



الجامعة الأسمرية الإسلامية

كلية العلوم

قسم الفيزياء

دراسة توزيع الشحنات الكهربائية النقطية في الموصلات نهائية السمك وبجدار خارجي لايسمح بمرور الشحنات

اسم الطالب/فتحي سالم منصور القموني

اشراف

أ.د. عبد الوهاب خليل الصلابي

أستاذ قسم الفيزياء – جامعة مصراته

بحث مقدم لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير من قسم الفيزياء
بكلية العلوم بالجامعة الأسمرية الإسلامية

بتاريخ / / هـ الموافق / / م



Al-Asmariya Islamic University

Faculty of Science

Department of Physics

Study of Point Charges in Finite-Thickness

Conductors with Hard-Wall Potential

Confinement

Student Name: Fathi Salem Al-Qamouni

Supervisor:

Prof. Dr. Abdulwahab Khalil Sallabi

Professor, Department of Physics – Misurata University

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the

Master's degree in Physics

Faculty of Science – Al-Asmariya Islamic University

Date: ____ / ____ / ____ H

Corresponding to: ____ / ____ / ____ AD



قرار لجنة مناقشة رسالة الإجازة العالية (الماجستير)

عملاً بقرار السيد/ رئيس الجامعة رقم (405) لسنة 2026م، الصادر في 16 / 07 / 2026م، القاضي بتشكيل لجنة لمناقشة رسالة علمية للحصول على درجة الإجازة العالية (الماجستير) في تخصص / الفيزياء المقدمة من الطالب/ فتحي سالم القموني كلية/ العلوم و عنوانها:

((دراسة توزيع الشحنات الكهربائية النقطية في الموصلات نهائية السمك ويجدار خارجي لا يسمح بمرور الشحنات))
وتتكون اللجنة من الاساتذة:

1. أ.د. عبدالوهاب خليل الصلابي جامعة مصراتة مشرف.
2. د. عبدالرحمن رجب النيفرو الجامعة/ جامعة المرقب عضواً.
3. د. مصطفى موسى ديهوم الجامعة/ الاسمية الإسلامية عضواً.

عقدت اللجنة جلسة علنية على تمام الساعة/ العاشرة من صباح يوم/ الأحد الموافق: 2026/ 07 / 26م، بقاعة الاجتماعات بالكلية لمناقشة الرسالة وتقويم مستواها العلمي والمنهج الذي اتبعه الباحث والمصادر التي استخدمها في دراسته، وقررت ما يلي:
بعد اتمام الطالب/ فتحي سالم القموني لمتطلبات الدراسات العليا واجتياز امتحاناتها ومناقشة رسالتها وتقويمها تقرر: إجازتها بدون ملاحظات.

توقيعات أعضاء لجنة المناقشة:

1. أ.د. عبدالوهاب خليل الصلابي التوقيع: الجامعة/ مصراتة
2. د. عبدالرحمن رجب النيفرو التوقيع: الجامعة/ المرقب
3. د. مصطفى موسى ديهوم التوقيع: الجامعة/ الاسمية الإسلامية

يعتمد:

رئيس الجامعة

عميد الكلية



بعد من عشرة (10) نسخ

الإقرار

أُقر أنا فتحي سالم القموني. بأن ما اشتملت عليه الرسالة إنما هو نتاج جهدي الخاص، باستثناء ما تمت

الإشارة إليه حيثما ورد، وأن هذه الرسالة ككل أو أي جزء منها لم يقدم من قبل لنيل أي درجة علمية، أو

بحث علمي لدى أي مؤسسة تعليمية أو بحثية أخرى، وللجامعة حق توظيف الرسالة أو الأطروحة والاستفادة

منها مصدرًا مرجعيًا للمعلومات، لأغراض الاطلاع أو الإعارة أو النشر بما لا يتعارض وحقوق الملكية

الفكرية المقررة بالتشريعات النافذة.

التوقيع. _____ :

التاريخ 2 / / م

Declaration

I, Fathi Salem Al-Qamouni, hereby declare that the work contained in this thesis is the result of my own work, except where otherwise indicated and appropriately referenced. I further declare that this thesis, either in whole or in part, has not previously been submitted for the award of any academic degree or for any research purpose at any other educational or research institution.

The University shall have the right to use this thesis and benefit from it as a reference source of information for the purposes of consultation, lending, or publication, provided that such use does not conflict with the intellectual property rights established under the applicable legislation.

Signature: _____

Date: ____ / ____ / 20____

فهرس المحتويات

الصفحة	الموضوع	ر.م
ك	الملخص	
م	الاهداء	
ن	الشكر والتقدير	
خ	قائمة الجداول	
ح	قائمة الأشكال	

الفصل الاول		
1	المقدمة	
3	مفاهيم أساسية	1.1
3	الشحنة الكهربائية	1.1.1
3	الشحنة الكهربائية النقطية	2.1.1
3	الشحنات الكهربائية المتصلة	3.1.1
4	نظام الاحداثيات	4.1.1
6	قانون كولوم	5.1.1
7	طاقة الوضع الكهربى E_n الكلية لنظام فيزيائي مكون من عديد من الشحنات النقطية	6.1.1
8	الطور	2.1
8	الانتقال الطورى	3.1
8	دراسة وتحديد نوع التغير الطورى	4.1
9	أنواع التغيرات الطورية	5.1
10	بلورة ويغنر	6.1
10	البحث عن الحد الأدنى للطاقة	7.1
11	طريقة تقليل الطاقة	8.1
11	خوارزمية الانحدار	1.8.1
11	طريقة التلدين المحاكاة	2.8.1
12	طريقة المونتي كارلو (Monte Carlo Method)	9.1
12	طريقة المحاكاة الديناميكية للجزيئات (Molecular Dynamics – MD)	10.1
13	المراجعة الادبية	11.1
19	أهداف الدراسة	12.1

الفصل الثاني		
21	طريقة تقليل الطاقة (Energy Minimization)	1.2
22	خطوات المحاكاة باستخدام طريقة تقليل الطاقة.	2.2
23	طريقة اختيار التركيبات الأقل طاقة من بين عدة تراكيب ابتدائية.	3.2
26	الانتقال من التركيب العشوائي إلى التركيب المستقر وتطور النظام عبر الدورات بواسطة طريقة تقليل الطاقة .	4.2

الفصل الثالث		
3.3	نتائج القيم الأقل للطاقة والتركيبات الأكثر استقرارًا لموصل ثنائي الأبعاد متناهي السمك.	31

الفصل الرابع		
1.4	نتائج القيم الأقل للطاقة والتركيبات الأكثر استقرارًا لموصل ثلاثي الأبعاد على شكل متوازي مستطيلات.	51
2.4	الخلاصة.	136
3.4	المراجع.	138

قائمة الجداول

ر.م	الموضوع	الصفحة
1.2	التطور لقيم الطاقة في حالة ($N=30$) من اختيار تركيب ابتدائي عشوائي الي تركيب نهائي باستخدام طريقة تقليل الطاقة .	28
1.3	نتائج قيم الطاقة الدنيا E_N المتحصل عليها باستخدام طريقة تقليل الطاقة. ($2 \leq N \leq 25$) حيث N هو عدد الشحنات، ومقارنة النتائج المتحصل عليها مع النتائج المنشورة وكذلك الخطأ النسبي.	39
2.3	نتائج قيم الطاقة الدنيا E_N المتحصل عليها باستخدام طريقة تقليل الطاقة. من ($26 \leq N \leq 54$) حيث N هو عدد الشحنات، ومقارنة النتائج المتحصل عليها مع النتائج المنشورة وكذلك الخطأ النسبي .	40
3.3	نتائج قيم الطاقة الدنيا E_N المتحصل عليها باستخدام طريقة تقليل الطاقة. ل ($55 \leq N \leq 80$) بالإضافة الي ($200,300,500$) حيث N هو عدد الشحنات، ومقارنة النتائج المتحصل عليها مع النتائج المنشورة وكذلك الخطأ النسبي .	41
1.4	نتائج قيم الطاقة الدنيا E_N المتحصل عليها باستخدام طريقة تقليل الطاقة في ثلاث أبعاد . ($2 \leq N \leq 80$) بالإضافة الي ($200,300,500$) حيث N هو عدد الشحنات	135

قائمة الأشكال

ر.م	الموضوع	الصفحة
1.1	يوضح أنواع التوزيعات المختلفة للشحنة الكهربائية.	3
2.1	موضع الشحنة الكهربائية النقطية Q في نظام الإحداثيات الكارتيزية ثلاثي الأبعاد، حيث تُحدد الشحنة من خلال الإحداثيات (x, y, z) التي تمثل إسقاط موقعها على المحاور الثلاثة المتعامدة x, y, z . عبّر عن موضع الشحنة بمتجه الموضع $\vec{r}$ الذي يمتد من نقطة الأصل $(0,0,0)$ إلى موضع الشحنة في الفضاء، ويُعطى بالعلاقة $\vec{r} = x\hat{x} + y\hat{y} + z\hat{z}$.	5

7	مواضع الشحنات ومتجه الموضع الشحنة i و الشحنة j على الاحداثيات الكارتيزية يدل المحور باللون الازرق على المحور z والمحور x باللون الاحمر والمحور y باللون الأخضر و $\vec{r}_i$ متجه موضع الشحنة Q_i و $\vec{r}_j$ متجه موضع الشحنة Q_j و $ \vec{r}_i - \vec{r}_j $ هي والمسافة بين الشحنة i والشحنة j .	3.1
10	أنواع التحولات الطورية اعتمادا لتغير درجة الحرارة.	4.1
25	التركيبات الابتدائية العشوائية والتركيبات النهائية لنظام فيزيائي مكون من ثلاث شحنات كهربية نقطية متشابهة في النوع ومتساوية في المقدار على موصل مربع الشكل متناهي السمك، وتتفاعل الشحنات الكهربائية النقطية وفق لقانون كولوم ويجهد (Hard – wall)	1.2
27	التطور لنظام فيزيائي في حالة ($N=30$) بداية من تركيب ابتدائي عشوائي الي تركيب نهائي مستقر.	2.2
42	الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($2 \leq N \leq 10$). النقاط تدل على الشحنة الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار.	1.3
43	الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($11 \leq N \leq 19$). النقاط تدل على الشحنة الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .	2.3
44	الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($20 \leq N \leq 31$). النقاط تدل على الشحنة الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .	3.3
45	الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($32 \leq N \leq 43$). النقاط تدل على الشحنة الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .	4.3
46	الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($44 \leq N \leq 55$). النقاط تدل على الشحنة الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .	5.3
47	الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($56 \leq N \leq 67$). النقاط تدل على الشحنة الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .	6.3
48	الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($68 \leq N \leq 79$). النقاط تدل على الشحنة الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .	7.3
49	الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($N=80,200,300,500$). النقاط تدل على الشحنة الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .	8.3
51	مثال توضيحي للتركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من شحنتين كهربيتين نقطيتين متساويتين في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك	1.4

	أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول، وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ،حيث S_1 يدل الجانب الاول و S_2 على الجانب الثاني باللون الأحمر و S_3 على الجانب الثالث و S_4 على الجانب الرابع باللون البنفسجي و S_5 على الجانب الخامس و S_6 على الجانب السادس باللون الأخضر.	
2.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 2 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول، وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	52
3.4	اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متمائل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .	52
4.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 3 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول، وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ،حيث تدل S على جانب من الجوانب الستة للموصل الثلاثي الأبعاد.	53
5.4	اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متمائل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .	53
6.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 4 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول، وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	54
7.4	اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متمائل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .	54
8.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 5 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول، وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	55
9.4	شحنة كهربية نقطية واحدة داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) .وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	55
10.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 6 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول، وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ،	56

	حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	
56	اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متماثل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .	11.4
57	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 7 شحنات كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول، وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	12.4
57	اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متماثل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .	13.4
58	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 8 شحنات كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول، وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	14.4
58	اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متماثل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .	15.4
59	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 9 شحنات كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول، وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	16.4
59	اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متماثل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .	17.4
60	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 10 شحنات كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول، وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	18.4
60	اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متماثل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .	19.4
61	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 11 شحنة كهربائية نقطية متساوية	20.4

	في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول، وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	
21.4	اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متماثل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .	61
22.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 12 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	62
23.4	اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متماثل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .	62
24.3	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 13 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	63
25.4	شحنة كهربية نقطية واحدة داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) . وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	63
26.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 14 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	64
27.4	شحنة كهربية نقطية واحدة داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) . وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	64
28.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 15 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	65
29.4	شحنة كهربية نقطية واحدة داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) . وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	65
30.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 16 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه	66

	الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	
31.4	شحنة كهربية نقطية واحدة داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	66
32.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 17 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	67
33.4	شحنة كهربية نقطية واحدة داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	67
34.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 18 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	68
35.4	شحنتين كهربييتين نقطيتين داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	68
36.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 19 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	69
37.4	ثلاث شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	69
38.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 20 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	70
39.4	شحنتين كهربييتين نقطيتين داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	70
40.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 21 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	71

41.4	شحنتين كهربيتين نقطيتين داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	71
42.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 22 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	72
43.4	شحنتين كهربيتين نقطيتين داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	72
44.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 23 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	73
45.4	ثلاث شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	73
46.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 24 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	74
47.4	أربعة شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	74
48.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 25 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	75
49.4	أربعة شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	75
50.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 26 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	76
51.4	أربعة شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على	76

	جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	
77	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 27 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	52.4
77	خمسة شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) . وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	53.4
78	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 28 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	54.4
78	أربعة شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) . وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	55.4
79	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 29 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	56.4
79	أربعة شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) . وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	57.4
80	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 30 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	58.4
80	ست شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) . وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	59.4
81	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 31 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	60.4
81	سبعة شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) . وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	61.4

62.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 32 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	82
63.4	ست شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) . وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	82
64.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 33 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	83
65.4	ست شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) . وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	83
66.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 34 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	84
67.4	ست شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) . وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	84
68.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 35 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث تدل S على جانب من الجوانب الستة للموصل الثلاثي الأبعاد.	85
69.4	سبعة شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) . وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	85
70.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 36 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	86
71.4	ثمانية شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) . وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	86
72.4	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 37 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع	87

	و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	
87	تسعة شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	73.4
88	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 38 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	74.4
88	تسعة شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	75.4
89	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 39 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	76.4
89	تسعة شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	77.4
90	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 40 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	78.4
90	تسعة شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	79.4
91	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 41 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	80.4
91	تسعة شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	81.4
92	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 42 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	82.4
92	عشر شحنات كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات	83.4

	كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	
93	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 43 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	84.4
93	11 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	85.4
94	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 44 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	86.4
94	12 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	87.4
95	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 45 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	88.4
95	13 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	89.4
96	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 46 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	90.4
96	13 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	91.4
97	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 47 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	92.4
97	13 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد	93.4

	لنفس النظام كما بالشكل (B).	
98	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 48 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	94.4
98	12 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	95.4
99	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 49 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	96.4
99	13 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	97.4
100	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 50 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	98.4
100	14 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	99.4
101	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 51 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	100.4
101	15 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	101.4
102	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 52 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	102.4
102	16 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B)..	103.4
103	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 53 شحنة كهربية نقطية في	104.4

	المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	
103	16 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B)..	105.4
104	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 54 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	106.4
104	15 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	107.4
105	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 55 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	108.4
105	16 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	109.4
106	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 56 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	110.4
106	16 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	111.4
107	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 57 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	112.4
107	17 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	113.4
108	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 58 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع	114.4

	و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	
108	18 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	115.4
109	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 59 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	116.4
109	19 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	117.4
110	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 60 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	118.4
110	20 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	119.4
111	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 61 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	120.4
111	21 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	121.4
112	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 62 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	122.4
112	18 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	123.4
113	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 63 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	124.4
113	19 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات	125.4

	كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	
114	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 64 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	126.4
114	20 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	127.4
115	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 65 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	128.4
115	21 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	129.4
116	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 66 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	130.4
116	22 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	131.4
117	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 67 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	132.4
117	23 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B)..	133.4
118	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 68 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	134.4
118	24 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد	135.4

	لنفس النظام كما بالشكل (B).	
119	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 69 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ،حيث تدل S على جانب من الجوانب الستة للموصل الثلاثي الأبعاد.	136.4
119	25 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) .وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	137.4
120	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 70 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	138.4
120	21 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) .وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	139.4
121	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 71 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	140.4
121	23 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) .وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	141.4
122	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 72 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	142.4
122	24 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) .وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	143.4
123	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 73 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	144.4
123	25 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) .وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	145.4
124	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 74 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ،حيث تدل S على جانب	146.4

	من الجوانب الستة للموصل الثلاثي الأبعاد.	
124	26 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	147.4
125	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 75 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	148.4
125	27 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	149.4
126	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 76 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	150.4
126	28 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	151.4
127	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 77 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	152.4
127	29 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	153.4
128	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 78 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	154.4
128	30 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	155.4
129	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 79 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	156.4
129	30 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات	157.4

	كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	
130	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 80 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	158.4
130	30 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	159.4
131	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 200 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	160.4
131	109 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	161.4
132	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 300 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	162.4
132	173 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	163.4
133	التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 500 شحنة كهربية نقطية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.	164.4
133	328 شحنة كهربية نقطية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).	165.4

الملخص

طريقة تقليل الطاقة استخدمت لدراسة التركيبات المستقرة التي تكونها مجموعة من الشحنات الكهربائية النقطية عددها N و محصورة بجدار يمنع خروجها خارج موصل على شكل مربع ثنائي البعد، هذه الشحنات الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار تتفاعل فيزيائياً فيما بينها وفق قانون كولوم. بينت نتائج هذه الطريقة انه اذا كان عدد الشحنات (2,3,4,6,8,9,10,11,12) فان جميع الشحنات الكهربائية النقطية تستقر بشكل منتظم على حواف المربع. أما اذا كان عدد الشحنات النقطية 5 وأكبر من 12 فان بعض الشحنات الكهربائية النقطية تستقر بشكل منتظم على حواف المربع بينما تستقر باقي الشحنات النقطية داخل الموصل و تكون تراكيب منتظمة الشكل داخل و على حواف المربع. قيم طاقة الاستقرار الكلية التي تم حسابها كانت متوافقة مع القيم المنشورة. اشكال التراكيب المستقرة لتي تكونها هذه الشحنات الكهربائية النقطية داخل وعلى حافة الموصل المربع المتناهي السمك متوافقة ايضاً مع تلك المنشورة في الدراسات السابقة. تم ايضاً حساب طاقة الاستقرار و ايجاد التراكيب التي تكونها الشحنات الكهربائية النقطية في حالة $N=200,300,500$ و هي حالات لم تدرس من قبل وقد وجد انها تكون تراكيب سداسية داخل المربع و يزداد وضوح هذه التراكيب السداسية بزيادة عدد الشحنات.

كما بينت نتائج المحاكاة بطريقة تقليل الطاقة أن الشحنات الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار وتتفاعل هذه الشحنات الكهربائية النقطية وفق قانون كولوم تستقر داخل وعلى حافة الموصل ثلاثي البعد على شكل متوازي المستطيلات محدود السمك ، وكذلك بينت نتائج حساب طاقة الاستقرار الكلية والتراكيب الأكثر استقراراً التي تكونها الشحنات الكهربائية النقطية داخل وعلى حافة الموصل ثلاثي البعد على شكل متوازي المستطيلات محدود السمك التي لم يتم حسابها من قبل لأنظمة مكونة من (2 - 80) بالإضافة الي (200,300,500) حيث بينت التراكيب المستقرة التي تكونها (200,300,500) بوجود تراكيب سداسية داخلية وتزداد هذه التراكيب بزيادة عدد الشحنات الكهربائية.

وظهر شحنة كهربية نقطية منفردة فقط في منتصف الجانب الخامس لنظام يتكون من 29 من الشحنات الكهربية النقطية، وظهر شحنة كهربية نقطية منفردة فقط في منتصف الجانب السادس للأنظمة التي تتكون من (70 و 73) من الشحنات الكهربية النقطية.

Abstract

The energy minimization method was employed to investigate the stable configurations formed by a system of N point electric charges confined by a boundary that prevents them from escaping a two-dimensional square-shaped conductor. These point charges are identical in type and equal in magnitude, and they interact with one another according to Coulomb's law. The results show that for charge numbers $N = 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11$, and 12 , all point charges arrange themselves uniformly along the edges of the square. However, for charge numbers greater than 12 , except for $N = 5$, some of the point charges settle uniformly along the edges of the square, while the remaining charges occupy the interior of the conductor, forming regular configurations both inside the square and along its boundaries.

The calculated total equilibrium energy values are in good agreement with those reported in the literature. Furthermore, the shapes of the stable configurations formed by these point charges inside and along the edges of a square conductor of finite thickness are also consistent with previously published results.

In addition, the equilibrium energy and the charge configurations were calculated for the cases $N = 200, 300$, and 500 , which have not been studied previously. The results indicate that the charges form hexagonal structures within the square, and the clarity of these hexagonal arrangements increases as the number of charges increases.

The simulation results obtained using the energy minimization method also demonstrate that identical point electric charges interacting via Coulomb's law settle both inside and on the surface of a three-dimensional conductor in the shape of a finite-thickness rectangular parallelepiped. The total equilibrium energy and the most stable configurations formed by the point charges inside and on the surface of this three-dimensional conductor were calculated for systems consisting of $N = 2$ to 80 , as well as for $N = 200, 300$, and 500 . These cases had not been previously investigated. The stable configurations for $N = 200, 300$, and 500 exhibit internal hexagonal structures, which become more pronounced with increasing charge number.

Moreover, the appearance of a single isolated point charge at the midpoint of the fifth face was observed for a system consisting of 29 point charges, while a single isolated point charge appears at the midpoint of the sixth face for systems consisting of 70 and 73 point charges.

الاهداء

إلى من غرسا في قلبي حب العلم، وبذرا في روحي الطموح والأمل...
إلى والديّ العزيزين، نبض قلبي، وسندي في الحياة، ومصدر قوتي وإلهامي...
إلى إخوتي وأخواتي، من كانوا دوماً السند والدعم في كل المراحل...
وإلى كل من قدّم لي كلمة طيبة، أو دعوة صادقة، أو لحظة صبر...

أهدي هذه الرسالة عربون وفاء وتقدير لجهودكم، وامتناناً لدعمكم

المتواصل،

فلكم - بعد الله - الفضل فيما أنجزت، ولكم في قلبي أعظم الشكر وأصدق

الدعاء

الشكر والتقدير

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، والصلاة والسلام على سيدنا محمد، وعلى آله وصحبه أجمعين.

أتوجّه بحمدٍ عظيم وشكرٍ لا ينقطع لله تعالى، الذي منّ على بتوفيقه وإعانتة حتى أتممت هذه الرسالة.

ثم أرفع أسمى آيات الشكر والعرفان والتقدير إلى أستاذي الفاضل والمشرف على رسالتي

الاستاذ الدكتور عبد الوهاب خليل الصلابي

لما قدّمه لي من دعمٍ مستمر، وتوجيهات نيرة، وملاحظات علمية بناءة، ساهمت في إخراج هذه الرسالة على الوجه المطلوب، لقد كان لتواضعه وكرمه أخلاقه، وسعة صدره، بالغ الأثر في مسيرتي البحثية، فله مني كل الشكر والامتنان.

كما أتوجه بالشكر الجزيل لكلية العلوم مصراته - قسم الفيزياء لتوفيرهم لي معمل الفيزياء الحاسوبية للإتمام هذه الرسالة لهم جزيل الشكر والامتنان. أهدي هذه الرسالة إلى كل من كان له في قلبي أثر، ولكل من شاركني هذه الرحلة الأكاديمية.

الفصل الأول

المقدمة

ان مجال دراسة توزيع الشحنات الكهربائية النقطية في الموصلات واشباه الموصلات وفي الجزيئات وفي البلورات يعتبر مجال مهم من المجالات علوم الاساسية والتطبيقية منذ فترة طويلة من الزمن [1-5]. حيث بينت الأبحاث أن الشحنات الكهربائية النقطية بموصل ثنائي الابعاد يكون لها توزيع تركيبى يختلف عما هو معروف في الفيزياء الكهروستاتيكية الكلاسيكية. حيث بينت الدراسات العلمية الحديثة أن الشحنات الكهربائية النقطية بالموصلات ثنائية البعد يستقر جزء منها على السطح الخارجي للموصل بينما يستقر الجزء المتبقى داخل الموصل وتتوزع الشحنات الكهربائية النقطية بالموصل لتشكل تراكيب بلورية مهمة جدا تجريبيا ونظريا [7-14].

وقد كان معروف في الكتب الأساسية للفيزياء ان الشحنات الكهربائية تتوزع على السطوح الخارجية للموصلات وتكون كثافة توزيعها تعتمد على عدة عوامل ومؤثرات فيزيائية مختلفة وتعتمد كذلك على تنوع الأشكال الهندسية لهذه الموصلات التي تتواجد بها الشحنات الكهربائية [15-16]

في هذه الرسالة سوف نقوم بدراسة التراكيب التي تكونها الشحنات الكهربائية النقطية في أنظمة ثنائية وثلاثية الأبعاد، ونبدأ أولاً بتقديم المفاهيم الأساسية ونظام الاحداثيات والطريقة المستخدمة ثم نتناول المراجعة الأدبية وأهداف الدراسة .

فيما يلي سنعرض المفاهيم الأساسية التي تمثل الإطار النظري اللازم لفهم هذه الظاهرة ونماذج المحاكاة الحديثة.

1.1 مفاهيم أساسية

1.1.1 الشحنة الكهربائية:

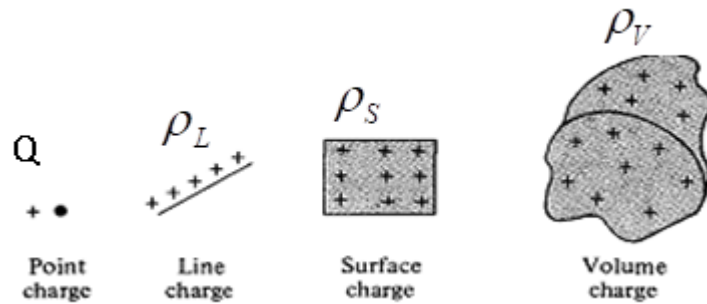
تُعد الشحنة الكهربائية كمية فيزيائية أساسية يُرمز لها بالرمز (Q)، وتُقاس بوحدة الكولوم (C). وتنقسم إلى نوعين: موجبة وسالبة. ومن خصائص الشحنة الكهربائية أنها محفوظة، أي أنها لا تُستحدث من العدم ولا تفنى خلال التفاعلات الفيزيائية، وإنما تنتقل من جسم إلى آخر. كما تتميز الشحنة بكونها مكمّمة، حيث توجد على هيئة مضاعفات صحيحة لشحنة الإلكترون $(e=1.6 \times 10^{-19} \text{ c})$ [15-16]

2.1.1 الشحنات الكهربائية النقطية .

يُقصد بالشحنة الكهربائية النقطية كونها نموذجًا مثاليًا للشحنة الكهربائية ، حيث يُفترض أن كامل مقدار شحنة Q متمركزة في نقطة هندسية عديمة الأبعاد [15-16]

3.1.1 الشحنات الكهربائية المتصلة .

عندما تكون كثافة الشحنة كبيرة ، تتوزع بانتظام على موصل له طول أو مساحة أو حجم [15-16] عندئذٍ تُوصف الشحنة الكهربائية وفق أحد الأنماط التالية:



الشكل (1.1) يوضح أنواع التوزيعات المختلفة للشحنة الكهربائية.

كثافة الشحنة الطولية $\rho_L(c/m)$ وكثافة الشحنة السطحية $\rho_S(c/m^2)$ وكثافة الشحنة الحجمية

$\rho_V(c/m^3)$. حيث الشحنة الكلية Q وعنصر الشحنة dQ نتيجة لهذا التوزيع يكون كما يلي:

$$dQ = \rho_L dl \quad (1)$$

عندما تكون الشحنة موزعة على طول خط. حيث ρ_L الكثافة الخطية للشحنة و dl عنصر الطول

$$dQ = \rho_S dS \quad (2)$$

عندما تكون الشحنة موزعة على سطح ذي بعدين. حيث ρ_S الكثافة السطحية للشحنة و dS عنصر المساحة.

$$dQ = \rho_V dV \quad (3)$$

عندما تكون الشحنة موزعة داخل حجم ثلاثي الأبعاد حيث ρ_V الكثافة الحجمية للشحنة و dV عنصر الحجم [15-16].

4.1.1 نظام الإحداثيات :

يُوصف موضع الشحنة الكهربائية النقطية في الفضاء ثلاثي الأبعاد باستخدام نظام الإحداثيات

الكارتيذية (x, y, z) ، ويعطي متجه الموضع $\vec{r}$ للشحنة Q بالعلاقة كما هو موضح بالشكل (2.1) :

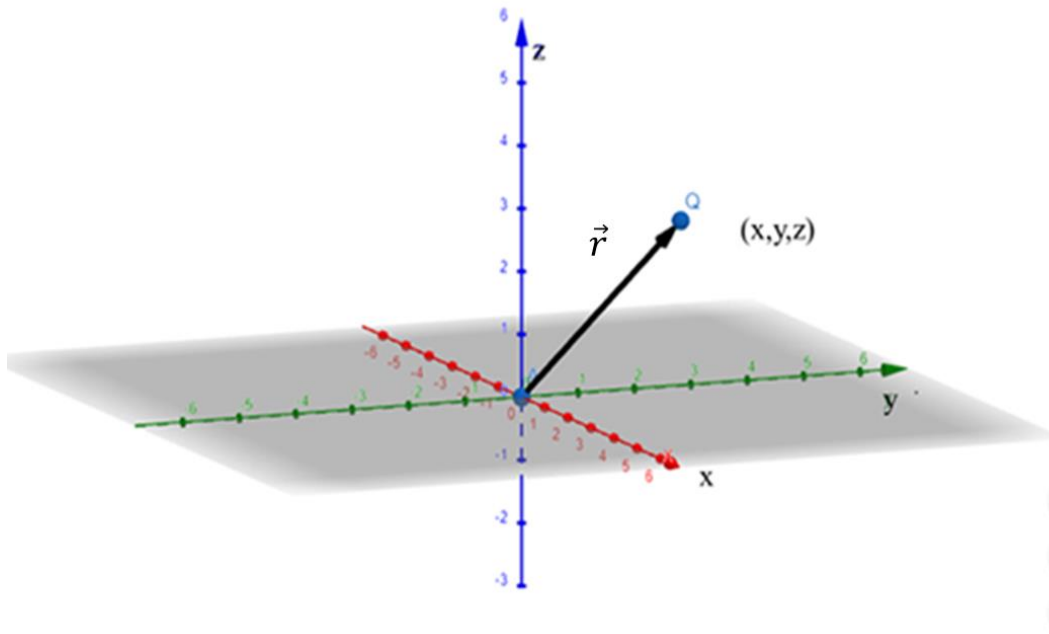
$$\vec{r} = x\hat{x} + y\hat{y} + z\hat{z} \quad (4)$$

بينما تحسب المسافة من نقطة الاصل بالعلاقة :

$$|r| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (5)$$

أما متجه الوحدة الذي يحدد اتجاه $\vec{r}$ فيعطي بالعلاقة :

$$\hat{r} = \frac{\vec{r}}{|r|} = \frac{x\hat{x} + y\hat{y} + z\hat{z}}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \quad (6)$$



الشكل (2.1) نظام الإحداثيات الكارتيزية ، لوصف موضع الشحنة الكهربائية النقطية Q ، ويعبّر عن موضع الشحنة بمتجه الموضع $\vec{r}$ الذي يمتد من نقطة الأصل $(0,0,0)$ إلى موضع الشحنة في الفضاء، ويُعطى بالعلاقة $\vec{r} = x\hat{x} + y\hat{y} + z\hat{z}$.

5.1.1 قانون كولوم: (Coulomb's Law)

قانون كولوم هو أحد المبادئ الأساسية في الفيزياء [15-16] ، ويصف القوة الكهربائية بين شحنتين نقطيتين في الفراغ. فإذا كانت لدينا شحنتين نقطيتين Q_i , Q_j كما بالشكل (3.1) فإن قانون كولوم ينص على ان القوة الكهربائية بين شحنتين كهربيتين نقطيتين Q_i , Q_j تتناسب تناسباً طردياً مع حاصل ضرب الشحنة i و الشحنة j ، وعكسياً مع مربع المسافة بينهما ، والصيغة الرياضية للقانون هي:

$$\vec{F}_{ij} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_i Q_j}{|\vec{r}_i - \vec{r}_j|^3} (\hat{r}_i - \hat{r}_j) \quad (7)$$

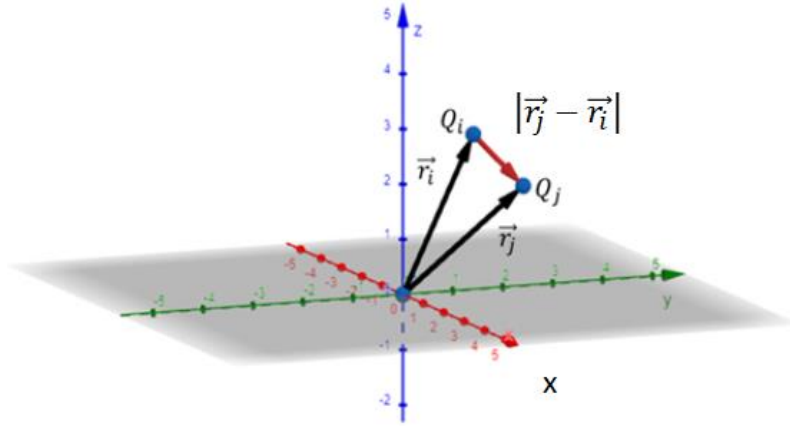
حيث $\vec{F}_{ij}$ هي القوة التي تؤثر بها الشحنة Q_j على الشحنة Q_i و $\vec{r}_i$ متجه موضع الشحنة Q_i و $\vec{r}_j$ متجه موضع الشحنة Q_j و ϵ_0 هو ثابت السماحية للفراغ، الذي قيمته $8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$. ووحدة القياس في النظام (SI) حيث القوة بوحدة نيوتن (N) والشحنة الكهربائية هي الكولوم (C) والمسافة بالمتر (m).

$$\vec{r}_i = x_i\hat{x} + y_i\hat{y} + z_i\hat{z} \quad (8)$$

$$\vec{r}_j = x_j\hat{x} + y_j\hat{y} + z_j\hat{z} \quad (9)$$

والمتجه الفاصل بين موضع الشحنة i و موضع الشحنة j تعطي بالعلاقة :

$$|\vec{r}_i - \vec{r}_j| = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2} \quad (10)$$



الشكل (3.1) مواضع الشحنات و متجه الموضع الشحنة i و الشحنة j على الاحداثيات الكارتيزية و $\vec{r}_i$ متجه موضع الشحنة Q_i و $\vec{r}_j$ متجه موضع الشحنة Q_j و $|\vec{r}_j - \vec{r}_i|$ هي والمسافة بين الشحنة i والشحنة j .

6.1.1 طاقة الوضع الكهربائي الكلية لنظام فيزيائي مكون من عدد من الشحنات النقطية .

طاقة الوضع الكهربائي الكلية E_n لنظام فيزيائي مكون من عدد من الشحنات الكهربية النقطية

تساوي مجموع طاقات الوضع الناتجة عن كل زوج من هذه الشحنات الكهربية [15-16]. ويُعطى

التعبير العام لطاقة الوضع الكلية بالعلاقة:

$$E_n = \sum_{i < j}^n \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_i Q_j}{|\vec{r}_j - \vec{r}_i|} \quad (11)$$

حيث E_n طاقة الوضع الكلية للنظام و $\vec{r}_i$ متجه الموضع للشحنة Q_i و $\vec{r}_j$ متجه الموضع للشحنة Q_j .

في هذه الدراسة، استخدم نظام وحدات عديم الأبعاد، بحيث تكون قيم الشحنات والمسافات والطاقة

بدون وحدات، وعند اعتبار $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 1$ و $(Q_i = Q_j = 1)$ فإن طاقة التفاعل تصبح:

$$E_n = \sum_{i < j}^n \frac{1}{2} \frac{1}{|\vec{r}_j - \vec{r}_i|} \quad (12)$$

حيث E_n هي طاقة التفاعل الإجمالية التي يتم حسابها لكل زوج من الشحنات الكهربائية النقطية. ووحدة قياس الطاقة هي الجول (J)

2.1 الطور.

الطور هو حالة من حالات المادة أو تركيب معين لجسيمات أو شحنات كهربية مرتبطة مع بعضها البعض بواسطة جهد مقيد. تكون خصائص المادة الفيزيائية ثابتة ومميزة، مثل الكثافة أو الشكل أو الحالة الصلبة أو السائلة أو تركيب الجسيمات يكون مستقراً. وتتغير هذه الخصائص عندما تتغير الظروف المحيطة بالمادة، مثل درجة الحرارة أو الضغط، مما يؤدي إلى تحولها إلى طور آخر مختلف [17].

3.1 الانتقال الطوري.

هو تغير في طور النظام الفيزيائي عندما تتغير أحد العوامل الخارجية مثل درجة الحرارة أو الضغط، وكمثال على ذلك انتقال الماء بين أطواره المختلفة عند نقطتي الانصهار والغليان [17].

4.1 دراسة وتحديد نوع التغير الطوري .

دراسة وتحديد نوع التغير الطوري يكون من خلال تحليل تغير بعض الكميات الفيزيائية للنظام مثل الطاقة الكلية، ومعامل الترتيب، والحرارة النوعية، و يحدث تغير الطور عند درجات حرارة و ضغط معين. ويحدد المخطط الطوري درجات الحرارة والضغط التي يحدث عندها تغيرات الطور. فعند الانتقال من طور إلى آخر، تظهر الطاقة الكلية للنظام تغيراً واضحاً يعكس إعادة ترتيب الجسيمات أو تبدل حالتها. أما معامل الترتيب فيُعد مؤشراً مهماً لمدى انتظام النظام، إذ تكون له قيمة غير صفرية في الطور المنتظم (كالطور الصلب)، بينما يختفي في الطور الغير المنتظم

(كالطور السائل). ويُستخدم تغير هذا المعامل لمعرفة ما إذا كان الانتقال الطوري يحدث بصورة تدريجية (مستمرة) أو فجائية [17].

5.1 أنواع التغيرات الطورية:

تُصنف تغيرات طور إلى عدة أنواع بحسب طبيعة التغير في خواص المادة أثناء الانتقال من طور إلى آخر، ومن أهم هذه الأنواع ما يلي:

- انتقال الطور من الدرجة الأولى (First-Order Phase Transition):

في هذا النوع يحدث تغير فجائي في الخواص الفيزيائية مثل الكثافة أو الطاقة أو الحجم عند نقطة تغير الطور، ويُصاحب ذلك امتصاص أو انبعاث طاقة (حرارة كامنة). كما في انصهار الجليد، وغليان الماء، أو تبخر السائل [17] كما هو مبين بالشكل (4.1).

- الانتقال الطوري من الدرجة الثانية (Second-Order Phase Transition):

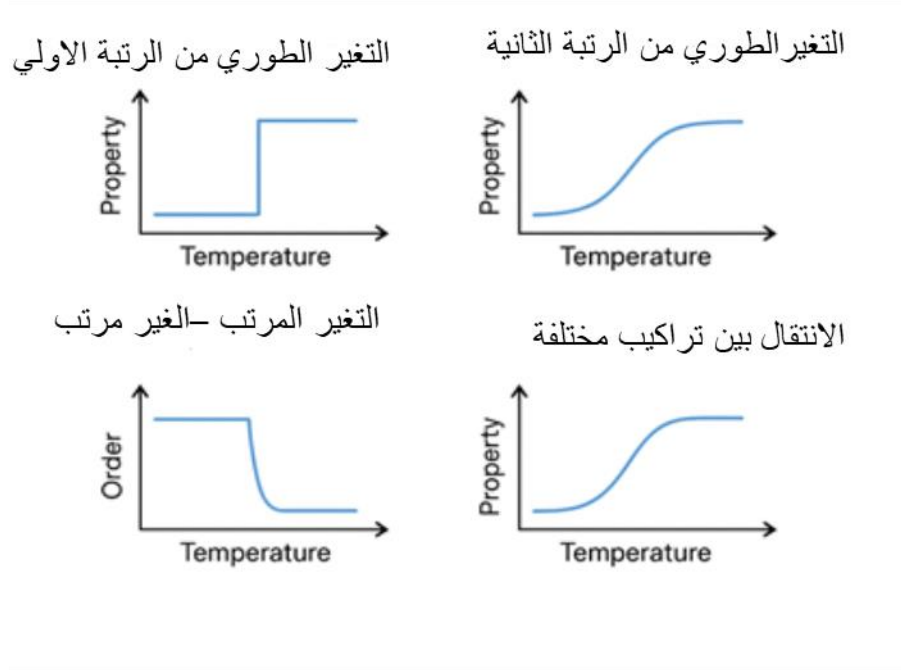
في هذا النوع لا يحدث تغير فجائي في الخواص الحرارية كالطاقة أو الحرارة النوعية كدالة في درجة الحرارة، لكن يحدث يتغير تدريجي في هذه الخواص (أي مشتقاتها مثل الحرارة النوعية أو القابلية المغناطيسية). ولا يُصاحبه امتصاص للطاقة. و مثال على ذلك التحول من الحالة الممغنطة إلى غير الممغنطة عند درجة حرارة كوري، أو الانتقال الفائق التوصيل في بعض المعادن [17] كما هو مبين بالشكل (4.1).

