثرة على جزيئات الفلورين خلال الانتقال
37	4-III معادلات الحركة
39	5-III نتائج الحسابات
50	الخاتمة العامة
51	المراجع

فهرس الأشكال

- الشكل I-1: يوضح أصناف المواد النانوية..... 3
- الشكل I-2: يمثل نقطة كمومية..... 4
- الشكل I-3: رسم تخطيطي للفولورين..... 5
- الشكل I-4: الكرات النانوية..... 5
- الشكل I-5: الجسيمات النانوية..... 6
- الشكل I-6: الأنابيب النانوية..... 7
- الشكل I-7: الألياف النانوية..... 7
- الشكل I-8: المركبات النانوية..... 8
- الشكل I-9: الأسلاك النانوية..... 9
- الشكل I-10: يوضح تقنية الطحن الميكانيكي..... 12
- الشكل I-11: يوضح أسلوب إنتاج و تصنيع المواد النانوية..... 13
- الشكل II-1: حركة جسيم مشحون بشحنة موجبة في مجال مغناطيسي منتظم و المسار الدائري الذي يسلكه..... 17
- الشكل II-2: الحركة الحلزونية لجسيم في مجال مغناطيسي منتظم..... 18
- الشكل II-3: حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي و مجال كهربائي متعامدان..... 22
- الشكل II-4: تجربة (ستيرن-جيرلاش)..... 23
- الشكل II-5: اللف العلوي و اللف السفلي للإلكترون..... 24
- الشكل II-6: المغنطة في المواد المغناطيسية..... 25
- الشكل II-7: اتجاه الحقل المغناطيسي..... 26
- الشكل II-8: الحالة (AP)CPP..... 27
- الشكل II-9: الحالة (P)CPP..... 28
- الشكل II-10: الحالة (AP)CIP..... 29
- الشكل II-11: الحالة (P)CIP..... 29
- الشكل II-12: المقاومة المغناطيسية للنفق TMR..... 30
- الشكل III-1: يمثل تجربة تفكيك الفولورين..... 35
- الشكل III-2: منحني يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في الشحنة (spin down)..... 40
- الشكل III-3: منحني يمثل سرعة جزيئة الفولورين النانوية خلال الزمن بدلالة الشحنة (spin down)..... 41

- الشكل III-4: منحنى يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في الشحنة (spin up) 42
- الشكل III-5: منحنى يمثل تغير سرعة جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في الشحنة (spin up) 43
- الشكل III-6: منحنى يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين $n=1$ 44
- الشكل III-7: منحنى يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين $n=2$ 44
- الشكل III-8: منحنى يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين $n=3$ 45
- الشكل III-9: منحنى يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين $n=4$ 45
- الشكل III-10: منحنى يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين $n=5$ 46
- الشكل III-11: منحنى يمثل تغير سرعة جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين $n=1$ 47
- الشكل III-12: منحنى يمثل تغير سرعة جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين $n=2$ 47
- الشكل III-13: منحنى يمثل تغير سرعة جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين $n=3$ 48
- الشكل III-14: منحنى يمثل تغير سرعة جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين $n=4$ 48
- الشكل III-15: منحنى يمثل تغير سرعة جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين $n=5$ 49

المقدمة العامة

المقدمة العامة

إن التقدم العلمي السريع والمستمر أدخل على حياتنا العديد من المفاهيم و المصطلحات الجديدة، و التي لعبت دورا كبيرا في تطور وتقدم العديد من المجالات. ومن آخر ما وصل إليه العلم من مصطلحات مصطلح النانو أو بالتحديد تقنية النانو والتي تسمى أيضا تقنية المتناهيات في الصغر و التي تتضمن تصنيع مواد نانوية ، والتي استخدمت في العديد من المجالات حيث فتحت آفاقا واسعة لتقدم مختلف العلوم التي استخدمت فيها وخاصة مجال الإلكترونيات والطب و الصناعة و الفضاء..... إلخ، ونهدف من خلال موضوعنا هذا إلى دراسة حركة جزيئات نانوية الأبعاد في وسط كهرومغناطيسي، وذلك من خلال تفكيك مادة نانوية باستعمال الليزر.

قمنا بتقسيم هذا العمل إلى ثلاث فصول الفصل الأول و الثاني نظرين أما الفصل الثالث فهو فصل تجريبي، تطرقنا في الفصل الأول إلى تعريف مصطلحات النانو ، تقنية النانو و المواد النانوية وأصنافها و معرفة أشكالها المختلفة وخصائصها كما تطرقنا إلى طرق تصنيعها، أما في الفصل الثاني فقد تطرقنا إلى تعريف المجال الكهرومغناطيسي إضافة إلى حركة جسيم مشحون في مجال كهرومغناطيسي كما تطرقنا إلى تعريف اللف المغزلي الإلكتروني ، أما الفصل الثالث تطرقنا إلى شرح التصميم التجريبي المقترح لتفكيك سلسلة من جزيئات الفلورين وكد دراسة حركة هذه الجزيئات المتفككة خلال حقل كهرومغناطيسي.

الفصل الأول المواد الثانوية

I-1 المقدمة

تعتبر تقنية النانو تقنية حديثة لها العديد من التطبيقات التي تتضمن تصنيع جزيئات أو جسيمات في مدى مقياس النانو، تسمى بالمواد النانوية و التي تعتبر مواد البناء للقرن الحادي والعشرين و الركن المهم من أركان تكنولوجيا القرن الحادي والعشرين، والتي تتوفر بها صفات و خواص شديدة التميز لا يمكن أن توجد مجتمعة في المواد التقليدية.

I-2 تعريف النانو

يعود أصل كلمة (نانو) إلى منشأ إغريقي و هو مشتق من كلمة (نانوس) والتي تعني القزم، كدلالة على الشيء الصغير وتدل على كل ما هو متناه في الصغر، و يعرف النانو بأنه أدق وحدة قياس مترية.

وفي مجال العلوم يعني النانو جزء من مليار (جزء من ألف مليون)، فمثلا نانو ثانية (وحدة لقياس الزمن) تعني واحدا على مليار من الثانية الواحدة، و بالمثل يستخدم النانومتر كوحدة لقياس أطوال الأشياء الصغيرة جدا التي لا ترى إلا تحت المجهر الإلكتروني (ميكروسكوب). تستخدم هذه الوحدة للتعبير عن أبعاد أقطار و مقاييس ذرات و جزيئات المواد المركبة و الجسيمات المجهرية مثل البكتريا و الفيروسات، و النانومتر الواحد يساوي جزء من ألف مليون (مليار) جزء من المتر. [1]

I-3 تقنية النانو

تقنية النانو أو تقنية المواد المتناهية في الصغر أو هندسة المنتجات المتناهية في الصغر وهي مجموعة من الأدوات و التقنيات ولتطبيقات التي تتعلق بتصنيع بنية معينة و تركيبها باستخدام مقاييس في غاية الصغر (مقاييس نانوية). وهي التطبيق العلمي لإنتاج المواد عبر إعادة ترتيب ذراتها لتصنيع جزيئات ذات مواصفات جديد محددة و مخطط لها، حيث يعطى هذا الجزيء صفات فيزيائية و كيميائية معينة هذه الصفات تعتمد اعتمادا كليا على الترتيب الذري الذي تتخذه الذرات لتشكيل هذا الجزيء. [2]

I-4 تعريف المواد النانوية

يمكننا تعريف المواد النانوية بأنها تلك الفئة المتميزة من المواد المتقدمة التي يمكن إنتاجها بحيث تتراوح مقاييس أبعادها أو أبعاد حبيباتها الداخلية بين 1 نانومتر و 100 نانومتر. يمكن الحصول عليها من أغلب المواد المتواجدة في الطبيعة كالمعادن وأشباه المعادن والزجاج وبعض المركبات العضوية. [1]

5-I أصناف المواد النانوية

1-5-I مواد أحادية البعد: وهي المواد التي لها طول فقط (بعد واحد) وتكون على شكل رقائق سمكها

لا يتعدى 100nm، وغالبا ما تستخدم لطلاء المواد القديمة من أجل تحسين خواصها. [1]

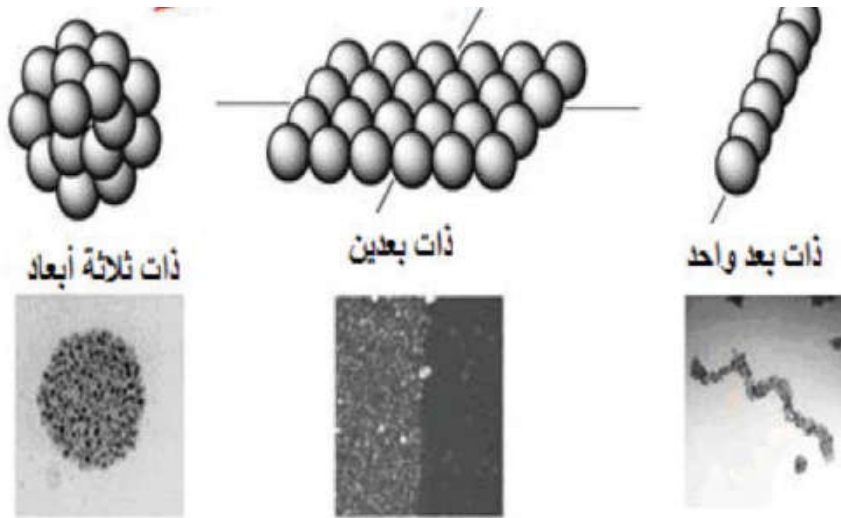
2-5-I مواد ثنائية البعد: هي مواد لها طول وعرض (بعدين) يقل طول كل منهما عن 100nm، كالأسلاك

والأنابيب النانوية. [1]

3-5-I مواد ثلاثية البعد: وهي مواد لها طول وعرض وارتفاع (ثلاثة أبعاد)، لا يتعدى كل منها 100nm ومثال

ذلك الحبيبات ومساحيق المعادن. [1]

والشكل التالي يوضح أصناف المواد النانوية:



الشكل I-1: يوضح أصناف المواد النانوية

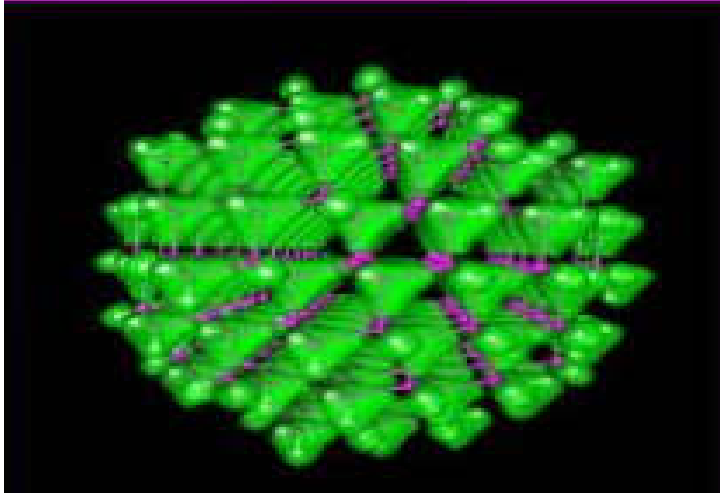
6-I أشكال المواد النانوية

تتخذ المواد النانوية أشكالا عديدة لكل شكل منها تركيب وخصائص معينة، وتصنف المواد النانوية حسب الشكل إلى مايلي :

1-6-I النقاط الكمومية

عبارة عن تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الأبعاد يتراوح البعد الواحد بين 2nm و 10nm وهذا يقابل 10-50 ذرة في القطر

الواحد أي من 100 - 100000 ذرة في حجم النقطة الكمية الواحدة يمثل الشكل في الأسفل نقطة كمومية.[3]



الشكل I-2: نقطة كمومية

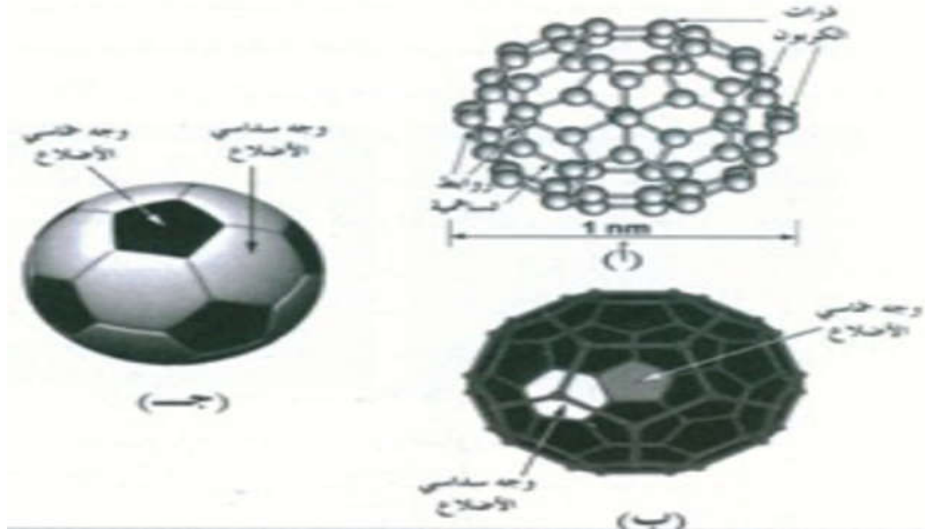
2-6-I الفولورينات (Fullerenes)

يمثل الكربون عنصرا واحدا من ضمن أكثر من مئة عنصر كيميائي معروف ، إلا أنه يلعب دورا حيويا في الطبيعة ويعتبر أساسا هاما جدا في بناء المواد النانوية ، وذلك بسبب نزوع الكربون للترابط بطرائق مختلفة و متعددة .