- الانتقال من طور منتظم إلى طور غير منتظم (Ordered–Disordered Transition):

ينتقل النظام من حالة يكون فيها ترتيب الجسيمات منتظمًا (كالبورات أو الأطوار الممغنطة) إلى حالة عشوائية أو غير منتظمة. كما في ذوبان البلورات أو زوال المغناطيسية عند تسخين المادة [17] كما هو مبين بالشكل (4.1).

- الانتقال بين تراكيب مختلفة (Structural Phase Transition):

يتغير الترتيب البنيوي الداخلي للمادة من تركيب بلوري إلى آخر دون أن تتغير حالتها المادية [17] [18] كما هو مبين بالشكل (4.1).



الشكل (4.1) يوضح أنواع التحولات الطورية اعتمادا لتغير درجة الحرارة.

6.1 بلورة ويغنر (Wigner Crystal).

تعتبر بلورة ويغنر حالة خاصة تنتظم فيها الإلكترونات في شبكة بلورية [19]. في الأنظمة ثنائية البعد يأخذ هذا الترتيب شكل شبكة سداسية تُعد الأكثر استقرارًا [20].

7.1 البحث عن الحد الأدنى للطاقة .

البحث عن الحد الأدنى الأقل للطاقة يعتمد على تحليل مشهد الطاقة الذي يتميز بوجود عدد كبير من النقاط الدنيا المحلية ، خاصة مع زيادة حجم النظام. وتعتمد الأساليب الحديثة على الجمع بين تقنيات البحث المحلية وطرائق البحث العالمية مثل تقليل الطاقة وخوارزميات مونت كارلو [21].

وفي ما يلي الطرق المستخدمة للبحث عن الحد الأدنى للطاقة .

8.1 طريقة تقليل الطاقة (Energy Minimization)

تستخدم طريقة تقليل الطاقة في دراسة الأنظمة الفيزيائية التي تعتمد على تفاعلات متعددة بين الجسيمات أو الشحنات الكهربائية، ومن المميزات الأساسية لطريقة تقليل الطاقة أنها تمكن من إيجاد التركيب الذي تكون فيه الطاقة الكلية للنظام في أقل طاقة ممكنة، وأيضاً يمكن استخدامها على أنواع مختلفة من الأنظمة الجزيئية والذرية، ومن عيوبها هو إمكانية الوقوع في الحد الأدنى المحلي للطاقة، وأيضاً اعتمادها الكبير على التركيب الابتدائي، إذا تم اختيار تركيب ابتدائي غير مناسب قد يؤدي إلى نتائج غير دقيقة، وكذلك الوقت الحسابي، قد تحتاج العملية إلى عدد كبير من الخطوات التكرارية للوصول إلى حالة الاستقرار وخاصة في الأنظمة الكبيرة [22].

1.8.1 طريقة خوارزمية الانحدار (Gradient Descent)

تستخدم هذه الخوارزمية لتقليل الطاقة في الأنظمة الفيزيائية. تعتمد الخوارزمية على مبدأ رياضي بسيط يتمثل بحساب التدرج لدالة الطاقة بالنسبة لكل متغير من متغيرات النظام، ثم تحديث القيم في الاتجاه المعاكس للتدرج لأن هذا الاتجاه يؤدي إلى تقليل الطاقة. ومن مميزات الاساسية هي بساطتها الحسابية ودقتها العالية في إيجاد الحد الأدنى للطاقة، ومن عيوبها الرئيسية احتمال وقوعها في الحد الأدنى المحلي للطاقة بدلاً من الحد الأدنى العالمي للطاقة خاصة عند وجود أكثر من تركيب مستقر، وأيضاً حساسية اختيار معامل الخطوة (step size) وأيضاً اعتمادها على التركيب الابتدائي [23].

2.8.1 طريقة التلدين المحاكاة (Simulated Annealing)

هي طريقة احتمالية للوصول إلى الحد الأدنى للطاقة في الأنظمة المعقدة، ومن مميزات أنها لها القدرة على تجاوز الحدود الدنيا المحلية بخلاف طريقة الانحدار حيث يمكنها قبول التحركات التي تزيد الطاقة مؤقتاً في بداية العملية، وكذلك مرونتها العالية حيث يمكن استخدامها في أنظمة متعددة. وبما

أنها طريقة احتمالية الا أن خوارزمتها مباشرة وسهلة البرمجة وتعتمد على متغير متحكم واحد فقط هو درجة الحرارة . ومن عيوبها الزمن الحسابي الطويل بحيث تحتاج الطريقة الي عدد كبير من الخطوات التكرارية للوصول الي حالة الاستقرار خاصة عندما تكون درجة الحرارة تنخفض بمعدل بطئ لضمان دقة النتائج[24] .

9.1 طريقة المونتي كارلو (Monte Carlo Method)

طريقة المونتي كارلو هي طريقة لمحاكاة الانظمة الفيزيائية باستخدام الطرق الاحصائية بدلا من حل معادلات نيوتن الكلاسيكية مباشرة هذه الطريقة تستخدم لدراسة الانظمة الفيزيائية عند درجات حرارة اعلى من الصفر المطلق و لهذا تستخدم لمحاكاة الانظمة الفيزيائية عند درجات حرارة تجريبية[25].

10.1 طريقة المحاكاة الديناميكية للجزيئات (Molecular Dynamics – MD)

هي طريقة عددية تعتمد على حل المعادلات الحركية عددياً لنظام متعدد الجسيمات باستخدام قوانين نيوتن للحركة .تستخدم هذه الطريقة لدراسة التطور الزمني للنظام ،حيث يمكن متابعة حركة كل جسيم تحت تأثير القوي الناتجة عن التفاعلات بينه وبين باقي الجسيمات .ومن عيوبها الزمن الحسابي الطويل، وأيضا حساسية اختيار الخطوة الزمنية ،اذا تم اختيار خطوة زمنية كبيرة جدا قد يؤدي الي عدم استقرار المحاكاة .وأيضا قد لاتصل دائما الي الحد الا دني بسهولة[26] .

11.1 المراجعة الادبية

تنبأ **Wigner** في عام 1934، بأن الإلكترونات الحرة في المعدن تتبلور [19] و تشكل تراكيب بلورية سداسية. نظراً لصعوبات تقنية و علمية لم يتم تأكيد هذا التنبؤ تجريبياً في المعادن ثلاثية الابعاد. و لكن تم تأكيد تبلور الإلكترونات الحرة في طبقة احادية ثنائية الابعاد فوق سطح الهليوم السائل [27]. حيث تمكن العلماء في سبعينيات القرن الماضي من تجميع الإلكترونات فوق سطح الهليوم السائل [28] باستخدام الحقول الكهروستاتيكية والاستقطاب الطفيف للهليوم في طبقة أحادية ثنائية الأبعاد لا يفصل بينها سوى الفراغ. و بذلك أصبح بالإمكان اختبار تبلور الإلكترونات في الانظمة ثنائية الابعاد ، حيث أوضح كلٌ من غرايمز وآدامز في مختبرات بيل أواخر سبعينيات القرن الماضي أن الإلكترونات الحرة في نظام يتكون من طبقة واحدة (ثنائي البعد) تتبلور وتكون شبكة بلورية مثلثية [29-30] .

وفي عام (1985) فقد بين Brezin [9] باستخدام طريقة تقليل الطاقة لدراسة استقرار عدد من الشحنات الكهربائية النقطية التي لها نفس النوع و المقدار و محصورة داخل موصل ثنائي البعد على شكل قرص دائري لانهاضي البعد، بينت النتائج التي تحصل عليها Brezin ان جميع الشحنات الكهربائية النقطية تتوزع بانتظام على محيط القرص ثنائي البعد اذا كان عدد الشحنات اقل من 12 شحنة نقطية اما اذا كان عدد الشحنات النقطية اكبر من 11 شحنة نقطية فان شحنة كهربية نقطية واحدة تستقر عند مركز القرص الدائري بينما باقي الشحنات تستقر على محيط القرص. لاحقاً عام (1986) قام Queen [10] بدراسة نفس النظام الذي درسه Brezin [9] و لكن كان عدد الشحنات النقطية اكبر من العدد الذي درسه Brezin [9] . و قد وجد Queen أن الشحنات الكهربائية النقطية داخل الدائرة تكون تركيبات متعددة تعتمد على عدد الشحنات النقطية مثلاً: اذا كان عدد الشحنات اكبر من 11 و اقل من 17 تستقر شحنة واحدة في المركز بينما تستقر باقي الشحنات على محيط القرص الدائري عندما يكون عدد الشحنات $N=17$ تتوزع بشكل منتظم 15 شحنة على محيط القرص بينما

شحنتان تتوزع داخل الموصل على محيط دائرة داخلية نصف قطرها 31 % من نصف قطر القرص الموصل، اما اذا كان عدد الشحنت 30 شحنة نقطية تستقر شحنة نقطية واحدة في مركز القرص الموصل و6 شحنت كهربية نقطية تتوزع على حلقة داخلية نصف قطرها 55% من نصف قطر القرص بينما باقي الشحنت الكهربية النقطية وعددها 23 تتوزع على المحيط الخارجي للقرص على حافة القرص.

وفي عام (1993) Bendov [31] الذي قدم دراسة بحثية تناولت التراكيب المستقرة للجسيمات المشحونة في نظام ثنائي الأبعاد مكونة من عدد من الجسيمات المشحونة من 1 الي 52 جسيم باستخدام محاكاة مونت كارلو. بينت النتائج أنه عندما تكون الجسيمات محصورة بجهد (parabolic) تستقر الجسيمات المشحونة على شكل حلقات متحدة المركز، ووجد التراكيب المستقرة للأنظمة مكونة من عدد 82 و151 و230 من الجسيمات المشحونة. و بينت النتائج أنه عندما يكون عدد الجسيمات المشحونة 230 جسيم تميل الحلقات الداخلية الي شبكة مثلثية مشابهة لشبكة ويغنر ،وعندما تكون الجسيمات محصورة بجهد (hard- wall) يكون التركيب الحلقي يصبح أكثر وضوحًا مقارنة عندما تكون الجسيمات محصورة بجهد (parabolic)، وكثافة الجسيمات المشحونة تزداد على الحلقة مع زيادة المسافة من المركز، مما يؤدي إلى اختلاف في تركيب الحلقات مثلا، عندما يكون النظام مكون 50 جسيم يكون التركيب الحلقي هو (1,5,13,31) في حالة جهد (Hard-wall)، بينما في حالة الجهد (parabolic) يكون التركيب (4,10,16,20) أظهرت الدراسة تنافسًا بين نوعين من الترتيب، الترتيب الشبكي المثلثي (شبكة Wigner) للحلقات الداخلية والترتيب الحلقي للحلقات الخارجية . وفي عام (1998) Nurmela [33] أضاف نتائج جديدة عبر حساب تركيبات الطاقة الاقل لنظام فيزيائي يتكون من شحنت كهربية نقطية متساوية موزعة على قرص دائري. شملت الدراسة عددًا من الشحنت يبدأ من 12 إلى 80 شحنة، وجد الباحث أن التوزيع العام للشحنت الكهربية النقطية أظهر أنماطًا متحدة المركز. ووجد تركيبات جديدة للطاقة الدنيا لشحنت يصل عددها إلى 80 شحنة،

مما وسّع نطاق المعرفة السابقة عن توزيع الشحنات الكهربائية. كما أظهرت الشحنات ميلاً واضحاً إلى ترتيب نفسها في حلقات متحدة المركز، مما يعكس تأثير القوى الكهربائية في تقليل الطاقة الكلية للنظام. وفي عام (2000) جاء عمل Erkoç و Oymak [12] بدراسة تركيبات الطاقة الأقل لشحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار ومتشابهة في النوع موزعة على قرص موصل متناهي السمك، حيث تتفاعل هذه الشحنات وفقاً لجهد كولوم. وبينت النتائج أنه تتوزع الشحنات الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار بشكل منتظم على شكل حلقات متحدة المركز على القرص. قام الباحثان باشتقاق صيغة رياضية دقيقة يمكن من خلالها تحديد عدد الحلقات المكونة للتوزيع. وكذلك عدد الشحنات الكهربائية النقطية الموجودة في كل حلقة.

وفي عام (2004)، قام Minghui Kong [34] و آخرون بدراسة تفصيلية باستخدام محاكاة المونتي كارلو لنظام ثنائي الأبعاد مكون من عدد 2 إلى 50 جسيم المحصورة بجهد (Hard-wall) مع عدة أنواع من التفاعلات بين الجسيمات، بما في ذلك تفاعل كولوم (Coulomb). وتفاعل ثنائي القطب (Dipole). النتائج الرئيسية لتفاعل كولوم بينت، أنه تستقر الجسيمات المشحونة على شكل حلقات ويبدأ ظهور حلقات جديدة من عدد 12 إلى 30 جسيم. بالاضافة أنه وجد التراكيب المستقرة لجسيمات عددها (50,100,150,300) وبين أنه عندما يكون عدد الجسيمات المشحونة (50,100,150) يكون التركيب المستقر للجسيمات المشحونة على شكل حلقات، وعندما يكون عدد الجسيمات المشحونة (300) يختفي التركيب الحلقي في داخل الموصل وتتكون تراكيب سداسية. ومن نتائج تفاعل ثنائي القطب يكون التركيب المستقر للجسيمات المشحونة على شكل حلقات بموضع واتجاه معين. وتتكون الحلقات الجديدة عندما يكون عدد الجسيمات مكون من (8,19,37)، وعندما يكون عدد الجسيمات المشحونة (300) يتكون التركيب السداسي داخل الموصل.

وفي عام (2006) Worley [35] قدم نتائج واسعة حول دراسة تركيبات الطاقة الأقل لنظام يتكون من عدد N من الشحنات الكهربائية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار والمحصورة على قرص رفيع موصل. وكانت النتائج الرئيسية أن تركيبات الطاقة الأقل للقيم $N=160$ تتخذ شكل حلقات

متحدة المركز. أما التركيبات الطاقة الدنيا للقيم $N > 160$ وحتى $N = 500$ ، تشير إلى أن النمط الحلقي و يستمر مع زيادة N (حيث N عدد الجسيمات المشحونة) .

وفي عام (2009) وجد فرانسوا بيترز [32] في دراسته أن الإلكترونات تنتظم في تركيبات حلقة، بحيث تحتوي القشرة الداخلية على خمسة إلكترونات كحد أقصى. وإذا أُضيف إلكترون إضافي إلى الحلقة الداخلية، فإنه يُجبر على الانتقال إلى المركز ويبدأ بالعمل كنواة لتكوّن حلقة جديدة . وعندما يكون عدد الإلكترونات كبيراً (عادةً أكثر من 100 إلكترون)، تُستعاد تركيب بلورة ويغتر في مركز الحلقة ، بينما تنتظم الإلكترونات عند الحافة في حلقات.

وفي عام (2014) J.A. Khaliel ،A.K. Sallabi [14] الذي بينا دراسة حول انحراف قانون كولوم عن قانون التربيع العكسي. استخدمت طريقة الصور لتحليل توزيع الشحنات في الموصلات تخضع لتفاعلات كهربية. وتعتبر هذه الطريقة مفهوماً أساسياً في الكهرومغناطيسية لحساب التوزيع الكهربائي للشحنات. أظهرت النتائج أنه في الحالات التي ينحرف فيها قانون كولوم، تذهب بعض الشحنات إلى سطح الموصل. بينما يتم توزيع الشحنات المتبقية داخل حجم الموصل نفسه، على عكس الحالة الكلاسيكية التي تتركز فيها الشحنات تكون بالكامل على السطح.

وفي عام (2015) بين Cerkaski [36] وآخرون، دراسة حول التنظيم الذاتي للجسيمات المشحونة التي تتفاعل بجهد كولوم. تم التنبؤ بنظام من المعادلات يتيح تحديد تركيبات الاستقرار بدقة عالية. وكان النظام قابل للتطبيق على عدد محدود من الجسيمات يصل إلى بضع مئات. أظهرت الدراسة أنه عندما يكون عدد الجسيمات ($N > 200$)، تتوقع التركيبات المركزية وجود نواة سداسية في المركز وحلقات دائرية التكافؤ تحيط بالنواة السداسية.

وفي عام (2017) Amore [37] بدراسة حول إيجاد التركيبات المستقرة والطاقة الأقل لشحنات كهربية نقطية عددها 395 شحنة وتتفاعل هذه الشحنات الكهربائية النقطية وفق لقانون كولوم على موصل على شكل قرص . الذي برهن على وجود تراكيب أقل في الطاقة تحتوي على عيوب قرب المركز، وبين أن النتائج التي توصل إليها Cerkaski ليست هي الأقل من حيث إجمالي الطاقة

الكهربية. ورفض فكرة Cerkaski المتعلقة بحلقات دائرية سداسية النواة كتركيبات مركزية مثالية. وأوضح أن النموذج المقدم من Cerkaski غير موثوق كأساس للحسابات العددية الدقيقة.

وفي عام (2017) بين Batle [4] وآخرون دراسة بينت تأثير الهندسة الخارجية للموصل (مثلث، مربع، قرص) على تراكيب الطاقة الدنيا لنظام ثنائي الأبعاد من الشحنات الكهربائية النقطية باستخدام محاكاة مونت كارلو. لها تأثير قوي على تركيبات الطاقة المستقرة. في حالة الجهد (Hard-wall) على موصل على شكل مثلث تميل الشحنات الكهربائية النقطية إلى ترتيب سداسي داخل الموصل وفي حالة (Hard-wall) على شكل المربع يظهر ترتيب مختلف للشحنات مقارنة بالمثلث. وفي حالة الجهد (Hard-wall) على موصل على شكل قرص دائري تشكل الشحنات حلقات متحدة المركز، حتى مع الأعداد الكبيرة جداً من الشحنات النقطية.

وفي عام (2019م) قام H. Oymak و A. Alkuwa [38] بدراسة نظام فيزيائي يتكون من شحنات كهربية نقطية متشابهة في النوع ومتساوية في المقدار، تتفاعل الشحنات الكهربائية وفقاً لقانون كولوم وتتحرك الشحنات الكهربائية النقطية على سطح موصل على شكل مربع متناهي السمك ثنائي الأبعاد، حيث تم دراسة توزيع الشحنات الكهربائية النقطية من 2 إلى 160 شحنة. وقد بينت هذه الدراسة و التي استخدمت طريقة تقليل القوى أنه عندما يكون عدد الشحنات الكهربائية النقطية $N=2,3,4$ ، فإن جميع الشحنات النقطية تتوزع على محيط المربع اما عندما يكون عدد الشحنات الكهربائية النقطية $N=5$ فإن شحنة نقطية واحدة تستقر في مركز الموصل وباقي الشحنات النقطية تستقر بانتظام على محيط الموصل. في حالة ما اذا كان عدد الشحنات الكهربائية النقطية $N=6,7,8,9,10,11,12$ فإن جميع الشحنات النقطية تتوزع على محيط المربع. اما عندما يكون عدد الشحنات النقطية اكبر من 12 شحنة كهربية فإن بعض الشحنات الكهربائية النقطية تتوزع على محيط الموصل بينما باقي الشحنات النقطية تتوزع داخل الموصل بنسق متعددة ويكون هذا النسق على شكل مربعات داخل الموصل يعتمد على عدد الشحنات.

وفي عام (2019م) قام عبدالوهاب خليل الصلابي و نمره محمد وريث [1] بدراسة استخدموا فيها طريقة تقليل الطاقة للتحقيق في نظام يتضمن شحنات كهربائية متعددة النقاط من نفس النوع والحجم. تتفاعل هذه الشحنات مع بعضها البعض وفقًا لجهد كولوم، سواء داخل أو على قرص دائري نصف قطره ($r=1$) كان الهدف من الدراسة هو حساب إجمالي طاقة الاستقرار الناتجة عن الشحنات الكهربائية. أظهرت نتائج المحاكاة أن الهياكل الأكثر استقرارًا كانت محاكاة بدقة عالية، حيث تم حساب قيم طاقة الاستقرار الإجمالية للشحنات الكهربائية، والتي تراوحت من 2 إلى 50 شحنة كهربائية ($N=2..50$). وكانت النتائج متوافقة بشكل قوي مع القيم المبلغ عنها في الدراسات السابقة، مما يعكس درجة عالية من الاتفاق.

في عام (2023) وُسع نطاق البحث نحو الأنظمة الكبيرة جدًا. فقد قدم Amore [39] في ورقة بحثية بعنوان مشكلة طومسون في القرص، تم دراسة مشكلة طومسون لنظام فيزيائي يتكون عدد كبير من الشحنات الكهربائية النقطية وتتحرك الشحنات الكهربائية النقطية داخل قرص دائري، وتفاعل هذه الشحنات وفقًا لقانون كولوم، و تم ايجاد عدد كبير من التركيبات المستقرة والحد الأدنى للطاقة لعدد كبير من الشحنات الكهربائية النقطية ($N>10000$) وتم ابتكار خوارزمية أثبت كفاءتها بشكل خاص بالنسبة ل ($N>1000$) ، وتم الوصول الي تركيب لنظام لم يتم الوصول اليه يتكون من ($N=40886$).

وفي عام (2024) أوضح Nikonov[40] وآخرون عبر خوارزميات محاكاة متعددة، سلوك الجسيمات مشحونة محصورة في منطقة دائرية بواسطة جهد خارجي لانهاضي عند حدودها تم الوصول الي التركيب المستقر لعدد محدود من الجسيمات والمقارنة بينها .

12.1 أهداف الدراسة :

1. كتابة برنامج فورتران يستخدم طريقة تقليل الطاقة (Energy Minimization) .
2. استخدام طريقة تقليل الطاقة في الفصل الثاني لدراسة توزيع الشحنات الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار في الموصلات ثنائية البعد وبجدار خارجي لا يسمح بمرور الشحنات الكهربائية النقطية (Hard-Wall) واعادة إجراء المحاكاة والحسابات السابقة لعدد من الشحنات الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار ، تتحرك الشحنات الكهربائية النقطية بدرجتي حرية على الاحداثي السيني والصادي وتتفاعل وفقاً لقانون كولوم والمحصورة بجهد (Hard-wall) داخل موصل ثنائي الابعاد متناهي السمك على شكل مربع ، وذلك بهدف تحديد التركيبات المستقرة وحساب قيم الطاقة الاقل لهذه التركيبات . كما سيتم مقارنة نتائجنا مع النتائج المنشورة للتحقق من كفاءة وأفضلية الطريقة المستخدمة في محاكاة هذه الأنظمة.
3. استخدام طريقة تقليل الطاقة الموضحة في الفصل الثاني لدراسة توزيع الشحنات الكهربائية النقطية في الموصلات ثلاثية الأبعاد محدودة السمك وبجدار خارجي لا يسمح بمرور الشحنات الكهربائية (Hard-Wall)، إجراء حسابات جديدة للطاقة الدنيا وتحديد التركيبات المستقرة لعدد من الشحنات الكهربائية النقطية المحصورة داخل موصل على شكل متوازي المستطيلات ثلاثي الابعاد ، طول ضلعه واحد وحدة ليس لها ابعاد، على المحاور (x,y) وعلى المحور z من 2 نانومتر . والتي لم يتم حسابها سابقاً باستخدام طرق المحاكاة.

الفصل الثاني

(طريقة المحاكاة)

1.2 طريقة تقليل الطاقة (Energy Minimization)

الطريقة التي استخدمت في هذه الرسالة طريقة تقليل الطاقة حيث تمت دراسة نظام فيزيائي يتكون من عدد من الشحنات الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار و محصورة في مربع ثنائي البعد، تتفاعل هذه الشحنات الكهربائية النقطية وفق قانون كولوم و لا يوجد جهد خارجي يؤثر عليه أي ان الجهد الخارجي من خارج المربع يساوي صفر و لكن يؤثر جهد خارجي لانتهائي عند اضلاع المربع يمنع الشحنات الكهربائية النقطية من مغادرة المربع هذا الجهد اللانتهائي يسمى، Hard wall potential . الموصل عبارة عن مربع ثنائي الأبعاد طول ضلعه واحد وحدة ليس لها أبعاد . تم اتباع نفس خطوات المحاكاة التي قام بها H. Oymak في عام 2019 [43] حيث استخدم طريقة (steepest-descent simulations) و لكن في هذه الرسالة استخدمت طريقة تقليل الطاقة و الارقام العشوائية.

في البداية يتم تكوين تركيب ابتدائي (Initial configuration) يحدد مواقع الشحنات الكهربائية النقطية داخل المربع، ويتم ذلك إما بإعطاء مواقع للشحنات النقطية باستخدام سلسلة من الارقام العشوائية أو باستخدام تركيبات من الدراسات سابقة، تم يتم حساب طاقة هذا التركيب الابتدائي الذي تم تكوينه، وبعد ذلك أجريت تعديلات مستمرة على مواقع الشحنات الكهربائية النقطية بهدف تقليل الطاقة الكلية للنظام. هذه التعديلات سمحت بالوصول تدريجيًا إلى التركيب الأكثر استقرارًا. ومن ثم حساب طاقة التركيب النهائي ومن تم المقارنة بين طاقة التركيب الابتدائي وطاقة التركيب النهائي ولتعزيز الدقة وتجنب الوقوع في الحالات ذات الطاقة الأدنى المحلية، تم استخدام 10 تركيبات ابتدائية متنوعة لكل نظام من الشحنات . ثم أجريت المحاكاة بعدد كبير من الخطوات، يتراوح بين 2 مليون و 80 مليون دورة لكل تركيبية و في النهاية تم اختيار التركيب النهائي الذي يمتلك أقل طاقة كحالة مستقرة للنظام.

وقد تم دراسة نظام فيزيائي يتكون من عدد من الشحنات الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار و محصورة في موصل ثلاثي الأبعاد على شكل متوازي المستطيلات ، تتفاعل هذه الشحنات الكهربائية النقطية وفق قانون كولوم و لا يوجد جهد خارجي يؤثر عليه أي ان الجهد

الخارجي من خارج المربع يساوي صفر و لكن يؤثر جهد خارجي لانتهائي عند أوجه الموصل المتوازي المستطيلات يمنع الشحنات الكهربائية النقطية من مغادرة أوجه الموصل المتوازي المستطيلات هذا الجهد اللانتهائي يسمى، Hard wall potential . الموصل عبارة عن متوازي مستطيلات ثلاثي الأبعاد طول ضلعه واحد وحدة ليس لها أبعاد على كل الاحداثي السيني (x) والصادي (y) وعلى المحور (z) من موجب نانو الي سالب نانو .لم تتم دراسة هذا النظام من قبل وستكون النتائج المتحصل عليها أول النتائج . وتم ايجاد التركيبات الأكثر استقرار والطاقة الأقل لكل تركيب باستخدام طريقة تقليل الطاقة. سيكون لدي الموصل 6 أوجه وسنري كيف تستقر الشحنات الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار على هذه الأوجه الستة .

في البداية يتم تكوين تركيب ابتدائي (Initial configuration) يحدد مواقع الشحنات الكهربائية النقطية داخل الموصل المتوازي المستطيلات، ويتم ذلك إما بإعطاء مواقع للشحنات النقطية باستخدام سلسلة من الارقام العشوائية أو باستخدام تركيبات من الدراسات سابقة، تم يتم حساب طاقة هذا التركيب الابتدائي الذي تم تكوينه، وبعد ذلك أجريت تعديلات مستمرة على مواقع الشحنات الكهربائية النقطية بهدف تقليل الطاقة الكلية للنظام. هذه التعديلات سمحت بالوصول تدريجيًا إلى التركيب الأكثر استقرارًا. ومن ثم حساب طاقة التركيب النهائي ومن تم المقارنة بين طاقة التركيب الابتدائي وطاقة التركيب النهائي ولتعزيز الدقة وتجنب الوقوع في الحالات ذات الطاقة الأدنى المحلية، تم استخدام 10 تركيبات ابتدائية متنوعة لكل نظام من الشحنات . ثم أُجريت المحاكاة بعدد كبير من الخطوات، يتراوح بين 2 مليون و100 مليون دورة لكل تركيبة و في النهاية تم اختيار التركيب النهائي الذي يمتلك أقل طاقة كحالة مستقرة للنظام

2.2 خطوات المحاكاة باستخدام طريقة تقليل الطاقة.

الطريقة المستخدمة في هذا البحث مبنية على تطبيق خوارزمية تقليل الطاقة

الكهروستاتيكية، وفق الخطوات التالية:

1. تكوين التركيب الابتدائي للشحنات الكهربائية النقطية .

يتم تكوين N من الشحنات النقطية على سطح الموصل عشوائياً باستخدام مولّد أعداد عشوائية ، مع الالتزام بالشرط الهندسي للبقاء داخل حدود الموصل (المربع الشكل وعلى شكل متوازي المستطيلات).

2. حساب الطاقة الابتدائية، يُحسب مجموع الطاقة الكهروستاتيكية E_{old} للنظام لجميع أزواج الشحنات الكهربائية النقطية.

3. تحريك إحدى الشحنات الكهربائية النقطية عشوائياً. تُختار إحدى الشحنات ولنفرض الشحنة رقم i عشوائياً، ثم تُحرّك إلى موضع جديد داخل حدود الموصل (المربع الشكل وعلى شكل متوازي المستطيلات).

4. حساب الطاقة الجديدة بعد الإزاحة، يُعاد حساب طاقة التوزيع الجديد E_{new} للنظام.

$$\Delta E_i = E_{new} - E_{old} \text{ .تقييم التغير في الطاقة}$$

5. قرار القبول أو الرفض. إذا كانت $\Delta E_i < 0$: أي أن الإزاحة أدت إلى خفض الطاقة الكلية، تُقبل الحركة ويتم اعتماد الموضع الجديد للشحنة. وإذا كانت $\Delta E_i > 0$: أي أن الطاقة ازدادت، تُرفض الحركة وتُعاد الشحنة إلى موضعها القديم.

6. تكرار العملية لجميع الشحنات الكهربائية النقطية. تُطبّق الخطوات من (2) إلى (6) بالتتابع لكل شحنة من $i = 1$ الي N .

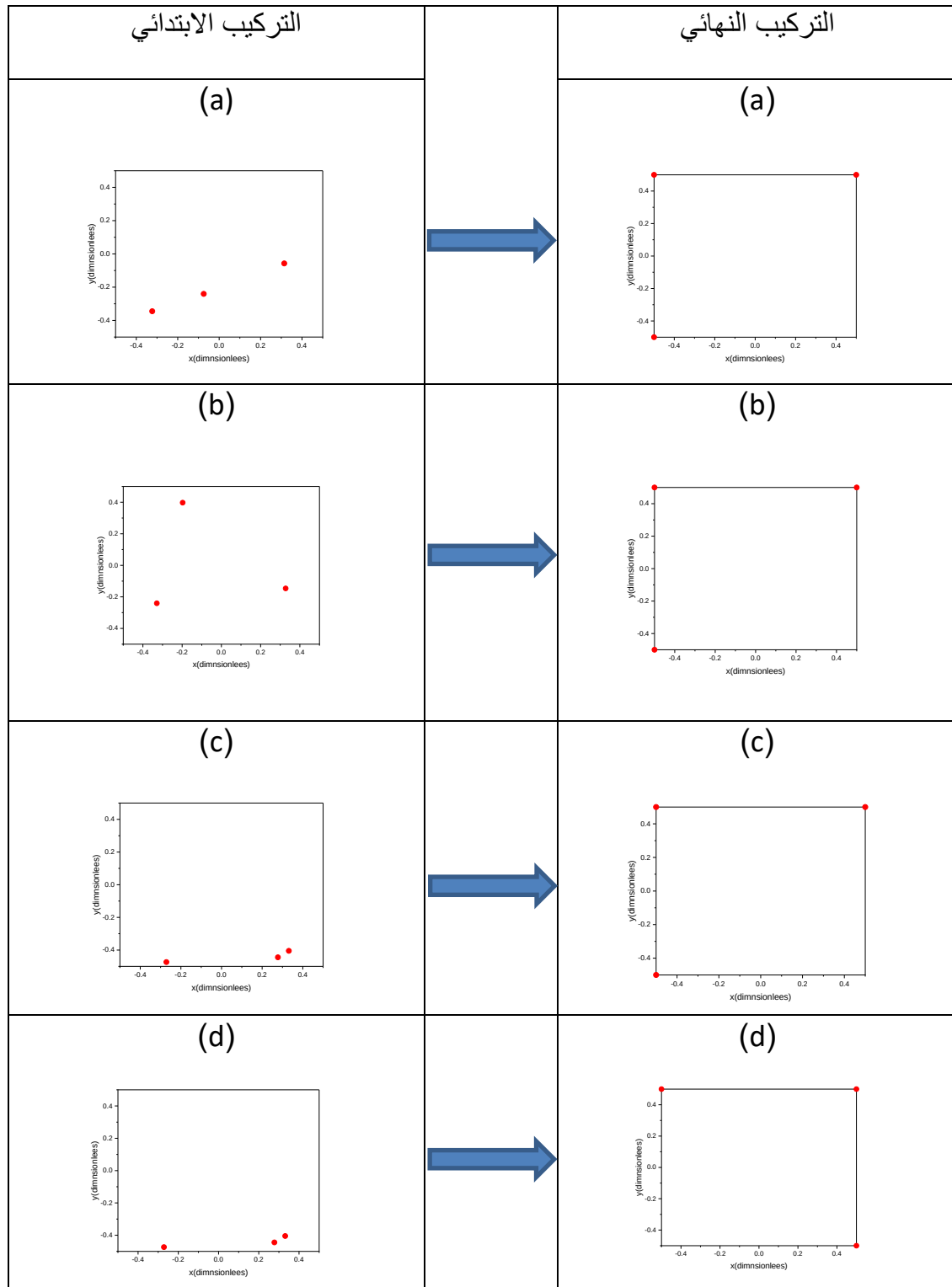
7. تكرار العملية حتى الوصول إلى أدنى طاقة. تُعاد جميع الخطوات السابقة عدة مرات (قد تصل إلى ملايين التكرارات)، إلى أن يصبح التغير في الطاقة بين دورتين متتاليتين ضئيلاً جداً [27].

3.2 طريقة اختيار التركيبات الأقل طاقة من بين عدة تراكيب ابتدائية :

سنتناول في هذا الجزء مجموعة من الأمثلة التي توضح كيفية اختيار التركيب الأقل طاقة استقرار من بين عدة تراكيب نهائية يتم الحصول عليها من خلال استخدام عدد من التراكيب الابتدائية

العشوائية "seed" بعد ذلك حساب طاقة الاستقرار الكلية لكل تركيب و فيما يلي مثال توضحي لهذه العملية.

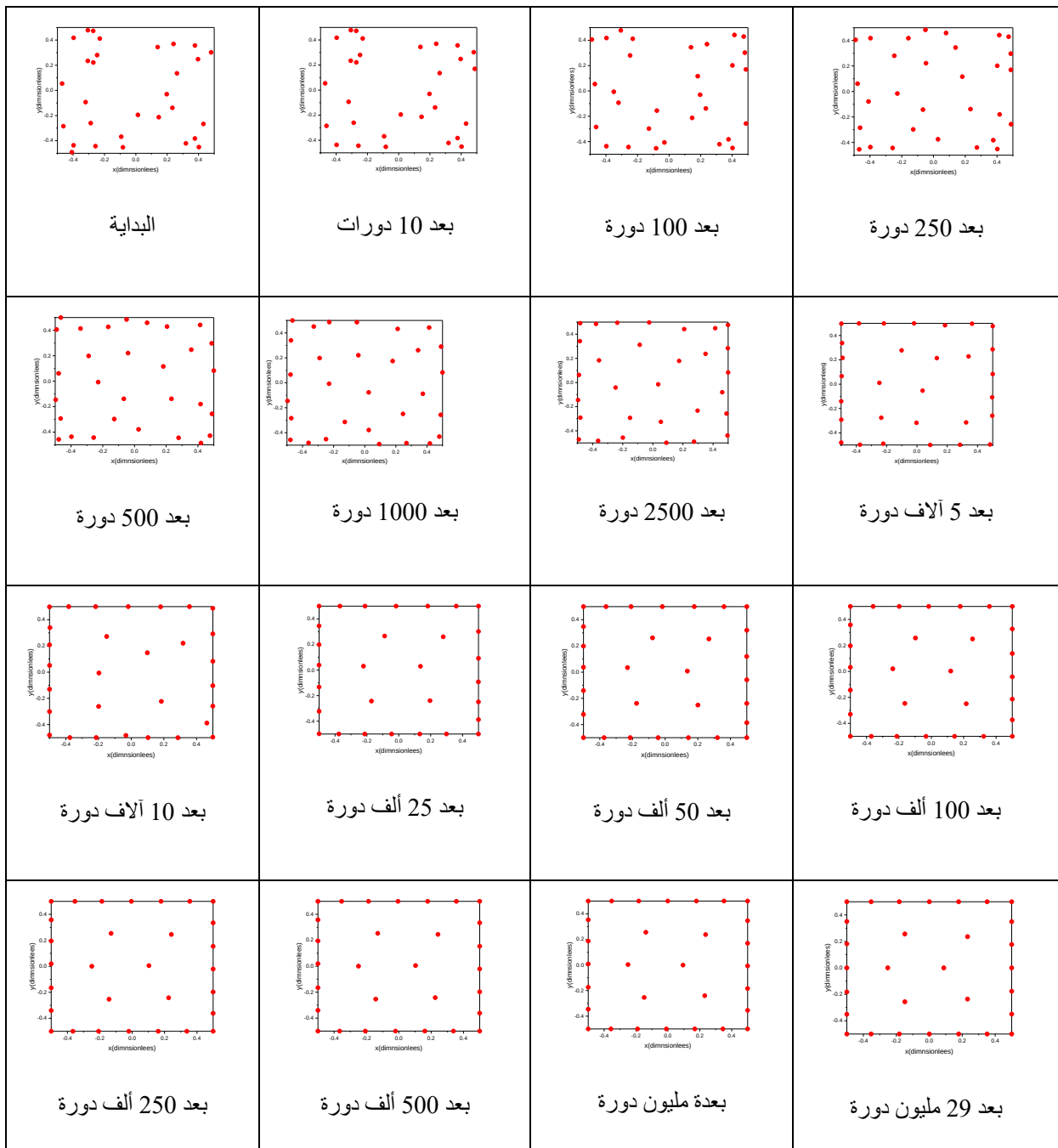
وكما بالشكل (a) التركيب الابتدائي عبارة عن ثلاثة شحنات كهربية نقطية وضعت عشوائيا داخل مربع ثنائي البعد. و بعد ان تم تطبيق طريق تقليل الطاقة 3000000 مليون محاولة تحصلنا على التركيب النهائي الموضح بالشكل (a)، و الذي طاقته الدنيا (1.35355339059327373080).
وكما بالشكل (b)، التركيب الابتدائي عبارة عن ثلاثة شحنات كهربية نقطية وضعت عشوائيا داخل مربع ثنائي البعد. و بعد ان تم تطبيق طريق تقليل الطاقة 3000000 مليون محاولة تحصلنا على التركيب النهائي الموضح بالشكل (b)، و الذي طاقته الدنيا (1.35355339059327373080).
وكما بالشكل (c)، التركيب الابتدائي عبارة عن ثلاثة شحنات كهربية نقطية وضعت عشوائيا داخل مربع ثنائي البعد. و بعد ان تم تطبيق طريق تقليل الطاقة 3000000 مليون محاولة تحصلنا على التركيب النهائي الموضح بالشكل (c)، و الذي طاقته الدنيا (1.35355339059327373080). وكما
بالشكل (d) التركيب الابتدائي عبارة عن ثلاثة شحنات كهربية نقطية وضعت عشوائيا داخل مربع ثنائي البعد. و بعد ان تم تطبيق طريق تقليل الطاقة 3000000 مليون محاولة تحصلنا على التركيب النهائي الموضح بالشكل (d)، و الذي طاقته الدنيا (1.35355339059327373080). ومن
الملاحظ أنه لجميع التركيبات الابتدائية العشوائية (a,b,c,d) الموضحة بالشكل (1.3) تحصلنا على نفس التركيب النهائي ونفس طاقة الاستقرار.



الشكل (1.2) التركيبات الابتدائية العشوائية والتركيبات النهائية لنظام فيزيائي مكون من ثلاث شحنات كهربائية نقطية متشابهة في النوع ومتساوية في المقدار على موصل مربع الشكل متناهي السمك، وتتفاعل الشحنات الكهربائية النقطية وفق لقانون كولوم وبجهد (Hard – wall).

4.2 الانتقال من التركيب العشوائي إلى التركيب المستقر وتطور النظام عبر الدورات بواسطة طريقة تقليل الطاقة.

في هذه المرحلة قد يكون من المفيد توضيح للقارئ كيفية الوصول الي النظام الفيزيائي المستقر لكل مرحلة ،بدأ من توليد تركيب عشوائي ابتدائي الي التركيب النهائي ،وذلك باستخدام طريقة تقليل الطاقة. فمثلا في نظام فيزيائي ($N=30$) الغرض من هذا هو اظهار تأثير عدد الدورات (التكرار) على توزيع النهائي للشحنات الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار ،الشكل (2.3) يوضح هذا، وتشير الأرقام أسفل كل صورة الي عدد الخطوات /الدورات ، فمثلا الصورة الأولى عند البداية تشير الي التركيب الابتدائي المولد عشوائيا، ومن الملاحظ أنه عند زيادة عدد الدورات تتحرك الشحنات الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار في جميع الاتجاهات ويصل بعضها الي جوانب الموصل المربع ،ويبقى هناك ولا يمكنه العودة الي المنطقة الداخلية للموصل المربع مرة أخرى ،بل يكون مسموح لها بالتحرك على طول الجوانب فقط الي أن يصل هذا النظام الي حالة الاستقرار.



الشكل (2.2) التطور لنظام فيزيائي في حالة ($N=30$) بداية من تركيب ابتدائي عشوائي الي تركيب نهائي مستقر.

الجدول (1.2) بين التطور لقيم الطاقة في حالة (N=30) من بداية تركيب ابتدائي عشوائي الي تركيب نهائي مستقر باستخدام طريقة تقليل الطاقة .

الدورات	الطاقة	الدورات	الطاقة
0	549.94485834700500000000	10000	412.84333400636900000000
10	548.03500294501300000000	25000	409.30050704525800000000
100	504.09547724145800000000	50000	408.57221762794100000000
250	478.15421967298700000000	100000	408.09178624199900000000
500	454.26809428652200000000	250000	407.71598713623300000000
1000	444.05085972331800000000	500000	407.60430397263700000000
2500	431.10460010784200000000	1000000	407.56351672692300000000
5000	418.13104378133000000000	29000000	407.53883886537113313000

الفصل الثالث

(نتائج المحاكاة لموصل ثنائي الأبعاد على شكل مربع)

1.3 نتائج الحسابات طاقة الاستقرار والتراكيب الأكثر استقرارًا لشحنات كهربية نقطية محصورة في موصل ثنائي الأبعاد متناهي السمك.

في هذه الرسالة تم دراسة عدد من الأنظمة الفيزيائية تتكون من 2 الي 80 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار ومتشابهة في النوع على شكل مربع طول ضلعه 1 وحدة طول، ونظام فيزيائي مكون من 200 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار ومتشابهة في النوع على شكل مربع طول ضلعه 1 وحدة طول ونظام فيزيائي مكون من 300 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار ومتشابهة في النوع على شكل مربع طول ضلعه 1 وحدة طول ونظام فيزيائي مكون من 500 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار ومتشابهة في النوع على شكل مربع طول ضلعه 1 وحدة طول. تم وصف عدد الشحنات النقطية بالصيغة التالية $\langle n_c | n_1, n_2, n_3, n_4 | n_i \rangle$ بحيث تشير n_c الى عدد الشحنات النقطية على أركان الموصل المربع ثنائي البعد ، n_i تشير الى عدد الشحنات النقطية داخل الموصل المربع ثنائي البعد ، و n_1, n_2, n_3, n_4 تشير الى عدد الشحنات النقطية على اضلاع المربع الأربعة [38].

في حالة الانظمة التي تتكون من $(N=2,3,4,6,7,8,9,10,11,12)$ شحنات كهربية نقطية وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (1.3) و(2.3) يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية على محيط الموصل المربع الشكل ولا وجود لشحنات كهربية نقطية داخل المربع ، بحيث الأماكن التي تشغل أولا بالشحنات الكهربية النقطية هي زوايا المربع الأربعة .

أما عندما يكون عدد الشحنات الكهربية النقطية يتكون من $(N=5,13,14,15,16,17)$ وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (1.3) و(2.3) ويكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر شحنة واحدة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع وباقي الشحنات الكهربية النقطية على محيط المربع.

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة على الانظمة التي تتكون من (N=18,20,21,22) وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (2.3) و(3.3) و يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربائية النقطية بحيث تستقر شحنين كهربيتين في منتصف الموصل المربع وباقي الشحنات الكهربائية النقطية على محيط المربع.

وعندما يكون عدد الشحنات يتكون من (N=19,23) وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (3.3) ويكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربائية النقطية بحيث تستقر ثلاث شحنات كهربية في منتصف الموصل مربع وباقي الشحنات الكهربائية النقطية على محيط المربع.

بينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من (N=24,25,26,27,28) شحنة كهربية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (3.3) و يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربائية النقطية بحيث تستقر أربعة شحنات كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع وتأخذ على شكل مربع داخله، وباقي الشحنات الكهربائية النقطية على محيط المربع.

وإذا كان عدد الشحنات يتكون من (N=29) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (3.3) و يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربائية النقطية بحيث تستقر خمس شحنات كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع وتأخذ شكل مربع داخله وشحنة في المنتصف، وباقي الشحنات الكهربائية النقطية على محيط المربع، في كل منها، ويكون التوزيع المستقر $\{4|4,4,4,4|5\}$ ، وطاقة الاستقرار لهذا النظام هي (377.68406455319154702000).

بينت دراستنا لنظام يتكون من (N=30,32,33,34) شحنة كهربية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (3.3) والشكل (4.3) و يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربائية النقطية بحيث تستقر ست شحنات كهربية نقطية في منتصف الموصل مربع وباقي الشحنات الكهربائية النقطية على محيط المربع.

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة علي أنظمة تتكون من (N=31,35) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (4.3) و يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 7 شحنات كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع بصورة شبه متماثلة، وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع.

وفي حالة نظام يتكون من (N=36) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (4.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 8 شحنات كهربية نقطية في منتصف الموصل مربع وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع في كل منها. ويكون التوزيع (8|6,6,6,6|4)، وطاقة الاستقرار لهذا النظام هي (609.50567413726730594) .

بينت دراستنا لنظام يتكون من (N=37,38,39,40,41) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (4.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 9 شحنات كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع وتتوزع هذه الشحنات على شكل مربع في منتصفه شحنة كهربية نقطية وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع في كل منها. أما في حالة ما اذا كان عدد الشحنات يتكون من (N=42) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (4.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 10 شحنات كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع في كل منها. ويكون التوزيع المستقر (9|7,7,7,7|4)، وطاقة الاستقرار لهذا النظام هي (854.71795204524642033000) .

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة علي الانظمة التي تتكون من (N=43,47) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (4.3) والشكل (5.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية بحيث تستقر 11 شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع.

وبينت دراستنا لنظام يتكون من ($N=44,46,48$) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (5.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية بحيث تستقر 12 شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط الموصل المربع.

وعندما يكون عدد الشحنات يتكون من ($N=45,49$) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (5.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 13 شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط الموصل المربع.

وفي حالة نظام يتكون من ($N=50$) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (5.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 14 شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع في كل منها. ويكون توزيع الشحنات الكهربية النقطية لهذا النظام هو $\langle 4|8,8,8,8|14 \rangle$ ، وطاقة الاستقرار لهذا النظام هي (1248.578025138510000000000).

وبينت نتائجنا أنه إذا كان عدد الشحنات يتكون من ($N=51,53,54,55$) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (5.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 15 شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع.

وعندما يكون عدد الشحنات يتكون من ($N=52,56$) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (5.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 16 شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع ويتكون مربعين داخله، وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع. مثلاً عندما ($N=52$) المربع الأول يحتوي على 12 شحنة كهربية نقطية

والمربع الثاني على 4 شحنات كهربية نقطية ، وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط
المربع وله نفس التركيب في حالة (N=56) داخل الموصل .

وفي حالة نظام يتكون من (N=57) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (6.3)
حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 17 شحنة كهربية نقطية في
منتصف الموصل المربع ، وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع ويكون التوزيع
المستقر (4|9,9,9,9|17)، وطاقة الاستقرار لهذا النظام هي (1657.13148501871796730) .

وبينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من (N=58,62) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما
بالشكل (6.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 18 شحنة
كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع ، وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط
المربع.

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة علي أنظمة تتكون من (N=59,63) شحنة كهربية نقطية وجد أن
التركيب النهائي كما بالشكل (6.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث
تستقر 19 شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع ، وباقي الشحنات الكهربية النقطية
تستقر على محيط المربع.

أما عندما يكون عدد الشحنات يتكون من (N=60,61,64) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب
النهائي كما بالشكل (6.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر
20 شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع ، وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على
محيط المربع.

بينت نتائجنا لنظام يتكون من (N=65) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما
بالشكل (6.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 21
شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع ، وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر

على محيط المربع. ويكون التوزيع المستقر $\langle 4|10,10,10,10|21 \rangle$ ، وطاقة الاستقرار لهذا النظام هي (2197.07764742882454820).

وعندما يتكون النظام من ($N=66,70$) شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (7.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربائية النقطية بحيث تستقر 22 شحنة كهربائية نقطية في منتصف الموصل المربع ، وباقي الشحنات الكهربائية النقطية تستقر على محيط المربع ا. وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة على الانظمة التي تتكون من ($N=67,68,69,71$) شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (7.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربائية النقطية بحيث تستقر 23 شحنة كهربائية نقطية في منتصف الموصل المربع ، وباقي الشحنات الكهربائية النقطية تستقر على محيط المربع.

وفي حالة نظام يتكون من ($N=72$) شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (7.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربائية النقطية بحيث تستقر 24 شحنة كهربائية نقطية في منتصف الموصل المربع ، وباقي الشحنات الكهربائية النقطية تستقر على محيط المربع. ويكون التوزيع المستقر $\langle 4|11,11,11,11|24 \rangle$ وطاقة الاستقرار لهذا النظام هي (2734.4583395730337544).

وبينت دراستنا لنظام يتكون من ($N=73$) شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (7.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربائية النقطية بحيث تستقر 25 شحنة كهربائية نقطية في منتصف الموصل المربع ، وباقي الشحنات الكهربائية النقطية تستقر على محيط المربع في كل منها. ويكون التوزيع المستقر $\langle 4|11,11,11,11|25 \rangle$ ، وطاقة الاستقرار لهذا النظام هي (2816.23862191946363970000).

وعندما يكون عدد الشحنات ($N=74$) شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (7.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربائية النقطية بحيث تستقر 26 شحنة كهربائية نقطية في منتصف الموصل المربع ، وباقي الشحنات الكهربائية النقطية تستقر

على محيط المربع . ويكون التوزيع المستقر $\langle 4|11,11,11,11|26 \rangle$ ، وطاقة الاستقرار لهذا النظام هي (2899.535747056960).

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة علي أنظمة تتكون من (N=75,79) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (7.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 27 شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع ، وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع .

وبينت دراستنا لنظام يتكون من (N=76,80) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (7.3) و الشكل (8.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 28 شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع ، وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع .

بينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من (N=77) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (7.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 29 شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع ، وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع في كل منها. ويكون التوزيع المستقر $\langle 4|11,11,11,11|29 \rangle$ ، وطاقة الاستقرار لهذا النظام هي (3156.16294294920044190000).

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة علي نظام يتكون من (N=200) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (8.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 109 شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع ، ومن الملاحظ أن التركيب الشحنات الكهربية النقطية داخل الموصل أغلبها يأخذ شكل التركيب "السداسي" بحيث يكون هناك ست شحنات وشحنة واحدة في المنتصف ، وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع. ويكون التوزيع المستقر

وبينت دراستنا لنظام يتكون من (N=300) شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (8.3) حيث يكون التوزيع المستقر لهذه الشحنات الكهربية النقطية بحيث تستقر 173 شحنة كهربية نقطية في منتصف الموصل المربع ، ومن الملاحظ أن التركيب الشحنات الكهربية النقطية داخل الموصل أغلبها يأخذ شكل التركيب "السداسي" بحيث يكون هناك ست شحنات وشحنة واحدة في المنتصف ، وباقي الشحنات الكهربية النقطية تستقر على محيط المربع في كل منها. ويكون التوزيع المستقر $\langle 4|32,31,30,30|173 \rangle$ ، وطاقة الاستقرار لهذا النظام هي (54282.42590242731239500000).

38

الجدول (1.3) نتائج هذه الرسالة لقيم الطاقة الدنيا E_N المتحصل عليها باستخدام طريقة تقليل الطاقة من (2 ≤ N ≤ 25) حيث N هو عدد الشحنات، ومقارنة النتائج المتحصل عليها مع النتائج المنشورة [38] وكذلك الخطأ النسبي.

N	النتائج الحالية E_N	من المرجع E_N [38]	الخطأ النسبي
2	0.35355339059327373086	0.353553390593	7.74E-11
3	1.35355339059327373080	1.3535533905(93)	2.02E-11
4	2.70710678118654790580	2.7071067811(87)	1.67E-11
5	5.53553390593273775300	5.5355339059(33)	4.73E-12
6	8.99596116318637761860	8.9959611631(86)	4.21E-12
7	13.27441454112156726800	13.2744145411(22)	3.27E-12
8	18.11324266993239362600	18.1132426699(32)	2.18E-12
9	24.94166979467857814300	24.8793351379(55)	0.249922
10	32.20305336883019710400	32.2030533688(30)	6.18E-13
11	40.53801203655097396200	40.5380120365(51)	7.01E-14
12	49.44580203541228513800	49.4458020354(12)	5.75E-13
13	59.82115504350769441700	59.8211550435(08)	5.11E-13
14	71.7835735120171847270	71.7835735120(17)	2.57E-13
15	84.39506000772034610600	84.3950600077(20)	4.04E-13
16	98.01793802720824544800	98.0179380272(08)	2.46E-13
17	112.301065285154919590	112.3010652851(55)	7.59E-14
18	128.309050439792798680	128.3090504397(93)	1.55E-13
19	145.72356932825414333000	145.7235693282(54)	9.75E-14
20	163.99231391040157747000	163.9923139104(01)	3.47E-13
21	183.2902622603949680500	183.2902622603(95)	1.55E-14
22	203.25124079179931869000	203.2512407917(99)	1.54E-13
23	224.49399023927182384000	224.4939902392(63)	3.92E-12
24	247.0752333575132127000	247.0752333575(13)	8.05E-14
25	271.3709159619903630500	271.3709159619(90)	1.26E-13

الجدول (2.3) نتائج هذه الرسالة لقيم الطاقة الدنيا E_N المتحصل عليها باستخدام طريقة تقليل الطاقة. من $(26 \leq N \leq 54)$ حيث N هو عدد الشحنت، ومقارنة النتائج المتحصل عليها مع النتائج المنشورة [38] وكذلك الخطأ النسبي .

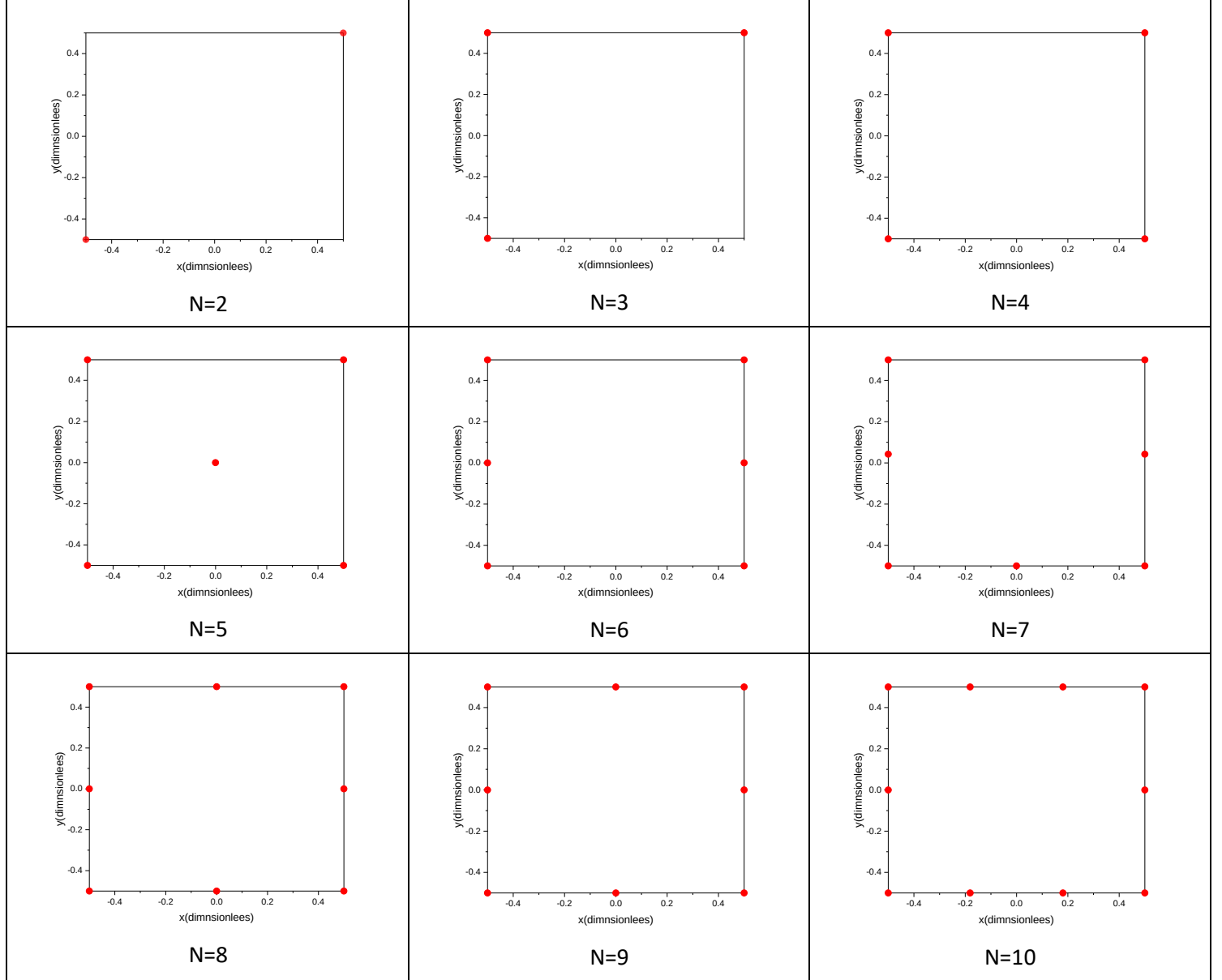
N	النتائج الحالية E_N	من المرجع [38] E_N	الخطأ النسبي
26	296.3962984281247372700	296.3962984281(24)	8.34E-12
27	322.46690504126922861000	322.4668956960(12)	2.9E-8
28	349.27360050281237136000	349.2736005028(11)	3.55E-12
29	377.68406455319154702000	377.6840645531(92)	2.42E-11
30	407.53883886537113310000	407.5388388653(68)	1.74E-11
31	438.74875832842400316000	438.7487583284(23)	5.47E-12
32	470.81782979999957208000	470.8177857292(16)	9.36E-06
33	503.98350411652700000000	503.9835041165(25)	5.36E-12
34	537.89587654333536194000	537.8958765433(32)	6.57E-12
35	573.13622713931533783000	573.1362271393(00)	2.68E-12
36	609.50567413726696488000	609.5056741372(65)	1.1E-11
37	647.50832678279118683000	647.5083267827(88)	1.41E-11
38	687.00830719044665788000	687.0083071904(43)	6.78E-12
39	727.29840522439849338000	727.2984052244(00)	2.03E-13
40	768.64782319171229122000	768.6478231917(11)	1.6E-12
41	810.79292293700200394000	810.7929229370(00)	2.52E-13
42	854.71795204524664772000	854.7179520452(40)	5.45E-12
43	899.89862994319446444000	899.8986299430(95)	2.16E-11
44	946.40560965680060694000	946.4056096565(97)	3.18E-11
45	994.16359476655236449000	994.1635947665(36)	5.42E-12
46	1043.07538360282342180000	1042.8933603826(57)	0.017726
47	1092.66566632501235290000	1092.6656663249(61)	1.03E-11
48	1143.31299371320278630000	1143.3129937131(97)	8.99E-12
49	1195.27348495642331730000	1195.2734849564(09)	1.96E-12
50	1248.57802513854971950000	1248.5780251385(06)	3.99E-12
51	1303.35985311556919440000	1303.3598531155	5.3E-12
52	1359.63429661122995640000	1359.6342966112	2.21E-12
53	1417.08559918364926490000	1416.9942485742	0.006446
54	1475.30480617757643820000	1475.3048061774	1.2E-11

الجدول (3.3) نتائج هذه الرسالة لقيم الطاقة الدنيا E_N المتحصل عليها باستخدام طريقة تقليل الطاقة. من $(55 \leq N \leq 80)$ بالإضافة الي (200,300,500) حيث N هو عدد الشحنات، ومقارنة النتائج المتحصل عليها مع النتائج المنشورة [38] وكذلك الخطأ النسبي .

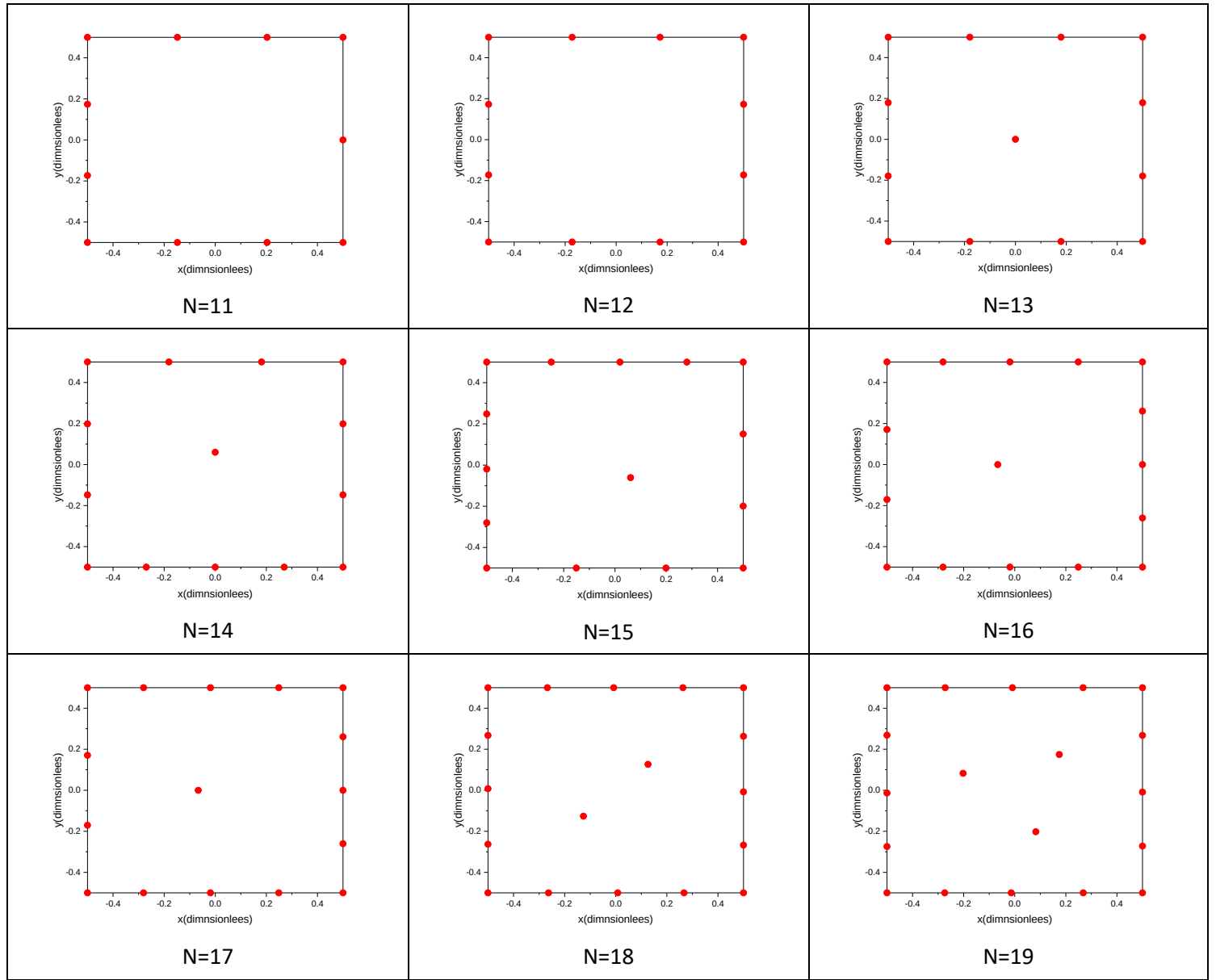
N	النتائج الحالية E_N	من المرجع [38] E_N	الخطأ النسبي
55	1534.45466446042701140000	1534.4546644603	58.28E-12
56	1594.93694124386888690000	1594.9369412438	4.32E-12
57	1657.13148501871796730000	1657.1314850186	7.12E-12
58	1720.46890543697418250000	1720.4689054369	4.31E-12
59	1785.20295976131365030000	1785.2029597612	6.37E-12
60	1851.06176205181418480000	1851.0617620517	6.17E-12
61	1918.47645321368418080000	1918.2426051481	0.012189
62	1986.24237084755077370000	1986.2423708474	7.59E-12
63	2055.24137864037993510000	2055.2413786403	3.89E-12
64	2125.38694670235690860000	2125.3869467022	7.38E-12
65	2197.07764742882454820000	2197.0776474287	5.67E-12
66	2270.20159562405206080000	2270.2015956239	6.69E-12
67	2344.75269250262499550000	2344.7526925024	9.6E-12
68	2420.72274691641000000000	2420.6999798128	0.001661
69	2498.19583049028551620000	2497.5097686465	0.027462
70	2575.35203309316375460000	2575.3520330930	6.36E-12
71	2654.18585995748026110000	2654.1858599572	1.06E-11
72	2734.45833957303375440000	2734.4583395729	4.89E-12
73	2816.23862191946363970000	2816.2385892777	1.16E-06
74	2899.39807621647423730000	2899.3681325179	0.005781
75	2983.68145380254236440000	2983.6814538023	8.12E-12
76	3069.35247982987584710000	3069.3524798294	1.55E-11
77	3156.16294294920044190000	3156.1629429490	6.35E-12
78	3244.86190400590521680000	3244.1931269885	0.02061
79	3334.00190028962970260000	3332.9593976569	0.031269
80	3424.98947169550729080000	3422.9958724460(16)	0.058207
200	23468.16826484307966900000	لم يحسب	
300	54282.42590242731239500000	لم يحسب	
500	155123.17642954734038000000	لم يحسب	

فيما يلي سنقوم بعرض التركيبات النهائية المتحصل عليها في هذا الجزء من الدراسة باستخدام طريقة

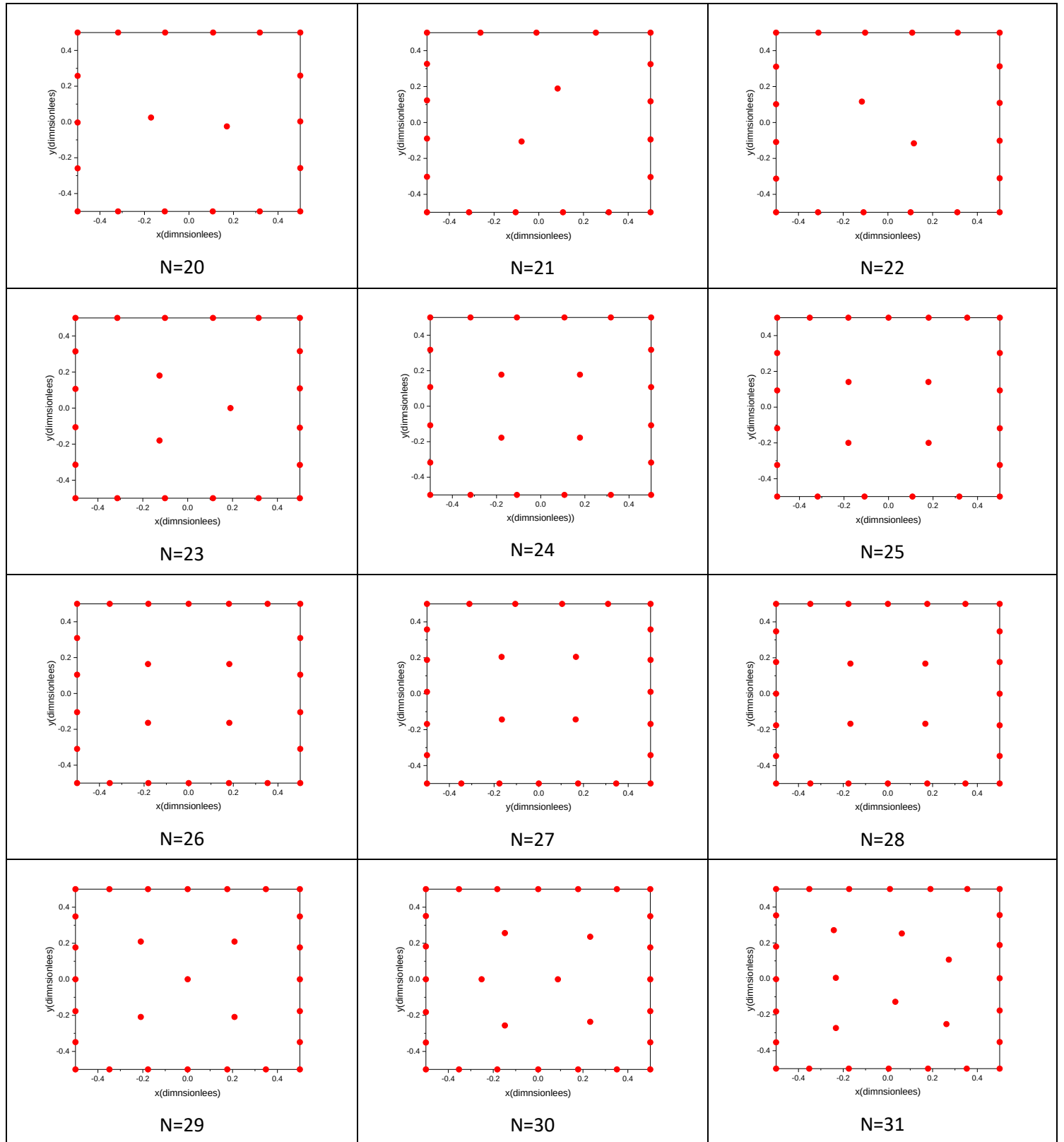
تقليل الطاقة وهي الأنظمة ($N \leq 2 \leq 80$) بالإضافة الي الأنظمة (200,300,500).



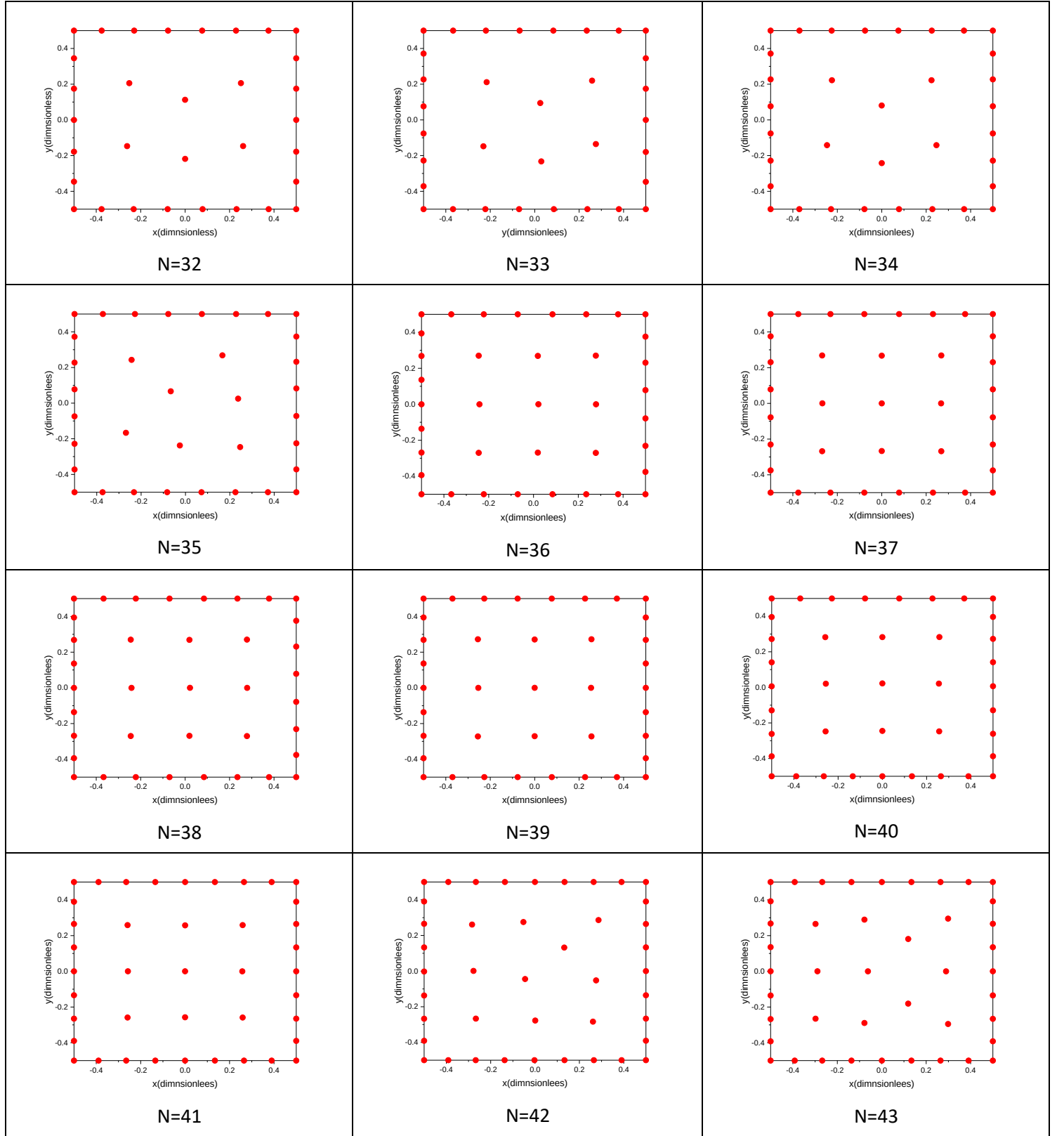
الشكل (1.3) بين الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($2 \leq N \leq 10$) النقاط تدل على الشحنة الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .



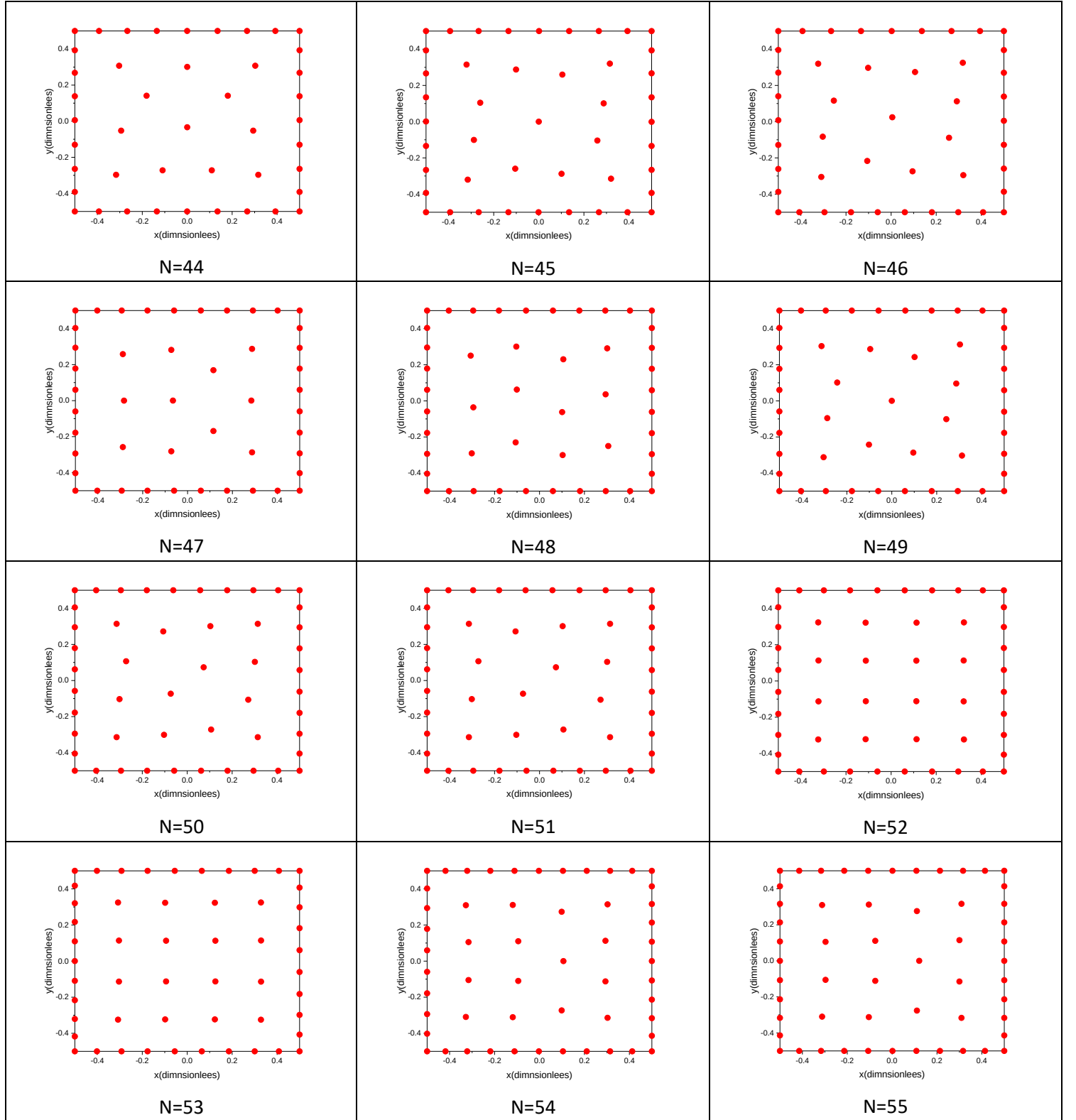
الشكل (2.3) يبين الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($11 \leq N \leq 19$) النقاط تدل على الشحنة الكهربية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .



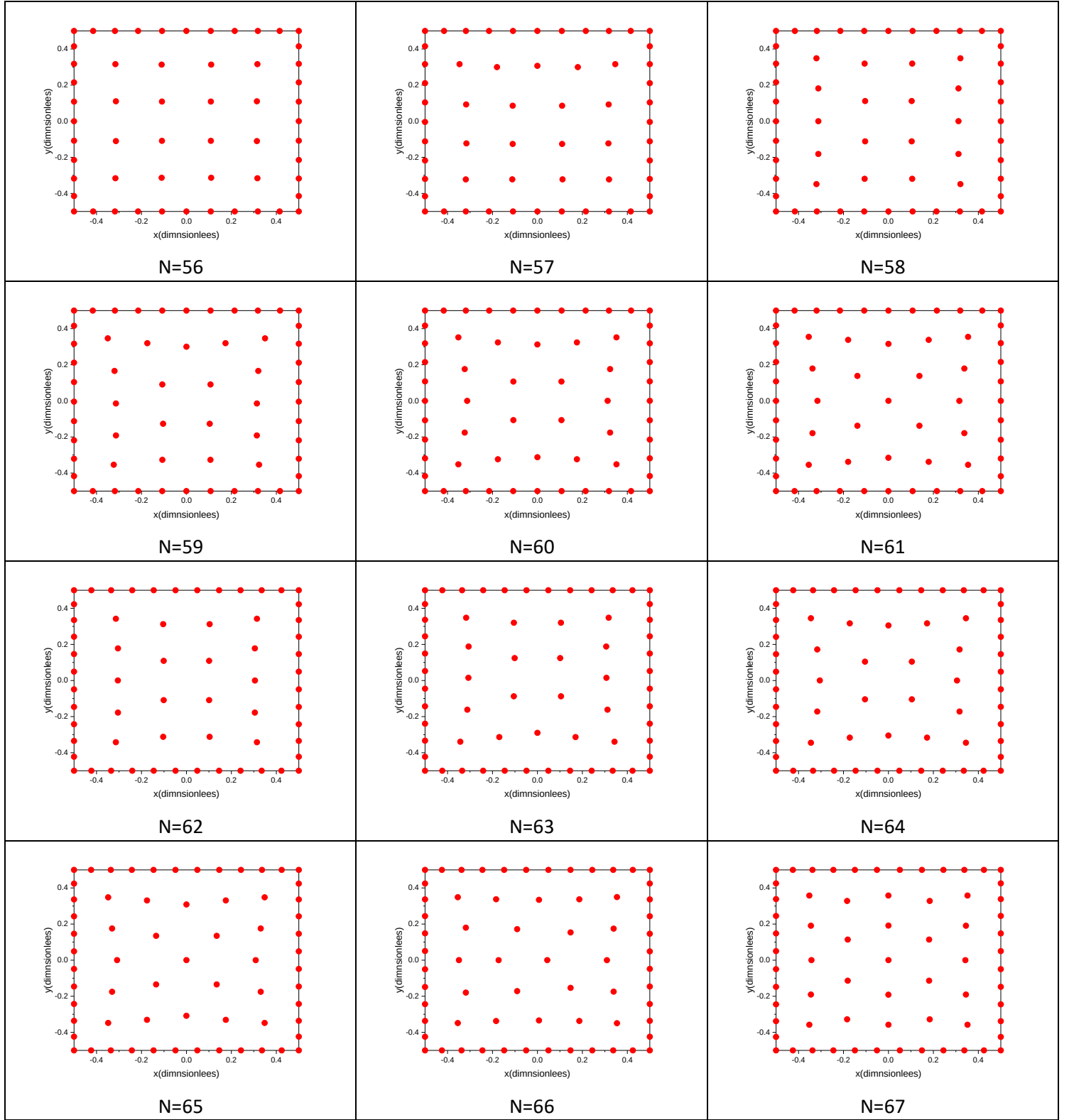
الشكل (3.3) بين الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($20 \leq N \leq 31$) النقاط تدل على الشحنة الكهربية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .



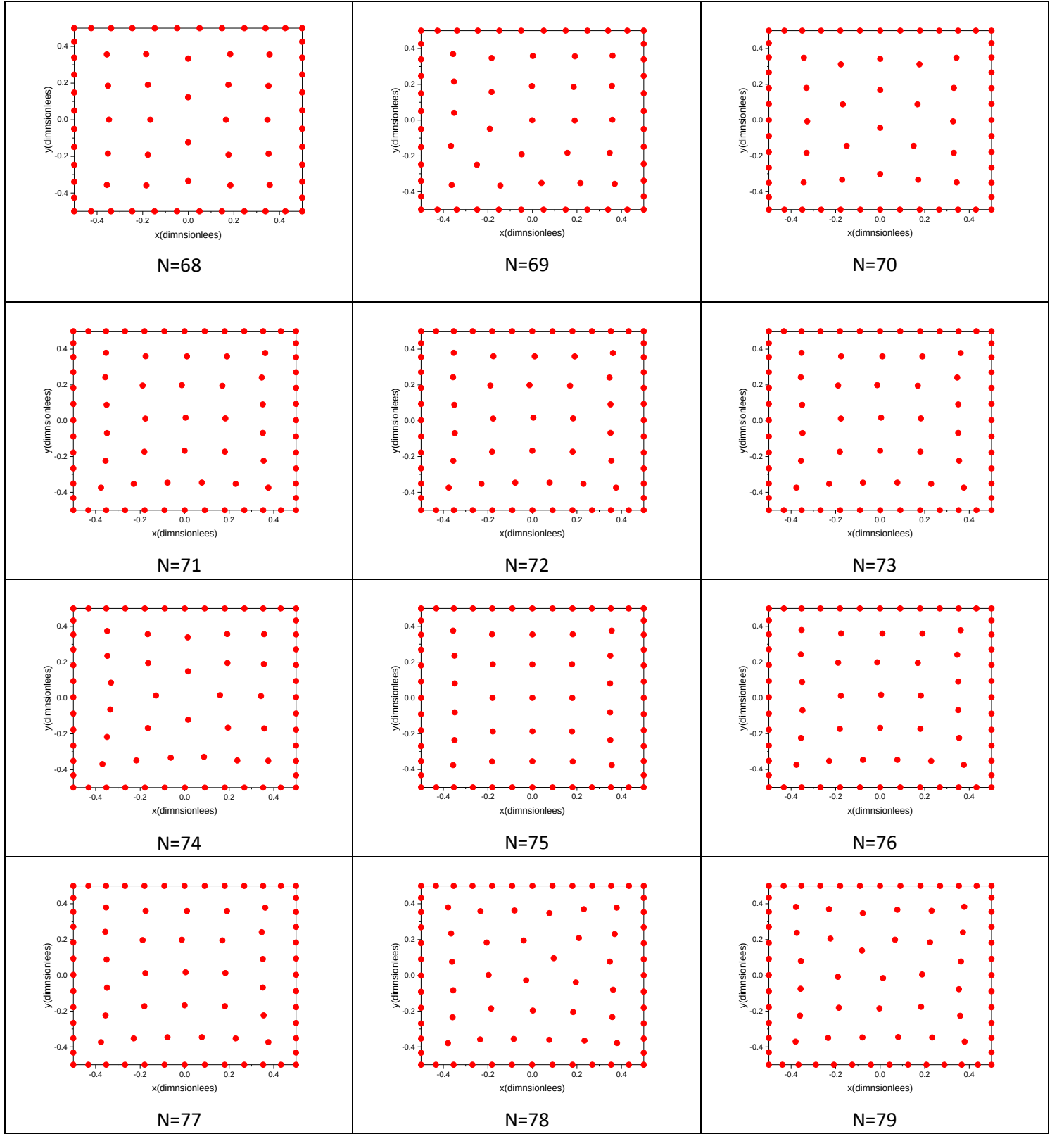
الشكل (4.3) بين الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($32 \leq N \leq 43$) النقاط تدل على الشحنة الكهربية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .



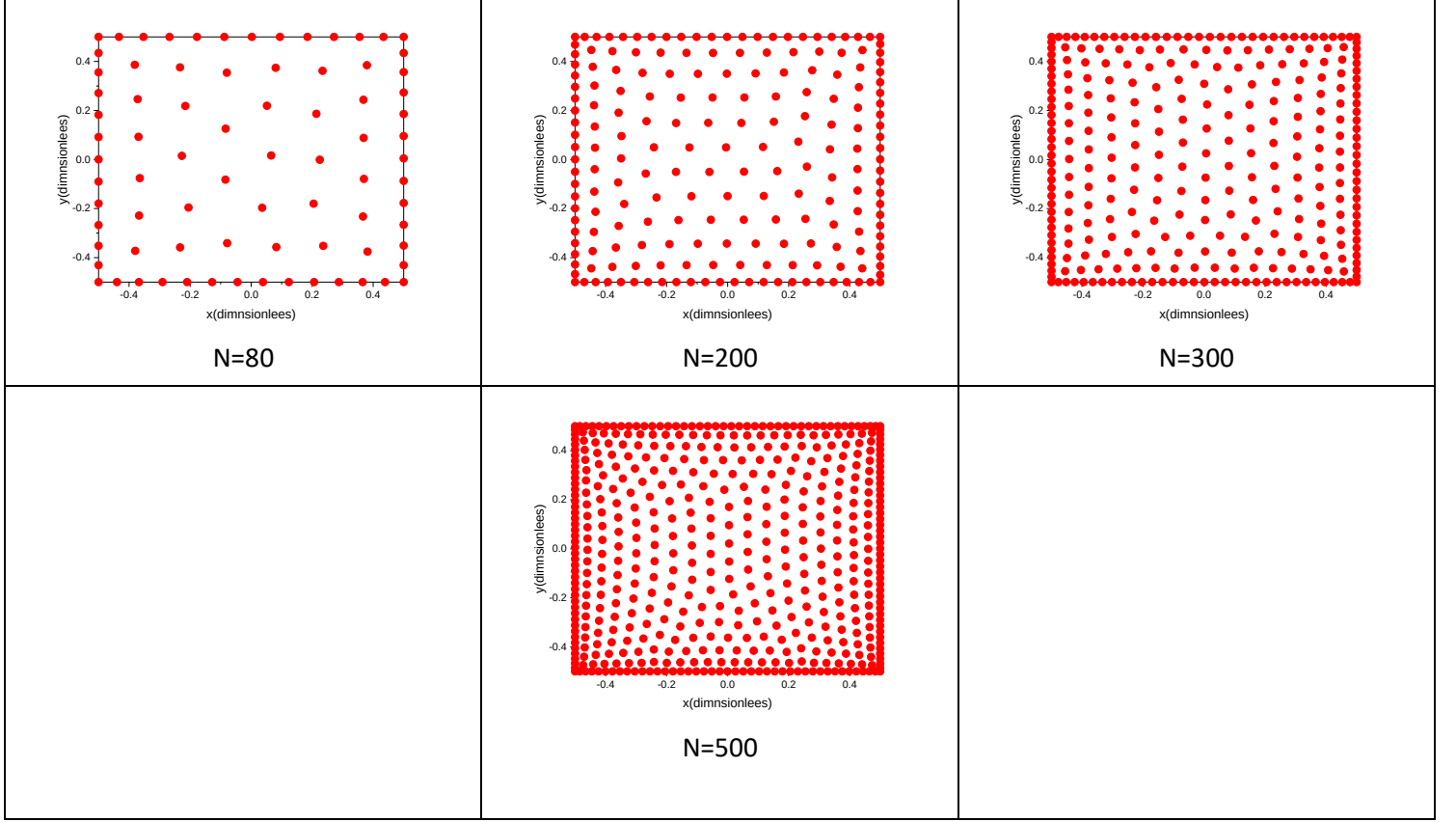
الشكل (5.3) بين الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($44 \leq N \leq 55$) النقاط تدل على الشحنة الكهربية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .



الشكل (6.3) بين الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($56 \leq N \leq 67$) النقاط تدل على الشحنة الكهربية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .



الشكل (7.3) بين الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة ($68 \leq N \leq 79$) النقاط تدل على الشحنة الكهربية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .



الشكل (8.3) بين الطاقة الدنيا للتوزيعات النهائية لشحنات كهربية نقطية للأنظمة (N=80,200,300,500). النقاط تدل على الشحنة الكهربية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار .

الفصل الرابع

(نتائج المحاكاة لموصل ثلاثي الأبعاد على شكل متوازي المستطيلات)

1.4 نتائج الحسابات طاقة الاستقرار والتراكيب الأكثر استقرارًا لشحنات كهربية نقطية

لموصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك على شكل متوازي مستطيلات.

تم وصف عدد الشحنات النقطية بالصيغة التالية $\left\langle \frac{n_c}{2} \middle| n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6 \middle| n_i \right\rangle$ بحيث

تشير $\frac{n_c}{2}$ الى عدد الشحنات النقطية على أضلاع الموصل المتوازي المستطيلات ثلاثي الأبعاد

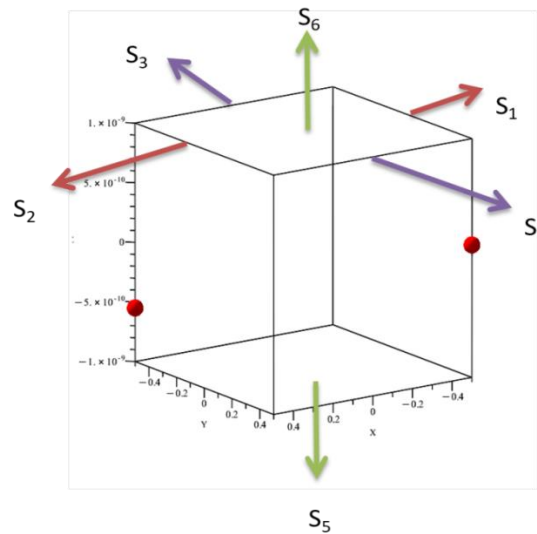
المشتركة مع أحد الجوانب الستة، n_i تشير الى عدد الشحنات النقطية داخل الموصل المتوازي

المستطيلات ثلاثي الأبعاد ، و $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6$ تشير الى عدد الشحنات النقطية على أوجه

الموصل المتوازي المستطيلات الستة. ويوضح الشكل التالي مثال توضيحي للأوجه الستة للموصل

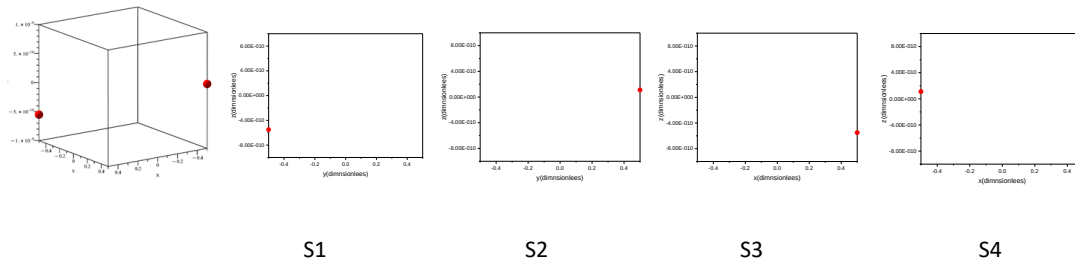
المتوازي المستطيلات لنظام يتكون من شحنتين كهربيتين نقطيتين وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة وجد

أن التركيب النهائي يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{4}{2} \middle| 0,0,0,0,0,0 \middle| 0 \right\rangle$.

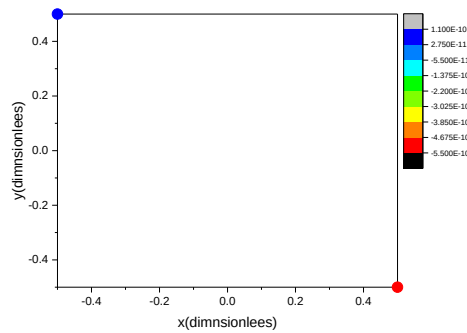


الشكل (1.4) مثال توضيحي للتركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من شحنتين كهربيتين نقطيتين متساويتين في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول، وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ،حيث S_1 يدل الجانب الاول و S_2 على الجانب الثاني باللون الأحمر و S_3 على الجانب الثالث و S_4 على الجانب الرابع باللون البنفسجي و S_5 على الجانب الخامس و S_6 على الجانب السادس باللون الأخضر.

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة لنظام يتكون من شحنتين كهربيتين نقطيتين وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (2.4) يأخذ الصيغة الآتية $\left\langle \frac{4}{2} \middle| 0,0,0,0,0,0 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار (0.35355339059327373086).



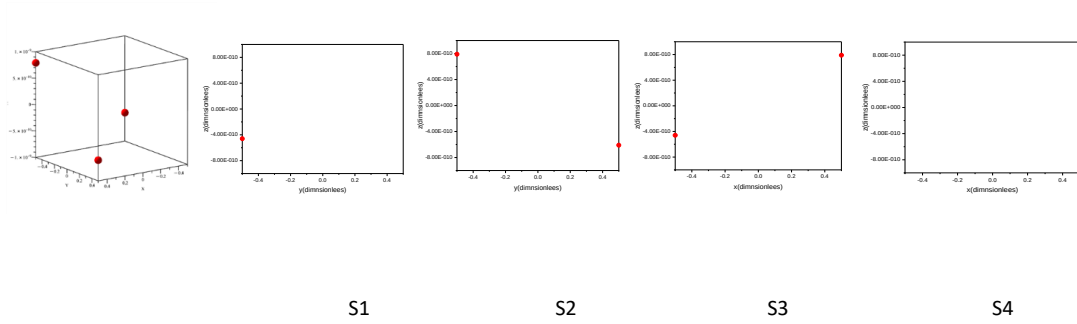
الشكل (2.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من شحنتين كهربيتين نقطيتين متساويتين في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول، وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



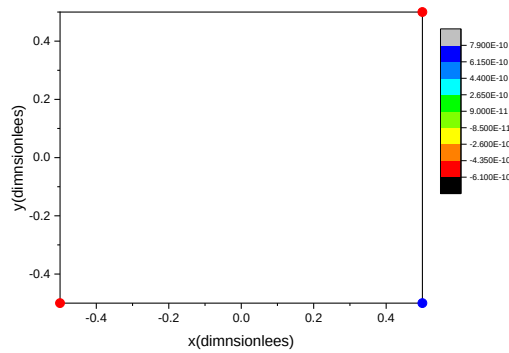
الشكل (3.4) إسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .

بينت نتائجنا نظام يتكون من ثلاث شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (4.4)

يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{6}{2} \middle| 0,0,0,0,0,0 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (1.3535533905932737308)

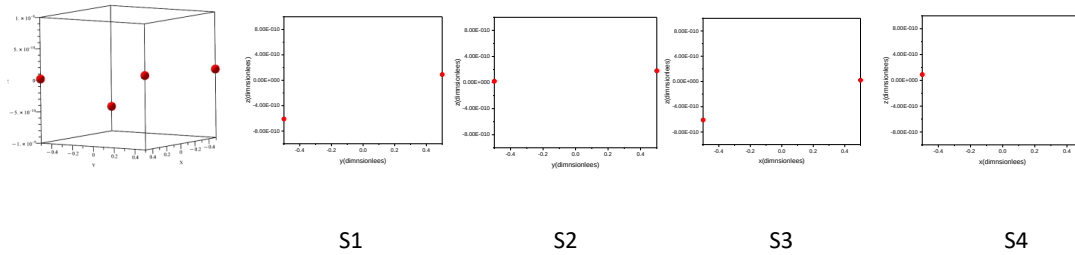


الشكل (4.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 3 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

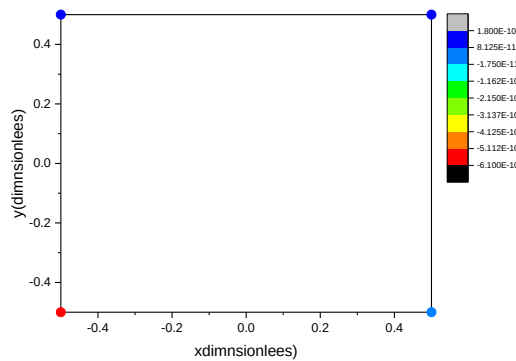


الشكل (5.4) إسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأن بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .

عندما يكون عدد الشحنات يتكون من 4 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (6.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 0,0,0,0,0,0 \middle| 0 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (2.7071067811865474617).



الشكل (6.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 4 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

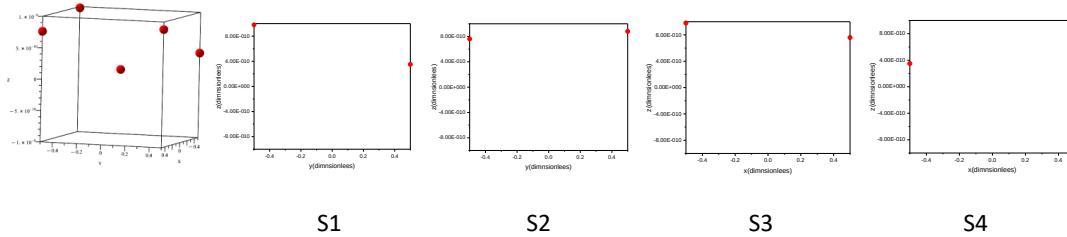


الشكل (7.4) اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .

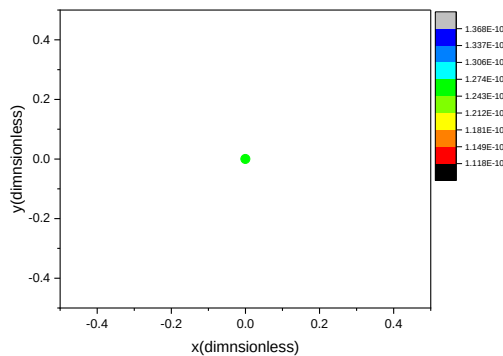
بينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من 5 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(8.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 0,0,0,0,0,0 \right| 1 \right\rangle$ وطاقة الاسقرار هي

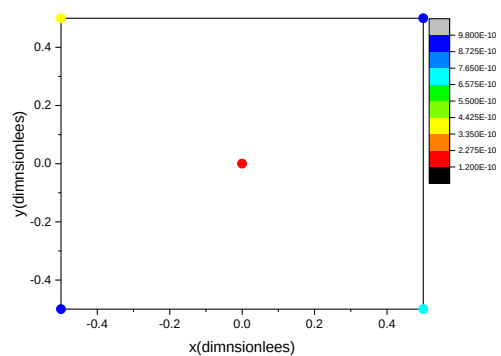
$$(5.535533905932737753)$$



الشكل (8.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 5 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



(A)

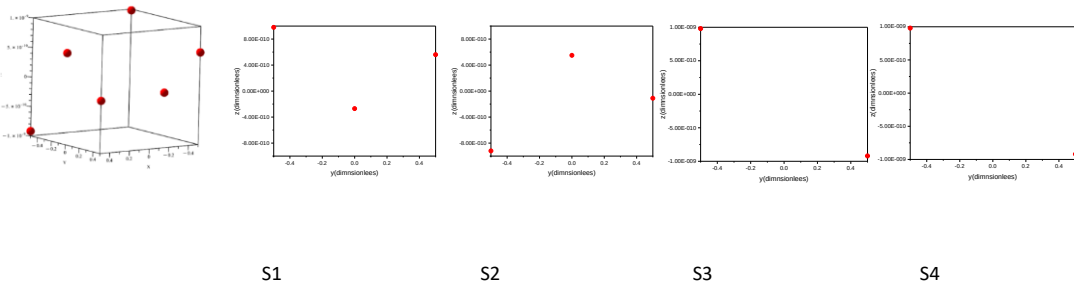


(B)

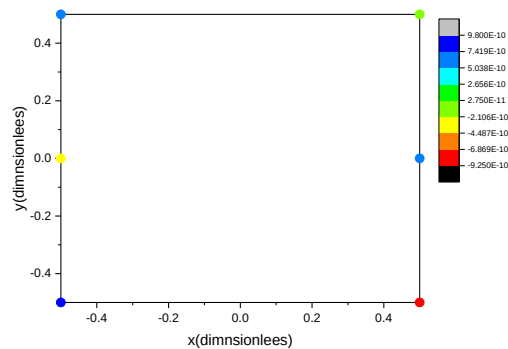
الشكل (9.4) شحنة كهربية نقطية واحدة داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وفي حالة نظام يتكون من 6 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (10.4) يأخذ

الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \middle| 1,1,0,0,0,0 \right| 0$ وطاقة الاستقرار هي (8.99596116318637939520).



الشكل (10.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 6 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ،، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

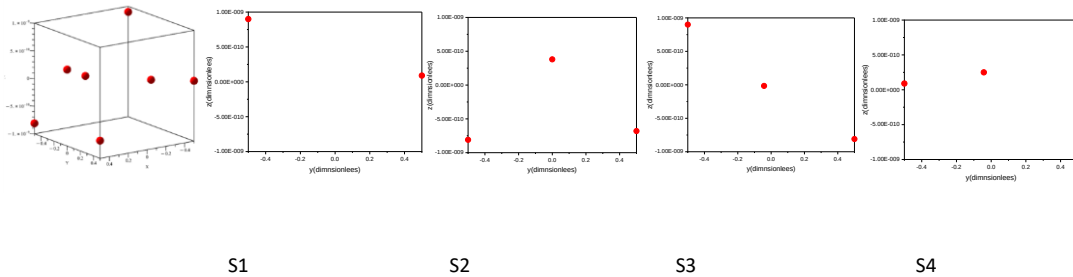


الشكل (11.4) اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .

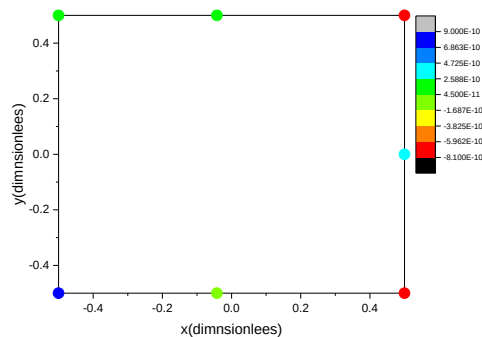
بينت دراستنا لنظام يتكون من 7 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (12.4)

يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 0,1,1,1,0,0 \right| 0 \right\rangle$ وطاقة الاسـتقرار هي

(13.27441454112156726800).



الشكل (12.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 7 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

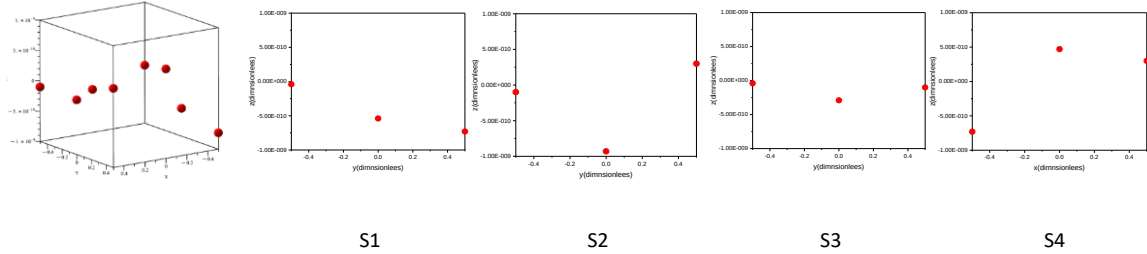


الشكل (13.4) اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متماثل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .

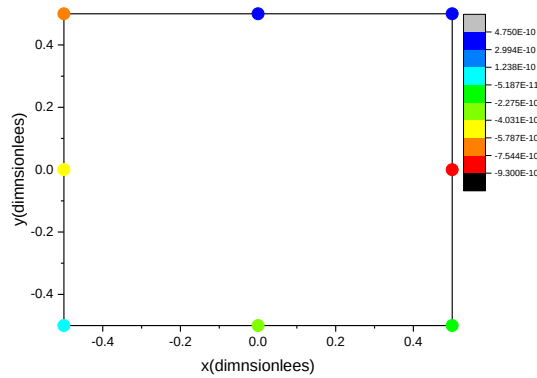
عندما يكون عدد الشحنات يتكون من 8 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(14.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 1,1,1,1,0,0 \right| 0 \right\rangle$ وطاقة الاسقرار هي

(18.113242669932397178).



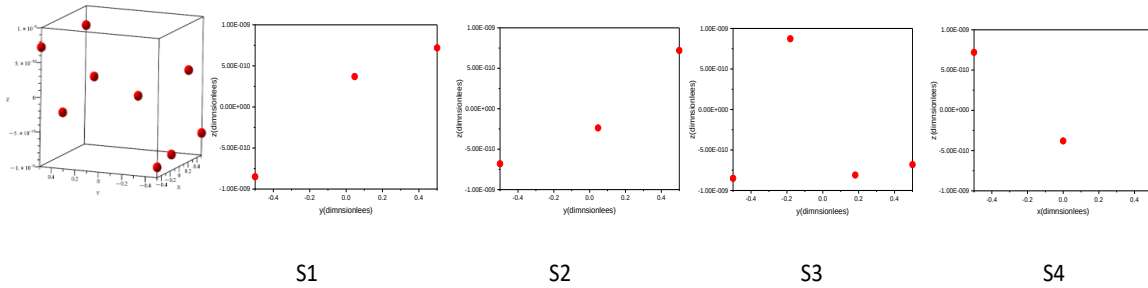
الشكل (14.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 8 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



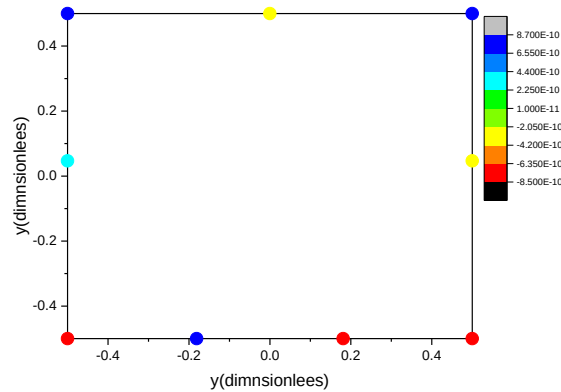
الشكل (15.4) اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متماثل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .

ولنظام يتكون من 9 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (16.4) يأخذ

الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 1,1,1,2,0,0 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (24.87933513795518436500).



الشكل (16.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 9 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

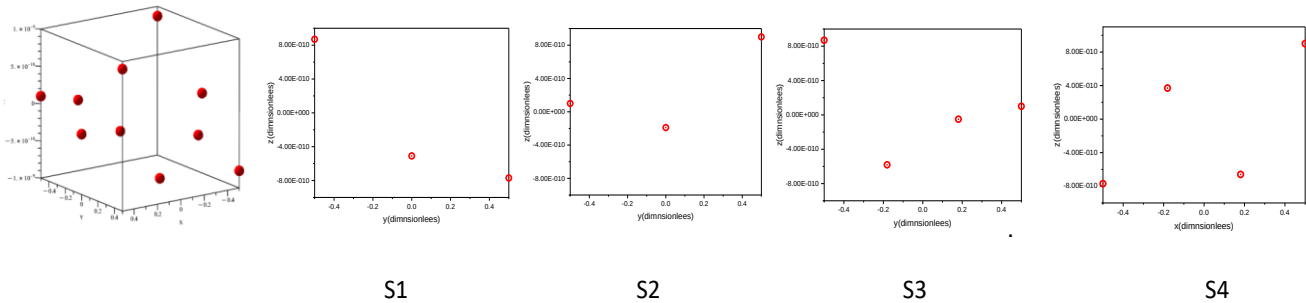


الشكل (17.4) اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متماثل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .

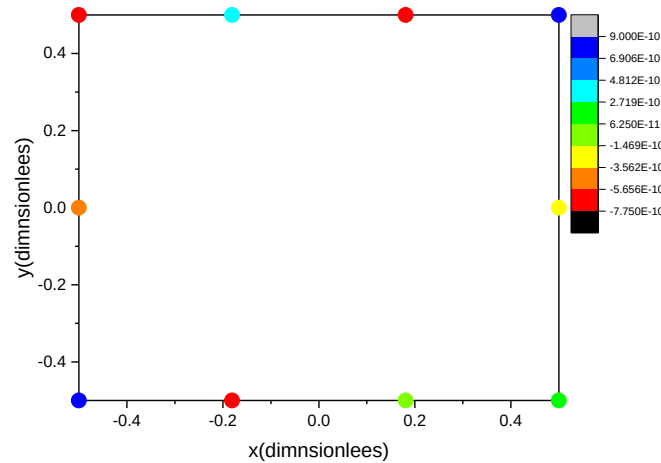
بينت دراستنا لنظام يتكون من 10 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(18.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 1,1,2,2,0,0 \right\rangle$ وطاقة الاسقرار هي

.(32.203053368830204306)



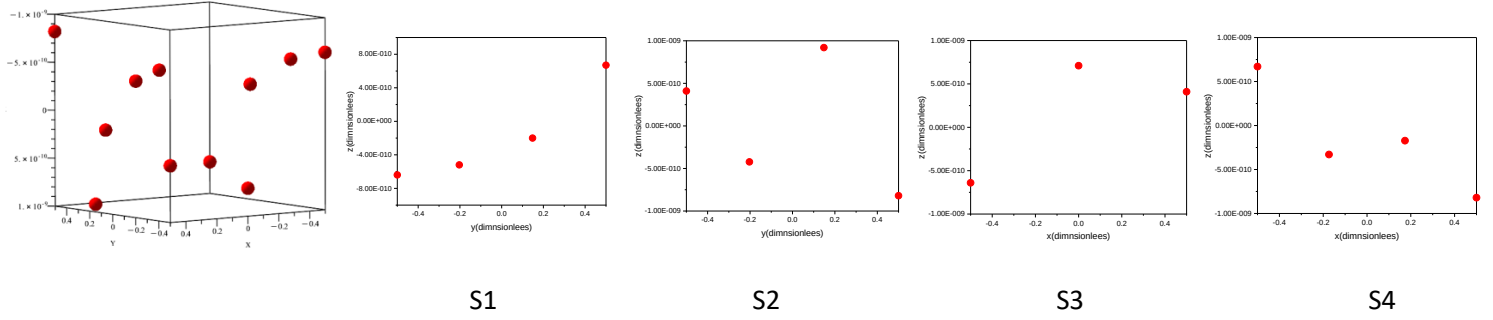
الشكل (18.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 10 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



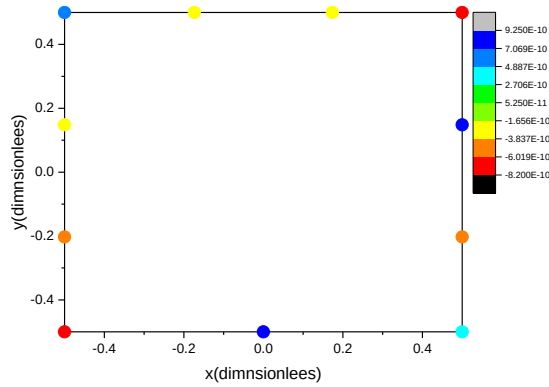
الشكل (19.4) اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متماثل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .

وعندما يكون عدد الشحنات 11 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (20.4)

يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 2,2,1,2,0,0 \right| 0 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (40.538012036550981065).



الشكل (20.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 11 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

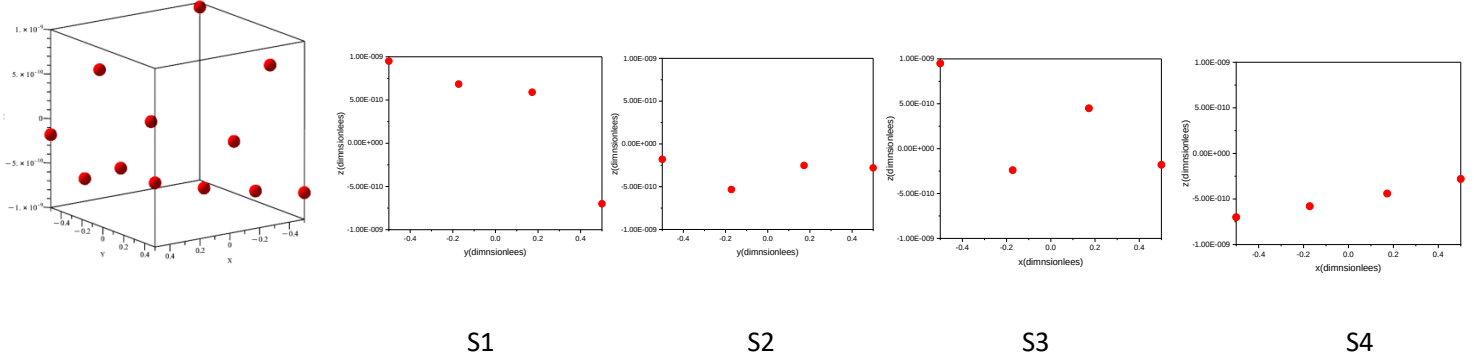


الشكل (21.4) اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متماثل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .

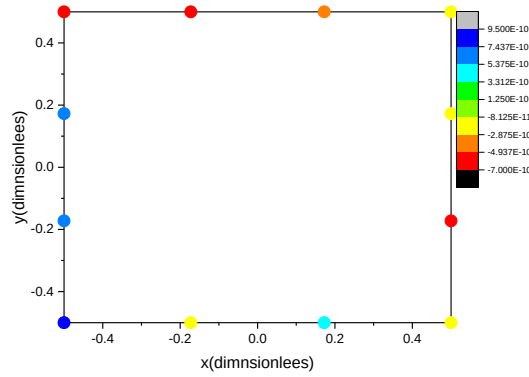
بينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من 12 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما

بالشكل (22.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 2,2,2,2,0,0 \right| 0 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي

.(49.445802035412313558)



الشكل (22.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 12 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

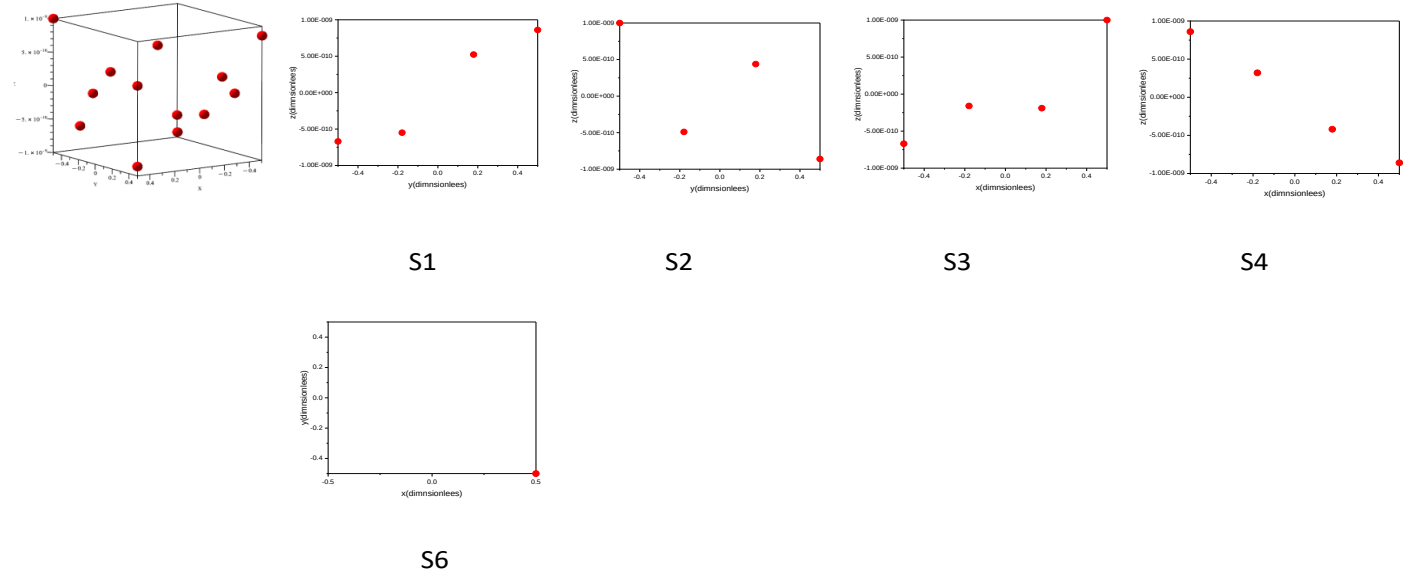


الشكل (23.4) اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب النهائي متماثل بالضبط مع التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام .

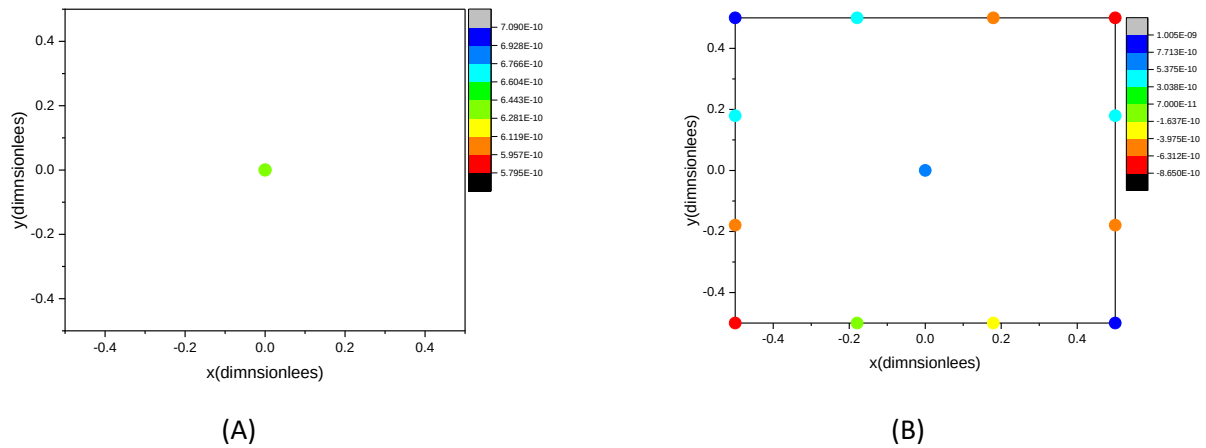
وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة لنظام يتكون من 13 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب

النهائي كما بالشكل (24.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 2,2,2,2,0,0 \right| 1 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار

هي (59.821155043507694417).