من الأشكال المختلفة لترابط الكربون جزيء مكون من 60 ذرة كربون ورمزها C60 ويسمى الفولورين ،وقد اكتشف عام 1985 وقد سمي بالفولورين نسبة للمخترع والمهندس المعماري (بكمنستر فولر) ، الخاصية التي ينفرد بها الفولورين هي أن ذرات الكربون المؤلفة للجزيئة الواحدة تكون هيكلها هندسيا كروي الشكل . يبلغ قطره نحو 1 نانومتر، و تتساهم تلك الذرات في ترابطها لتكوين 32 وجه منها 20 وجه سداسيا و 12 خماسيا لتتشابه في مظهرها و تعدد أوجهها مع كرة القدم. وقد نشأ فرع كيمياء

جديد يسمى الفولورين حيث عرف أكثر من 9000 مركب منذ عام 1997 كما ظهرت تطبيقات مختلفة لكل من هذه المركبات حيث أبدت توصيلية كهربائية فائقة كما اكتشفت أشكال أخرى منها الفولورين المخروطي و الأنبوي والكروي [1]، [3]، [4]

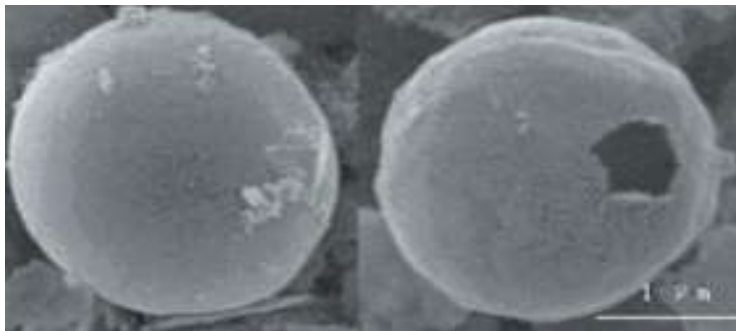
و الشكل التالي يوضح رسم تخطيطي للفولورين:



الشكل I-3: رسم تخطيطي للفولورين

I-6-3 الكرات النانوية (Nano balls)

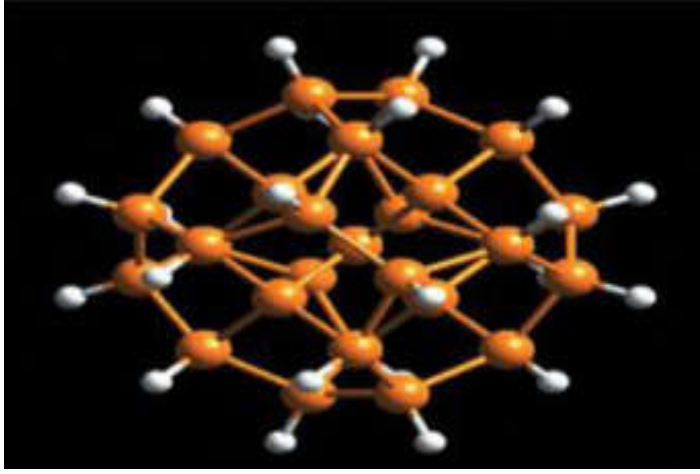
تعد كرات الكربون النانوية أهم نوع منها، حيث تنتمي كرات الكربون النانوية إلى فئة الفولورينات من مادة C60 ولكنها تختلف عنها قليلا بالتركيب حيث أنها متعددة القشرة و حاوية المركز. بالإضافة إلى أن الكرات النانوية لا يوجد على سطحها فجوات ، وقد يصل قطر الكرة الواحدة إلى 500nm أو أكثر (الشكل I-4). [3]



الشكل I-4: يمثل الكرات النانوية

4-6-I الجسيمات النانوية (Nano particales)

يمكن تعريف الجسيمات النانوية على أنها عبارة عن تجمع ذري أو جزيئي ميكروسكوبي يتراوح عددها من بضع ذرات إلى مليون ذرة، وتكون مرتبطة مع بعضها البعض بشكل كروي تقريبا ونصف قطرها أقل من 100nm (الشكل I-5). عند ما يصل حجم الجسيم النانوي إلى مقياس النانو في بعد واحد فإنها تسمى البئر الكمية (Quntum well)، أما عند ما يكون حجمها النانوي في بعدين فتسمى السلك الكمي (Quntum wire)، وعندما يكون بثلاثة أبعاد تسمى (Quntum dots)، ولا بد من الإشارة إلى أن التغيير في الأبعاد النانوية للتركيبات الثلاثة السابقة الذكر سوف يؤثر على الخصائص الإلكترونية لها. [3]



الشكل I-5: الجسيمات النانوية

5-6-I الأنابيب النانوية

الأنبوب النانوي هو اسم وصفي، فأنبوب الكربون النانوي هو في الواقع أنبوب نانوي حجما وبنيته ليست مخفية وراء اسم رمزي. فمن الممكن لأي كان أن يتخيل أسطوانة صغيرة تجعل بطريقة ما مجالا خفيا، ملموسا ومنتجا. إن أنابيب الكربون النانوية رائعة التعقيد في بساطتها و على ما يبدو من بنيتها غير المشوقة و المتمثلة في صفيحة من ذرات الكربون ملفوفة في أسطوانة تحوي في طياتها مجموعة من الخصائص والميزات التطبيقية المثيرة التي لا مثيل لها. [3]، [4] والشكل التالي يوضح الأنابيب النانوية:

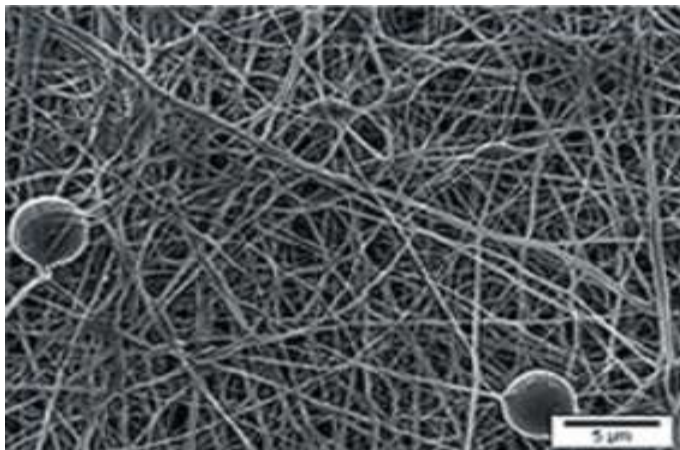


الشكل I-6: الأنابيب النانوية

I-6-6 الألياف النانوية (Nano fibers)

تلقي هذه المواد اهتماما كبيرا مؤخرا نظرا لأهميتها الصناعية ، وتتخذ عدة أشكال منها الألياف السداسية والحلزونية والألياف الشبيهة بحبة القمح . تتميز الألياف النانوية بأن مساحة سطحها إلى حجمها كبيرة حيث أن عدد ذرات السطح كبيرة بالنسبة للعدد الكلي ، وهذا ما يكسبها خواص ميكانيكية مميزة كالصلابة وقوة الشد وغيرها . ولكنها تعاني من صعوبة التحكم باستمراريتها واستقامتها وتراصها . [3]

الشكل أسفله يمثل الألياف النانوية:



الشكل I-7: الألياف النانوية

I-6-7 المركبات النانوية (Nano composites)

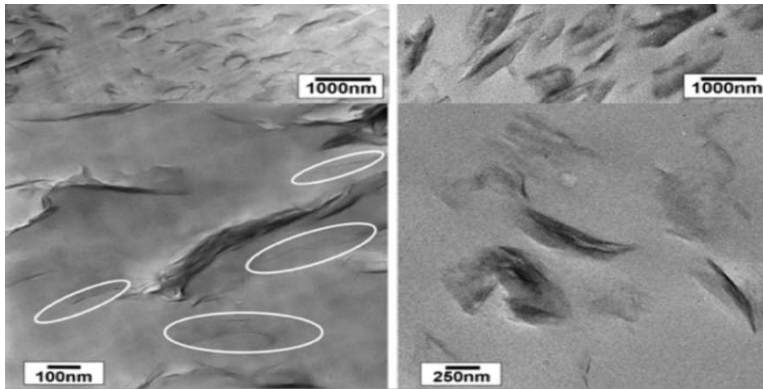
يمكن تعريف المركبات النانوية بأنها مواد متعددة الأطوار حيث لطور واحد أو أكثر بعد واحد على الأقل من رتبة 100nm أو أقل. وتتكون معظم المركبات النانوية التي جرى تطويرها والتي اتسمت بأهمية تكنولوجية من طورين. ويمكن تصنيف تلك المواد من حيث بنيتها الميكروية إلى ثلاثة أنواع رئيسية :

1-مركبات نانوية طبقية ذات طبقات متناوبة نانوية المقياس.

2-مركبات نانوية خطية تتألف من مصفوفة تحتضن قضباناً (مصطفة عموماً) ذات أقطار نانوية المقياس .

3-مركبات نانوية جسيمية تتكون من مصفوفة تحتضن جسيمات نانوية المقياس .

و على غرار المركبات العادية الأخرى يمكن لخواص المركبات النانوية مجتمعة أن تتفوق على خواص أطوارها منفردة ، وأكثر من ذلك فإن تقليص مقاسات تلك الأطوار المقياس النانو متري يمكن أن يؤدي إلى خصائص غير مألوفة محسنة غالباً . ومن السمات البنوية الميكروية الهامة للمركبات النانوية النسبة الكبيرة لمساحة السطوح فيما بين الأطوار إلى الحجم وعلى سبيل المثال يمكن لهذه النسبة أن تصل إلى $700\text{m}^2/\text{c m}^3$ في جسيمات الصلصال الطريقي (سليكات الألمنيوم) في مركبات البوليمرات النانوية و تلك نسبة تعادل نسبة مساحة ملعب كرة قدم إلى حجم قطرة مطر ،ويمكن لهذه المساحة الكبيرة أن تؤدي غالباً إلى خصائص جديدة محسنة الشكل (I-4) يمثل مركبات نانوية . [3]، [4]

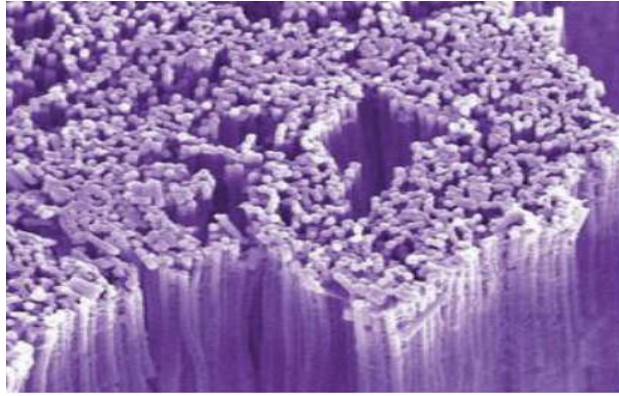


الشكل I-8: مركبات نانوية

I-6-8 الأسلاك النانوية (Nano wires)

هي أسلاك نانوية قد يقل قطرها عن نانو متر واحد وبأطوال مختلفة أي نسبة الطول إلى عرض تزيد عن 1000 مرة لذا فهي تلحق بالمواد ذات البعد الواحد و هي تتفوق على الأسلاك العادية التقليدية، لأن الإلكترونات فيها تكون محصورة كميًا باتجاه جانبي واحد مما يجعلها تحتل مستويات طاقة تختلف عن تلك المستويات العريضة الموجودة في المادة المحسوسة . وهذه المواد غير موجودة في الطبيعة بل تحضر في المختبر بطرق عديدة منها الكحت لسلك كبير بواسطة جسيمات ذات طاقة عالية

(الشكل I-9). [3]



الشكل I-9: الأسلاك النانوية

I-7-7 خصائص المواد النانوية

إن حجم صغر حجم المواد النانوية أكسبها خصائص مميزة ، تختلف عن خصائص المواد في حجمها الطبيعي وأهم هذه الخواص ما يلي :

I-7-1 الخواص الميكانيكية

تكتسب المواد النانوية خواص ميكانيكية مميزة ، وذلك بزيادة صلابة المواد الفلزية وسبائكها وكذلك زيادة مقاومتها لمواجهة إجهادات الأحمال المختلفة الواقعة عليها وذلك من خلال تصغير مقاييس حبيبات المادة والتحكم في ترتيب ذراتها. كما تكتسب

المواد السيراميكية متانة لا تمتلكها المواد السيراميكية العادية المعروفة بمشاشتها، هذه الخواص التي تكتسبها المواد على المستوى النانوي جعلت لها استخدامات عديدة أهمها في مجال حفر آبار البترول والمياه، وذلك باستخدام مواد شديدة الصلابة والمتانة للحفر تعتمد على مواد نانوية مثلا كربيد التيتانيوم وكربيد التنجستين لأدوات الحفر والقطع بدلا من استخدام الماس المكلف [1]، [2].

I-7-2 الخواص الحرارية

عند ما يتم تصغير أبعاد حبيبات المادة تتأثر قيم درجات انصهار المادة، فعلى سبيل المثال فإن درجة انصهار الذهب 1064 درجة مئوية في حجمه العادي، وإذا قمنا بإنقاص أقطار حبيبات الذهب فإن درجة الانصهار تنقص حوالي 500 درجة مئوية. [1]، [2]

I-7-3 الخواص المغناطيسية

إن قوة المغناطيس تعتمد اعتمادا كليا على مقياس أبعاد حبيبات المادة المصنوع منها المغناطيس ، فكلما نقص حجم الجسيمات النانوية وتزايدت مساحة أسطحها الخارجية مع تزايد وجود الذرات على تلك الأسطح كلما زادت قوة المغناطيس وشدته [3]، [4].

I-7-4 الخواص الكهربائية

يعتبر صغر حجم الحبيبات النانوية مؤثرا إيجابيا على خواصها الكهربائية ، حيث تزداد قدرة المواد على توصيل التيار الكهربائي . كما أن هناك مواد عازلة في حجمها العادي لكنها أصبحت مواد ذات قدرة على التوصيل الكهربائي في حجمها النانوي ونفس الشيء بالنسبة لأشباه الموصلات حيث أنها تصبح موصلة في الحجم النانوي . [1]، [2]

I-7-5 الخواص الكيميائية

إن الزيادة الكبيرة في مساحة السطح بالنسبة للحجم في المواد النانوية وكذلك وجود عدد كبير من الذرات على الأسطح الخارجية

أكسبها نشاط كيميائي كبير ، حيث أصبحت هذه المواد تستخدم كمواد محفزة تعرف باسم (nano catalysts) مكونة من حبيبات دقيقة بمقياس 100nm لقطر الحبيبة الواحدة . [1][2]

I- 8 طرق تصنيع وإنتاج المواد النانوية

استخدم العلماء العديد من الوسائل والطرق الحديثة و المتطورة من أجل إنتاج و تصنيع المواد النانوية ،ومن أهم هذه الطرق و الأساليب ما يلي :

I-8-1 أسلوب من الأعلى إلى الأسفل

وتبدأ هذه الطريقة بحجم محسوس من المادة ويتم تصغيرها شيئاً فشيئاً حتى الوصول إلى المقياس النانوي ،من بين التقنيات المستخدمة في هذا الأسلوب تقنية الحفر الضوئي ،القطع ،الكحت والطحن الميكانيكي . ولشرح هذا الأسلوب نأخذ تقنية الطحن الميكانيكي كمثال ونفصل فيها. [1]

تقنية الطحن الميكانيكي :

يستعمل في هذه التقنية وعاء أسطواني الشكل مصنوع من سبائك صلبة ، ويكون هذا الوعاء مفرغ من الهواء ويحتوي على غاز حامل لمنع حدوث عملية التأكسد داخل الوعاء . حيث توضع داخل هذا الوعاء الحبيبات المراد سحقها مع كرات تفوقها صلادة ، وبعد ذلك ندير طاحونة الكرات بسرعة عالية تصل إلى 800 دورة في الدقيقة ،تستمر هذه العملية إلى أن تصبح حبيبات المادة ناعمة وأبعادها أقل من 100nm حيث تتطلب هذه العملية فترة زمنية محددة حسب طبيعة ونوع المادة المراد طحنها وقد تصل هذه الفترة إلى عدة ساعات ،وبعدها يتم دمج وتجميع المادة الناتجة بواسطة مكابس هيدروليكية و تمر بمراحل عديدة لنحصل في الأخير على حبيبات منتظمة و متماسكة في الحجم النانوي تناسب التطبيقات الصناعية المطلوبة . [1]

و الشكل التالي يوضح تقنية الطحن الميكانيكي و الوعاء الأسطواني التي تتم فيه:



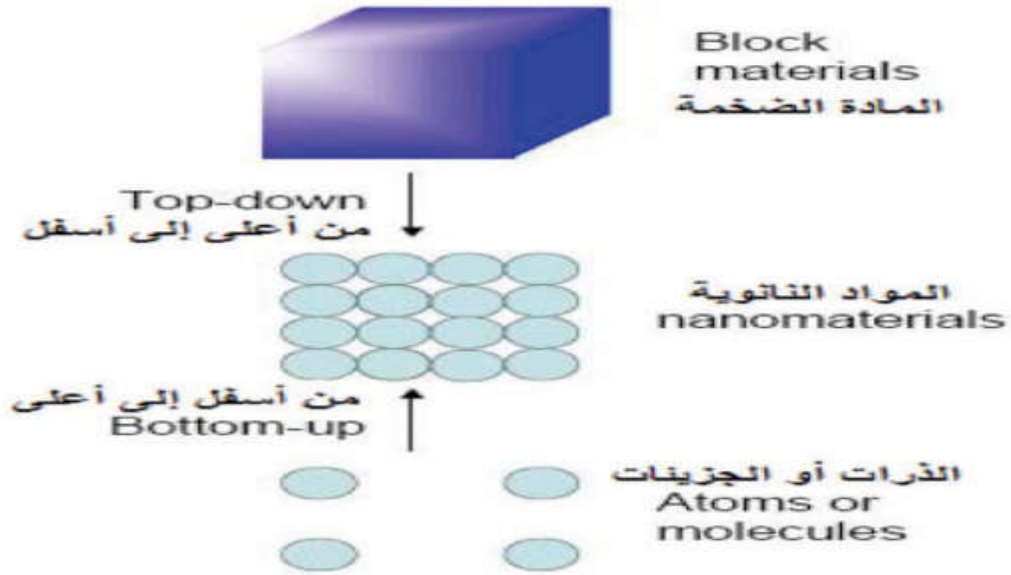
الشكل I-10: يوضح تقنية الطحن الميكانيكي

I-8-2 أسلوب من الأسفل إلى الأعلى

تعتمد هذه الطريقة على جزيئات منفردة كأصغر وحدة وتجمع في تركيب أكبر، وتتميز بصغر حجم النواتج (نانو متر واحد) وقلة هدر المادة الأصلية والحصول على قوة ترابط بين الجسيمات النانوية الناتجة. كما تسمى هذه الطريقة أيضا مقارنة التجميع والترتيب لأنها تتركز على تكبير الذرات والجزيئات الصغيرة من خلال جمعها وترتيبها آليا، وذلك باستخدام أنواع من الميكروسكوبات الإلكترونية تعمل على فحص وتحليل البنية الداخلية للمواد وتكبيرها أكثر من مليون مرة، حتى يستطيع الباحث أن يرى الذرات والجزيئات من خلالها وأهم هذه الميكروسكوبات الإلكترونية **ميكروسكوب القوة الذرية** الذي طورته إيران عدة مرات و**الميكروسكوب النفقي الماسح** الذي أنتجته شركة (STM) اليابانية، الذي طورته مرارا بحيث تستطيع إبرته الدقيقة (مباراه) التقاط الذرات واحدة بواحدة، إعادة ترتيبها وجميعها بمحاك ذرية و متنوعة. وقد كانت هذه الطريقة تعد من الطرق البطيئة و غير الملائمة للإنتاج الصناعي لذا عمل العلماء على تطويرها بحيث يتم تجميع الذرات ذاتيا، عن طريق مزج و تفاعل محاليل المواد النانوية ومراقبتها و السيطرة عليها بهدف الحصول على جزيئات جديدة، تصمم من خلالها الهياكل النانوية المطلوبة. و قد أصبحت سهلة الخطوات و أسرع من غيرها، أي أنها أكثر قدرة على إنتاج مواد نانوية بكميات كبيرة وبنقاوة تصل إلى