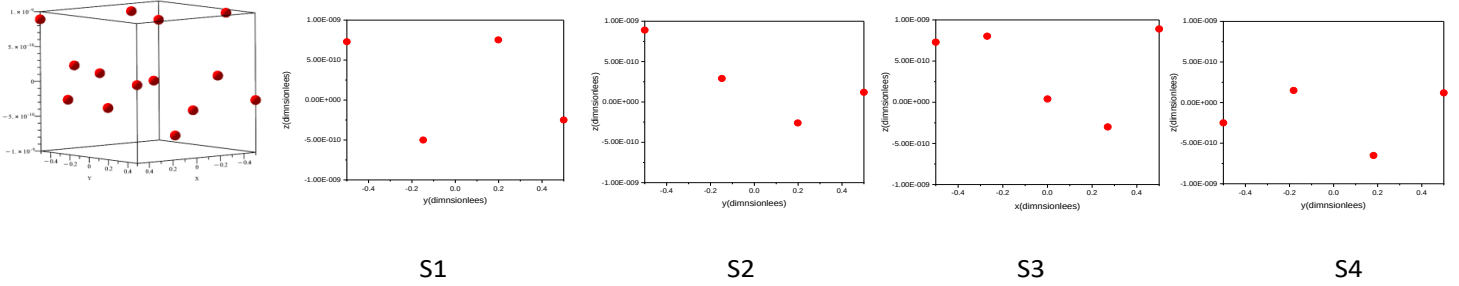
الشكل (24.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 13 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



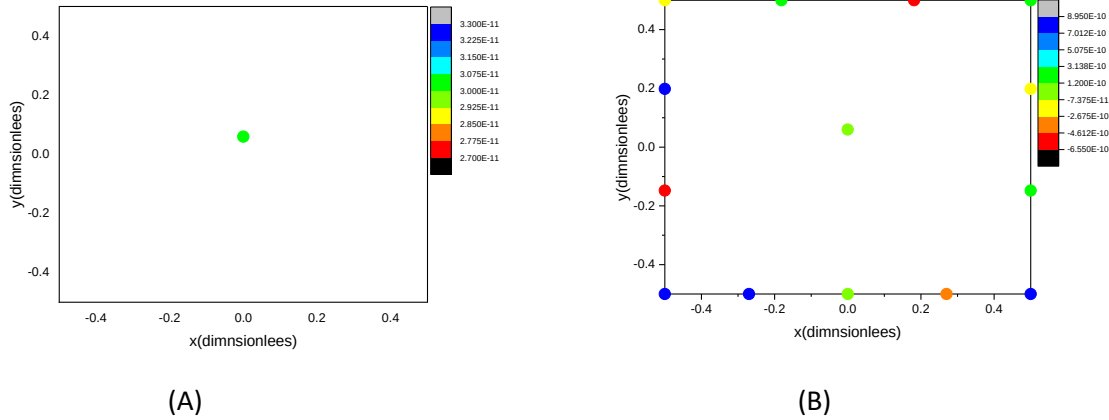
الشكل (25.4) شحنة كهربية نقطية واحدة داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت نتائجنا لنظام يتكون من 14 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (26.4)

يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 2,2,3,2,0,0 \right| 1 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (71.783573512017227362).



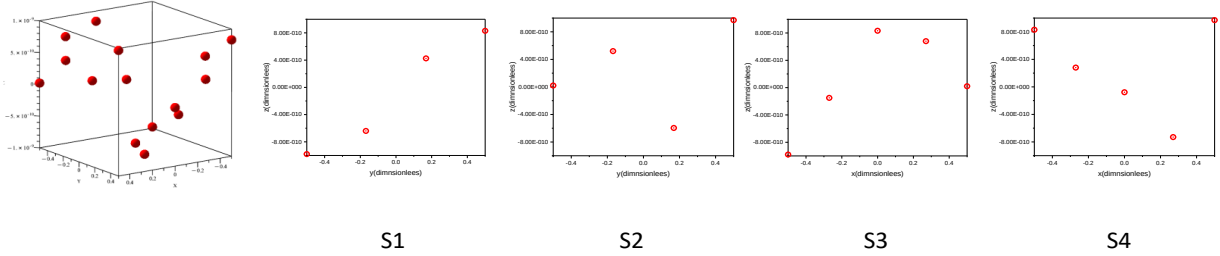
الشكل (26.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 14 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



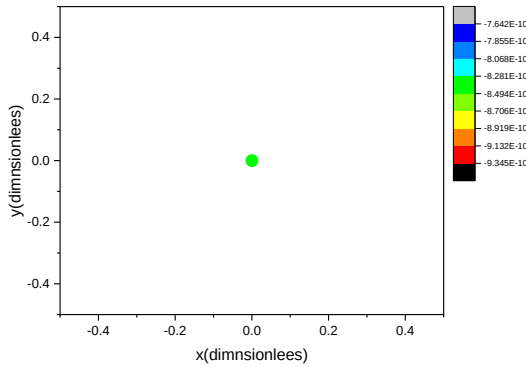
الشكل (27.4) شحنة كهربية نقطية واحدة داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وفي حالة نظام يتكون من 15 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (28.4)

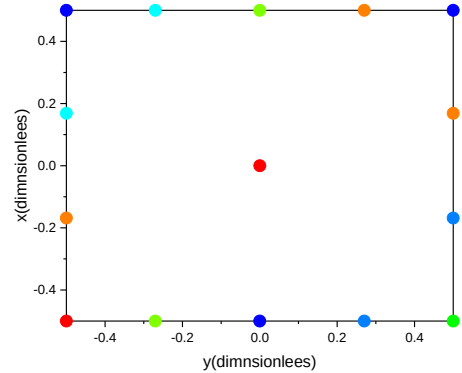
يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 2,2,3,3,0,0 \right| 1 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (84.395060007720374534).



الشكل (28.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 15 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



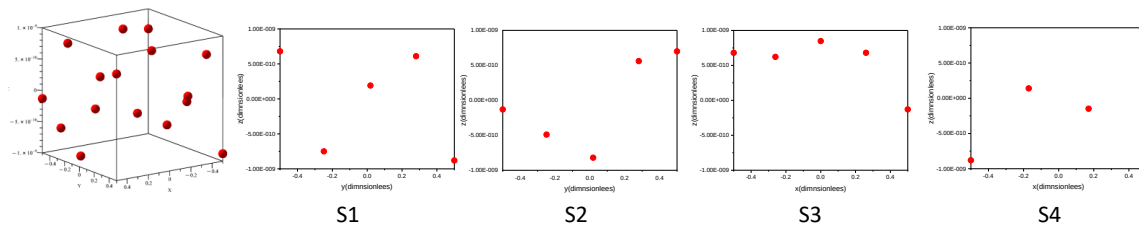
(A)



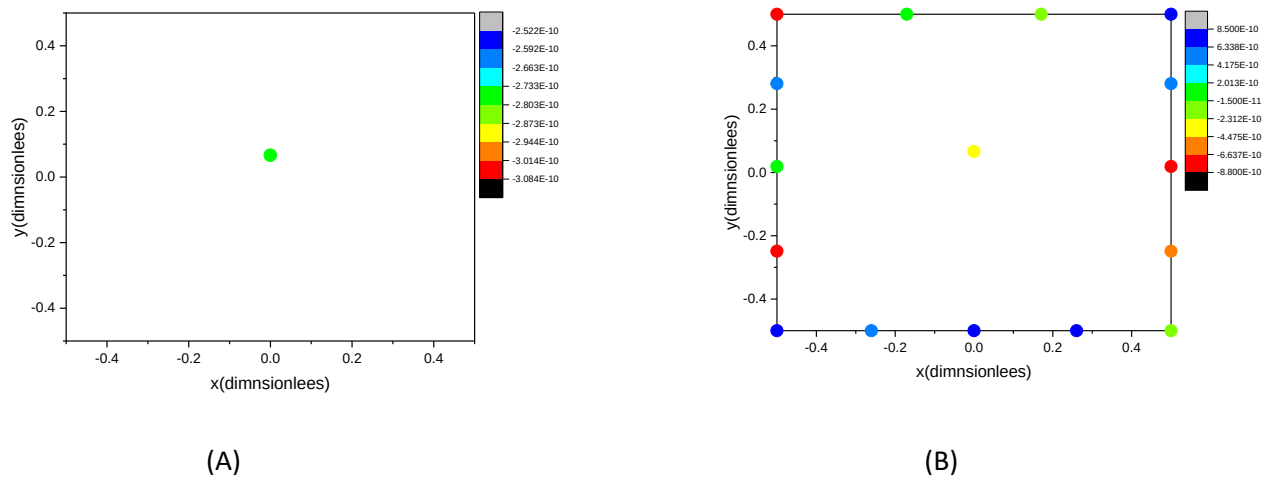
(B)

الشكل (29.4) شحنة كهربية نقطية واحدة داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة لنظام يتكون من 16 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (30.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \mid 3,3,3,2,0,0 \mid 1\right)$ وطاقة الاستقرار هي (98.017938027208259655).



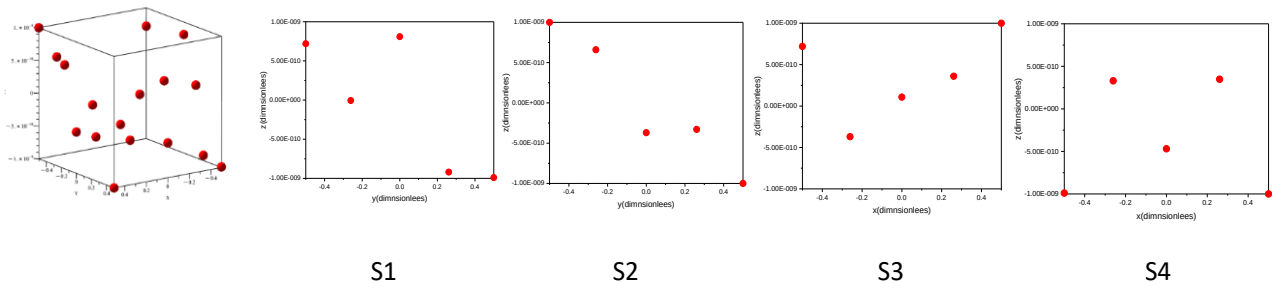
الشكل (30.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 16 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



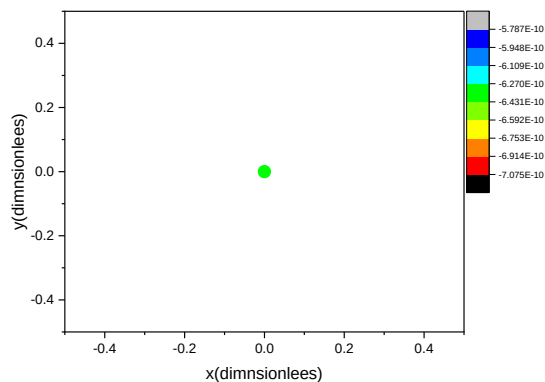
الشكل (31.4) شحنة كهربائية نقطية واحدة داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وعندما يكون عدد الشحنات 17 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (32.4)

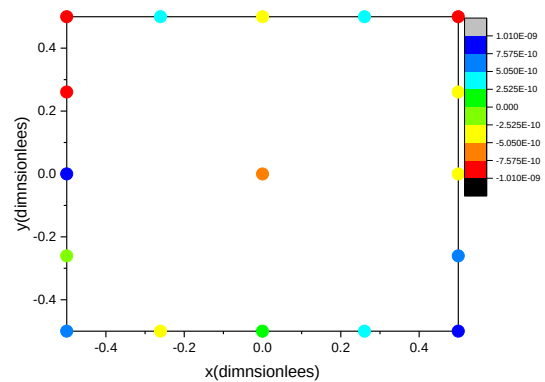
يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 3,3,3,3,0,0 \right| 1 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (112.3010652851549338).



الشكل (32.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 17 شحنات كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



(A)

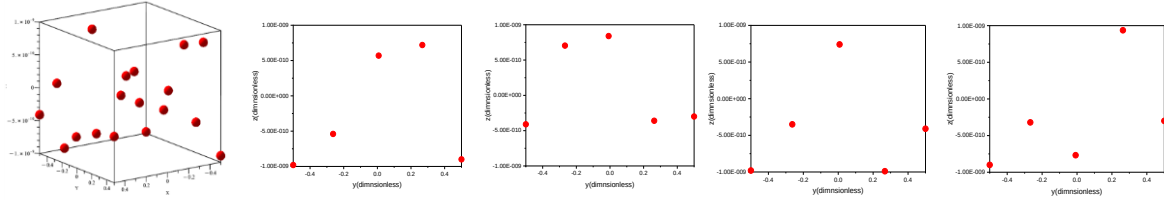


(B)

الشكل (33.4) شحنة كهربائية نقطية واحدة داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت دراستنا لنظام يتكون من 18 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (34.4)

يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 3,3,3,3,0,0 \right| 2 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (128.3090504397929692).



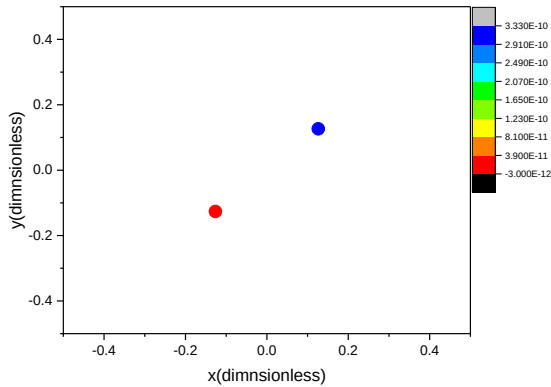
S1

S2

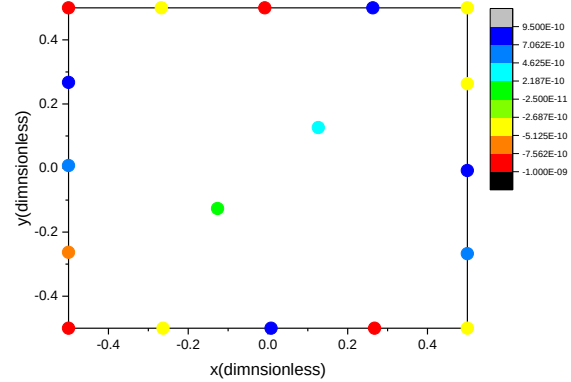
S3

S4

الشكل (34.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 18 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



(A)

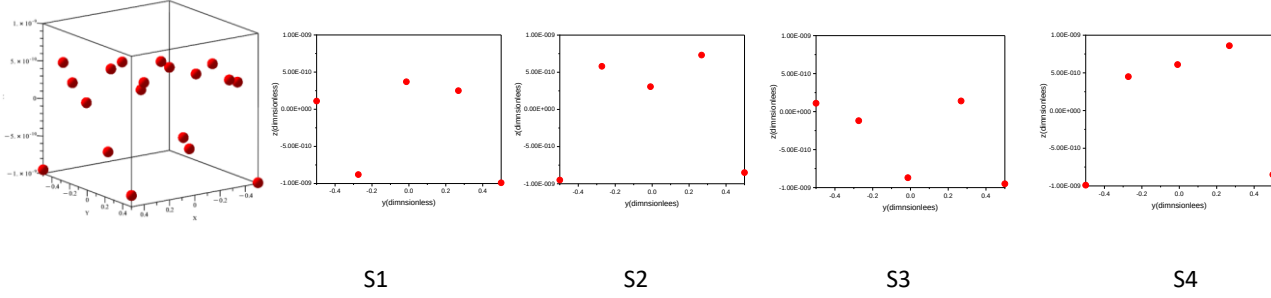


(B)

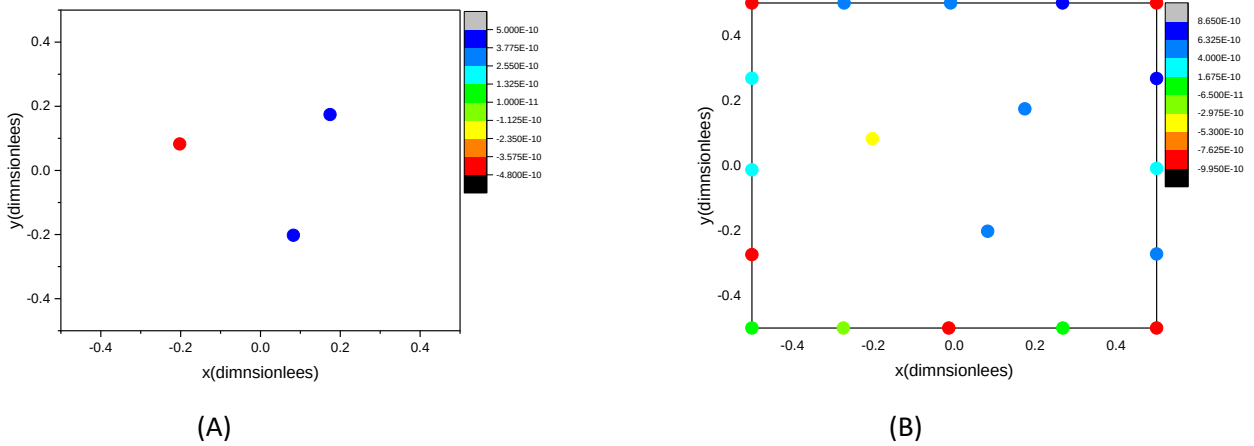
الشكل (35.4) شحنة كهربية نقطية واحدة داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وفي حالة نظام يتكون من 19 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (36.4) يأخذ

الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \middle| 3,3,3,3,0,0 \middle| 3 \right)$ وطاقة الاستقرار هي (145.72356932825493913).



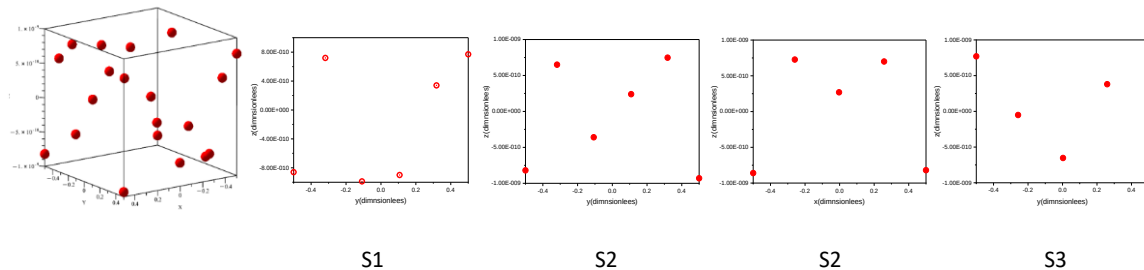
الشكل (36.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 19 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



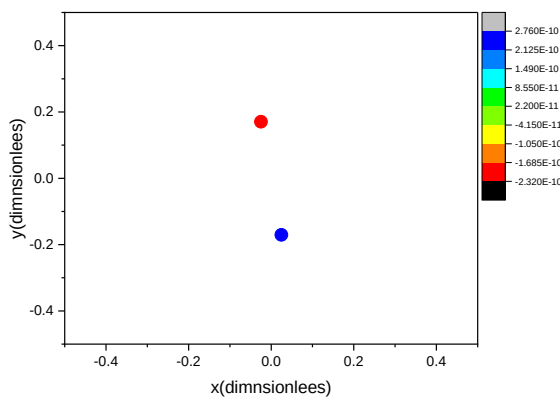
الشكل (37.4) ثلاث شحنات كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند إسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

ولنظام يتكون من 20 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (38.4) يأخذ

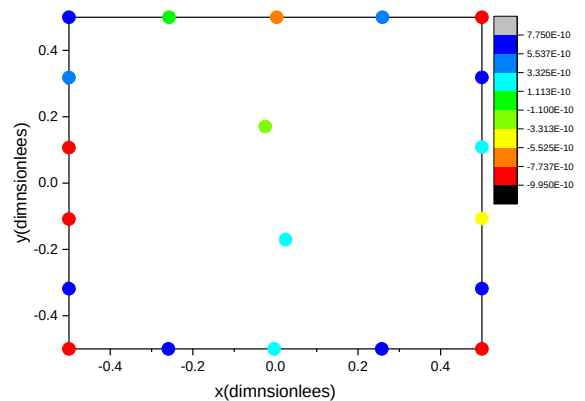
الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \mid 4,4,3,3,0,0 \mid 2\right)$ وطاقة الاستقرار هي (163.99231391040197537).



الشكل (38.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 20 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



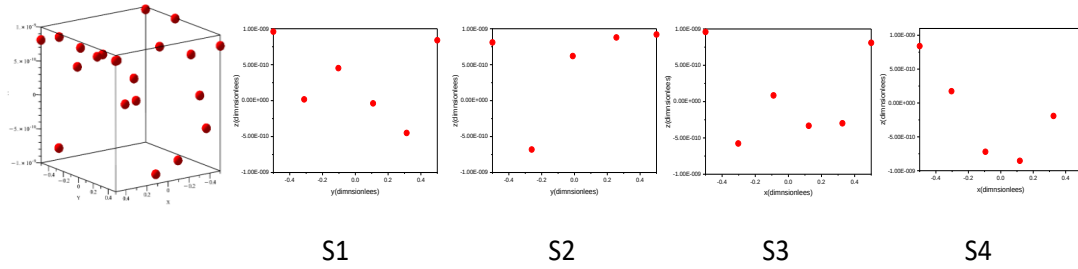
(A)



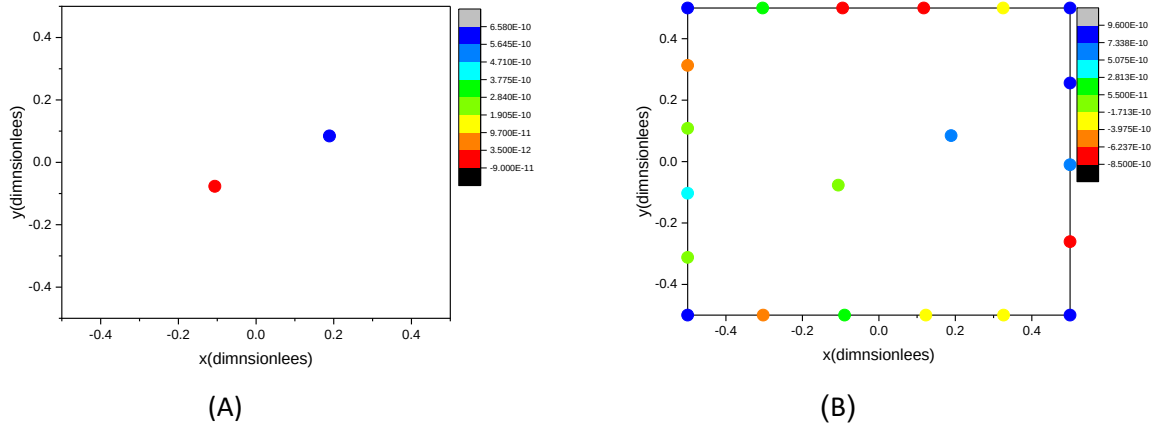
(B)

الشكل (39.4) شحنتين كهربيتين داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة لنظام يتكون من 21 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (40.4) يأخذ الصيغة الآتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 4,3,4,4,0,0 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (183.290262260394996480).

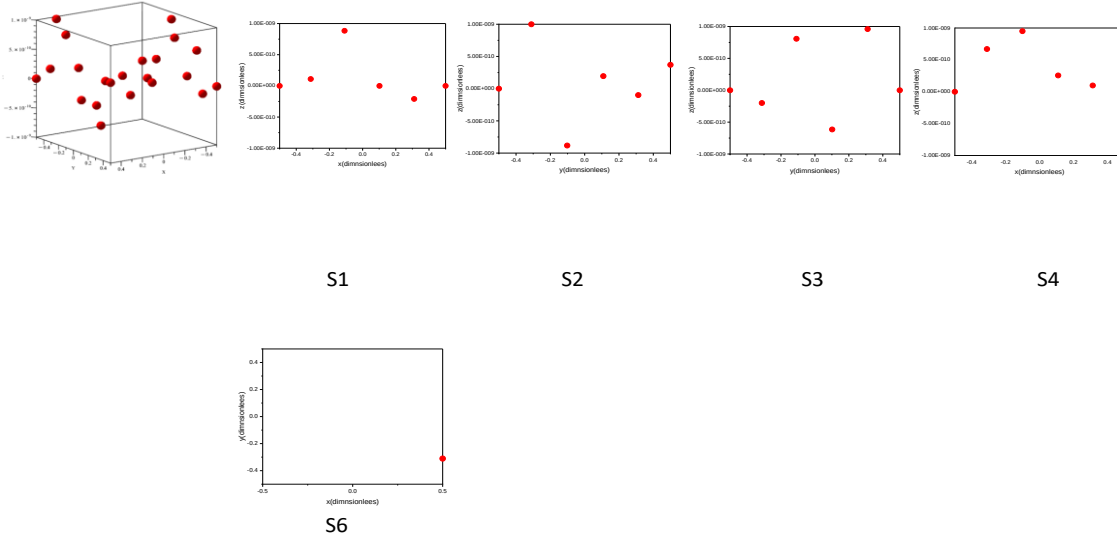


الشكل (40.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 21 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

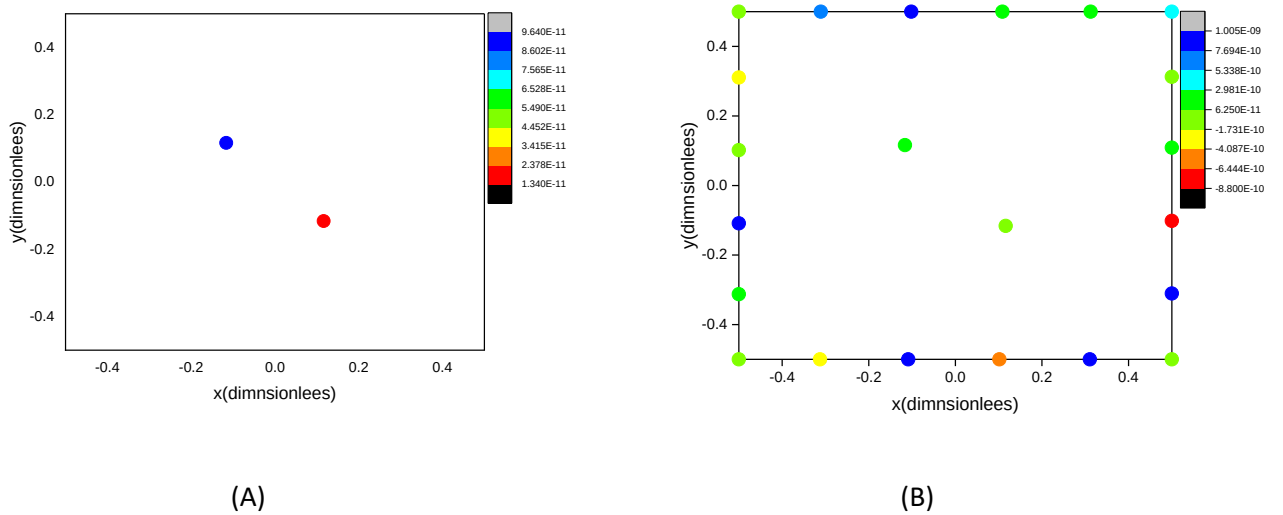


الشكل (41.4) شحنتين كهربيتين داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من 22 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (42.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{10}{2} \left| 4,3,4,4,0,0 \right| 2 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (203.25124079179909131).



الشكل (42.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 22 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

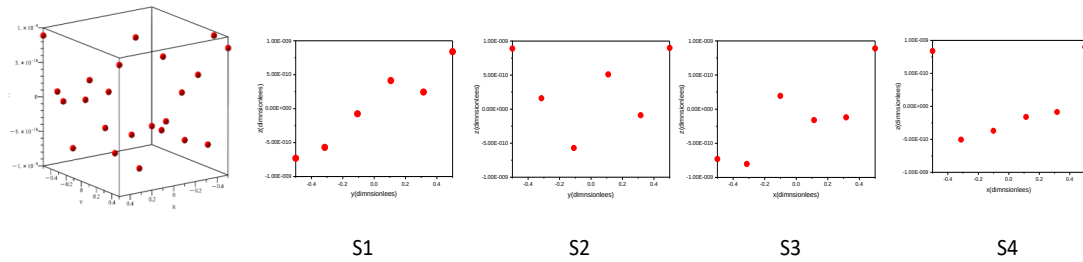


الشكل (43.4) شحنتين كهربيتين داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

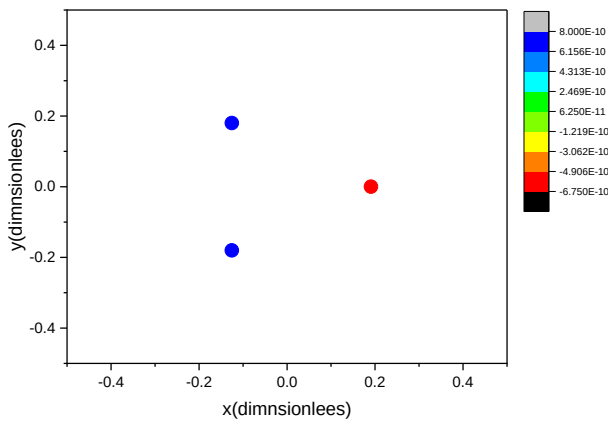
وعندما يكون عدد الشحنات 23 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(44.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{10}{2} \mid 4,3,4,4,0,0 \mid 3 \right\rangle$ وطاقة الاسقرار هي

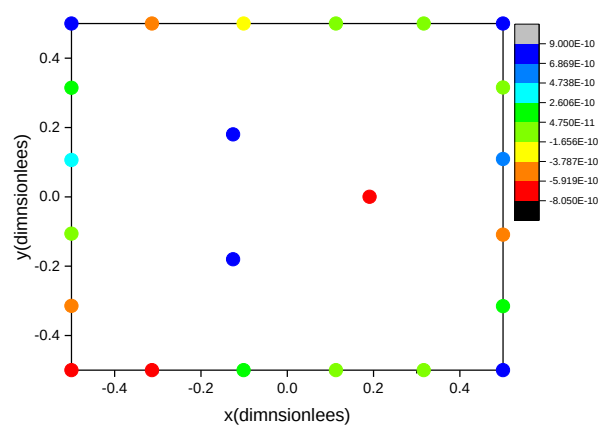
(224.49399023927168173).



الشكل (44.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 23 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



(A)



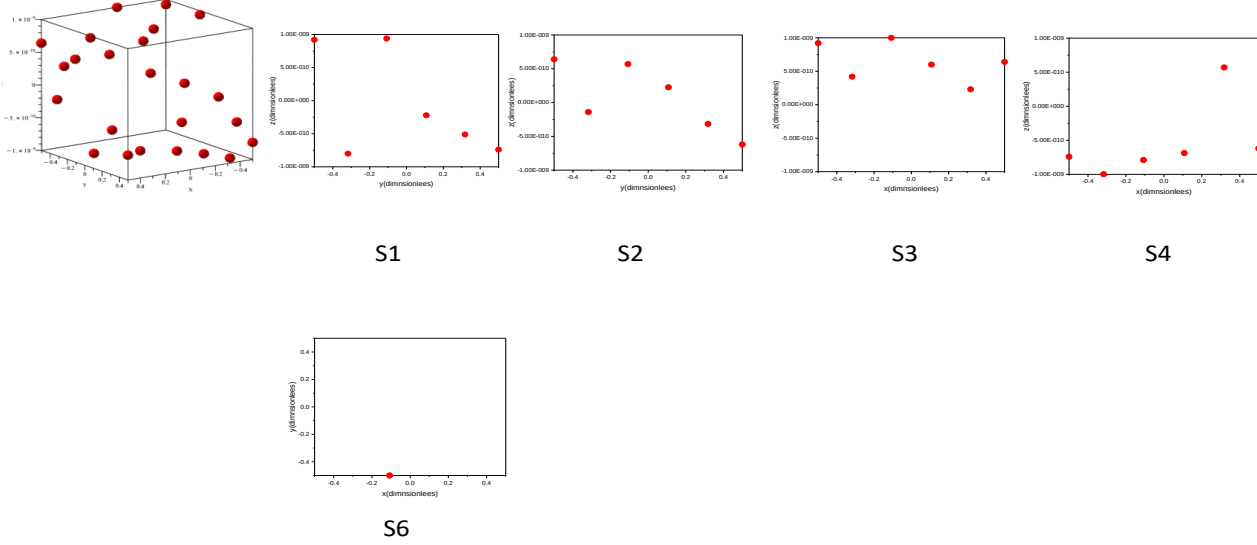
(B)

الشكل (45.4) ثلاث شحنات كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

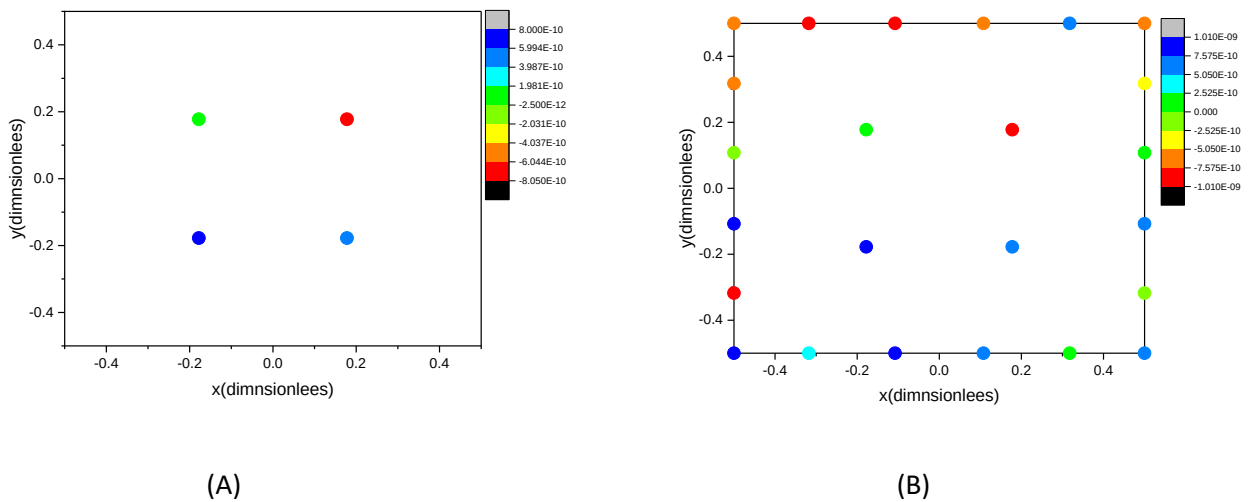
بينت دراستنا لنظام يتكون من 24 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما

بالشكل (46.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{10}{2} \middle| 4,3,4,4,0,0 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي

.(247.0752333575132127)



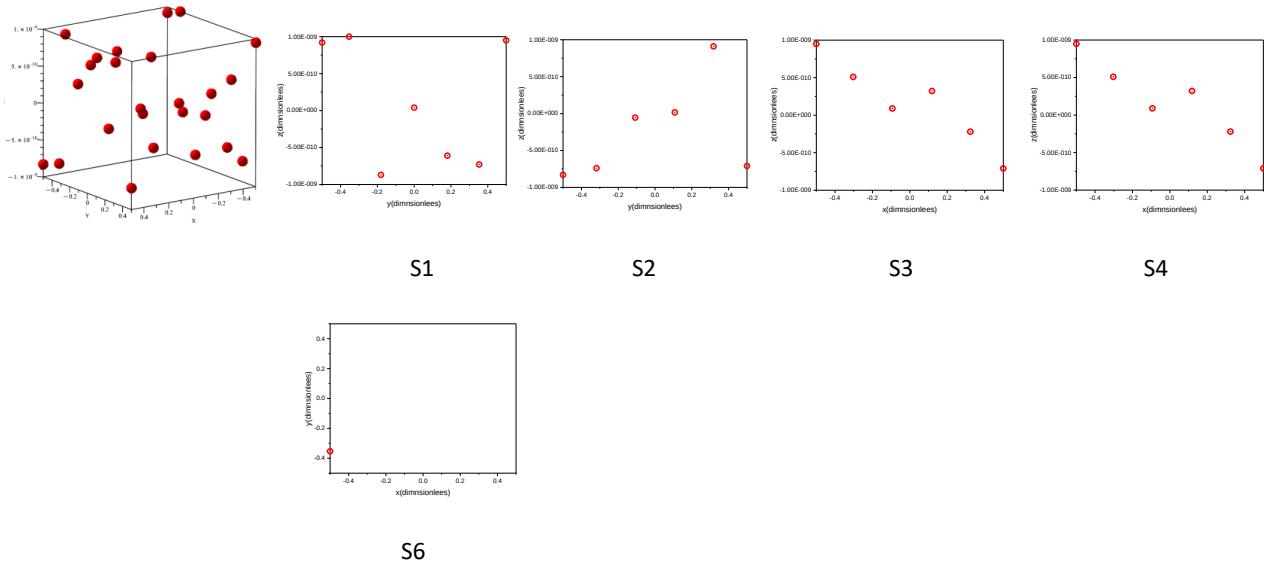
الشكل (46.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 24 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



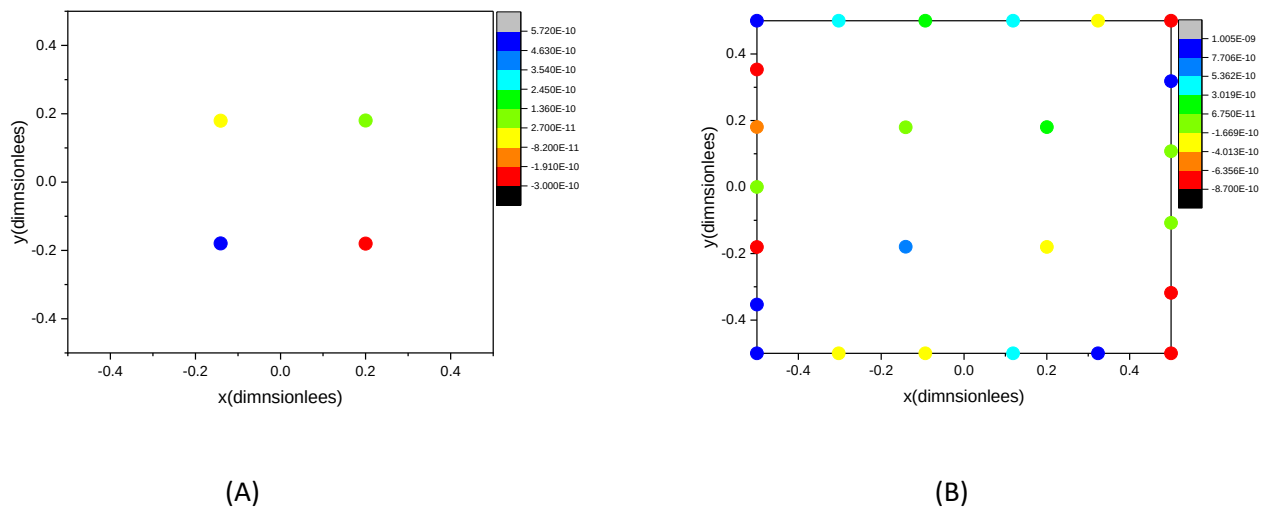
الشكل (47.4) أربعة شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

ولنظام يتكون من 25 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (48.4) يأخذ

الصيغة الأتية $\left\langle \frac{10}{2} \left| 4,4,4,4,0,0 \right| 4 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (247.0752333575132127).



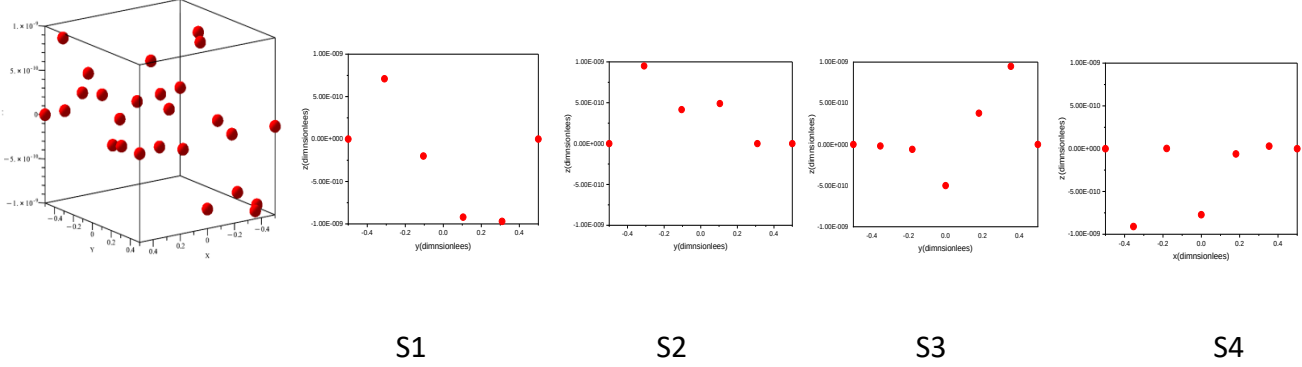
الشكل (48.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 25 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



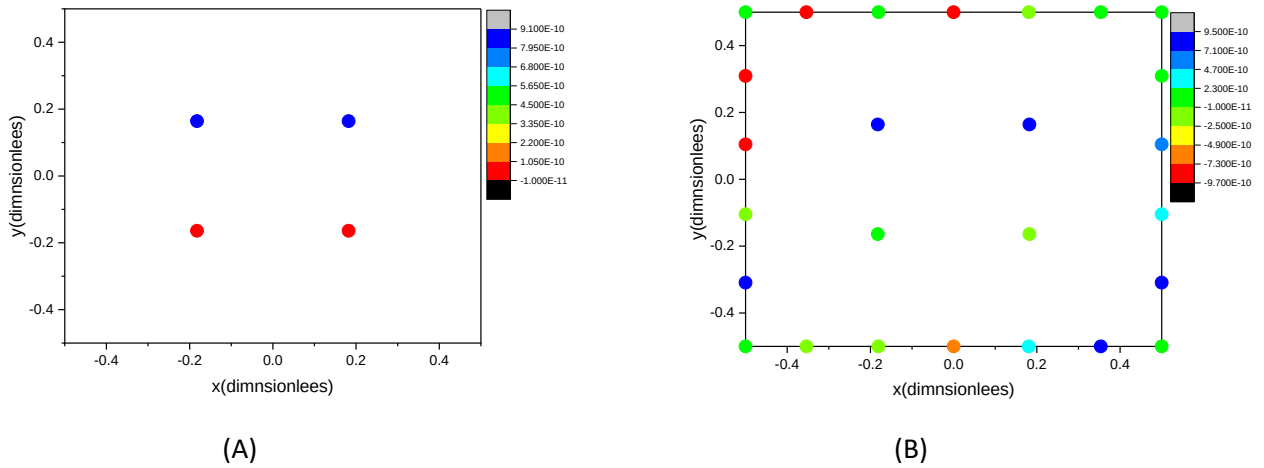
الشكل (49.4) أربعة شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند إسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وفي حالة نظام يتكون من 26 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (50.4) يأخذ

الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 4,4,5,5,0,0 \middle| 4 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (271.37091596199047672).



الشكل (50.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 26 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

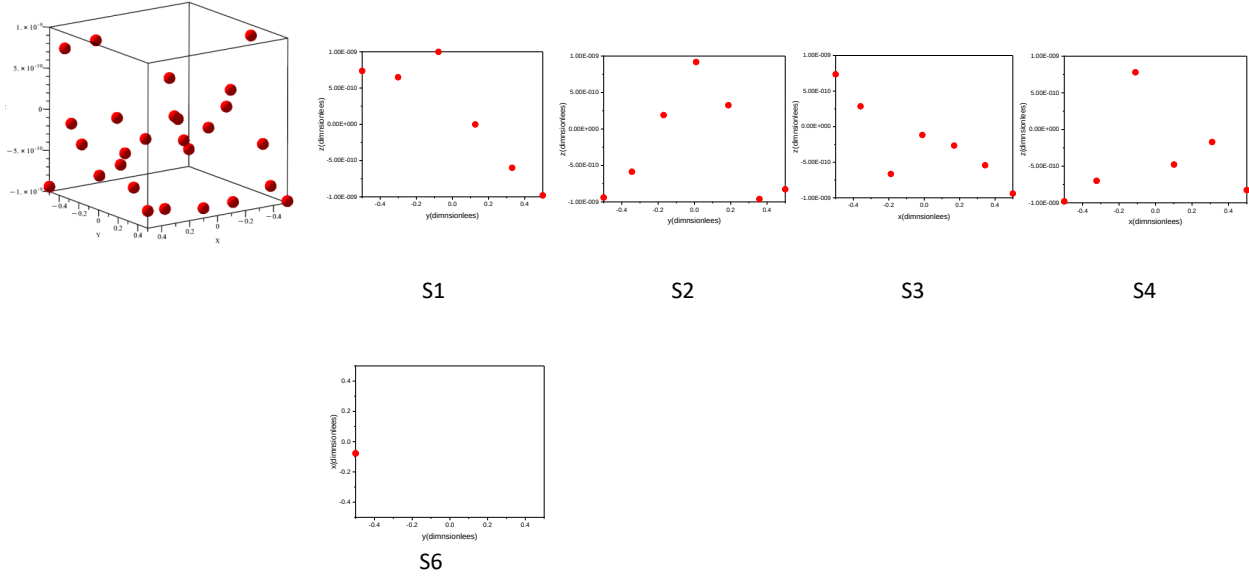


الشكل (51.4) أربعة شحنات كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

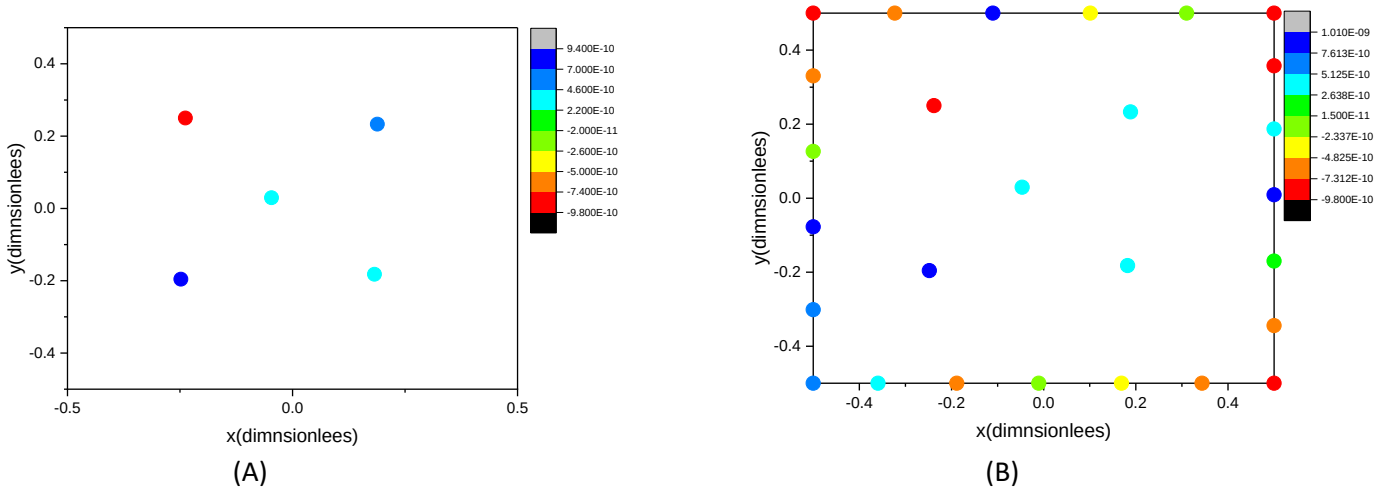
وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة لنظام يتكون من 27 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب

النهائي كما بالشكل (52.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \middle| 4,4,5,5,0,0 \middle| 4\right)$ وطاقة الاستقرار

هي (322.95562881209906438).

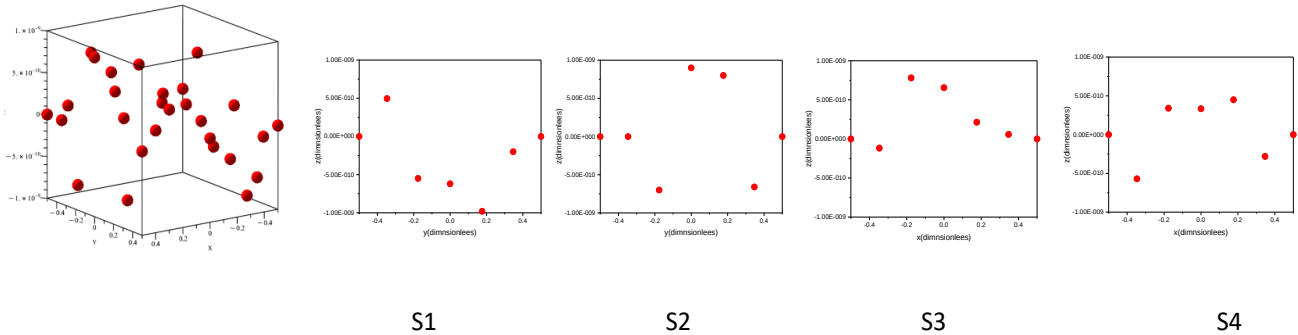


الشكل (52.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 27 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

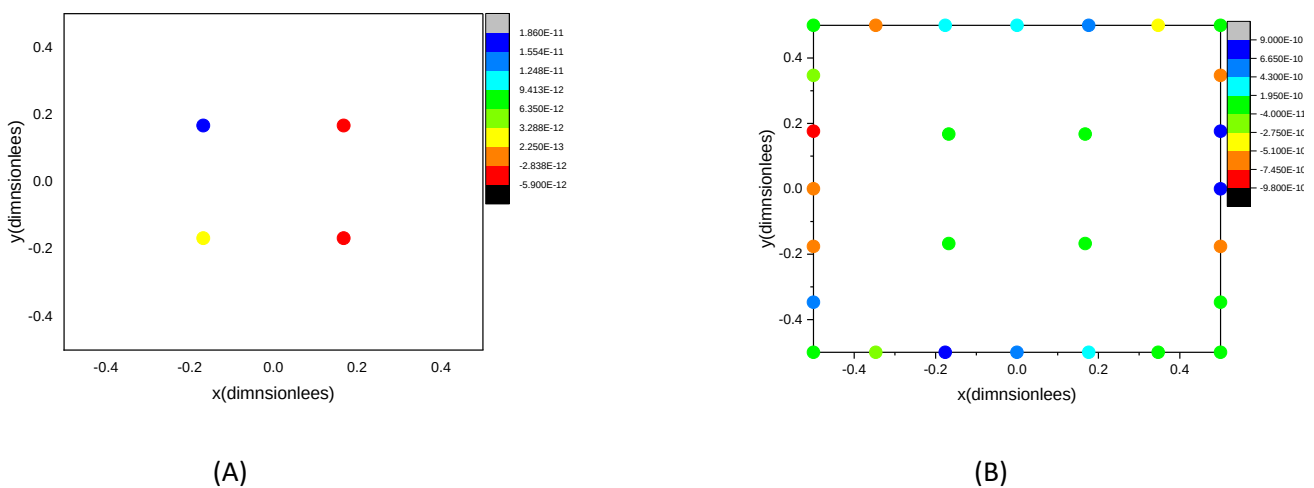


الشكل (53.4) خمس شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من 28 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (54.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} | 5,5,5,5,0,0 | 4 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (349.27360050281117766).



الشكل (54.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 28 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

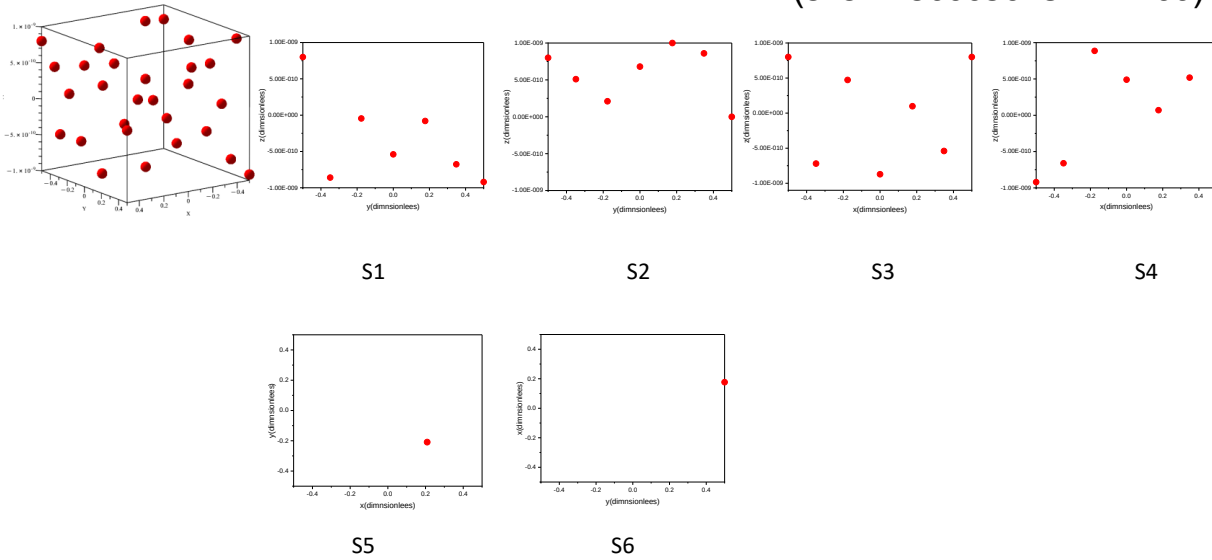


الشكل (55.4) أربعة شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

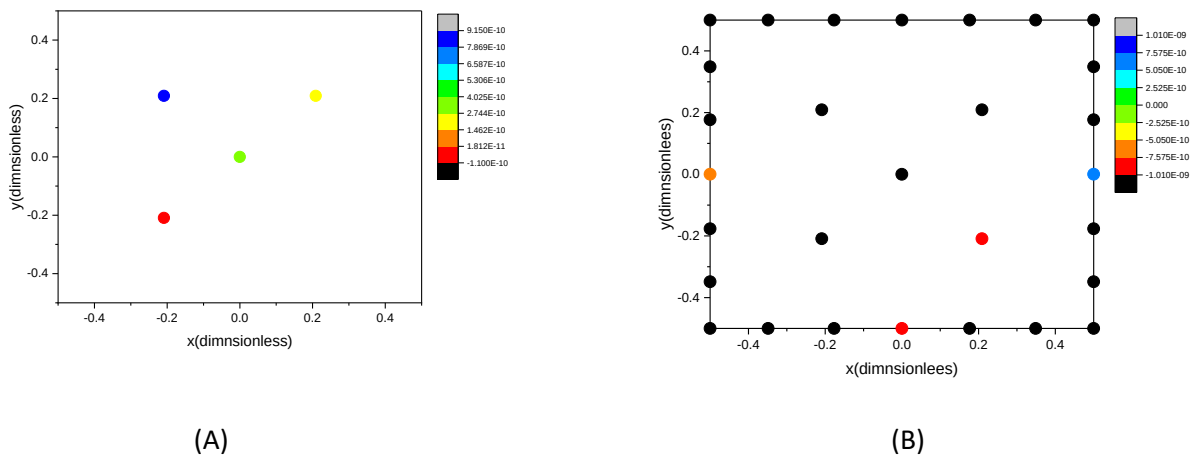
وعندما يكون عدد الشحنات 29 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(56.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{10}{2} \mid 5,5,5,5,0,0 \mid 4\right)$ وطاقة الاسقرار هي

(349.27360050281117766).



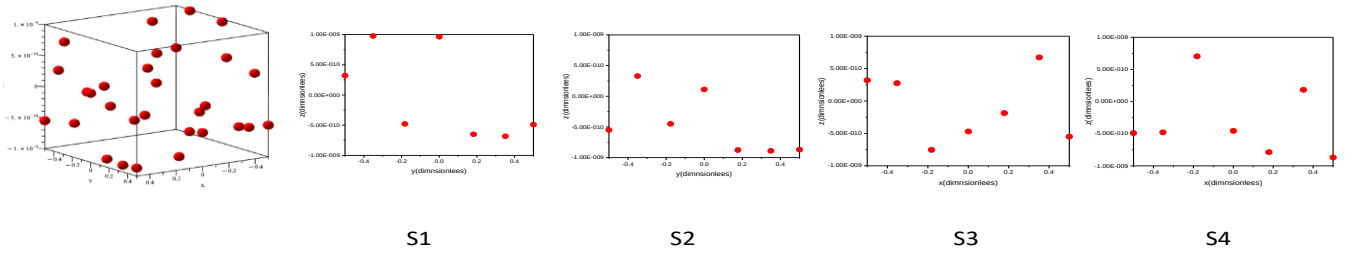
الشكل (56.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 29 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



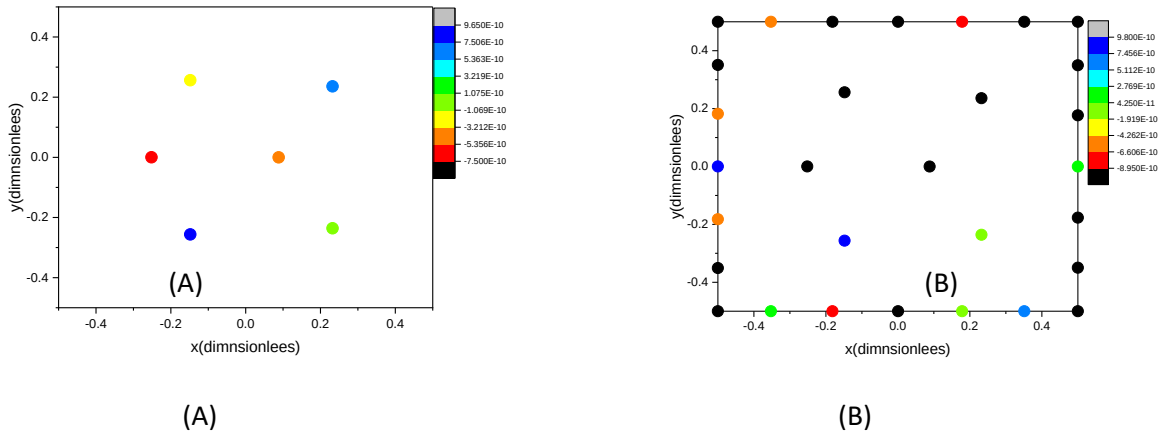
الشكل (57.4) أربعة شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وفي حالة نظام يتكون من 30 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (58.4)

يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \mid 5,5,5,5,0,0 \mid 6 \right)$ وطاقة الاستقرار هي (407.53883886537079208).



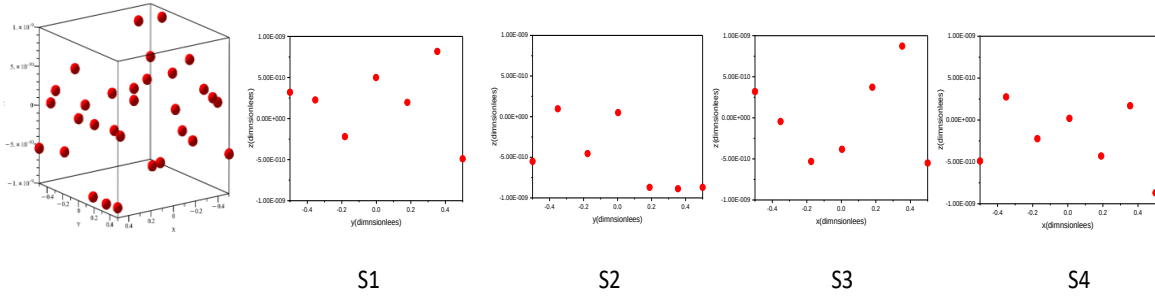
الشكل (58.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 30 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ،، حيث $S1$ يدل الوجه الاول و $S2$ على الوجه الثاني و $S3$ على الوجه الثالث و $S4$ على الوجه الرابع و $S5$ على الوجه الخامس و $S6$ على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



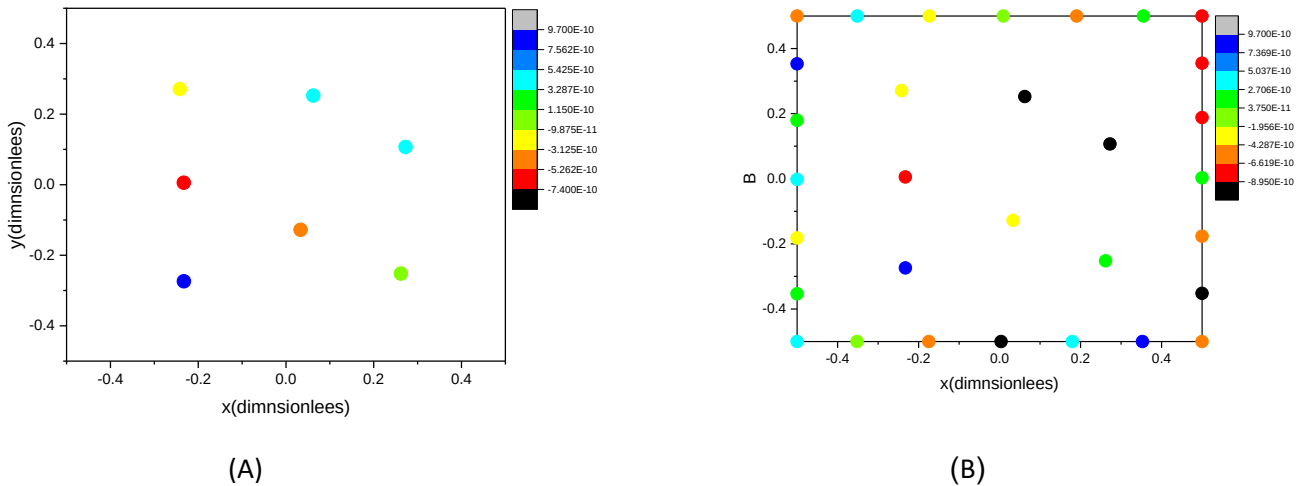
الشكل (59.4) ست شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة لنظام يتكون من 31 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (60.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(7 \left| \frac{8}{2} \right| 5,5,5,5,0,0 \right)$ وطاقة الاستقرار

هي (438.74875832842457158).



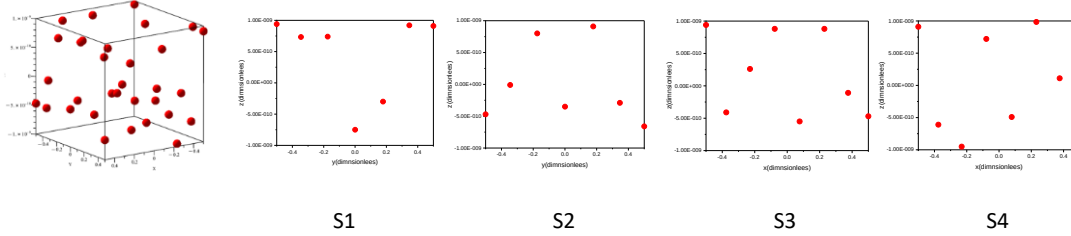
الشكل (60.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 31 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



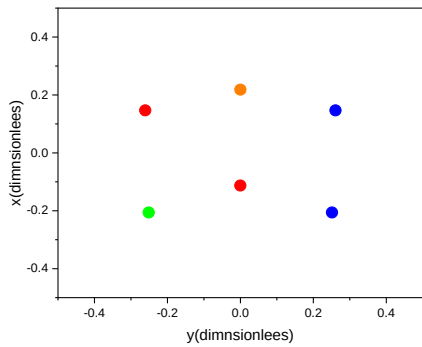
الشكل (61.4) سبع شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت دراستنا لنظام يتكون من 32 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (62.4)

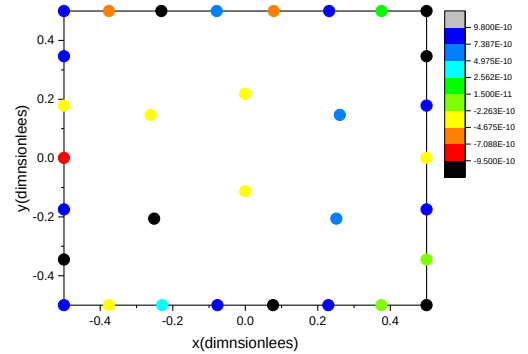
يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 5,5,6,6,0,0 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (470.81778572921683691).



الشكل (62.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 32 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



(A)

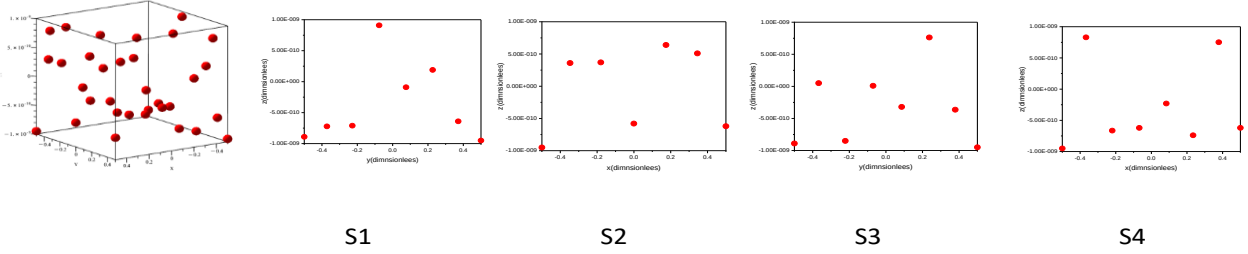


(B)

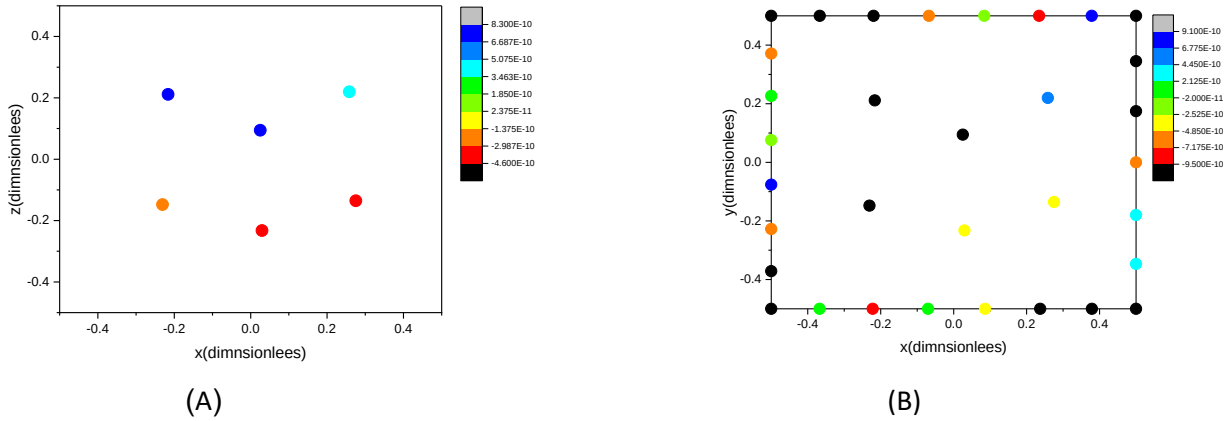
الشكل (63.4) ست شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وعندما يكون عدد الشحنات 33 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (64.4)

يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 6,5,6,6,0,0 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (503.983504116529).



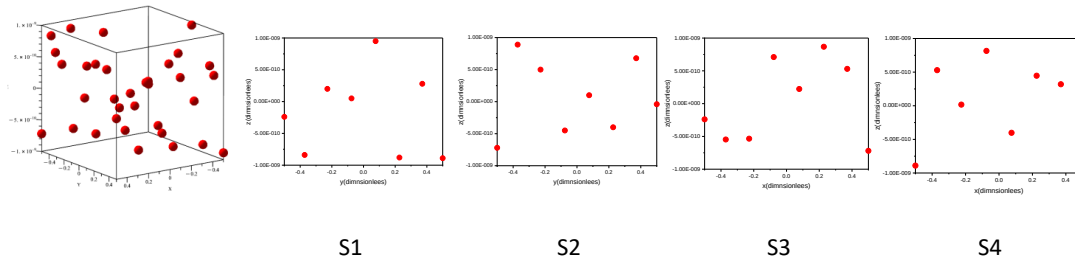
الشكل (64.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 32 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



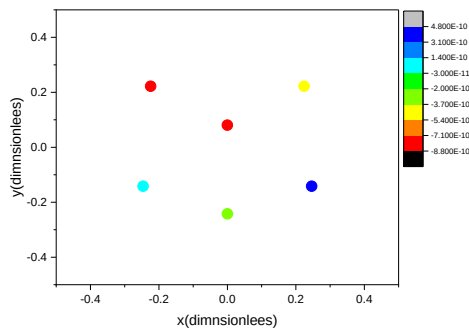
الشكل (65.4) ست شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

ولنظام يتكون من 34 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (66.4) يأخذ

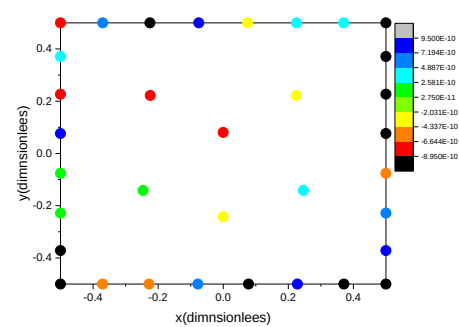
الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \mid 6,6,6,6,0,0 \mid 6\right)$ وطاقة الاستقرار هي (537.89587654333513461000).



الشكل (66.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 34 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



(A)

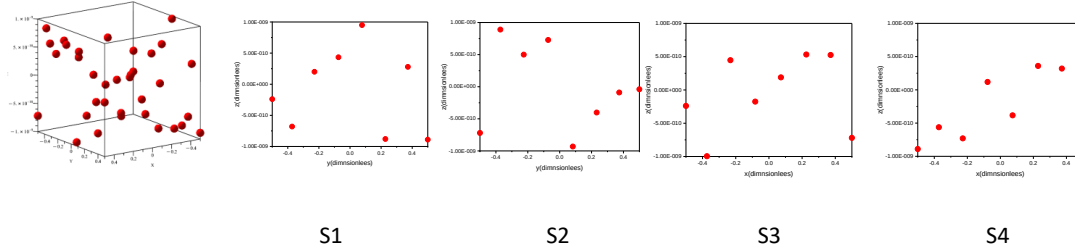


(B)

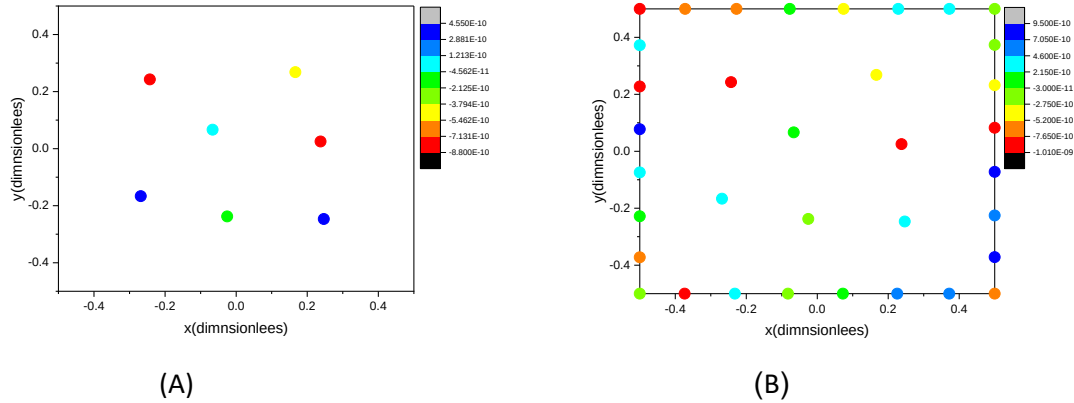
الشكل (67.4) ست شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت نتائجنا لنظام يتكون من 35 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (68.4)

يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 6,6,6,6,0,0 \right\rangle 7$ وطاقة الاستقرار هي (573.13622713931511044).

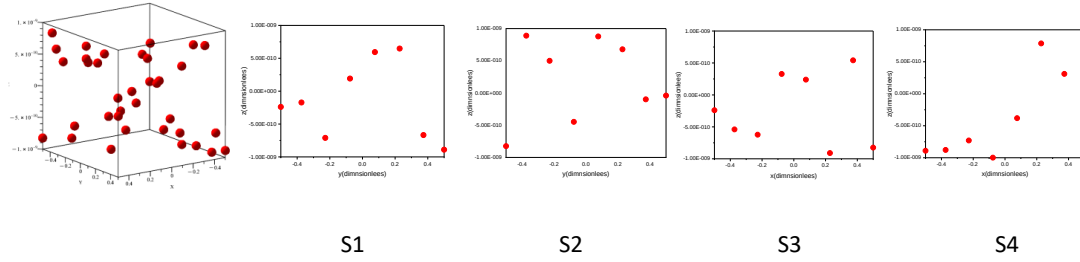


الشكل (68.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 35 شحنات كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

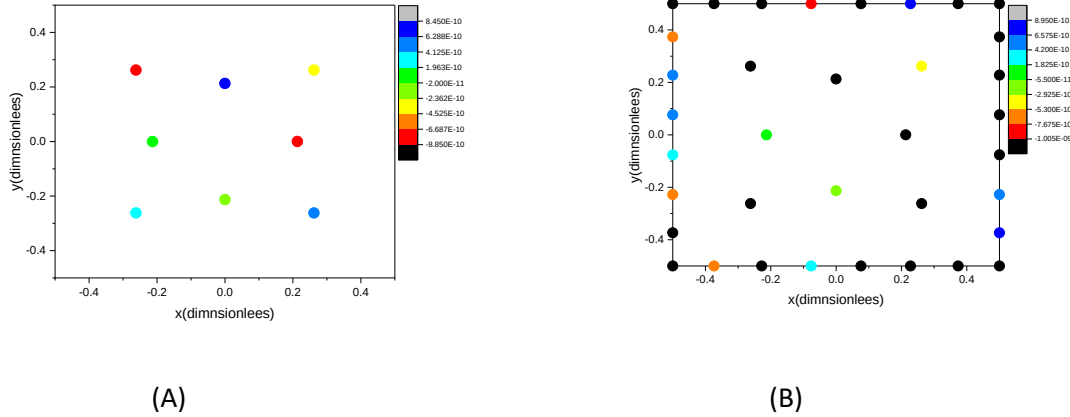


الشكل (69.4) ست شحنات كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وفي حالة نظام يتكون من 36 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (70.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \mid 6,6,6,6,0,0 \mid 8\right)$ وطاقة الاسقرار هي (609.50567413726651016000).

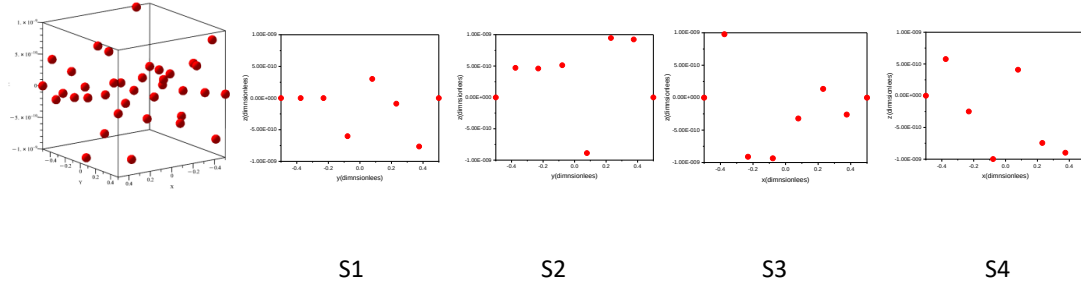


الشكل (70.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 36 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

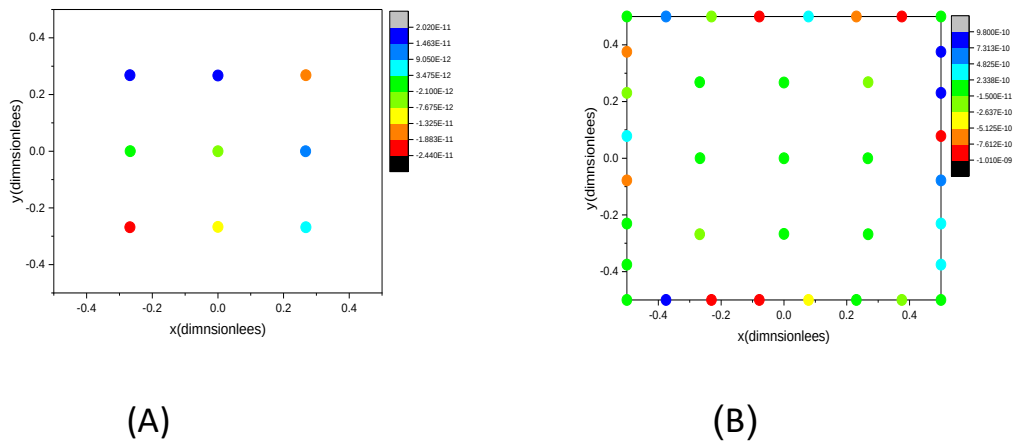


الشكل (71.4) ست شحنات كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة لنظام يتكون من 37 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (72.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(9 \left| 6,6,6,6,0,0 \right| \frac{8}{2} \right)$ وطاقة الاستقرار هي (647.50832678279118683).



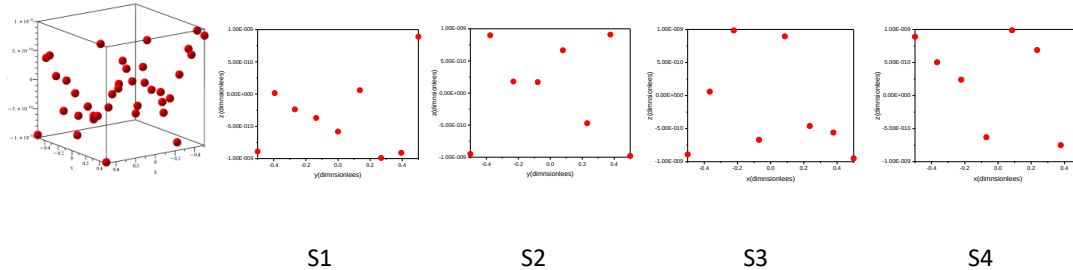
الشكل (72.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 37 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



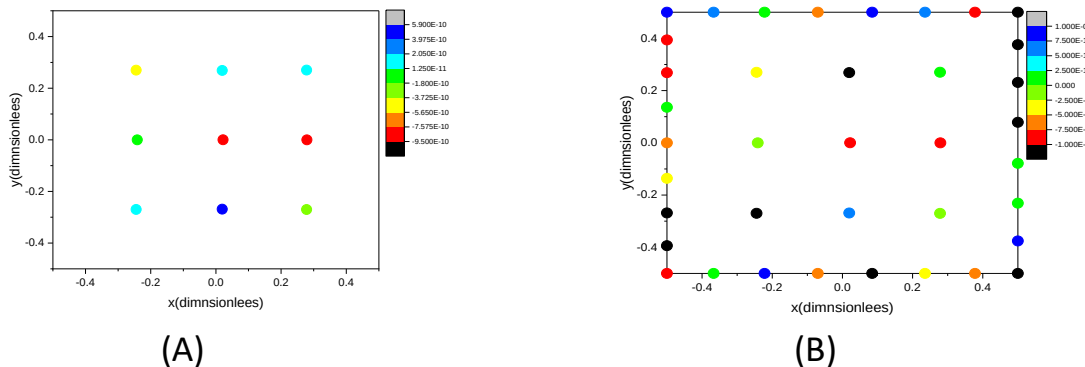
الشكل (73.4) تسعة شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت دراستنا لنظام يتكون من 38 شحنة كهربية نقطية أن التركيب النهائي كما بالشكل (74.4) يأخذ

الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \middle| 7,6,6,6,0,0 \right| 9$ وطاقة الاستقرار هي (687.00830719044665788).

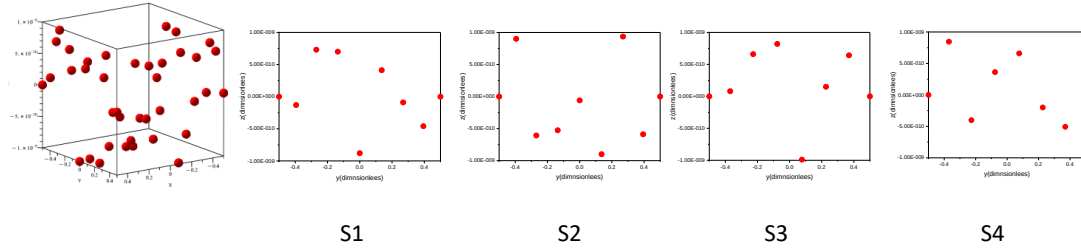


الشكل (74.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 38 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

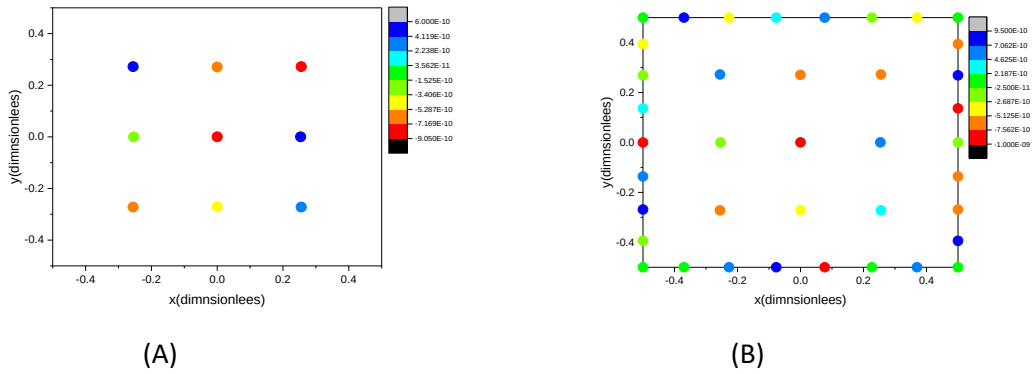


الشكل (75.4) تسعة شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وعندما يكون عدد الشحنات 39 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (76.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \middle| 7,7,6,6,0,0 \middle| 9 \right)$ وطاقة الاسقرار هي (727.298405224398493380).