99.99%، [1]، [5]

الشكل التالي يوضح أسلوبي إنتاج و تصنيع المواد النانوية:



الشكل I-11: أسلوبي إنتاج و تصنيع المواد النانوية

الفصل الثاني

عموميات حول المجالات الكهر ومغناطيسية

واللف المغزلي الإلكتروني

II - 1 المقدمة

شهدت العقود الأخيرة تقدما سريعا في مسارات الهندسة الكهربائية المختلفة بحيث أن البيئة العامة أصبحت بحرا من الإشارات الكهربائية و المغناطيسية. ويعود أصل المغنطة في المواد المغناطيسية إلى حركة الإلكترونات في الذرة فمن المعروف أن الإلكترون لديه شحنة سالبة و أن حركة الشحنة الكهربائية تولد مجالا مغناطيسيا وبالتالي يولد الإلكترون مجالا مغناطيسيا بطريقتين أولا بفعل حركة الإلكترون حول النواة، وهذه تناظر تيارا كهربائيا في ملف وثانيا بفعل حركة الإلكترون حول نفسه (اللف المغزلي للإلكترون) مما يجعله يولد حقلا مغناطيسيا ، و بالتالي يعتبر الإلكترون في حد ذاته مغناطيسا.

II-2 خلفية تاريخية

اكتشفت العلاقة بين المغناطيسية و الكهربائية في عام 1820 أثناء قيام العالم الدانماركي هانز كريستيان أورستيد بعرض تجربة في محاضرة له حيث وجد أن التيار الكهربائي في السلك يتسبب في انحراف إبرة مغناطيسية موجودة بالقرب من سلك يمر به تيار كهربائي ، و علل السبب في ذلك إلى أن مرور التيار في السلك يتسبب في نشوء مجال مغناطيسي في المنطقة المحيطة به. وبعدها اكتشف بشكل مستقل كل من العالم الدانماركي مايكل فاراداي و العالم الأمريكي جوزيف هنري نفس العلاقة بين الكهربائية و المغناطيسية ، و بينت أعمالهما أن التيار الكهربائي يمكن توليده بواسطة مغناط متحركة و أن المجال المغناطيسي المتغير ينتج مجالا كهربائيا ، وبعد مرور عدة أعوام أثبت العالم ماكسويل بالاشتقاق النظري أن العكس ممكن أيضا أي أن تغير المجال الكهربائي ينتج مجالا مغناطيسيا.[9]

II-3 الفيزياء الكهرومغناطيسية (المغناطيسية الكهربائية)

هو فرع من فروع الفيزياء يدرس العلاقة بين الكهرباء و المغناطيسية ، حيث يؤثر مجال مغناطيسي على شحنة كهربائية و في المقابل يتأثر المجال أيضا بوجود تلك الشحنات و حركتها في هذا المجال. المجال المغناطيسي المتغير يخلق مجالا كهربائيا و بالمثل يخلق المجال الكهربائي المتغير مجالا مغناطيسيا ، و بسبب هذه التبادلية ما بين المجالين الكهربائي و المغناطيسي و الذي يصعب في كثير من الحالات الفصل بينهما، فيصبح من الطبيعي أن نعتبرهم وجهان لعملة واحدة ألا وهي المجال الكهرومغناطيسي.

II-4 الحقل الكهرومغناطيسي

هو حقل فيزيائي ينشأ بسبب الجسيمات المشحونة كهربائياً، بحيث أن أي شحنة تمر من هذا المجال فإنها تتأثر بقوة مغناطيسية يكون اتجاهها عمودياً على اتجاه سرعتها و اتجاه المجال معاً ، بالإضافة إلى قوة كهربائية يكون اتجاهها نفس اتجاه المجال. [13]

II-4-1 القوة الكهرومغناطيسية

هي عبارة عن قوة تنشأ بسبب تأثير فيزيائي معين و يكون هذا التأثير الفيزيائي مكوناً من العلاقة بين القوة الكهربائية و القوة المغناطيسية ، و هي القوة التي يؤثر بها المجال الكهرومغناطيسي على جسيمات مشحونة . الكهرومغناطيسية هي واحدة من قوى الطبيعة الأساسية الأربعة وهي الطاقة الكهرومغناطيسية و النووية الضعيفة و النووية القوية وقوة الجاذبية.

II-4-2 توليد مجال كهرومغناطيسي

عندما يمر تيار كهربائي خلال جزء من السلك فإنه يتولد مجال مغناطيسي حوله. عند لف السلك حول قطعة من المعدن مع ترك القطبين الشمالي و الجنوبي مكشوفين يتمغنط المعدن بحيث يصبح مغناطيساً كهربائياً ، و عادة ما يستخدم تجار الحديد الحردة مغناطيسيات كهربائية ضخمة لالتقاط السيارات القديمة و عند فصل التيار الكهربائي عن المغناطيسي فإنه يفقد قوته و يمكن إسقاط السيارة في مكان آخر. [14]

II-4-3 المجال المغناطيسي

المجال المغناطيسي هو قوة مغناطيسية تنشأ في الحيز المحيط بالجسم المغناطيسي أو الموصل الذي يمر به التيار الكهربائي، أو بتعبير أبسط يمكن وصفها بأنها المنطقة المحيطة بالمغناطيس و يظهر فيها أثره. فإذا وضعت إبرة بوصلة في المجال المغناطيسي ما فإنها توجه نفسها في اتجاه معين في كل جزء من المجال، و الخطوط المرسومة في اتجاه الإبرة عند النقط المختلفة تحدد الوضع العام للخطوط التي هي عليها القوة المغناطيسية في المجال.

ويمكن تمثيل المجال المغناطيسي بخطوط القوة المغناطيسية و هي عبارة عن خطوط وهمية تخرج من القطب الشمالي وتتجه إلى القطب الجنوبي خارج المغناطيس ومن القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي داخله، إن هذا يبين أن خطوط القوة المغناطيسية هي

الفصل الثاني عموميات حول المجالات الكهرومغناطيسية واللف المغزلي الإلكتروني

خطوط مغلقة وذلك لأنه لا يمكن أن يوجد قطب مغناطيسي منفرد عملياً، عكس المجال الكهربائي الذي يمكن أن تتواجد فيه الشحنة الكهربائية منفردة إذ يكون خطاً مفتوحاً.

إن اتجاه خط القوة المغناطيسية في أي نقطة هو اتجاه المجال المغناطيسي في تلك النقطة، فإذا كان خط القوة منحنيًا فان المماس عند نقطة ما فيه يمثل اتجاه المجال المغناطيسي وإذا كان مستقيماً فان اتجاهه يمثل اتجاه المجال مباشرةً.

نلاحظ أن خطوط القوة المغناطيسية لا تتقاطع مع بعضها مطلقاً (شأنها في ذلك شأن خطوط القوة الكهربائية)، لأن تقاطعها في أي نقطة في المجال المغناطيسي يعني أن هناك أكثر من اتجاه للمجال المغناطيسي عند تلك النقطة وهذا مرفوض عملياً. [8][10][11]

II-4-3-1 حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم

عند حركة جسيم مشحون بشحنة q و بسرعة v في مجال مغناطيسي B فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية تعطي بالعلاقة التالية :

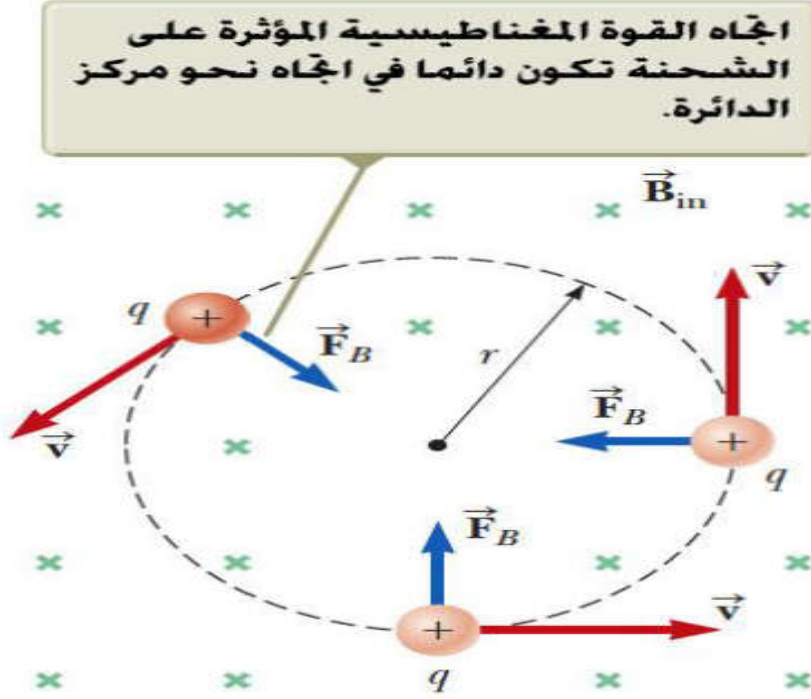
$$F_B = qvB \sin \theta \quad (1-II)$$

إذا كان $B \perp v$ فإن القوة المغناطيسية هي :

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \cdot \vec{B} \quad (2-II)$$

نأخذ حالة جسيم مشحون بشحنة موجبة يتحرك في مجال مغناطيسي بسرعة ابتدائية لها اتجاه عمودي على المجال. يقوم الجسيم بتغيير اتجاه سرعته كاستجابة للقوة المغناطيسية، تبقى القوة المغناطيسية عمودية على السرعة.

حيث يتحرك الجسيم في مسار دائري لأن القوة المغناطيسية F تكون عمودية على كل من v و B و لها قيمة ثابتة تساوي qvB .



الشكل II-1: حركة جسيم مشحون بشحنة موجبة في مجال مغناطيسي منتظم والمسار الدائري الذي يسلكه حيث أن المجال المغناطيسي متجه إلى داخل الورقة

يكون الدوران في عكس عقارب الساعة إذا كان الشحنة q موجبة، أما إذا كانت الشحنة q سالبة فإن اتجاه الدوران يكون مع عقارب الساعة.

سوف نستخدم نموذج جسيم يتحرك تحت تأثير قوة ثابتة لكتابة قانون نيوتن الثاني للجسيم على النحو التالي:

$$F_B = ma \quad (3-II)$$

نستبدل التسارع بالتسارع المركزي على النحو التالي:

$$F_B = qvB = \frac{mv^2}{r} \quad (4-II)$$

من هذه المعادلة نستنتج معادلة نصف قطر المسار الدائري على النحو التالي :

$$r = \frac{mv}{qB} \quad (5-II)$$

الفصل الثاني عموميات حول المجالات الكهرومغناطيسية واللف المغزلي الإلكتروني

هذا يعني أن نصف قطر المسار يتناسب طرديا مع كمية الحركة الخطية mv للجسيم و يتناسب عكسيا مع مقدار الشحنة على الجسيم و كذلك يتناسب عكسيا مع مقدار المجال المغناطيسي .

السرعة الزاوية للجسيم هي السرعة على نصف القطر و تعطي على النحو التالي:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{qB}{m} \quad (6-II)$$

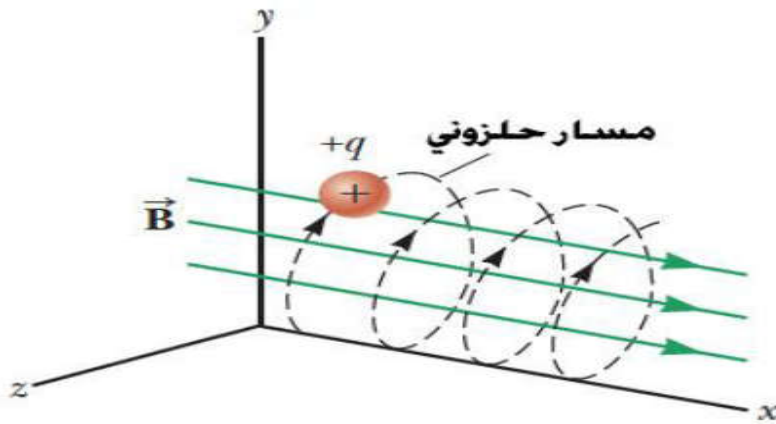
الزمن الدوري للحركة (أي الفترة الزمنية اللازمة للجسيم لإكمال دورة واحدة) تساوي محيط الدائرة مقسوما على سرعة الجسيم. [9]

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{qB} \quad (7-II)$$

لنأخذ حالة جسيم يتحرك باتجاه غير عمودي على المجال ، عندئذ يتحرك في مسار حلزوني (لولبي) كما في الشكل (2-II) ، المقطع العرضي له دائرة نصف قطرها يعطى بالمعادلة:

$$r = \frac{mv}{qB} \sin \theta \quad (8-II)$$

إذ أن θ هي الزاوية المحصورة بين اتجاه B و v ، و $v \sin \theta$ هي مركبة السرعة العمودية على المجال المغناطيسي المسؤولة عن تغيير اتجاه حركة الشحنة فقط دون قيمتها.



الشكل 2-II: الحركة الحلزونية لجسيم في مجال مغناطيسي منتظم

لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية F و اتجاه الضرب الاتجاهي $v.B$ يمكن أن نستعمل اليد اليمنى حيث تشير الأربعة أصابع لليد اليمنى لاتجاه المجال المغناطيسي B أما إصبع الإبهام الممدود الذي يكون عمودي على باقي الأصابع يشير إلى اتجاه القوة F . تكون F في اتجاه إصبع الإبهام إذا كانت الشحنة q موجبة وعكس اتجاه إصبع الإبهام إذا كانت الشحنة q سالبة. وهناك قاعدة بديلة وهو أن الإبهام يشير إلى اتجاه السرعة v و تشير الأصابع الممدودة و التي تكون عمودية على الإبهام على اتجاه المجال المغناطيسي B ومتجه القوة F على الشحنة الموجبة يكون متجهها إلى الخارج من كف اليد اليمنى، القوة المؤثرة على الشحنة السالبة تكون في عكس الاتجاه. [9]

II-4-3-2 خواص القوة المغناطيسية على جسيم مشحون يتحرك في مجال مغناطيسي

مقدار القوة المغناطيسية F المبدولة على جسيم تتناسب طرديا مع الشحنة q و سرعة الجسيم v . عندما يتحرك الجسيم المشحون بشكل موازي مع متجه المجال المغناطيسي فإن القوة المغناطيسية المؤثرة على الجسيم تساوي الصفر. عندما يصنع متجه سرعة الجسيم أي زاوية $\theta \neq 0$ مع المجال المغناطيسي، فإن القوة المغناطيسية تؤثر في اتجاه عمودي على كلا من v و B .