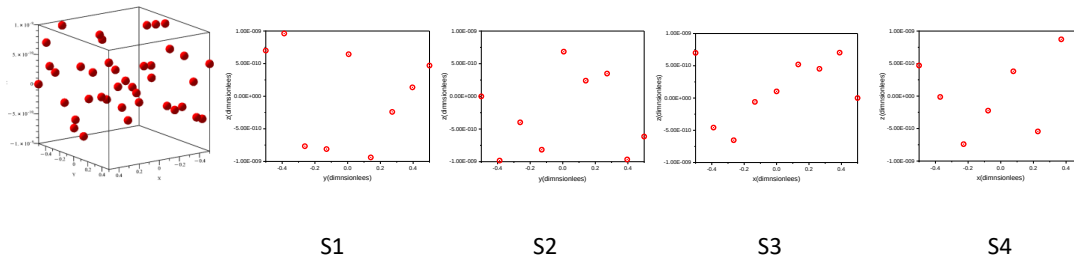
الشكل (76.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 39 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



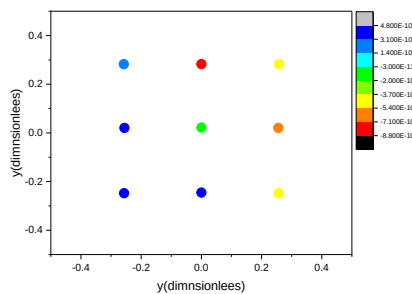
الشكل (77.4) تسعة شحنات كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

ولنظام يتكون من 40 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (78.4) يأخذ

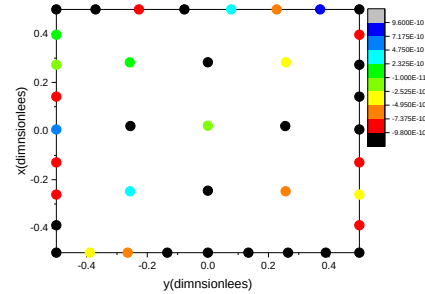
الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \middle| 7,7,6,7,0,0 \right| 9$ وطاقة الاستقرار هي (768.64782319171229122).



الشكل (78.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 40 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



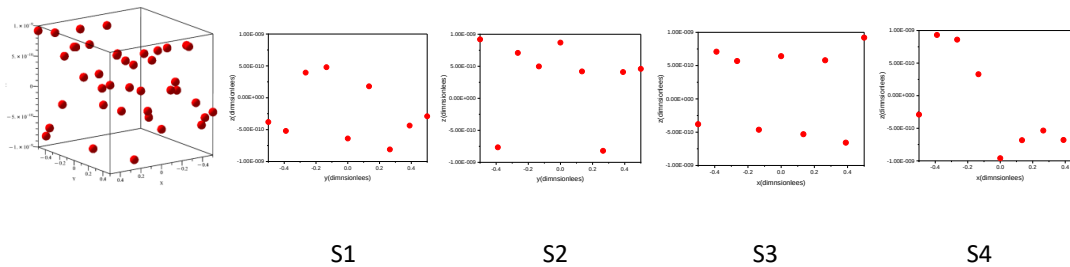
(A)



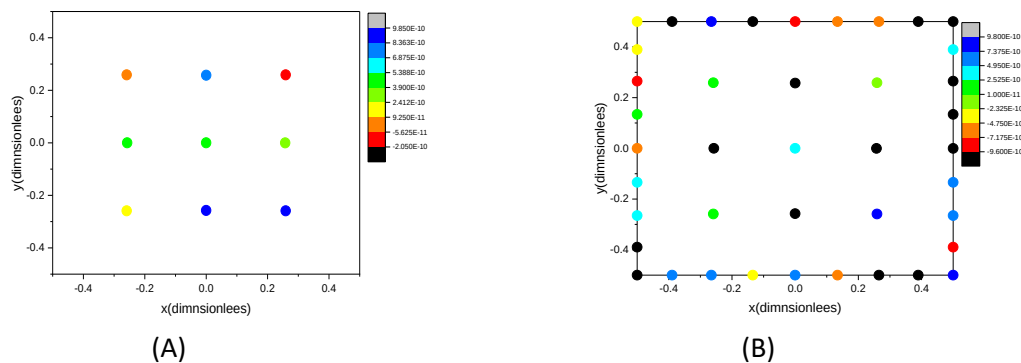
(B)

الشكل (79.4) تسعة شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من 41 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (80.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 7,7,7,7,0,0 \right| 9 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (810.79292293700200394).

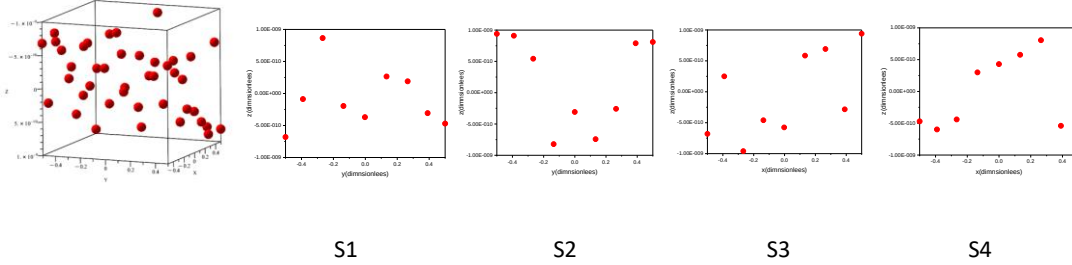


الشكل (80.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 41 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

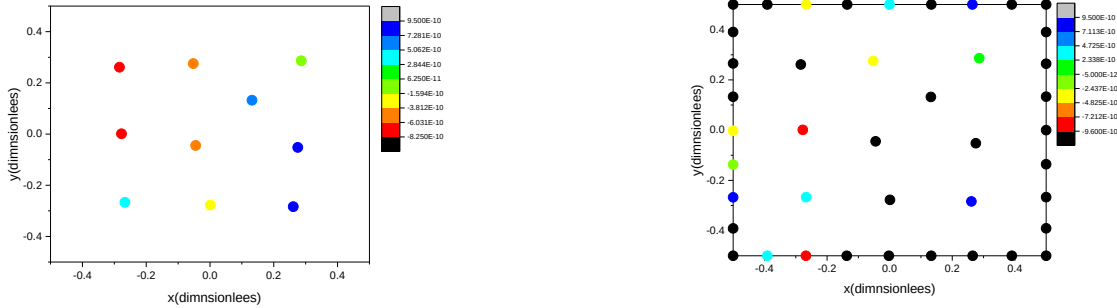


الشكل (81.4) تسعة شحنات كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة لنظام يتكون من 42 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (82.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(10 \left| 7,7,7,7,0,0 \right| \frac{8}{2} \right)$ وطاقة الاستقرار هي (854.71795204524664772).



الشكل (82.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 42 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



(A)

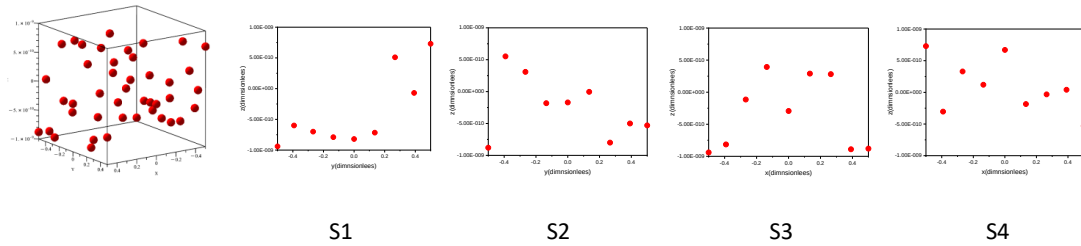
(B)

الشكل (83.4) 10 شحنات كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

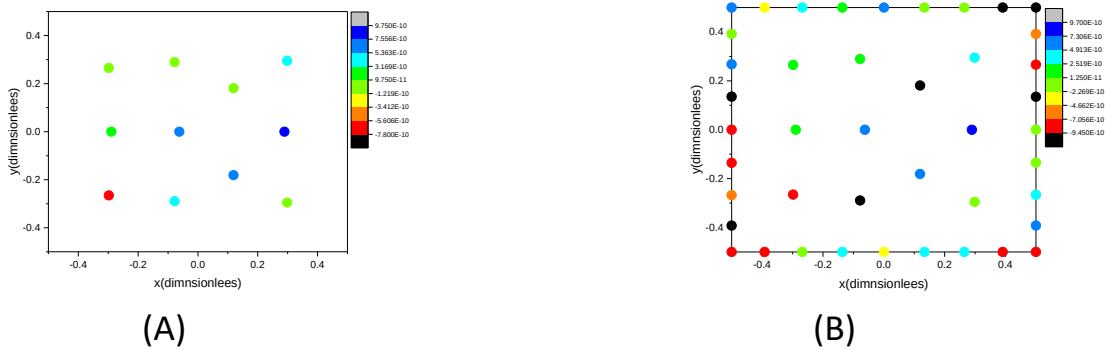
وعندما يكون عدد الشحنات 43 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(84.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 7,7,7,7,0,0 \right| 11 \right\rangle$ وطاقة الاسقرار هي

(899.89862994319446444).

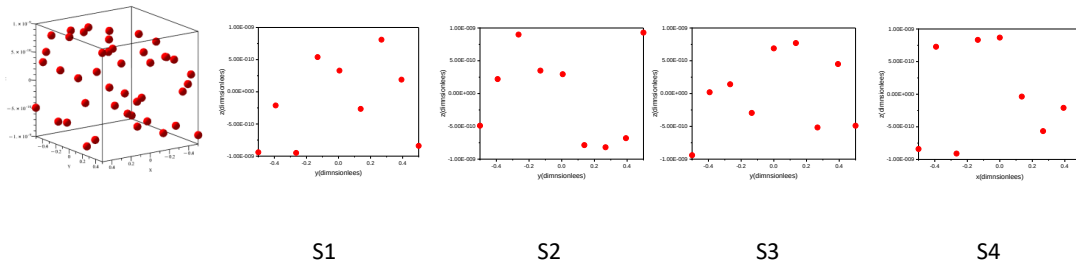


الشكل (84.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 43 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

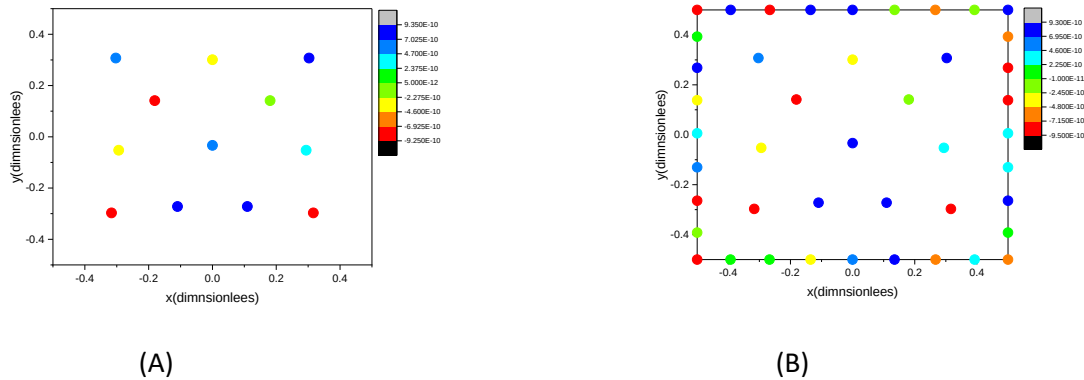


الشكل (85.4) 11 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت دراستنا لنظام يتكون من 44 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (86.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \mid 7,7,7,7,0,0 \mid 12\right)$ وطاقة الاستقرار هي (946.40560965680060694).

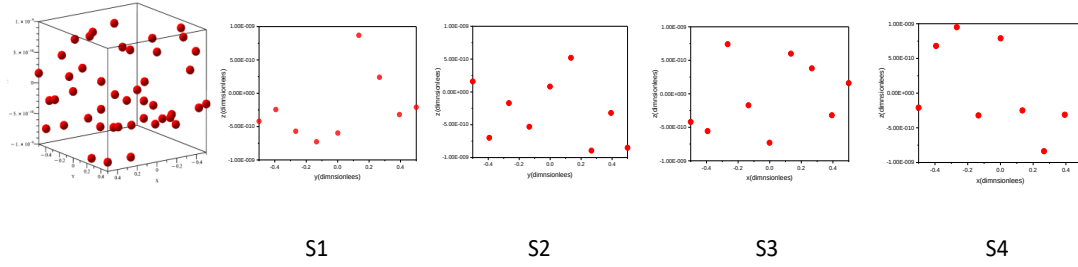


الشكل (86.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 44 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

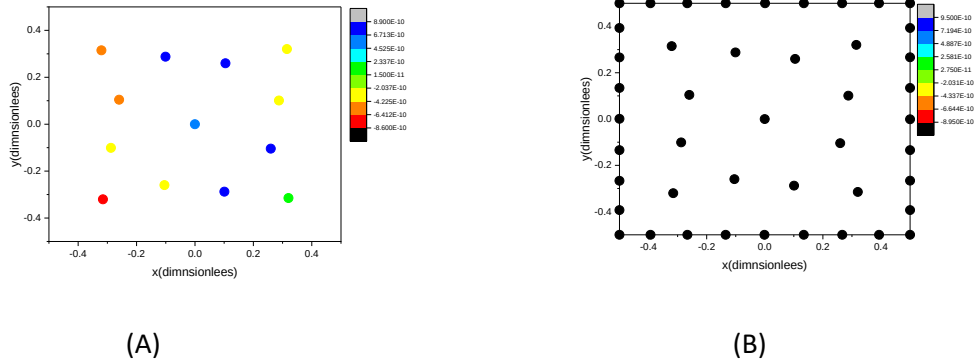


الشكل (87.4) 12 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وفي حالة نظام يتكون من 45 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (88.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 7,7,7,7,0,0 \right| 13 \right\rangle$ وطاقة الاسـتقرار هي (994.16359476655384244).



الشكل (88.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 45 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

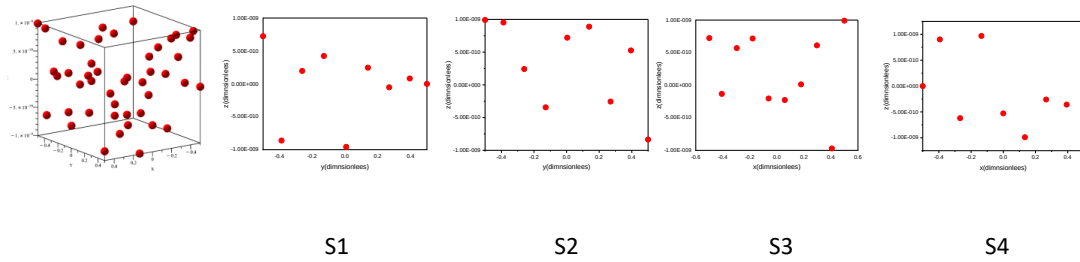


الشكل (89.4) 13 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

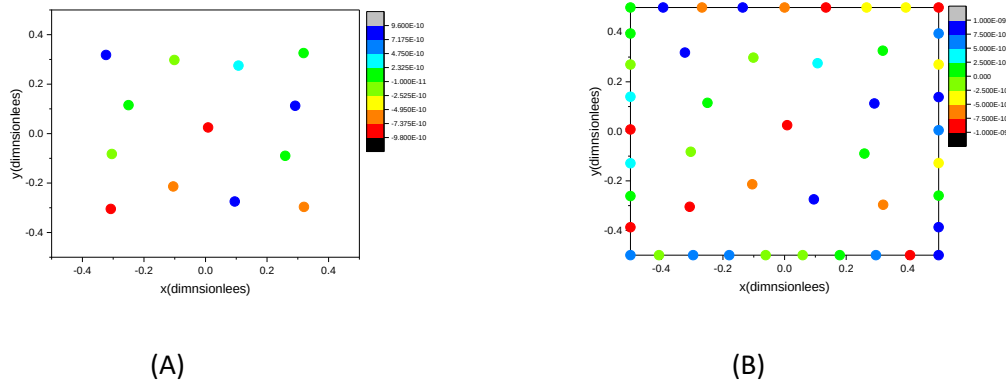
بينت نتائجنا لنظام يتكون من 46 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما هو

موضح بالشكل (90.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \mid 7,7,7,8,0,0 \mid 13 \right)$ وطاقة الاستقرار هي

(1043.0753836028234218).



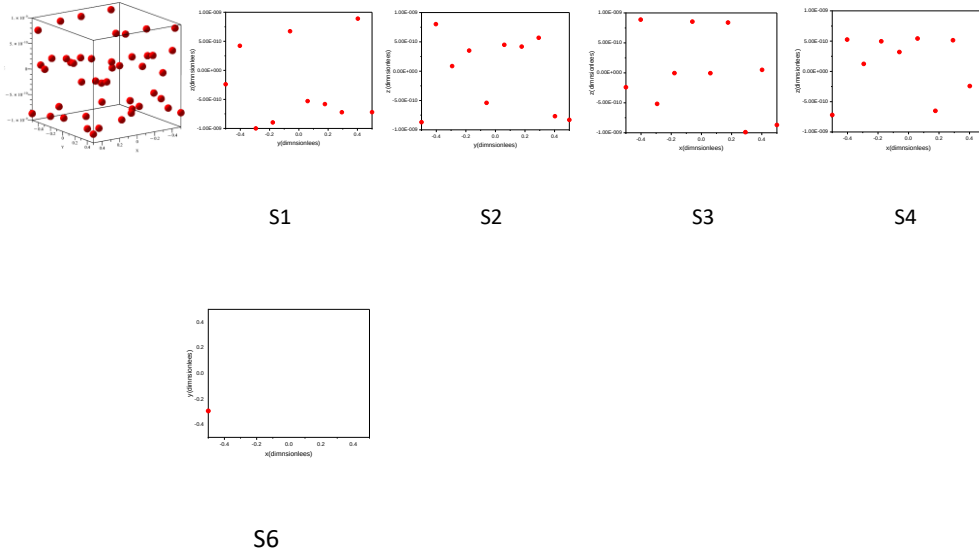
الشكل (90.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 46 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



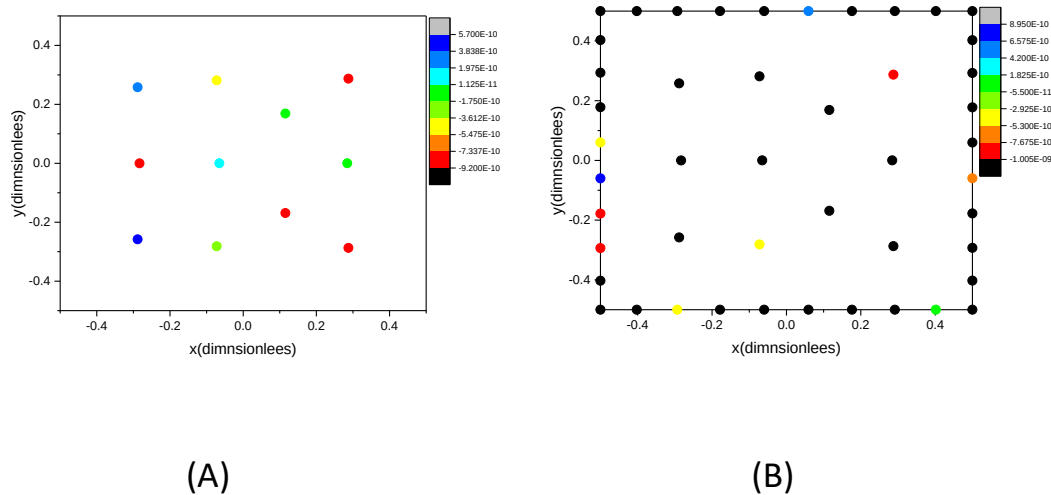
الشكل (91.4) شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

ولنظام يتكون من 47 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (92.4) يأخذ

الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \mid 8,8,8,8,0,0 \mid 11 \right)$ وطاقة الاستقرار هي (1092.6656663250123529).

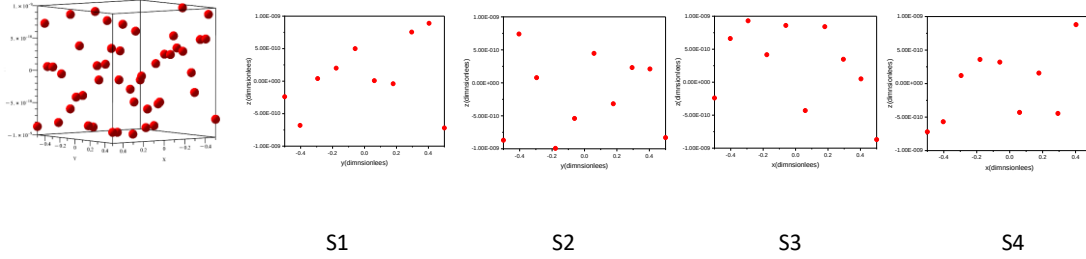


الشكل (92.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 47 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

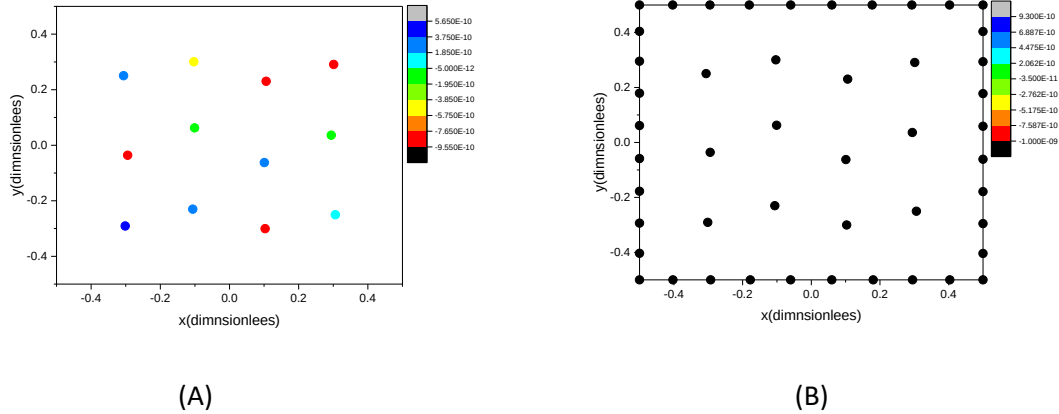


الشكل (93.4) 11 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وبينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من 48 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (94.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \mid 8,8,8,8,0,0 \mid 12\right)$ وطاقة الاستقرار هي (1143.3129937132027863).

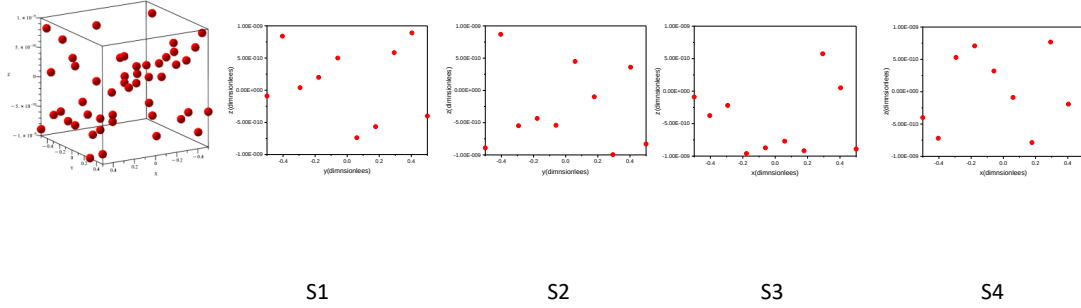


الشكل (94.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 48 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

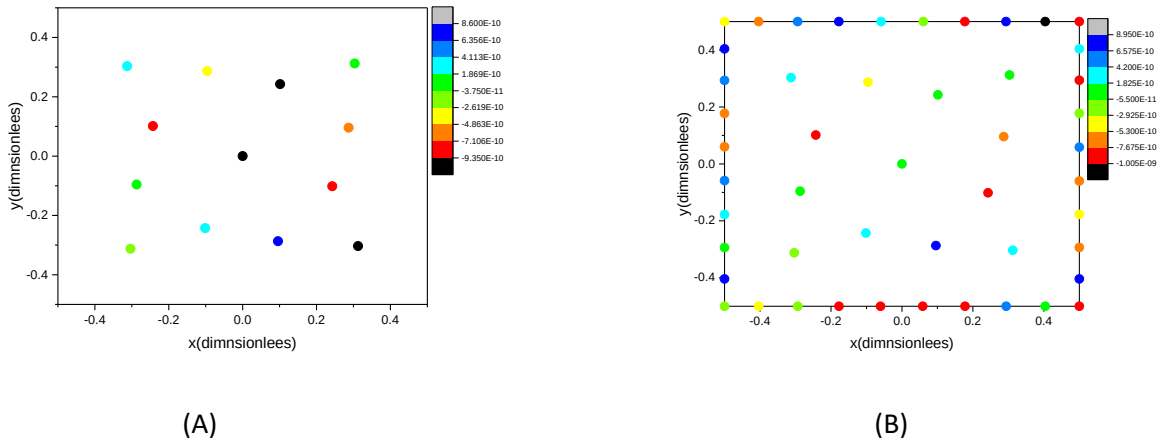


الشكل (95.4) 12 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة لنظام يتكون من 49 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (96.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \left| 8,8,8,8,0,0 \right| 13 \right)$ وطاقة الاستقرار هي (1195.2734849564233173).



الشكل (96.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 49 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

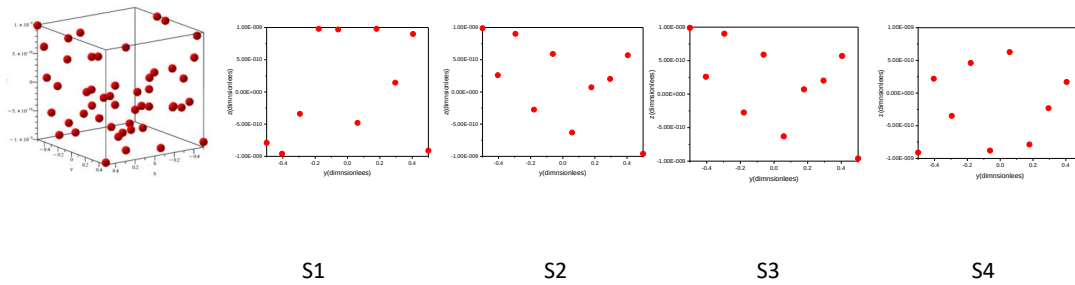


الشكل (97.4) 13 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

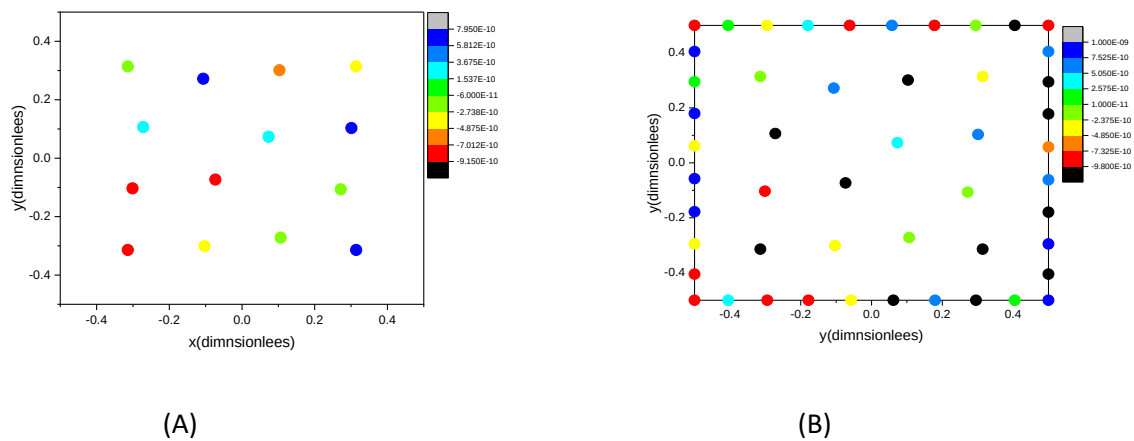
وعندما يكون عدد الشحنات 50 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(98.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 8,8,8,8,0,0 \right| 14 \right\rangle$ وطاقة الاسـتقرار هي

(1248.5780251385497195).

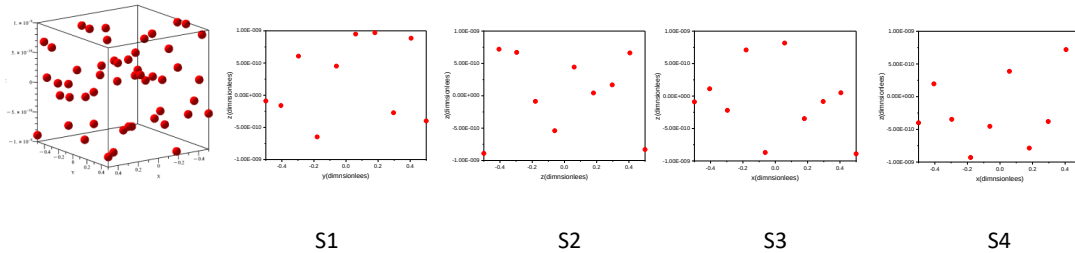


الشكل (98.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 50 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

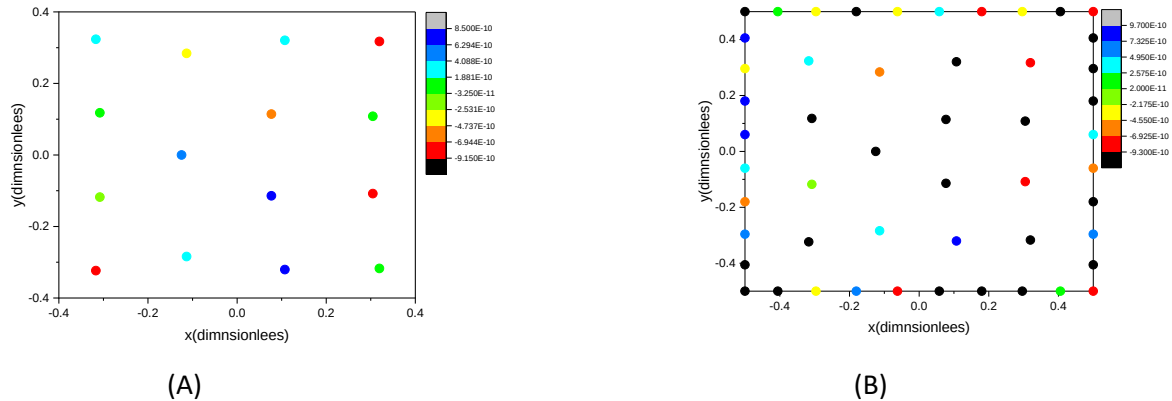


الشكل (99.4) 14 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت دراستنا لنظام يتكون من 51 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (100.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 8,8,8,8,0,0 \right| 15 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (1359.6342966112329123).

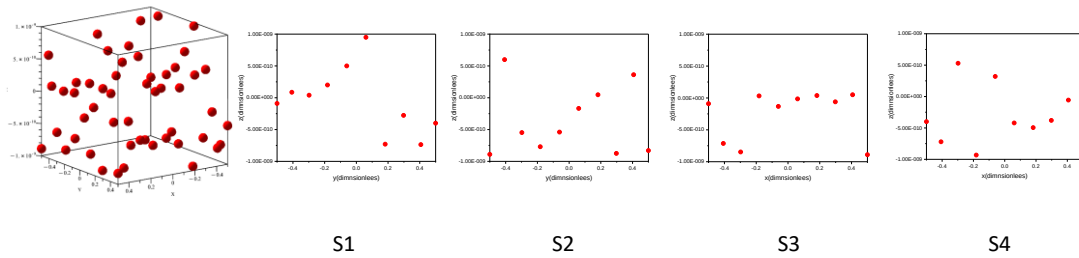


الشكل (100.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 51 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

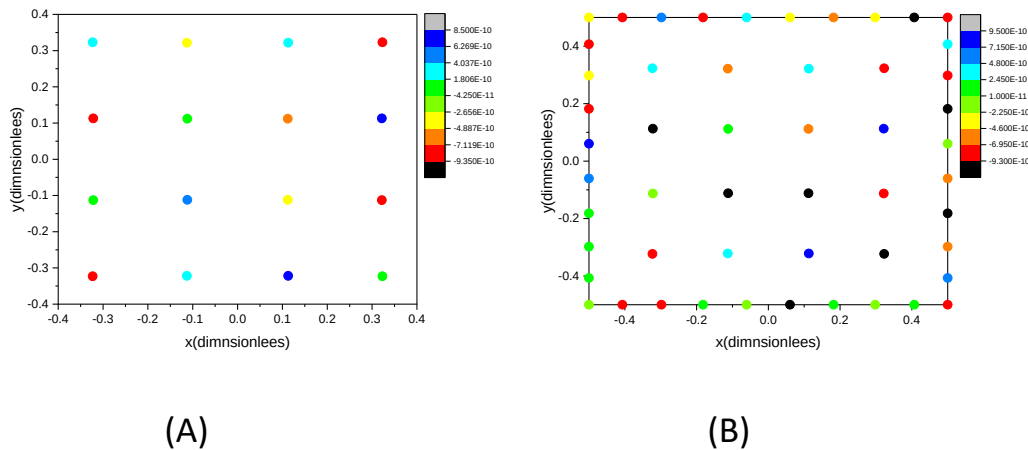


الشكل (101.4) 15 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وفي حالة نظام يتكون من 52 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (102.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 8,8,8,8,0,0 \right| 16 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (1359.6342966112329123).

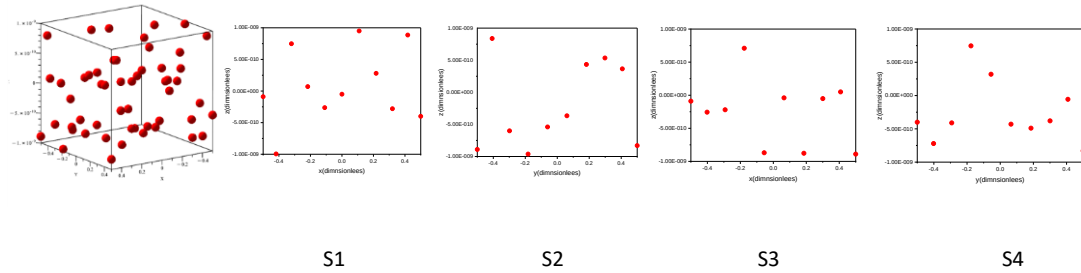


الشكل (102.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 52 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

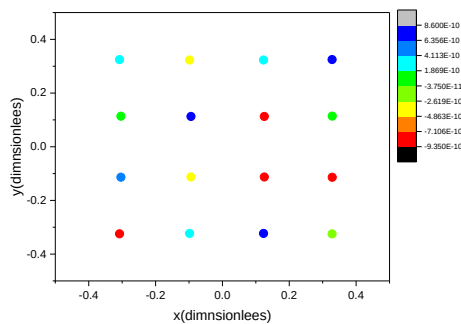


الشكل (103.4) 16 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

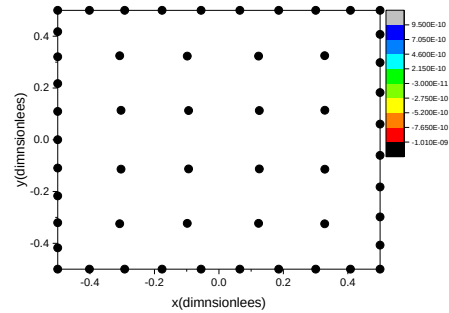
بينت نتائجنا لنظام يتكون من 53 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (104.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} | 8,9,8,8,0,0 | 16 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (1417.0855991836497196).



الشكل (104.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 53 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



(A)

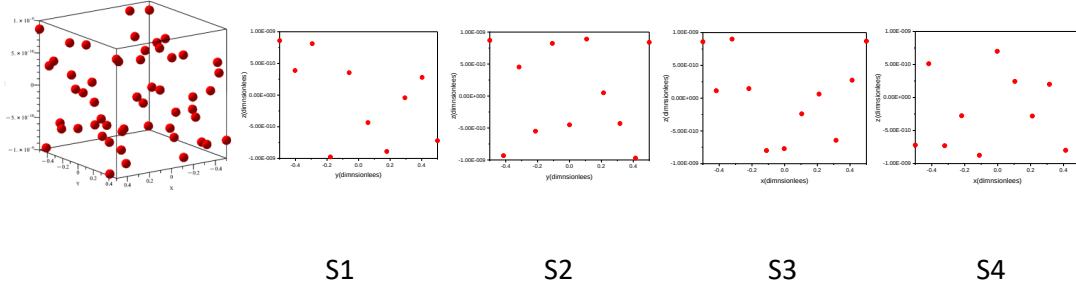


(B)

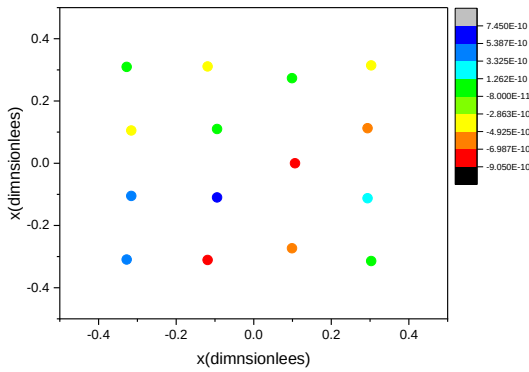
الشكل (105.4) 16 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

ولنظام يتكون من 54 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (106.4) يأخذ

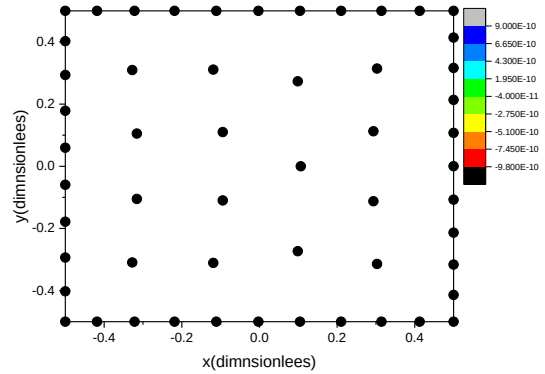
الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \mid 9,8,9,9,0,0 \mid 15 \right)$ وطاقة الاستقرار هي (1475.304806177584168800).



الشكل (106.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 54 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



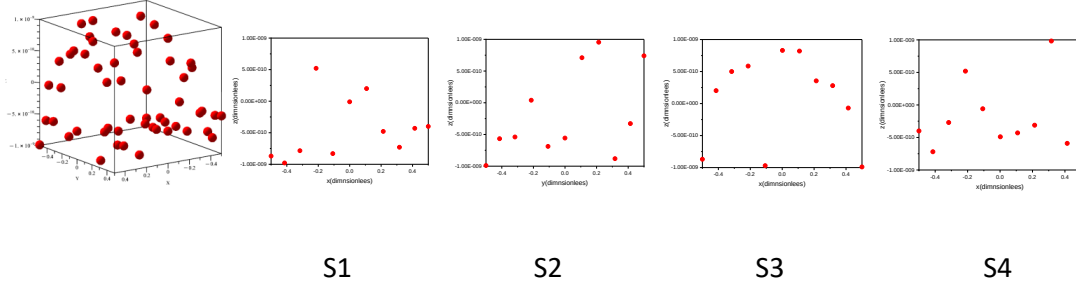
(A)



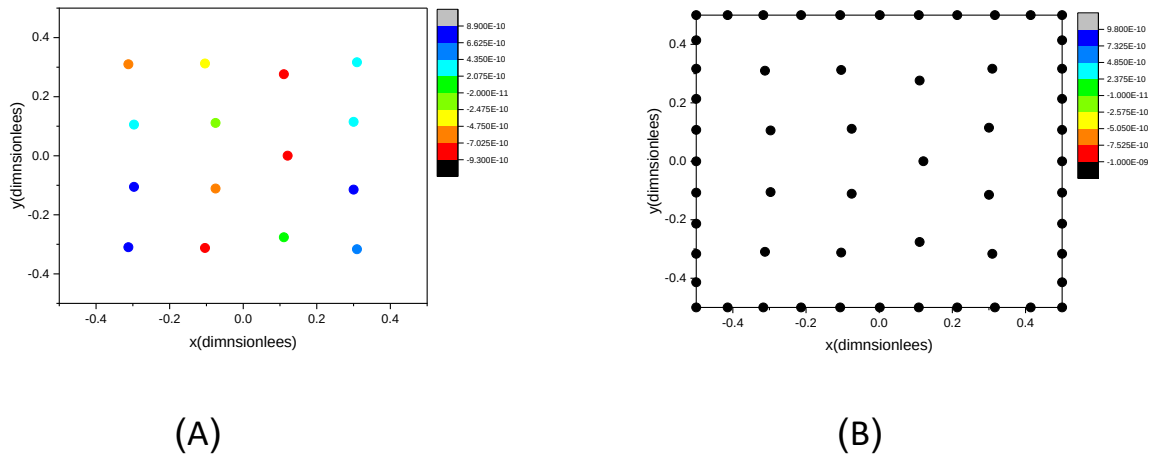
(B)

الشكل (107.4) 15 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من 55 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (108.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} | 9,9,9,9,0,0 | 15 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (1534.4546644604295125).