القوة المغناطيسية المبدولة على الشحنة الموجبة تكون في اتجاه معاكس لاتجاه القوة المغناطيسية المبدولة على شحنة سالبة تتحرك في نفس الاتجاه.

مقدار القوة المغناطيسية المبدولة على جسيم متحرك يتناسب طرديا مع $\sin\theta$ حيث أن θ هي الزاوية التي يصنعها متجه سرعة الجسيم مع اتجاه المجال المغناطيسي. [9]

II-4-4 المجال الكهربائي

هو الحيز الذي يظهر فيه تأثير القوة الكهربائية . ويمكن الكشف عن وجود مجال كهربائي عند نقطة ما بوضع جسم مشحون بشحنة q_0 وتسمى شحنة اختبار فإذا تأثرت هذه الشحنة بقوة كهربائية فيعني هذا وجود مجال كهربائي عندها.

خطوط المجال الكهربائي هي خطوط وهمية تمثل المسارات التي تسلكها شحنة صغيرة في مجال كهربائي وهي لا يمكن أن تتقاطع مع بعضها ، تخرج من الشحنة الموجبة إلى الشحنة السالبة ، يدل اتجاه المماس لخط المجال عند أي نقطة على اتجاه المجال الكهربائي في تلك النقطة. تدل كثافة خطوط المجال الكهربائي في منطقة ما على مقدار المجال الكهربائي في تلك المنطقة. [7]

II-4-4-1 حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم

عندما يتحرك جسيم مشحون بشحنة q في مجال كهربائي E فإن القوة الكهربائية المبذولة على الجسيم هي

$$\vec{F} = q\vec{E} \quad (9-II)$$

إذا كانت هذه هي القوة الوحيدة التي تؤثر على الجسيم ، فإنها ستكون القوة المحصلة و تتسبب في تسارع الجسيم و لهذا فإن:

$$\vec{F}_e = q\vec{E} = m\vec{a} \quad (10-II)$$

و تسارع الجسيم هو

$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m} \quad (11-II)$$

إذا كانت E منتظمة (أي أن لها مقدار و اتجاه ثابت) فإن القوة الكهربائية المؤثرة على الجسيم تكون ثابتة و يمكن تطبيق قوانين الحركة عند ثبوت التسارع، إذا كان الجسيم يمتلك شحنة موجبة فإن تسارعه سيكون في اتجاه المجال الكهربائي و إذا كان الجسيم يمتلك شحنة سالبة فإن تسارعه سيكون في عكس اتجاه المجال الكهربائي. [7]

II-4-5 الفروقات الأساسية بين القوة الكهربائية و المغناطيسية

متجه القوة الكهربائية يكون في اتجاه خطوط المجال الكهربائي ، بينما متجه القوة المغناطيسية يكون عموديا على المجال المغناطيسي . تؤثر القوة الكهربائية على الجسيم المشحون بغض النظر إذا كان الجسيم ساكنا أو متحرك ، بينما القوة المغناطيسية تؤثر على الجسيم المشحون فقط عندما يكون متحركا .

تبدل القوة الكهربائية شغلا في إزاحة الجسيم المشحون بينما القوة المغناطيسية المرتبطة مع مجال مغناطيسي مستقر لا تبدل شغلا عندما يتحرك الجسيم لأن القوة المغناطيسية عمودية على اتجاه الإزاحة. [9]

II-4-6 حركة جسيم مشحون في مجال كهرومغناطيسي

شحنة تتحرك بسرعة v في وجود كلا من مجال كهربائي E و مجال مغناطيسي B ، فإنها تتعرض لقوة كهربائية و قوة مغناطيسية . القوة الكلية المؤثرة على الشحنة تعرف باسم قوة لورنتز

قوة لورنتز force Lorentz (قانون القوة الكهرومغناطيسية)

هي القوة المؤثرة على شحنة كهربائية تتحرك في مجال كهربائي و مغناطيسي و سميت بهذا الاسم نسبة إلى مكتشفها العالم الهولندي هندريك لورنتز ، إذن قوة لورنتز هي عبارة عن محصلة القوة المغناطيسية و القوة الكهربائية ، فتكون مقدرا و اتجاهها عبارة عن الجمع الاتجاهي بين القوتين:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (12-II)$$

حيث أن:

F: هي القوة وحدتها نيوتن(N).

E: المجال الكهربائي وحدته فولت لكل متر(v/m).

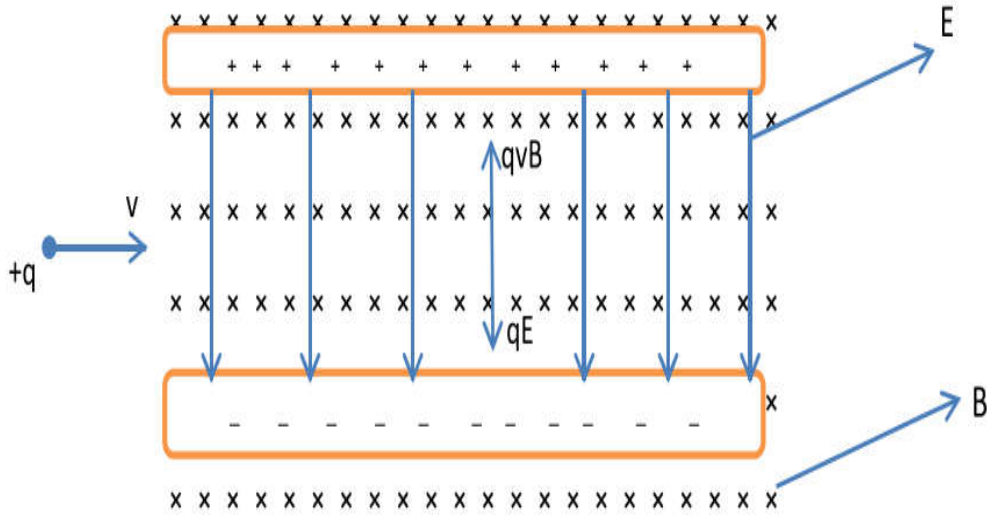
B:المجال المغناطيسي وحدته التسلا(T).

q:الشحنة الكهربائية للجسيم وحدتها الكولوم(C).

v:السرعة الخطية للجسيم وحدتها متر لكل ثانية(m/s).

القوة الكهربائية الناشئة من مجال كهربائي تكون في اتجاه حركة الجسيم و تزيد من سرعته ، و القوة المغناطيسية الناشئة من مجال مغناطيسي لا تزيد من سرعة الجسيم ولكنها -طبقا لإشارة الضرب- تكون عمودية على خطوط المجال المغناطيسي و عمودية في نفس الوقت مع اتجاه حركة الجسيم.[9]

لنفرض أن المجالين المغناطيسي و الكهربائي متعامدان يؤثران بالاتجاهين المبينين في الشكل (3-II) وأن جسيما مشحونا بشحنة مقدارها q قذف في مستوى الورقة بسرعة مقدارها v بالاتجاه المبين.



الشكل II-3: حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي ومجال كهربائي متعامدين

فإذا كانت الشحنة موجبة تولدت عليها قوة كهربائية مقدارها qE باتجاه المجال E و قوة مغناطيسية مقدارها qvB بعكس اتجاه المجال E ، إذا كانت القوتان متساويتان بالمقدار (محصلتهما صفرا) فإن الجسيم يبقى متحركا بخط مستقيم و بنفس السرعة، أما إذا كانت القوتان غير متساويتان بالمقدار فيكتسب الجسيم تعجيلا باتجاه المحصلة و بذلك يتغير اتجاه حركته. إن بقاء الجسم متحركا بسرعه المنتظمة دليل على تساوي القوتين الكهربائية و المغناطيسية المؤثرتين عليه أي أن

$$F_E = F_B$$

$$qE = qvB \quad (13-II)$$

$$v = \frac{E}{B} \quad (14-II)$$

ومن هذه المعادلة نستطيع إيجاد سرعة الجسيم بمجرد معرفتنا للمقدارين E و B . [12]

II-5 اللف المغزلي الإلكتروني

II-5-1 اكتشاف الإلكترون

يعد الإلكترون من الجسيمات الأولية التي تتضمنها المادة رغم خفته و صغر حجمه إلا أن نشاطه الحركي مكن من اكتشافه قبل غيره من مكونات الذرة وقبل الذرة نفسها، تفتن بوجوده العالم الأيرلندي "جورج ستوني" خلال أبحاثه عام 1891 لكن دون إثبات، و في عام 1894 أطلق على هذه الدقائق اسم "eléctron"، وتمكن البريطاني "جوزيف طومسن" عام 1897 من الاكتشاف النهائي للإلكترون وبعدها وضع الدنماركي "نيلز بور" عام 1913 النموذج النهائي للذرة. [6]

II-5-2 خلفية تاريخية

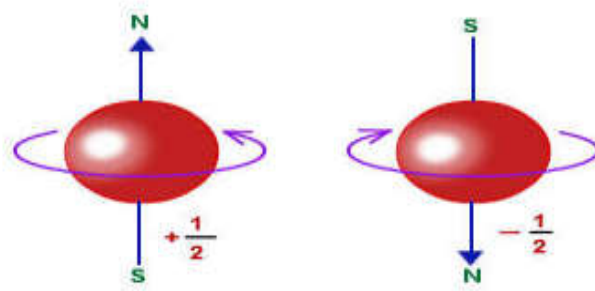
تم اكتشاف وجود اللف المغزلي الذاتي للإلكترون من خلال تجربة ستيرن-جيرلاش عام 1922 (الشكل II-4) نسبة للباحثين الألمانين أوتو ستيرن والتر جيرلاش بمدينة فرانك فورت الألمانية حيث تمت التجربة باستخدام ذرة الفضة، حيث لاحظا انحراف حزمة الذرات إلى قسمين نتيجة لوجود لف ذاتي للذرة. و توصلت الأبحاث إلى غاية 1925 أين تم اكتشاف اللف المغزلي الذاتي للإلكترون. يعبر عن اللف الذاتي للإلكترون بالعدد الكمي المغزلي m ، و هو من الأعداد الكمومية الأربعة و هي العدد الكمي الرئيسي n و العدد الكمي المداري l و العدد الكمي المغناطيسي m و العدد الكمي المغزلي S . [6]



الشكل II-4: تجربة (ستيرن-جيرلاش)

II-5-3 تعريف اللف المغزلي للإلكترون (spin)

من المعروف أن للإلكترون شحنة سالبة و قد اتضح أن دوران الإلكترون حول نفسه يولد عزمًا مغناطيسيًا يمكن أن يأخذ فقط أحد القيمتين $S = \pm \frac{1}{2}$ و ذلك حسب اتجاه الحقل المغناطيسي . يصطلح على دوران الإلكترون حول نفسه في عكس اتجاه عقارب الساعة بالإلكترون ذو اللف العلوي (upSpin)، أما دورانه في اتجاه عقارب الساعة فيصطلح عليه بالإلكترون ذو اللف السفلي (downSpin). [6]



الشكل II-5: اللف العلوي و اللف السفلي للإلكترون

II-5-4 علم اللف المغزلي الإلكتروني

يعتبر علم اللف المغزلي الإلكتروني من مواضيع البحث الحديثة حيث بدأ تناوله في نهاية الثمانينات ، حيث أنه سابقاً في دراسات علوم المواد و الإلكترونيات كان التعامل مع الإلكترون دون الأخذ بعين الاعتبار لفة المغزلي أو إهماله . صحيح أن هذا الإهمال مكن من التقدم في العلوم و التكنولوجيا لكنه كلف غالباً كمثال فإننا في عام 1955 كنا نخرن بالأقراص الصلبة حوالي $2 \text{ cm} / 500 \text{ bits}$ أما حالياً و بفضل علم اللف المغزلي الإلكتروني فإننا نخرن أكثر من $100000000000 \text{ bits} / 2 \text{ cm}$

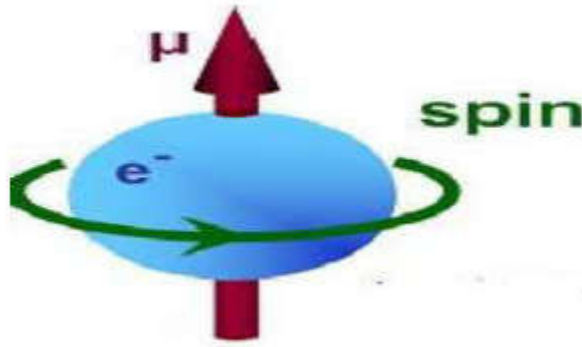
أول من وضع علم اللف المغزلي الإلكتروني على السكة هو الباحث "ألبرت فارت" بجامعة أورساي بفرنسا سنة 1988 و ذلك باكتشافه للمقاومة المغناطيسية العظمى و التي اشتهرت باسم (GMR). [6]

II-5-5 أساسيات علم اللف المغزلي الإلكتروني

عندما نتكلم عن التيار الكهربائي في المادة فيجب علينا ان نحدد أي تيار هذا ، هل هو تيار كهربائي ناتج عن حركة ذات اللف المغزلي العلوي أم الذي هو ناتج عن حركة الإلكترونات ذات اللف المغزلي السفلي . وهل عدد الإلكترونات ذات اللف العلوي بالمادة تتساوي مع عدد الإلكترونات ذات اللف السفلي، ومن هنا ندخل إلى الأساسيات. [6]

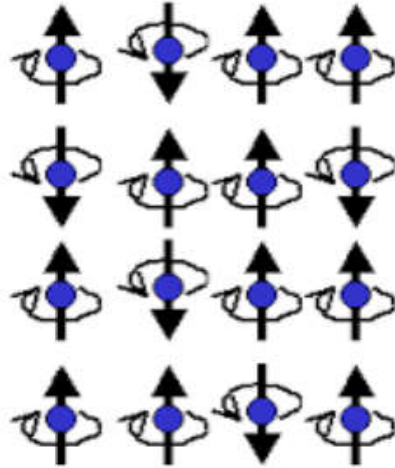
II-5-5-1 أصل المغنطة

إن أصل المغنطة في المواد المغناطيسية يرجع إلى اللف المغزلي للإلكترونات حيث جراء دوران الإلكترونات حول نفسها و نظرا لشحنتها السالبة فإنها تولد حقلا مغناطيسيا .



الشكل II-6: المغنطة في المواد المغناطيسية

و بالتالي يعتبر الإلكترون في حد ذاته مغناطيسا. اتجاه هذا الحقل المغناطيسي يكون إما إلى الأعلى أو إلى الأسفل حسب اتجاه اللف المغزلي. مما يعني انه عند التقاء إلكترونين مختلفين في اللف فإن حقلاهما المغناطيسيان يتنافيان كما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل II-7: اتجاه الحقل المغناطيسي

ومنه نصل إلى أن في المواد الممغنطة تكون فيها عدد الإلكترونات ذات اللف المغزلي العلوي غير متساوية مع عدد الإلكترونات ذات اللف المغزلي السفلي . و في المقابل المواد غير الممغنطة (معدنية، نصف ناقلة، عازلة) تكون عدد الإلكترونات ذات اللف المغزلي العلوي متساوية مع عدد الإلكترونات ذات اللف المغزلي السفلي . [6]

II-5-5-2 انحفاظ اتجاه اللف المغزلي الإلكتروني

خلال انتشار الإلكترونات بالمعادن و بالرغم من وجود العيوب البلورية (الشوائب، الانحلاعات، الفراغات) إلا أننا نحمل أي انقلاب في اتجاهات اللف المغزلي للإلكترونات ، كما يؤدي هذا الانتشار إلى توليد تيارين كهربائيين على التوازي ، و ينسب هذا التقريب إلى الباحث "موت" (Mott). [6]

II-5-5-3 انتشار الإلكترونات مرتبط بلفها

نظرا لاختلاف عدد الإلكترونات ذات اللف العلوي عن عدد الإلكترونات ذات اللف السفلي يتشكل حقل مغناطيسي محلي و ذلك بالمواد الممغنطة كالحديد . و بالتالي فان انتشار الإلكترونات في هذه المواد سيكون حسب لفظها المغزلي أي هل هو موازي تماما للحقل المغناطيسي المحلي بالمادة أم موازي عكسا. [6]

II-5-5-4 تراكم اللف المغزلي بالمناطق البينية

أثناء مرور حزمة من الإلكترونات (تيار كهربائي) من مادة ممغنطة إلى مادة غير ممغنطة فإنها ستتشكل منطقة بينية عازلة تتراكم بها الإلكترونات. حصيلة الإلكترونات ذات اللف العلوي و السفلي في هذه المنطقة ليست بقدر الاختلاف كالمادة الممغنطة و لا هي متساوية كالمادة غير ممغنطة. [6]

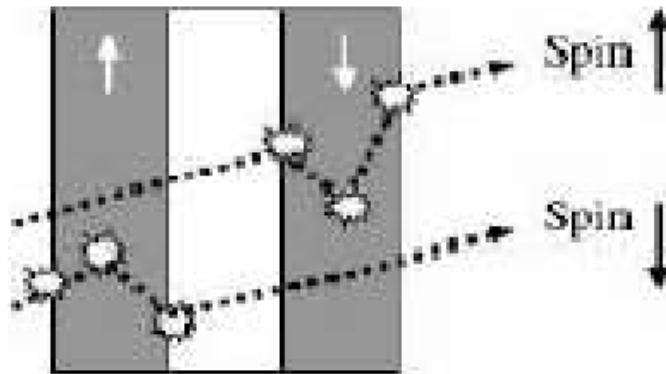
II-5-6 ظواهر اللف المغزلي الإلكتروني

II-5-6-1 المقاومة المغناطيسية العظمى (GMR) (Magnétorésistance Géant)

تم تنفيذ التركيب التجريبي لهذه الظاهرة عام 1988 حيث استخدمت طبقات مترابطة بالتناوب من الحديد و الكروم (FeCr)، تم استخدام حوالي 50 طبقة ثنائية.

يمثل الكروم كمادة غير ممغنطة أما الحديد فتم ممغنطته في كل مرة في اتجاهات مختلفة حسب كل طبقة ، و وفقا لاتجاهات التيار (انتشار الإلكترونات بالطبقات) نتج عن ذلك الحالات التالية:

الحالة 1: ممغنطة طبقتي الحديد متعاكستين في الاتجاه و التيار مار عموديا -CPP(AP):

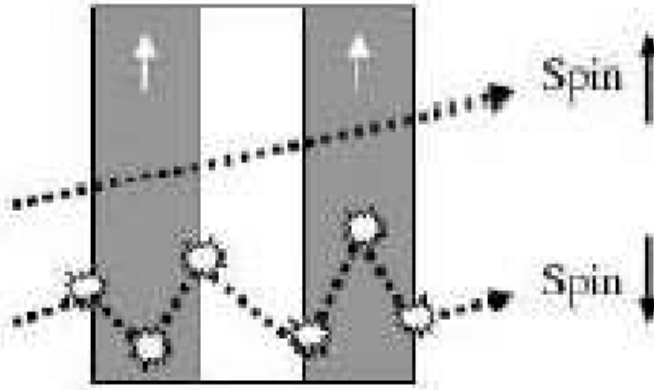


الشكل II-8: الحالة CPP(AP)

في هذه الحالة الإلكترونات ذات اللف العلوي لا تجد أي مقاومة في البداية لكنها تصطدم بمقاومة كبيرة عندما تصل إلى الطبقة الموالية

بينما الإلكترونات ذات اللف السفلي فإنها تعاني مقاومة شديدة في البداية و إذا فلتت بعض الإلكترونات فإنها ستعبر بسهولة الطبقة الموالية. [6]

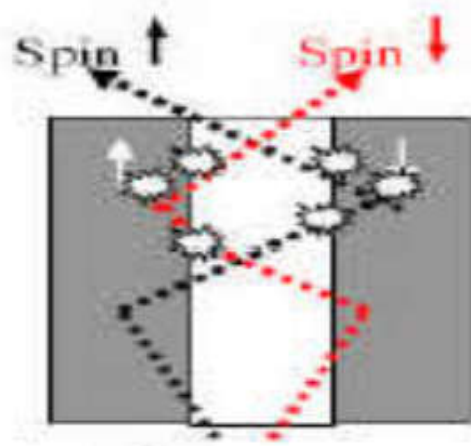
الحالة 2: مغنطة طبقتي الحديد في نفس الاتجاه و التيار مار عموديا -CPP (P):



الشكل II-9: الحالة CPP (P)

في هذه الحالة الإلكترونات ذات اللف العلوي لا تجد أي مقاومة لا في البداية عند عبورها الطبقة الأولى و لا في النهاية عند عبورها الطبقة الثانية. بينما الإلكترونات ذات اللف السفلي فإنها تعاني مقاومة شديدة في البداية و إذا فلتت بعض الإلكترونات فإنها ستعبر بسهولة الطبقة الموالية. [6]

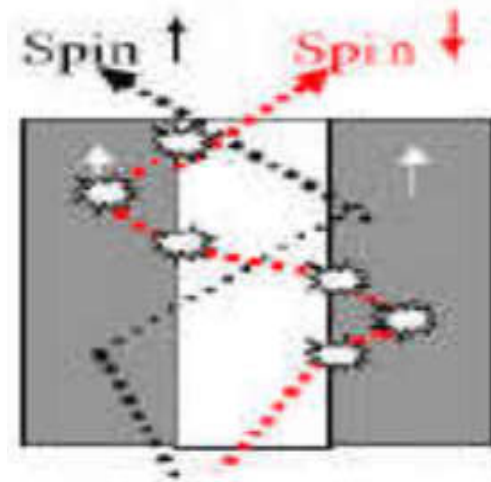
الحالة 3: مغنطة طبقتي الحديد متعاكستين في الاتجاه و التيار مار موازيا- $CIP(AP)$:



الشكل II-10: الحالة $CIP(AP)$

في هذه الحالة تكون حركة الإلكترونات عشوائية في البداية حيث تتخبط في اتجاه حركتها ما بين الطبقتين و جراء هذا التخبط فان جميع الإلكترونات سواء كان لفها علوي او سفلي تتعرض للمقاومة ، و في الأخير الإلكترونات التي تمكنت من الوصول إلى آخر المسار فإنها ستخرج من الطبقة التي تمغنتها يتوافق مع لفها المغزلي الذاتي. [6]

الحالة 4: مغنطة طبقتي الحديد في نفس الاتجاه و التيار مار موازيا - $CIP(P)$:



الشكل II-11: الحالة $CIP(P)$

في هذه الحالة نظرا لكون الطبقتين لهما نفس التمعنط فإنه أكيد أحد الإلكترونين سيمر بدون مقاومة أما الآخر فإنه سيعاني من الطبقتين و هذا جراء تضاد لفة المغزلي مع تمعنط الطبقتين . [6]

II-5-6-2 المقاومة المغناطيسية للنفق TMR (Magnétorésistance Tunnel)

باستخدام طبقتين ممغنطين تتوسطهما طبقة عازلة كما هو موضح في الشكل (II-12) يمكننا ملاحظة المقاومة المغناطيسية للنفق حيث نثبت اتجاه تمعنط الطبقة الأولى أما الطبقة الثانية فيمكننا التحكم في اتجاه تمعنطها نسبة لتمعنط الطبقة الأولى، فإما موازي تماما للحقل المغناطيسي المحلي بالطبقة الأولى أو موازي عكسا.



الشكل II-12: المقاومة المغناطيسية للنفق TMR

عندما يصل التيار الكهربائي إلى الطبقة الأولى فان الإلكترونات التي عزم لفيها المغزلي في نفس اتجاه مغنطة الطبقة هي التي تمر فقط . و بالتالي تتراكم في المنطقة العازلة مشكلة نفقا في انتظار مصيرها .

إذا كانت الطبقة الثانية تمعنطها متوافق مع هذه الإلكترونات المتراكمة فإنها تمر عبر ذات النفق و تكون عندها المقاومة المغناطيسية ضعيفة (الحالة (P)).

أما إذا كانت الطبقة الثانية تمعنطها عكس الإلكترونات المتراكمة فإنها لا تمر و بالتالي فلا يوجد تيار و تكون المقاومة المغناطيسية كبيرة (الحالة (AP)). [6]

II-6 الليزر

II-6-1 تعريف الليزر

كلمة ليزر LASER بالإنجليزية هي الحروف الأولى من عبارة Amplification by Stimulated Light Emission of Radiation ، وهي تعني "تضخيم الضوء بتحفيز الإشعاع المنبعث" و هو تجمع للأشعة الضوئية و تكاثفها بطريقة التداخل البناء ، حيث تتضاعف قوة الضوء نتيجة اتحاد عدد هائل من الموجات الضوئية و تتكون حزمة ضوئية واحدة هي الليزر المعروف. [15]

II-6-2 أشعة الليزر

هو حزمة ضوئية من الإشعاع الكهرومغناطيسي لها مجموعة من الفوتونات المشتركة مع بعضها في التردد و تتطابق موجاتها معا ، مما يؤدي إلى بروز ظاهرة التداخل البناء بين هذه الموجات لتتحول إلى نبضات ضوئية لها طاقة عالية جدا . يمكن أن تكون أشعة الليزر على شكل نبضات متقطعة أو على شكل موجات مستمرة ، إلا أن استخدام الليزر على شكل نبضات يعطي طاقة أكبر خلال وحدة الزمن. [15]

II-6-3 جهاز الليزر

جهاز الليزر عبارة عن مصدر للضوء، يعمل على تجميع الإشعاعات الضوئية، التي تتولد داخل الجهاز، وتركيزها، وتقويتها، على شكل حزمة ضوئية رفيعة جداً في اتجاه واحد مركز، وهي أشعة كهرومغناطيسية متجانسة coherent ومتماسكة، وتستطيع قطع مسافات لا نهائية في خط مستقيم. وتتميز بأنها تزداد شدتها، ويقوي بعضها بعضاً عند الانطلاق. وعملية توليد أشعة الليزر تنتج عن تعريض المواد المختلفة لمصادر إثارة وتغذية خارجية. ويختلف الطول الموجي لأشعة الليزر الناتجة باختلاف المادة التي تنتجها، مع احتفاظها بطبيعتها الأساسية، وخصائصها العامة بوصفها موجة ضوئية، والخصائص العامة للموجات الكهرومغناطيسية. [15]

II-6-4 أنواع الليزر

هناك أنواع مختلفة من أشعة الليزر، تختلف في طولها الموجي، وبالتالي في بعض خواصها. وأهم أنواع الليزر المعروفة حتى الآن هي:

II-6-4-1 ليزر المواد الصلبة

هو الليزر الذي ينتج بواسطة مادة أو خليط من المواد الصلبة ، و من أشهرها ليزر الياقوت وليزر النديميوم الزجاجي النديميومياج وتتميز هذه الليزرات عادة بقدرة خرج عالية وتكون أطوالها الموجية في منطقة تحت الحمراء.[15]

II-6-4-2 ليزر أشباه الموصلات

هو الليزر الذي ينتج بواسطة مادة أو خليط من المواد الصلبة ، و من أشهرها ليزر الياقوت وليزر النديم يوم الزجاجي النديميومياك وتتميز هذه الليزرات عادة بقدرة خرج عالية وتكون أطوالها الموجية في منطقة تحت الحمراء،و يختلف هذا الليزر عن ليزر الحالة الصلبة في طريقة مستويات الطاقة.[15]

II-6-4-3 الليزر الغازي

وهو يعتمد على مادة غازية مثل النيون الهليوم و غاز ثاني أكسيد الكربون ويمكن تشغيلها بنمط نبضي ونمط مستمر أو يتراوح مدى طول الموجة لهذه الليزرات الغازية بين الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي الأشعة تحت الحمراء ، وأشهرها ليزر ثاني أكسيد الكربون، ليزر أيونات الأرقون.[15]

II-6-4-4 الليزر السائل

يتكون الوسط الفعال عادة من جزيئات أصباغ عضوية مذابة عضوية، كصبغة الرودامين مذابة في محلول كحولي وينتج ليزر يمكن التحكم في الطول الموجي الصادر عنه، يتم الحصول على ليزر الصبغة في منطقة تحت الحمراء ،ومن أشهرها ليزر أبخرة المعادن ، ليزرات كيميائية ،ليزرات الإلكترونات الحرة.[15]

II-6-5 ليزر نيدوم ياج

هو ليزر ذو طول موجي 1.064 nm يعمل بنظام نبضات تحمل طاقة في حدود 10 إلى 100 ملي جول وتعتبر هذه الطاقة كافية لانتزاع بعض الجسيمات من المادة، حيث أن كل نبضة تصل إلى العينة يكون لها زمن يتراوح بين 5 إلى 20 نانوثانية. [15]

الفصل الثالث

التصميم التجريبي

وأساسه حركة الجزئية الناقية

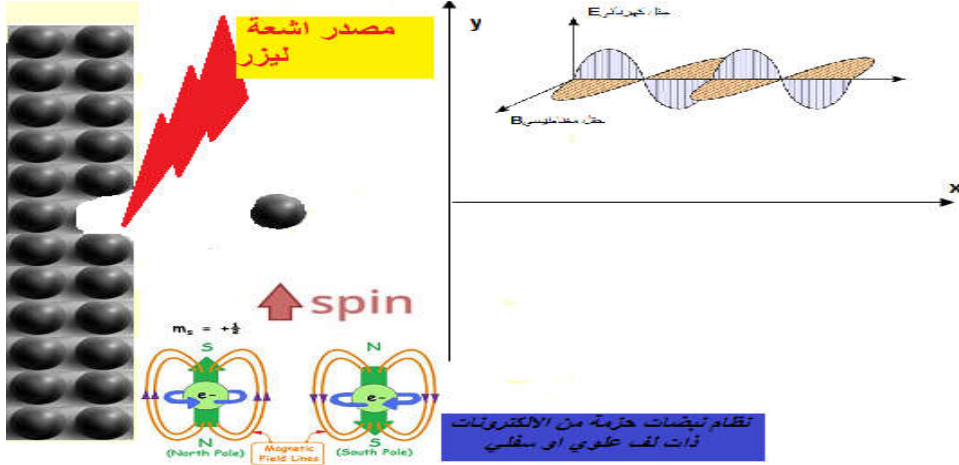
III-1 مقدمة

سنتطرق في هذا الفصل إلى دراسة حركة جزيئات الفولورين المتحررة عن طريق تسليط أشعة الليزر على المادة الأصلية المتجمعة، وذلك بتتبع سيرها عبر الحقل الكهرومغناطيسي واستخراج معادلات الحركة وتحليلها من أجل جزيئة واحدة ثم تعميمها باستعمال البرنامج الرقمي بلغة الفورترن، وذلك من أجل معرفة سلوك هذه الجزيئات النانوية في هذه الظروف .

III-2 شرح التصميم التجريبي

يعتمد هذا التصميم على دراسة حركة جزيئات نانوية (الفولورين) في وسط كهرومغناطيسي، حيث يتم تفكيكها بواسطة الليزر، الشكل (III-1) يوضح التصميم التجريبي لهذه الدراسة . حيث يتكون من مصدر لضخ الليزر، يسלט أشعة الليزر على الفولورين (C60) ويتم ضخ الليزر بواسطة مصباح فلاش ذو تردد 20HZ، وقد استخدم في هذا التصميم التجريبي ليزر نيدوم ياج (Nd :Yag) ذو الطول الموجي (1.064nm) إذ يعمل هذا الأخير بنظام نبضات تحمل طاقة في حدود 10 إلى 100 ملي جول وتعتبر هذه الطاقة كافية لانتزاع بعض الجسيمات من المادة أي تفكيك روابط الكربون، مع العلم أن كل نبضة تصل إلى العينة يكون لها زمن يتراوح بين 5 إلى 20 نانوثانية. عند إطلاق الليزر تتحرر طاقة تفكك روابط الكربون وتمنح جزيئات الفولورين النانوية طاقة كي تتحرك نحو المنطقة التي يتم فيها حقن هذه الكرات النانوية إما بالكترونات ذات لف مغزلي علوي (spin up)، أو إلكترونات ذات لف مغزلي سفلي (spin down) .

بعد المرور عبر منطقة الحقن نتحصل على جزيئات ذات لف مغزلي علوي (spin up)، وأخرى ذات لف مغزلي سفلي (spin down)، حيث تتجه هذه الجزيئات نحو المجال الكهرومغناطيسي وهناك تتم دراسة حركتها عن طريق استخراج معادلات الحركة وتحليلها.



الشكل III-1: تمثل التصميم التجريبي لتفكيك سلسلة من الفولورين

III-3 دراسة إحصائية

III-3-1 طاقة الترابط ما بين الجسيمات

كما ذكرنا سابقا فإن الفولورين مكون من 60 ذرة كربون، وطاقة الرابطة الكربونية C-C تكون في حدود 3.6 إلكترون فولط (eV) أي ما يعادل 5.9×10^{-16} ملي جول (mJ).

III-3-2 الطاقة اللازمة لتفكيك الفولورين

بافتراض أن الفولورينات ترتبط فيما بينها برابطة كربونية فإن هذه الرابطة كما هو معلوم تقدر بـ 3.6 إلكترون فولط أي 5.9×10^{-16} ملي جول، و من أجل تفكيك سلسلة ذات N_b جزيئة الفولورين فإنه يلزم تحطيم N_L رابطة كربونية وذلك وفق العلاقة التالية:

$$N_b = \frac{N_L - 1}{3} \quad (1-III)$$

إذن هناك 2.06×10^{12} رابطة

الطاقة اللازمة فقط هي 0.00122 ملي جول

حيث :

N_L : عدد الروابط

N_b : عدد كريات الفلورين مع 5.7810^{15} كرية

وبالتالي فإن 10 ملي جول تفكك 1.736 رابطة

III-3-4 السرعة الابتدائية التي تغادر بها جزيئة الفولورين السطح

تكتسب جسيمات الفولورين بعد قذفها بأشعة الليزر طاقة حركية، فتنتقل بسرعة ابتدائية تحصل عليها عند تفكك الرابطة

الكربونية ما بين الفولورينات .

وانطلاقا من:

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = E_{c-c} \quad (2-III)$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2E_{c-c}}{m}} \quad (3-III)$$

حيث: E_{c-c} : طاقة الترابط

m : كتلة الفولورين وتقدر بـ $119.65 \cdot 10^{-23}$ g.

بالتعويض نجد أن السرعة الابتدائية التي تغادر بها الفولورينات السطح هي في حدود $v_0=986209.778$:m/s

III-1-4 القوى المؤثرة على الكريات خلال الانتقال

لاستخراج معادلات الحركة لكرية الفلورين النانوية قمنا بدراسة القوى المؤثرة عليها ،داخل الحقل الكهرومغناطيسي ،حيث انطلقنا من قانون نيوتن الثاني للحركة وجدنا أن الكرية تتأثر بقوة الجاذبية وقوة الحقل الكهرومغناطيسي بالإضافة إلى قوة ستوكس ويرمز لها بFs وعبارتها كما يلي :

$$\vec{F}_S = -6\pi\mu r\vec{v} \quad (4-III)$$

حيث :

\mathbf{v} : سرعة السقوط

$$v = \frac{2r^2g\Delta(\rho)}{9\mu} \quad (5-III)$$

r : نصف قطر الكرية النانوية

$\Delta(\rho)$: الفرق ما بين الكتلة الحجمية للكرية والهواء

μ : اللزوجة الديناميكية

III-2 معادلات الحركة

من أجل استخراج معادلات الحركة قسمنا الدراسة إلى حالتين :

➤ **الحالة الأولى:** اعتمدنا على دراسة حركة جزيئة الفولورين النانوية بدلالة التغير في الشحنة.

➤ **الحالة الثانية:** اعتمدنا على دراسة حركة جزيئة الفلورين بدلالة التغير في السبين.

وبالإسقاط حصلنا على معادلات الحركة لكل من الحالتين.

انطلاقاً من:

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{\gamma} \quad (6-III)$$

$$q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} + m\vec{g} = m\vec{\gamma} \quad (7-III)$$

بالإسقاط على محوري الحركة نجد:

$$\begin{cases} qBv_y = m\gamma_x & (8 - III) \\ qE - qBv_x + mg = m\gamma_y & (9 - III) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \gamma_x = \frac{qBv_y}{m} \\ \gamma_y = \frac{qE}{m} - \frac{qBv_x}{m} + g \end{cases}$$

مع الأخذ بعين الاعتبار السرعة الابتدائية v_0

نكامل (8-III) نجد

نكامل (9-III) نجد

$$qEt - qBx + E = m\gamma_y \quad (11 - III)$$

نعوض السرعة بقيمتها في المعادلة (11-III)

حيث :

نجد

$$qEt - qBx + mgt = \frac{m^2}{qB} \gamma_x \quad (12-III)$$

$$qE - qBv_x + mg = -qB\gamma x(13-III)$$

$$\ddot{x} + \frac{q^2 B^2}{m^2} x = \frac{qB}{m^2} (mg + qE)t \quad (14-III)$$

و هذه معادلة تفاضلية من الدرجة الثانية و غير متجانسة من الشكل :

$$\ddot{x} + \beta^2(t) = \alpha.t \quad (15-III)$$

وحلها كالتالي :

$$1- \text{المعادلة المميزة للمعادلة المتجانسة H : } \ddot{x}(t) + \beta^2 x(t) = 0$$

$$d^2 + \beta^2 = 0 \quad \text{من الشكل}$$

$$d_1 = i\beta , \quad d_2 = -i\beta \Delta = -4\beta^2$$

حل المعادلة H من الشكل :

2- نبحث عن حل خاص للمعادلة H : الطرف الثاني وحيد الحد من الدرجة الأولى الحل الخاص يكون من الشكل

$$x = k.t + p , \quad \dot{x} = k , \quad \ddot{x} = 0$$

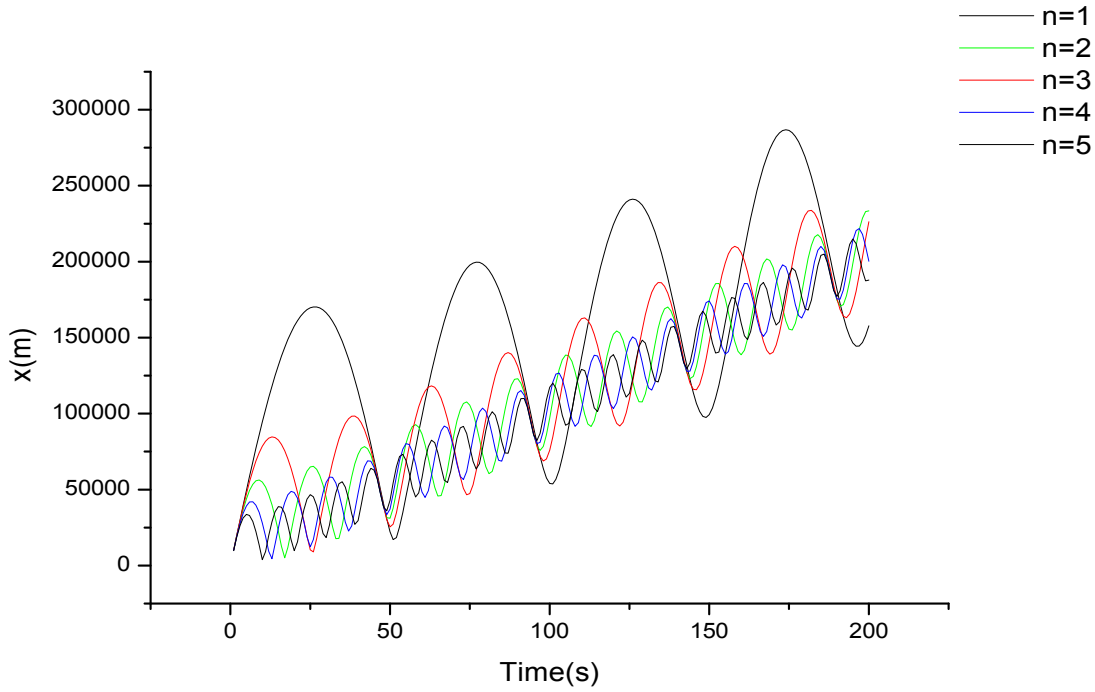
نعوض نجد : p , k

$$p = 0 \quad k = \frac{\alpha}{\beta^2} \text{ بالمطابقة نجد}$$

الحل الخاص لـ H هو :

و منه الحل العام للمعادلة : $\ddot{x}(t) + \beta^2 x(t) = \alpha.t$ هو :

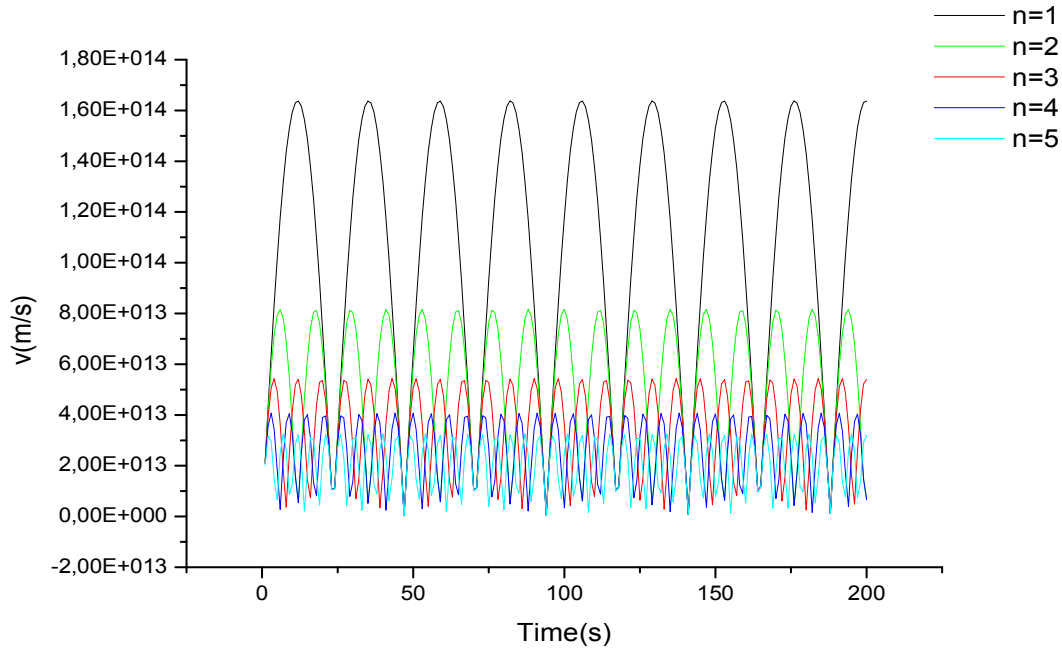
وبالاعتماد على برنامج رقمي بلغة الفورترون و بعد إدراج حل المعادلة التفاضلية مع تثبيت كل من قيم الحقل الكهربائي و الحقل المغناطيسي عند قيم محددة، ومع الأخذ بعين الاعتبار السرعة الابتدائية المحسوبة سابقا، نتحصل على النتائج الموضحة بالأشكال التالية: من الشكل III - 2 إلى الشكل III-15.



الشكل III - 2: منحنى يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في الشحنة (spin down)

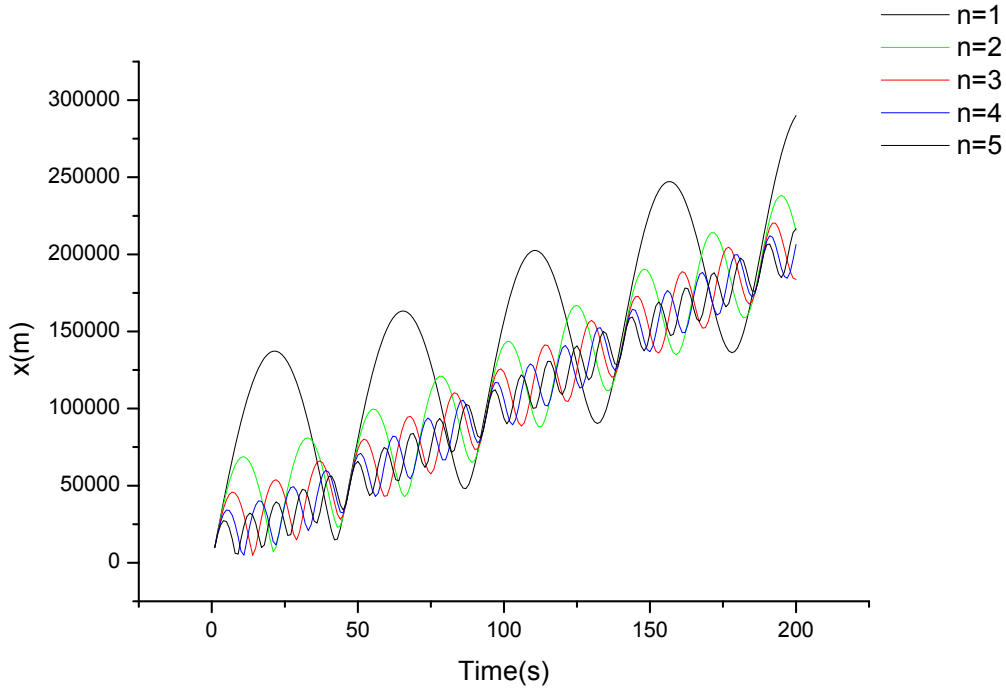
من خلال المنحنى نلاحظ أن القيم العظمى والصغرى للمسافة تكون عندما يأخذ أقل قيمة للشحنة $n=1$

أي كلما زادت شحنة الفولورينات كلما قلت قيمة سرعتها العظمى.



الشكل III-3: منحنى يمثل سرعة جزيئة الفولورين النانوية خلال الزمن بدلالة الشحنة (spin down)

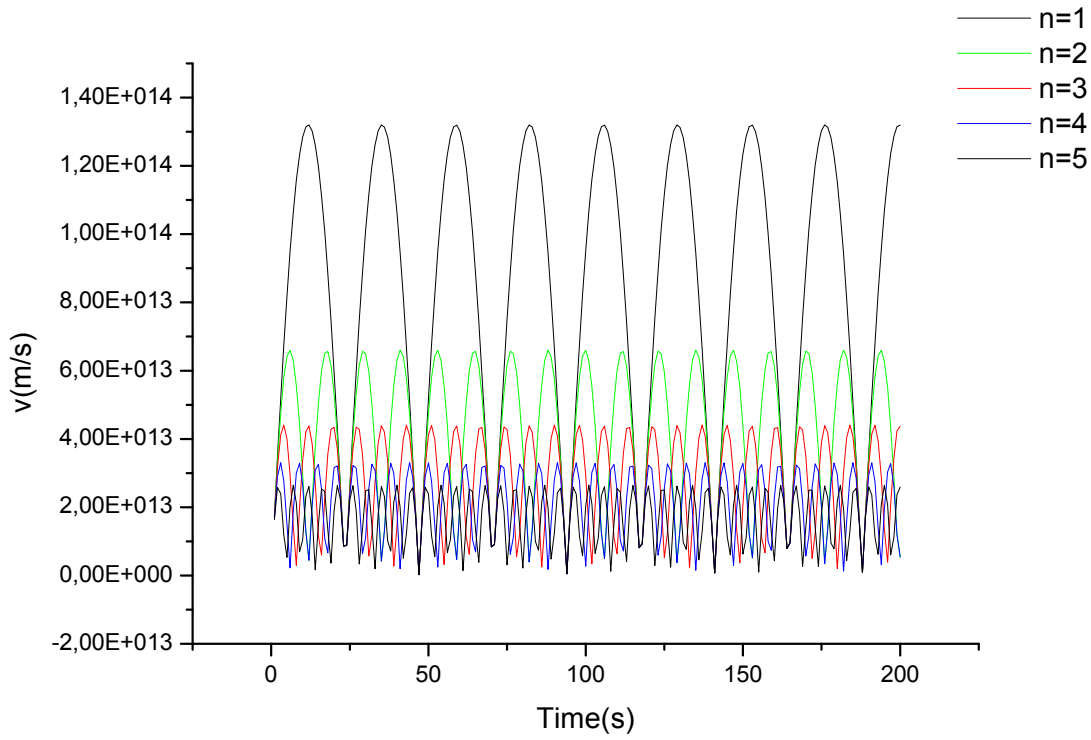
تأخذ السرعة قيمها العظمى عندما تأخذ الشحنة أقل قيمها $n=1$ ، وبالمقابل تأخذ قيمها الصغرى عندما تأخذ الشحنة أكبر قيمها $n=5$. أي كلما زادت شحنة الفولورينات كلما قلت قيمة سرعتها العظمى.



الشكل III-4: منحني يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة الشحنة (spin up)

عندما يكون لدينا spin up نلاحظ أن القيم العظمى للمسافة تكون عندما تأخذ الشحنة القيمة $n=2$.

كما نلاحظ أنه كلما زادت الشحنة قلت القيم العظمى للحركة.



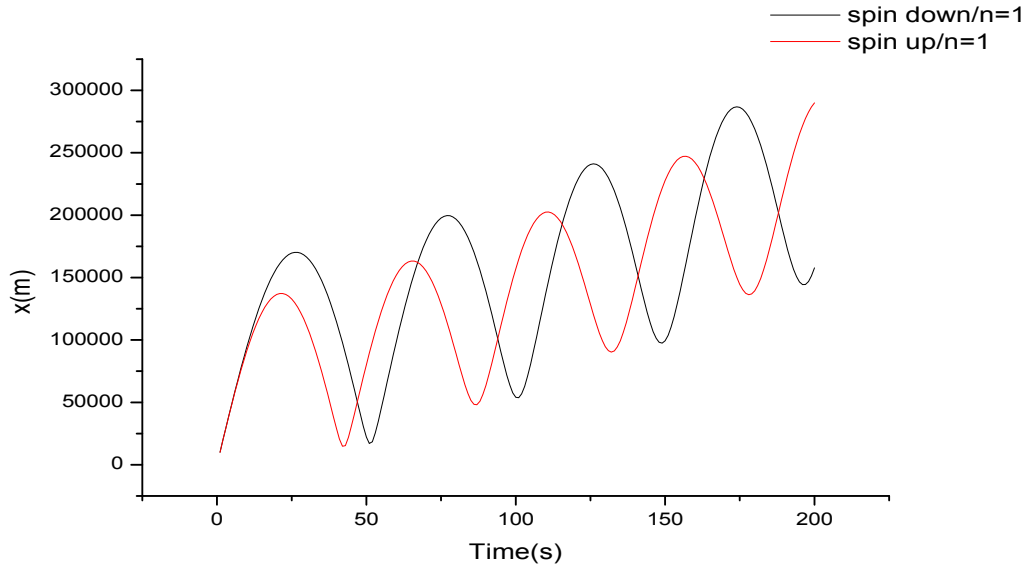
الشكل III -5: منحنى يمثل تغير سرعة جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في الشحنة (spin up)

في هذه الحالة تأخذ السرعة قيمها العظمى عندما تأخذ الشحنة أقل قيمها $n=1$ ، وبالمقابل تأخذ قيمها الصغرى عندما تأخذ

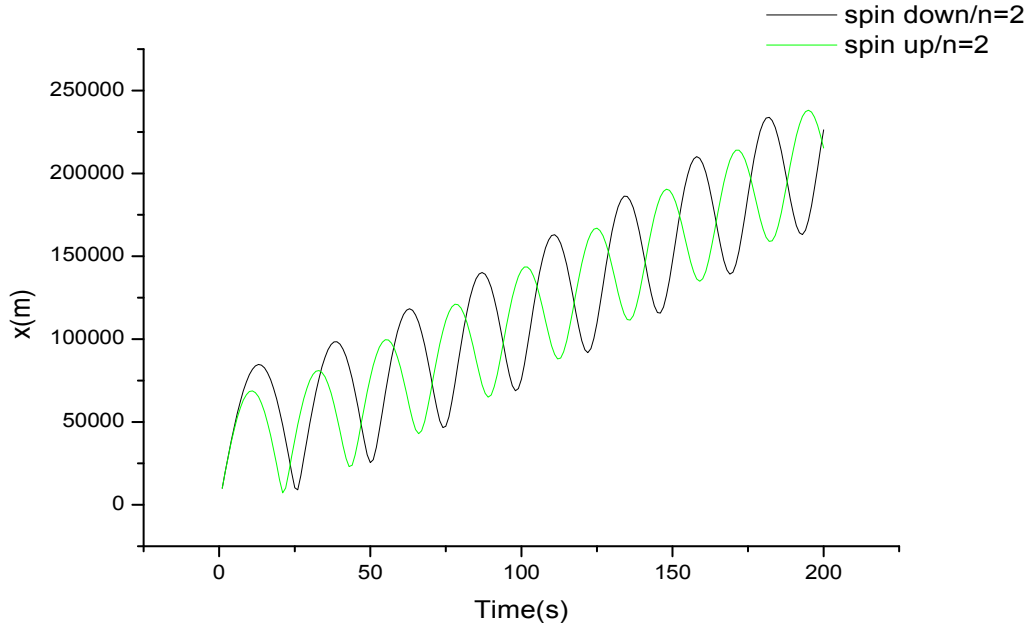
الشحنة أكبر قيمها $n=5$. أي كلما زادت الشحنة قلت قيم السرعة العظمى.

عند ما تسير الشحنة فإنها تتعرض لعملية كبح الحركة كلما زادت الشحنة يزيد الكبح وبالمقابل تقل السرعة، وكلما قلت الشحنة

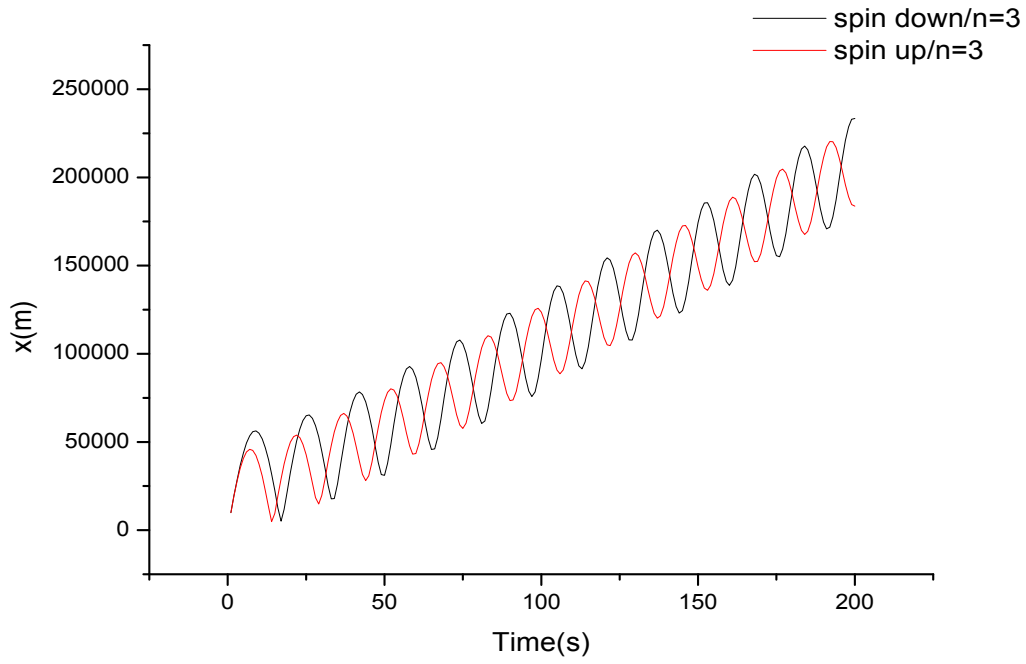
قل الكبح وتزيد السرعة.



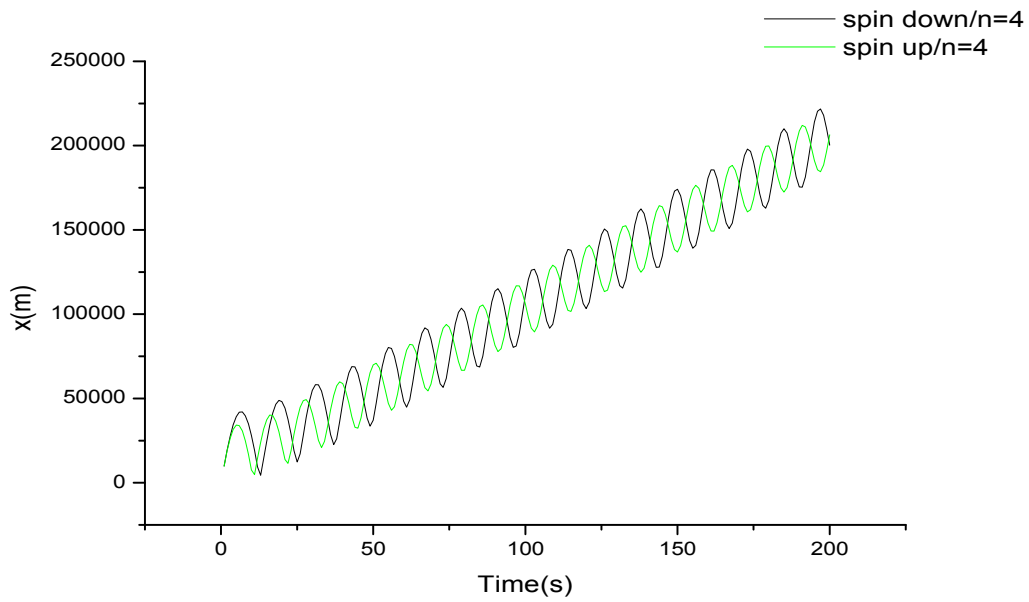
الشكل III-6: منحنى يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين ($n=1$)



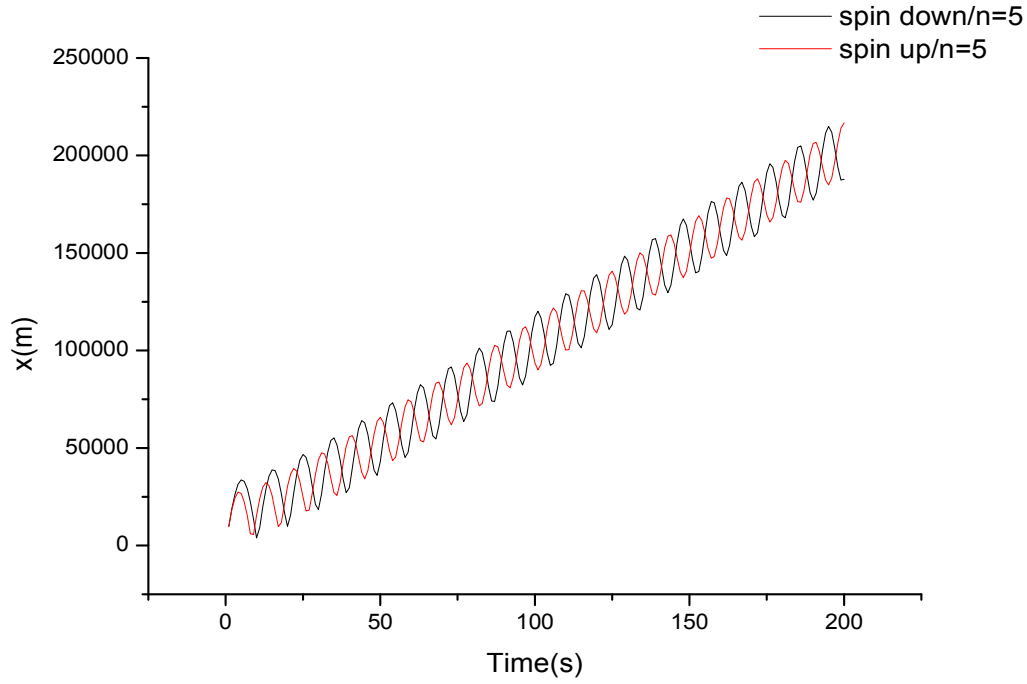
الشكل III-7: منحنى يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين ($n=2$)



الشكل III-8: منحنى يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين ($n=3$)

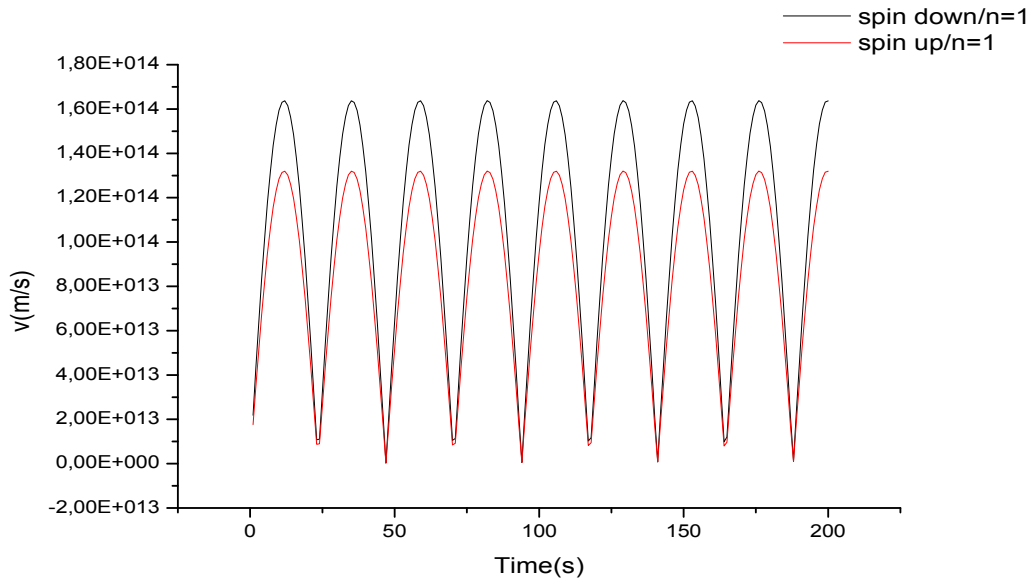


الشكل III-9: منحنى يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين ($n=4$)

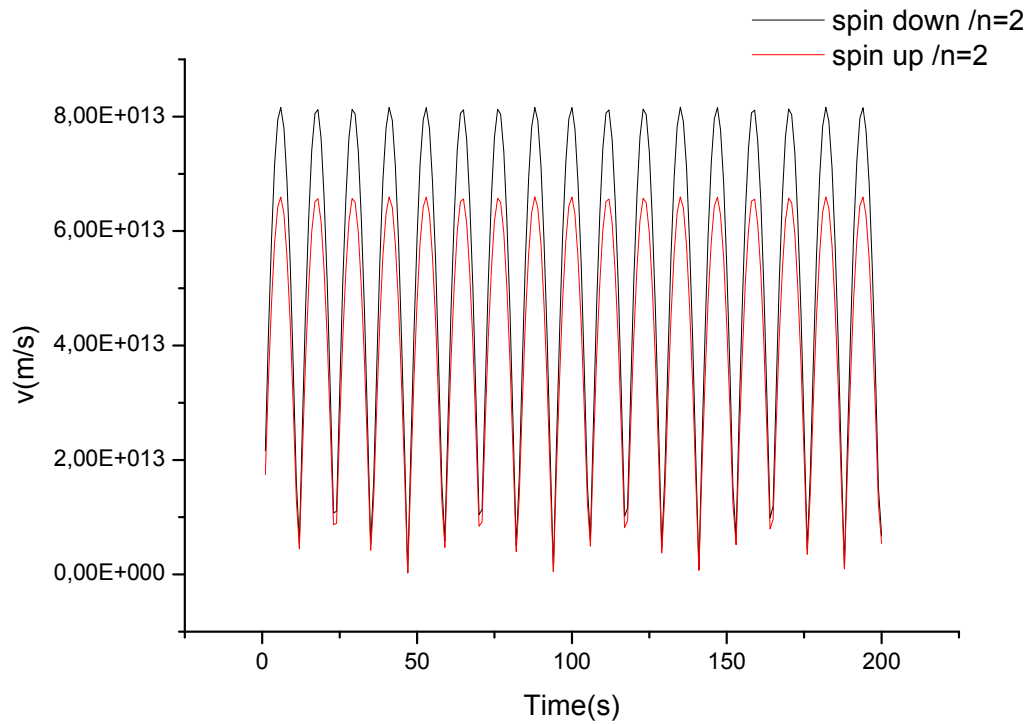


الشكل III-10: منحنى يمثل مسار جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين ($n=5$)

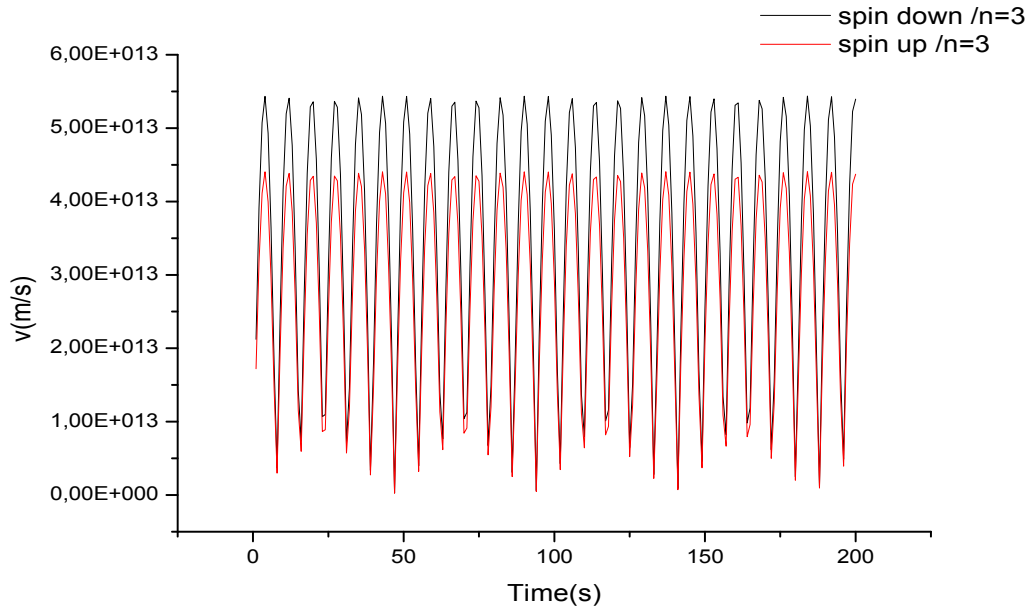
انطلاقاً من الاشكال 6، 7، 8، 9، 10 وعند مقارنة مسار الجزيئة بدلالة التغير في السبين نلاحظ أن المسافة تأخذ قيمها العظمى عندما يكون لدينا (spin down)، وبالمقابل تأخذ قيمها الصغرى عند (spin up). ومن جهة أخرى نلاحظ أن جزيئات الفولورين المشحونة بالإلكترونات ذات سبين سفلي لها مسار أطول من جزيئات الفولورين المشحونة بالإلكترونات ذات السبين العلوي.



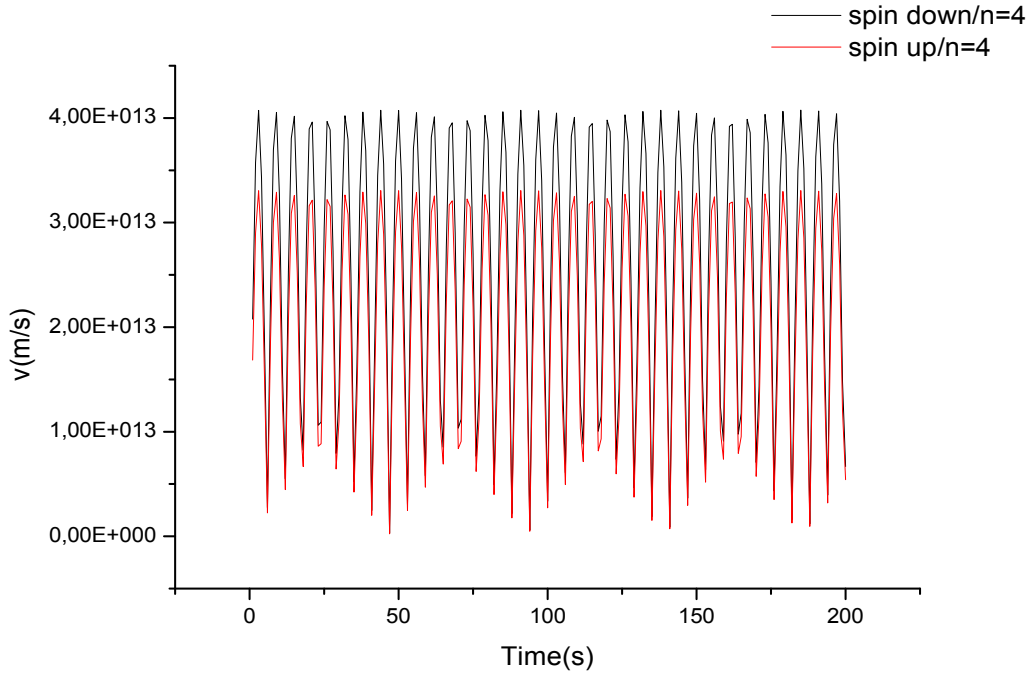
الشكل III-11: منحنى يمثل تغير سرعة جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين ($n=1$)



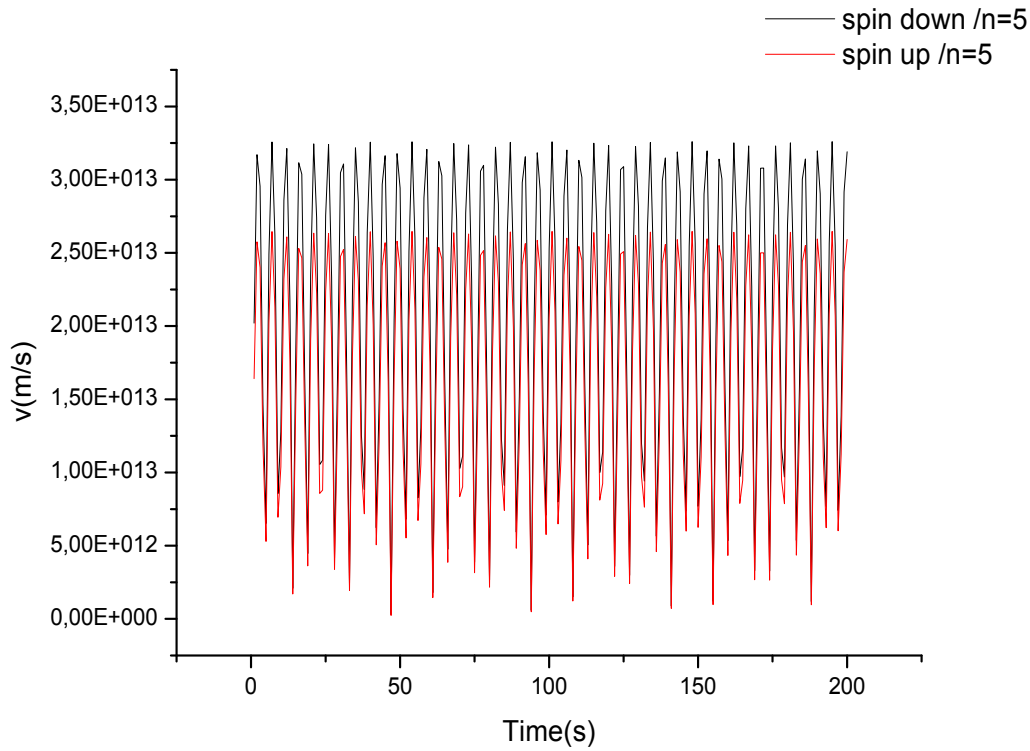
الشكل III-12: منحنى يمثل تغير سرعة جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين ($n=2$)



الشكل III-13: منحنى يمثل تغير سرعة جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين ($n=3$)



الشكل III-14: منحنى يمثل تغير سرعة جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين ($n=4$)



الشكل III-15: منحنى يمثل تغير سرعة جزيئة الفولورين خلال الزمن بدلالة التغير في السبين ($n=5$)

انطلاقاً من الأشكال 11،12،13،14،15 وعند مقارنة تغير سرعة جزيئة الفولورين بدلالة التغير في السبين نلاحظ أن السرعة تأخذ قيمها العظمى عندما يكون لدينا (spin down)، وبالمقابل تأخذ قيمها الصغرى عند (spin up). كما يمكن أن نقول أن جزيئات الفولورين المشحونة بالإلكترونات ذات سبين سفلي أسرع من جزيئات الفولورين المشحونة بالإلكترونات ذات السبين العلوي.

ويرجع ذلك إلى اختلاف اتجاه السبين مع اتجاه الجاذبية، و بما أن السبين السفلي له نفس الاتجاه مع الجاذبية الأرضية فإنه يكون أسرع مقارنة مع السبين العلوي الذي يكون اتجاهه عكس اتجاه الجاذبية الأرضية، و الذي يكون أقل منه سرعة.

الخلاصة

خلال هذا العمل تمكنا من دراسة حركة جزيئة الفولورين مشحونة بإلكترونات ذات سبين محدد، حيث بعد تحليل النتائج المحصل عليها توصلنا إلى أن:

- جزيئات الفولورين المشحونة بالإلكترونات سواء ذات سبين سفلي أو ذات السبين العلوي يقل طول مسارها كلما زادت شحنتها.
- جزيئات الفولورين المشحونة بالإلكترونات سواء ذات سبين سفلي أو ذات السبين العلوي تقل سرعتها العظمى كلما زادت شحنتها.
- جزيئات الفولورين المشحونة بالإلكترونات ذات سبين سفلي لها مسار أطول من جزيئات الفولورين المشحونة بالإلكترونات ذات السبين العلوي.
- جزيئات الفولورين المشحونة بالإلكترونات ذات سبين سفلي أسرع من جزيئات الفولورين المشحونة بالإلكترونات ذات السبين العلوي.

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة

خلال هذه المذكرة درسنا حركة جزيئات الفلورين النانوية في مجال كهرومغناطيسية بتأثير الشحنة و أيضا بتأثير السبين و كما قمنا باستخلاص معادلات و منحنيات الحركة. وقد تطرقنا من أجل ذلك في الفصل الأول إلى كل ما يتعلق بتكنولوجيا النانو و المواد النانوية ، كما قمنا خلال الفصل الثاني من هذه المذكرة بالتعريف بالمجال الكهرومغناطيسي و تأثيره على جسيم مشحون يتحرك داخله إضافة إلى بعض المفاهيم عن اللف الذاتي و الليزر.

اعتمد عملنا هذا في الأساس على تفكيك سلسلة من الفلورين و هو أحد أشكال المواد النانوية حيث قمنا بتفكيكها عن طريق الليزر ثم حققه بسبين ذو لف علوي و سبين ذو لف سفلي تم استخراجنا معادلات الحركة و تمت دراستها و حلها و تمثيل حلها بيانيا كل حسب الحالة المدروسة.

بعد تحليل النتائج المحصل عليها وجد أن جزيئات الفلورين المشحونة بالإلكترونات سواء ذات لف سفلي أو ذات لف علوي يقل طول مسارها و سرعتها العظمى كلما زادت شحنتها. كما أن جزيئات الفلورين المشحونة بالإلكترونات ذات سبين سفلي لها مسار أطول من جزيئات الفلورين المشحونة بالإلكترونات ذات السبين العلوي، كما وجد أيضا أن جزيئات الفلورين المشحونة بالإلكترونات ذات سبين سفلي أسرع من جزيئات الفلورين المشحونة بالإلكترونات ذات السبين العلوي.

المراجعات

المراجع

- [1]: أ.د. محمد شريف الاسكندري ، تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل، مجلة عالم المعرفة أبريل 2010.
- [2]: طارق بن طلال المطيري ، الجامعة الإسلامية بماليزيا، دورة تقنية النانو في الحد من الكوارث 2012
- [3]: علي يوسف، النانو تكنولوجي و تطبيقاته في المستقبل، 2014-2015.
- [4]: د. محمد عبد الستار الشيخلي، حاتم النجدي ، مدخل إلى علم النانويات و تقاناتها ، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية . المنظمة العربية للترجمة.
- [5]: أ.د. محمود محمد سليم صالح ،تقنية النانو و عصر علمي جديد ،مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية .
- [6]: بن مبروك لزهري، مدخل إلى علم الف المغزلي الإلكتروني و تكنولوجيا النانو 2016، جامعة ورقلة .
- [7]: د. حازم فلاح سكيك ،الكهرية و المغناطيسية، من إصدارات المركز العلمي للترجمة.
- [8]: د. محمد بن علي أحمد آل عيسى ،الكهرية و المغناطيسية ،كلية العلوم-جامعة الملك سعود.
- [9]: د. حازم فلاح سكيك ، المغناطيسية و التيار المتردد ، من إصدارات المركز العلمي للترجمة
- [10]: فرانسيس وستن سيرز راجعه د.عبدالله الرسول أحمد درويش ، الكهرية و المغناطيسية ، ترجم في قسم الفيزياء جامعة البصرة كلية التربية.
- [11]: د. محمد بن علي أحمد آل عيسى ،د. محمد بن صالح العبد الله،د. عبد الله راشدي السماري، الفيزياء العامة في الكهراء و المغناطيسية ، دار الخريجين للنشر و التوزيع (1997).
- [12]: نبيل عباس عربي، محاضرات كهربية و مغناطيسية، قسم الفيزياء.
- [13]: د. جمعة محمد داود، أسس وتطبيقات الاستشعار عن بعد، النسخة الأولى 2015 .

[14]: رفاقة سهام، زايدى نصيرة، مذكرة ماستر أكاديمي، دراسة نظام تأمين و إنذار بتقنية GRM بتكنولوجيا اللف المغزلي الإلكتروني، 2016-2017.

[15]: حمدات الباتول، مذكرة ماستر أكاديمي، دراسة أطياف البور الناتجة عن التسامي بالليزر من أجل تحديد درجة الحرارة الإلكترونية للوسط، 2016.

الملخص

في هذا العمل تمت دراسة حركة جزيئات نانوية في مجال كهرومغناطيسي، حيث اعتمد على الفلورين كنموذج للمواد النانوية في هذه الدراسة. في البداية تم تفكيك الفلورين إلى جزيئات باستعمال الليزر، ثم درست تغيرات حركة جزيئة الفلورين مع الزمن خلال مجال كهرومغناطيسي بدلالة الشحنة أولاً ثم بدلالة السبين ثانياً، وقد نتج عن ذلك معرفة سلوك الجزيئات النانوية خلال مجال كهرومغناطيسي.

الكلمات المفتاحية: المواد النانوية، الفلورين، المجال الكهرومغناطيسي، اللف المغزلي، الإلكترون (السبين).

Abstract

In this work we tried to study the movement of nanoparticles in an electromagnetic field, In this study we relied on fluorine as a model for nanomaterials in this study. In the beginning, we decomposed fluorine into molecules using laser. Then we studied the changes in the movement of the fluorine molecule over time in an electromagnetic field in terms of the charge first and then in the second spin, and we were able to know the behavior of the nanoparticles in an electromagnetic field.

Keywords: Nano particles, Fulleren, Electromagnetic field spin.

Résumé

Dans notre travail, nous avons essayé d'étudier le mouvement des nanoparticules dans un champ électromagnétique, où nous avons utilisé le fluor comme modèle pour les nanomatériaux dans cette étude. Au début, nous avons décomposé le fluor en molécules puis nous avons étudié les changements dans le mouvement de la molécule de fluor dans le temps dans un champ électromagnétique en fonction de la charge puis du spin et nous avons pu connaître le comportement des nanoparticules dans un champ électromagnétique.

Mots clés: Nanoparticules, Fulorins, Champ électromagnétique, Spin.