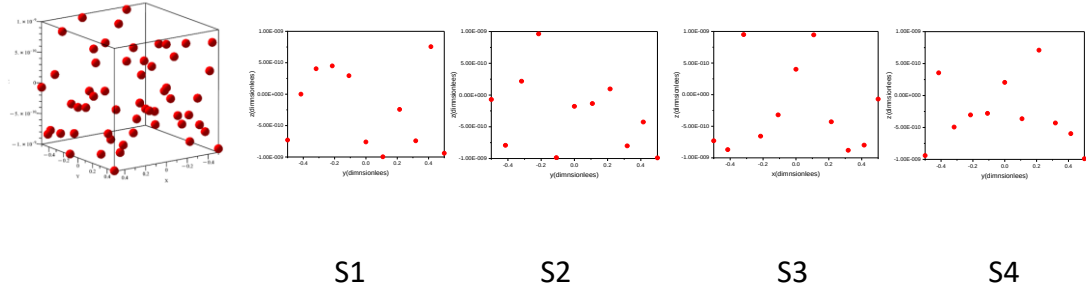


الشكل (108.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 55 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

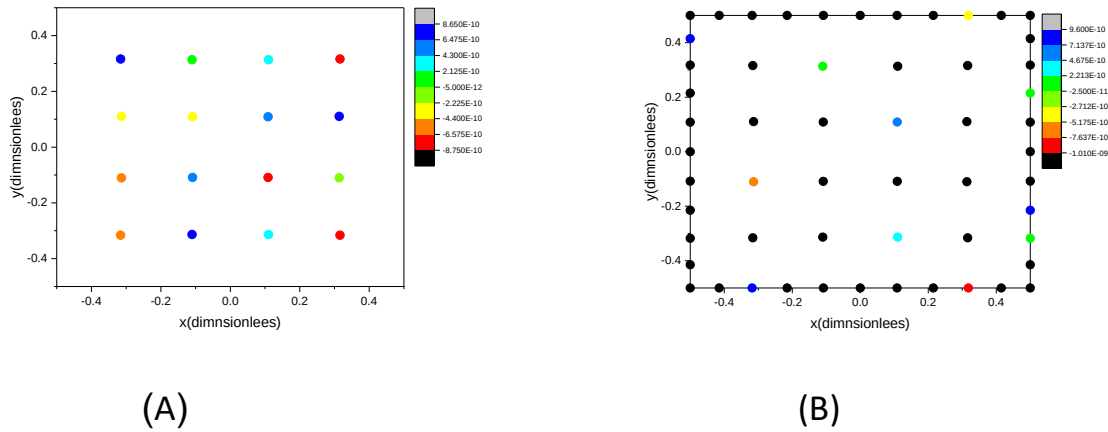


الشكل (109.4) 15 شحنة كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة لنظام يتكون من 56 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (110.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(9,9,9,9,0,0\right|16\left|\frac{8}{2}\right|$ وطاقة الاستقرار هي (1594.93694124386593110000).

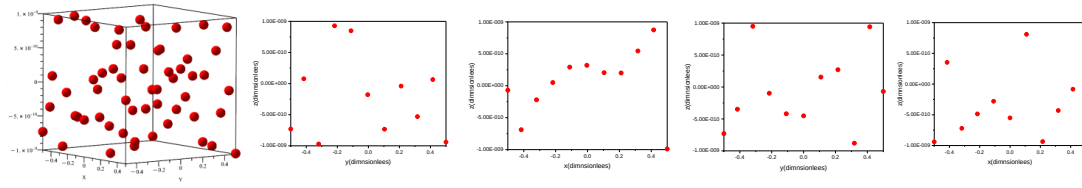


الشكل (110.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 55 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

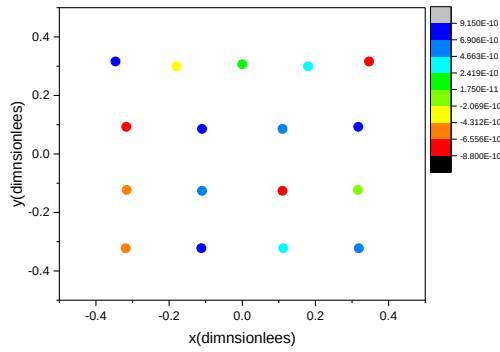


الشكل (111.4) 16 شحنة كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

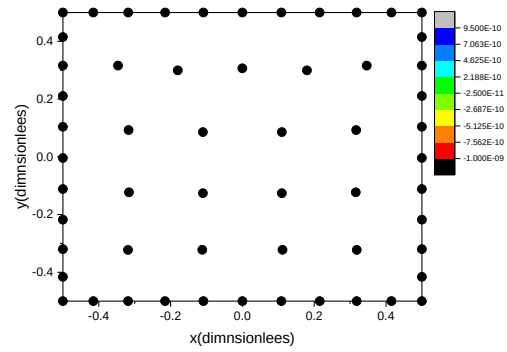
وعندما يكون عدد الشحنات 57 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما هو موضح بالشكل (112.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 9,9,9,9,0,0 \right| 17 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (1657.13148501871728520000).



الشكل (112.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 57 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



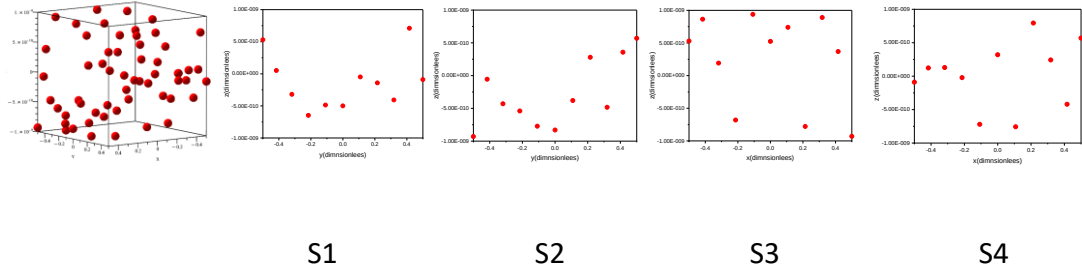
(A)



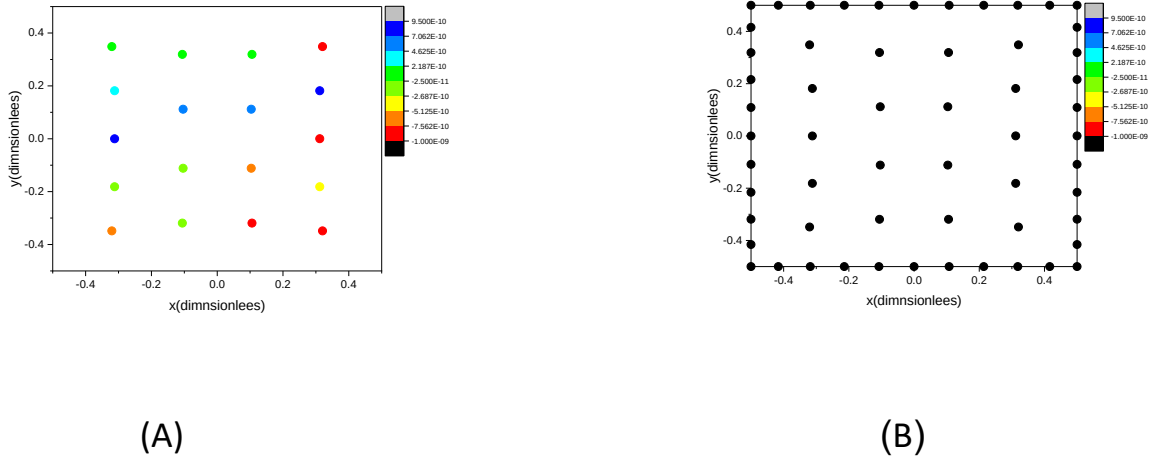
(B)

الشكل (113.4) 16 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت دراستنا لنظام يتكون من 58 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (114.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 9,9,9,9,0,0 \middle| 18 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (1720.46890543698418690000).



الشكل (114.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 58 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

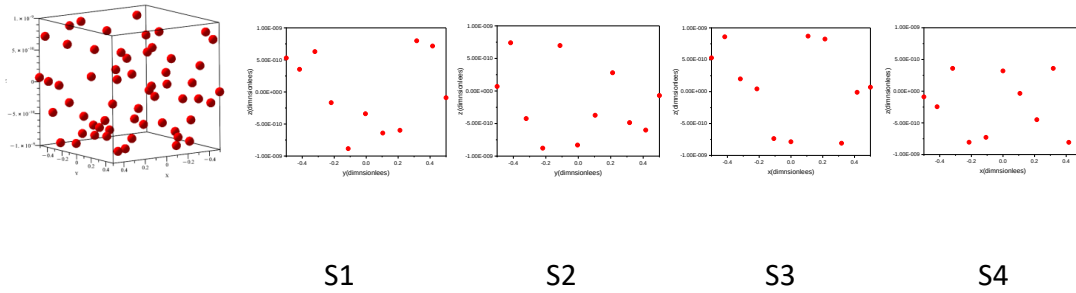


الشكل (115.4) 18 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

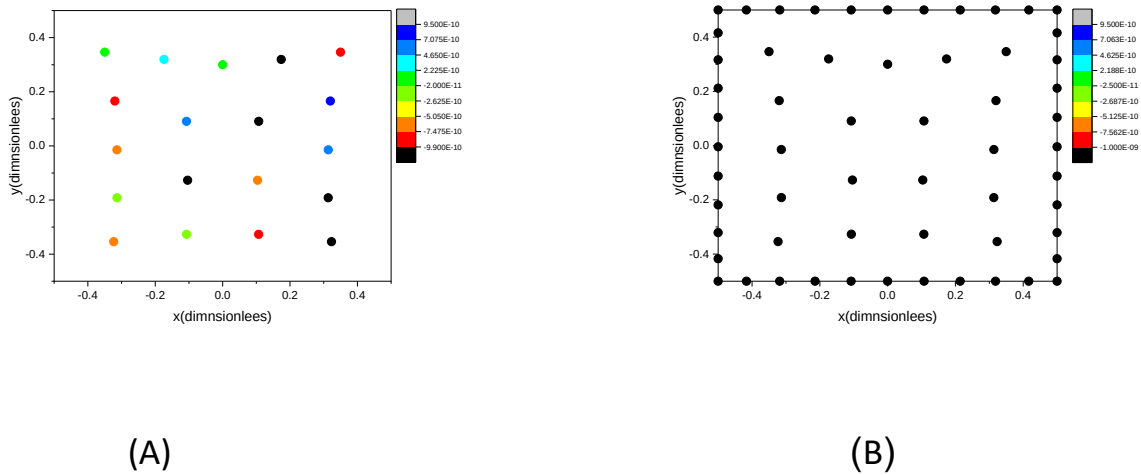
وفي حالة نظام يتكون من 59 شحنات كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(116.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 9,9,9,9,0,0 \right| 19 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي

(1785.20295976131751560000).



الشكل (116.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 59 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

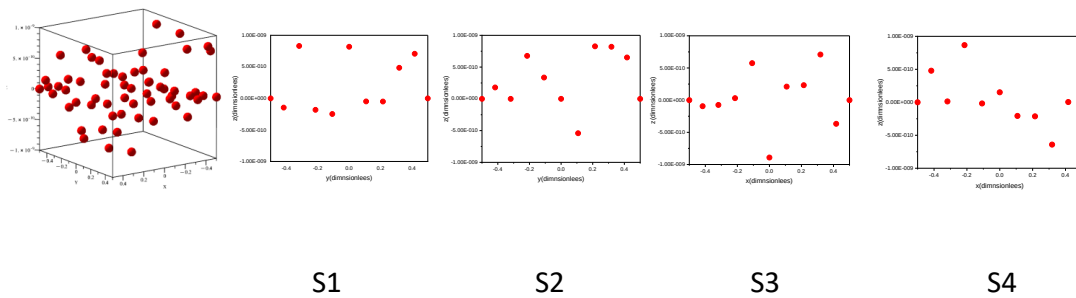


الشكل (117.4) 19 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

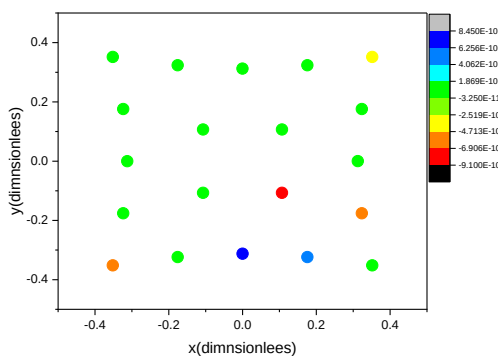
بينت نتائجنا لنظام يتكون من 60 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(118.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 9,9,9,9,0,0 \right\rangle 20$ وطاقة الاسقرار هي

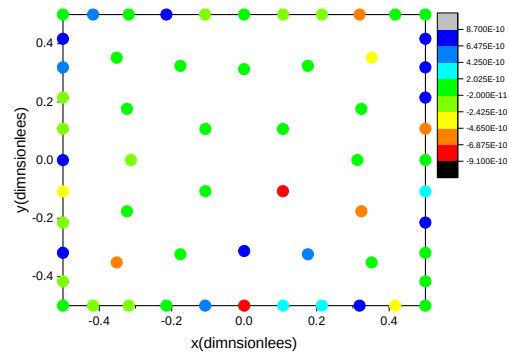
.(1851.06176205181031950000)



الشكل (118.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 60 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



(A)



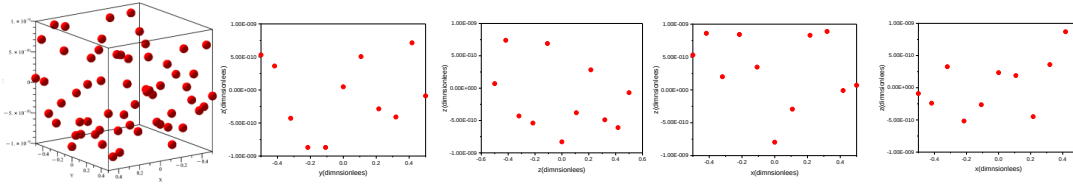
(B)

الشكل (119.4) 20 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

ولنظام يتكون من 61 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (120.4)

يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 9,9,9,9,0,0 \right| 21 \right\rangle$ وطاقة الاسقرار هي

(1918.47645321370055170000).



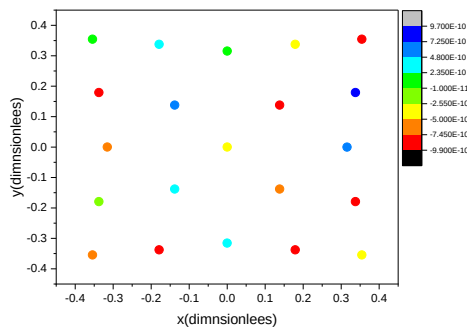
S1

S2

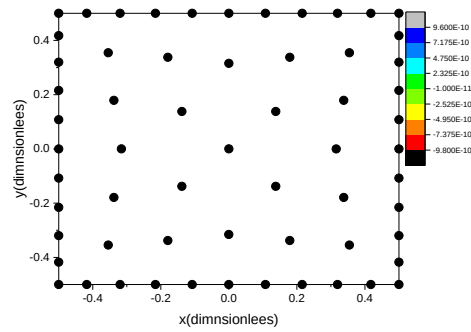
S3

S4

الشكل (120.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 61 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



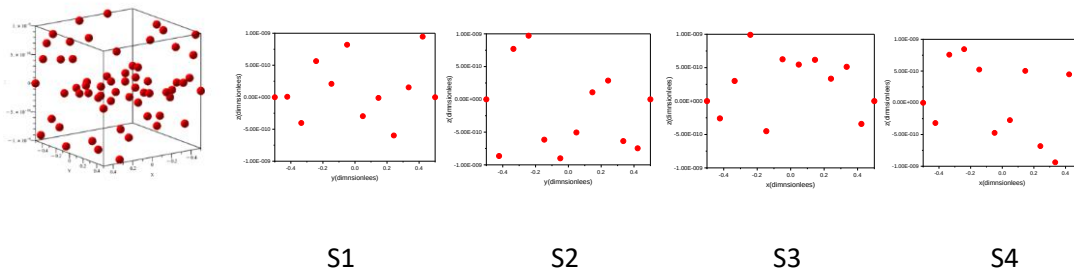
(A)



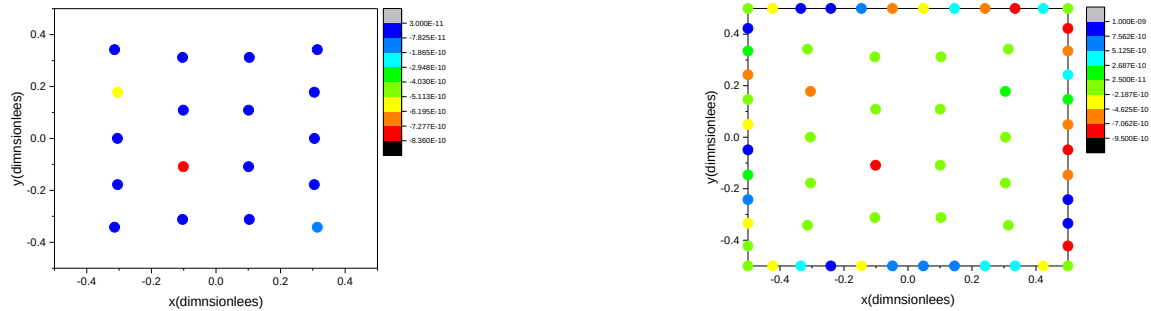
(B)

الشكل (121.4) 21 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B)

بينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من 62 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (122.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 10,10,10,10,0,0 \middle| 18 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (1986.24237084752940060000).



الشكل (122.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 62 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

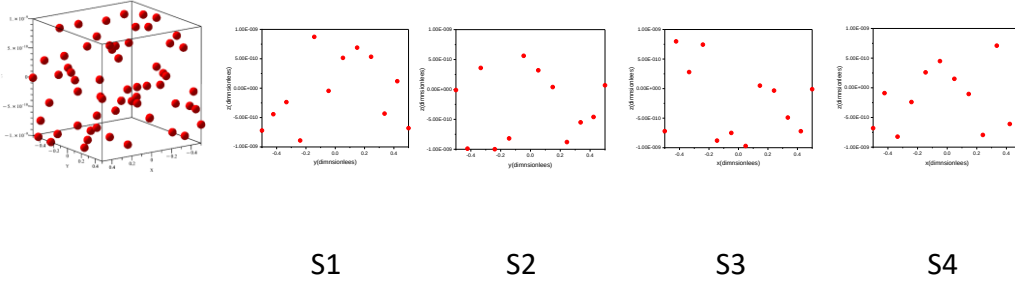


(A)

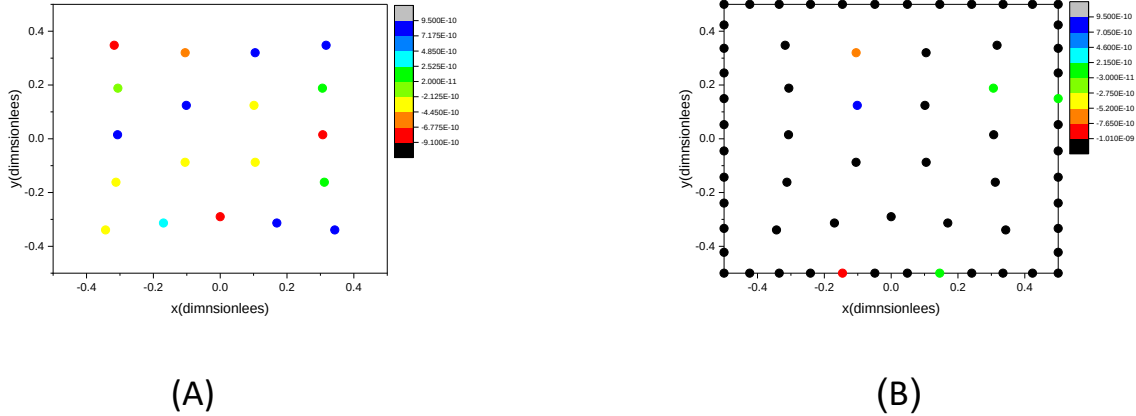
(B)

الشكل (123.4) 18 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة لنظام يتكون من 63 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (124.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle 19 \left| 10, 10, 10, 10, 0, 0 \right| \frac{8}{2} \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (2055.24137864038857530000).



الشكل (124.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 63 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x, y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

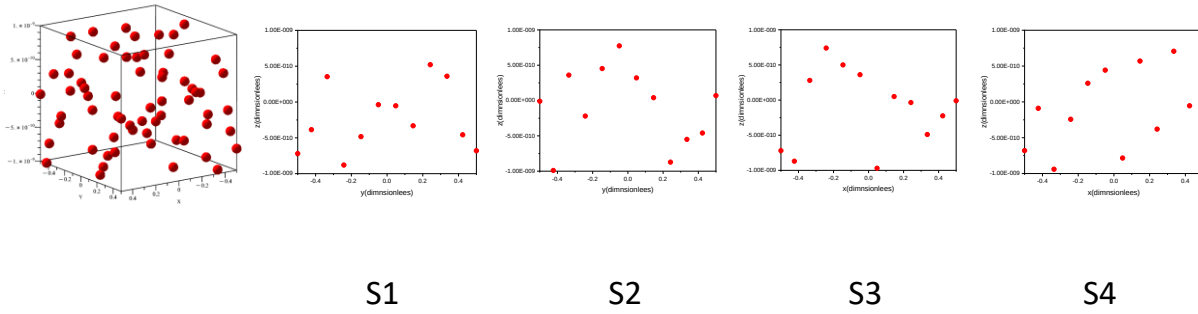


الشكل (125.4) 19 شحنة كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x, y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

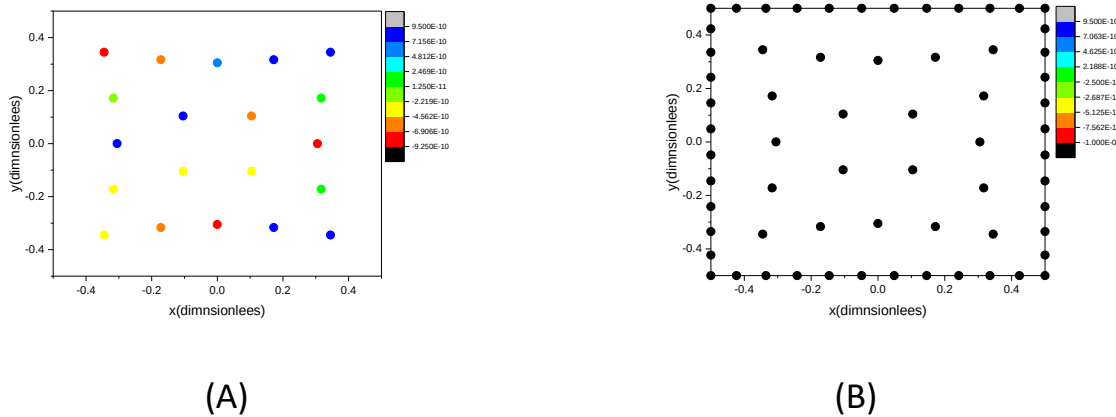
وعندما يكون عدد الشحنات 64 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(126.4) يأخذ الصيغة الآتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 10,10,10,10,0,0 \right| 20 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي

.(2125.38694670237691750000)

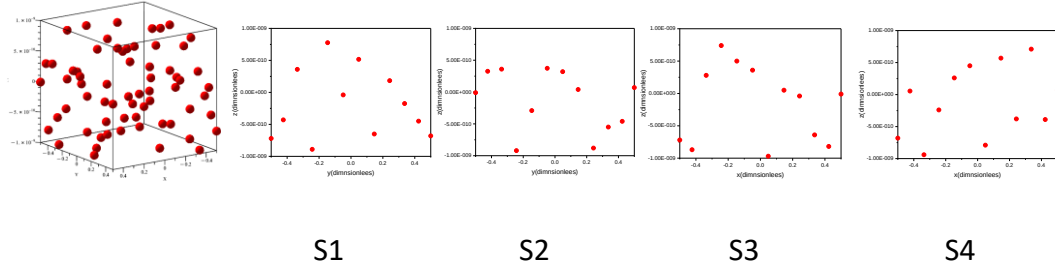


الشكل (126.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 64 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

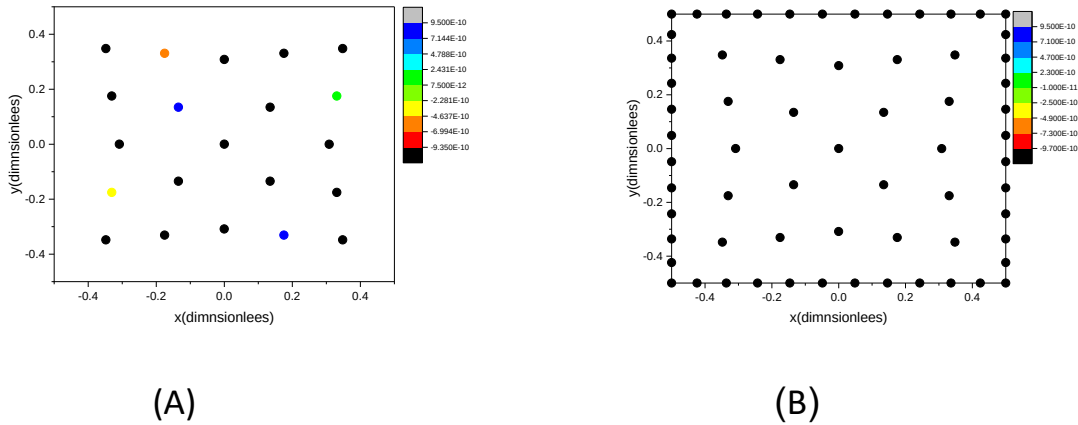


الشكل (127.4) 20 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت دراستنا لنظام يتكون من 65 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (128.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 10,10,10,10,0,0 \middle| 21 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (2197.07764742882272930000).



الشكل (128.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 65 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

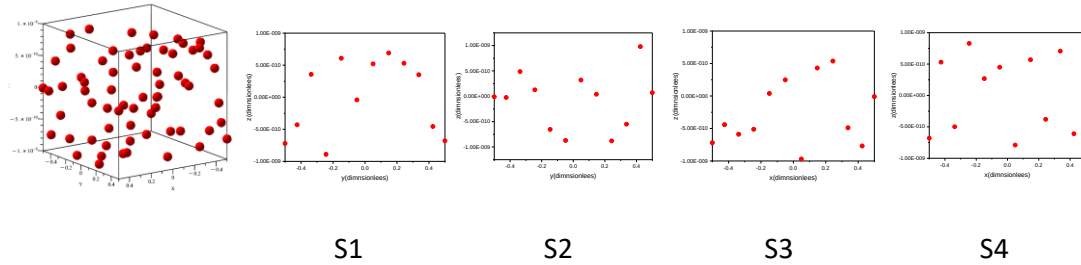


الشكل (129.4) 21 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

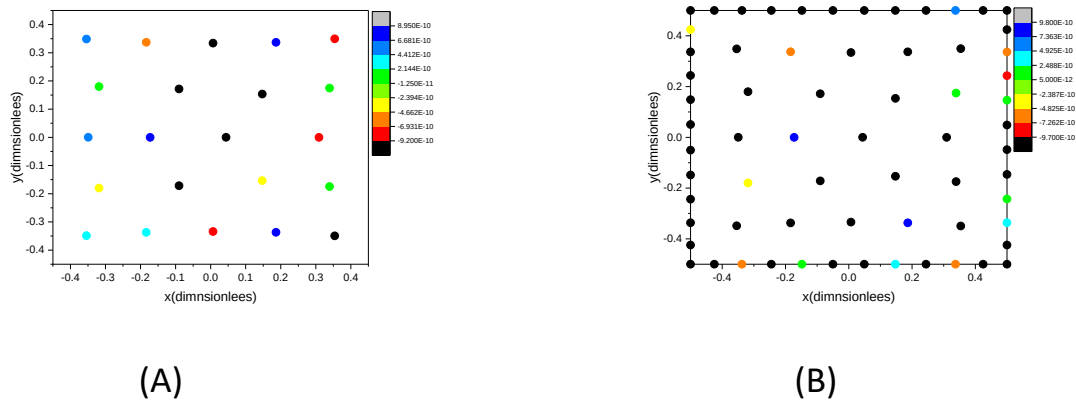
وفي حالة نظام يتكون من 66 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(130.4) يأخذ الصيغة الآتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 10,10,10,10,0,0 \middle| 22 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي

.(2270.20159562405615370000)



الشكل (130.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 66 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

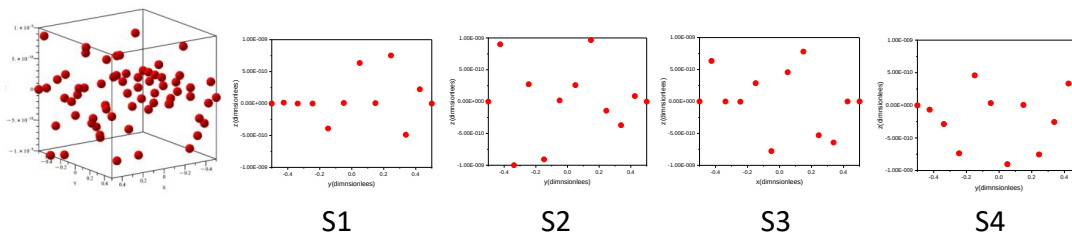


الشكل (131.4) 22 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

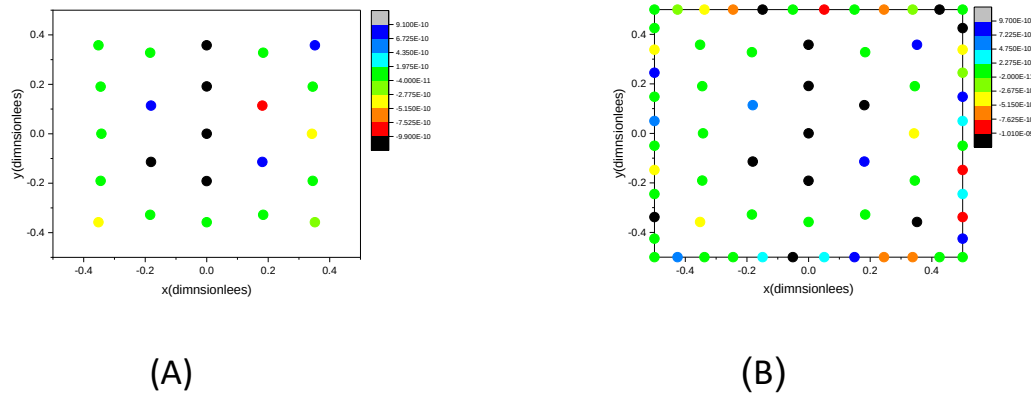
بينت نتائجنا لنظام يتكون من 67 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(132.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 10,10,10,10,0,0 \right| 23 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي

.(2344.75269250262817880000)

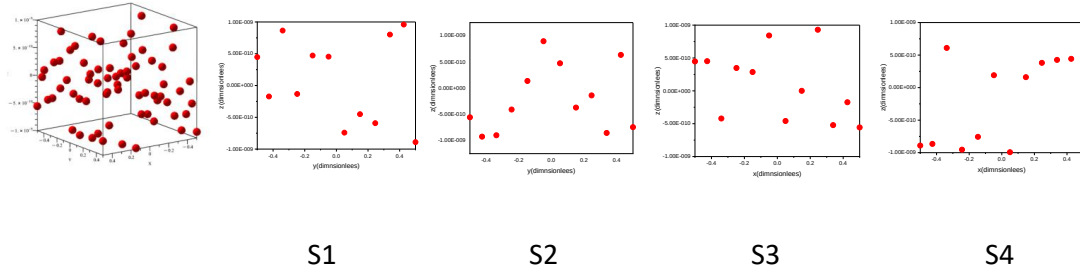


الشكل (132.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 67 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

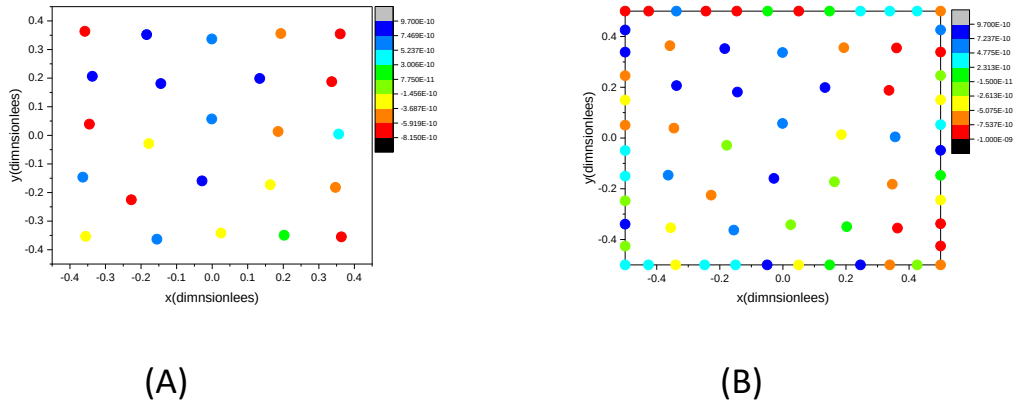


الشكل (133.4) 23 شحنة كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

ولنظام يتكون من 68 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (134.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 10,10,10,10,0,0 \middle| 24 \right\rangle$ وطاقة الاسقرار هي (2420.89257002899148570000).

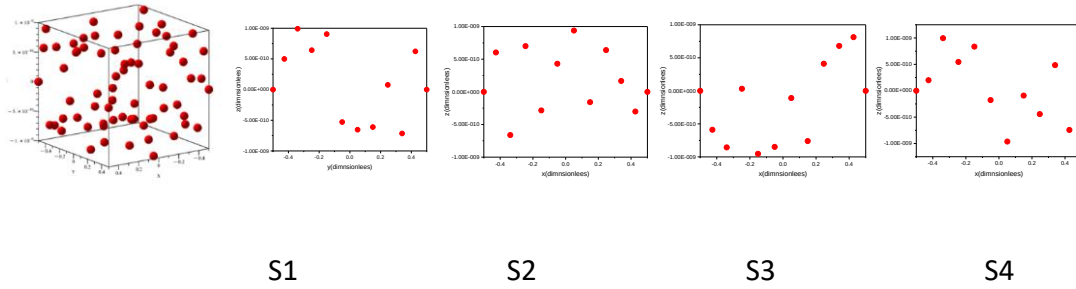


الشكل (134.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 68 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

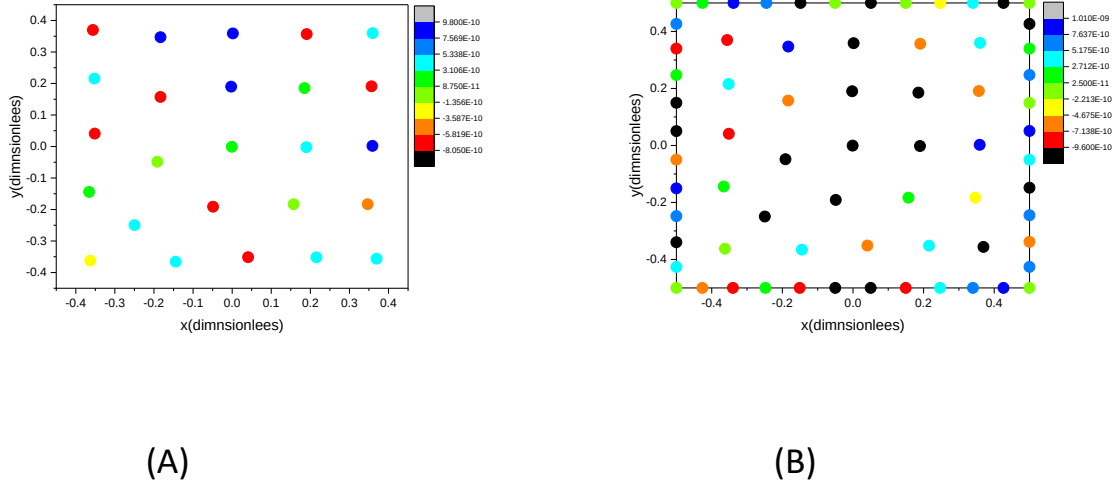


الشكل (135.4) 24 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من 69 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (136.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 10,10,10,10,0,0 \right| 25 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (2498.1958276286800000000000).



الشكل (136.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 69 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

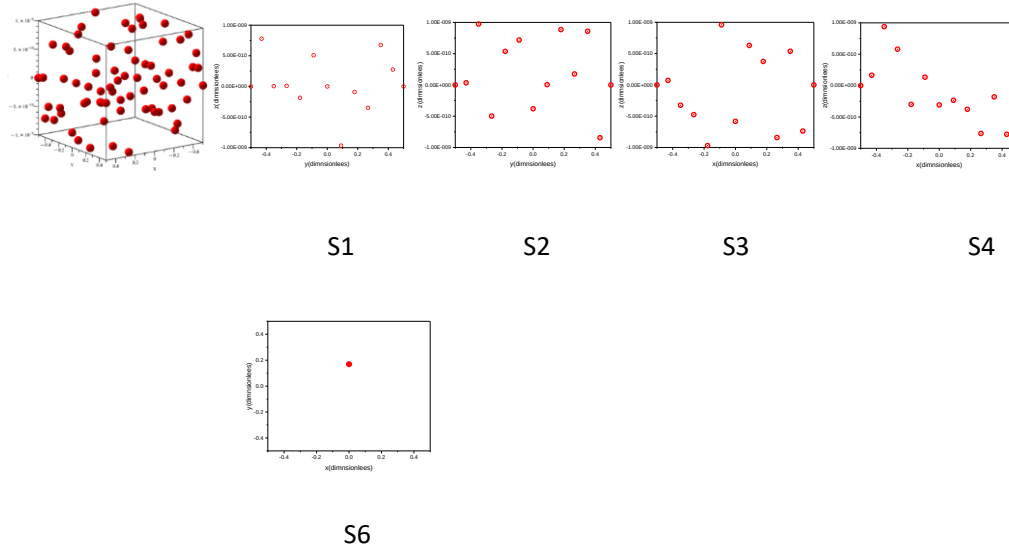


الشكل (137.4) 25 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B)

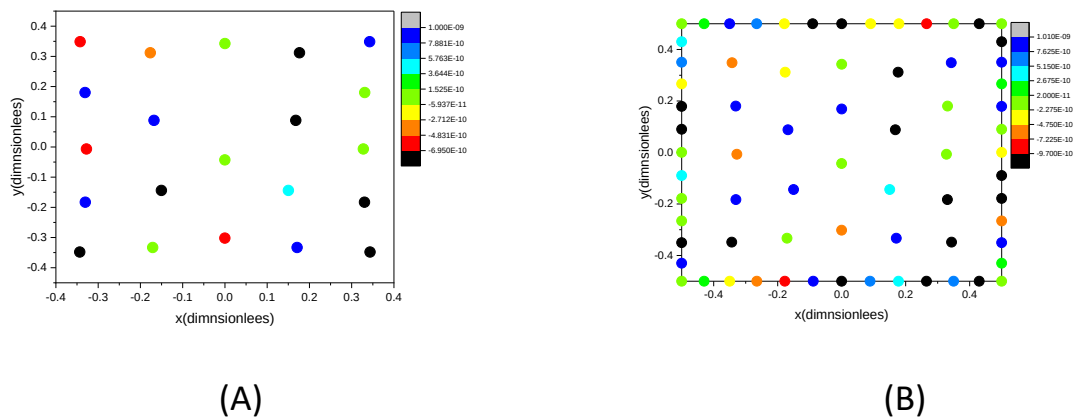
وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة لنظام يتكون من 70 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما

بالشكل (138.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \left| 11,11,11,11,0,0 \right| 21 \right)$ وطاقة الاستقرار هي

(2575.35203309310918480000).



الشكل (138.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 70 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

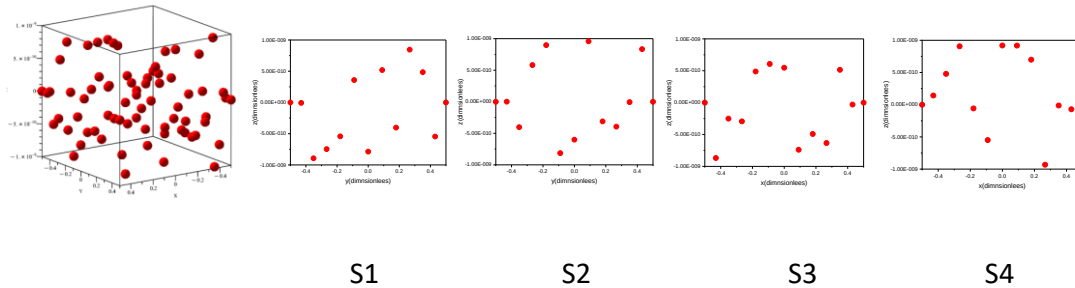


الشكل (139.4) 21 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

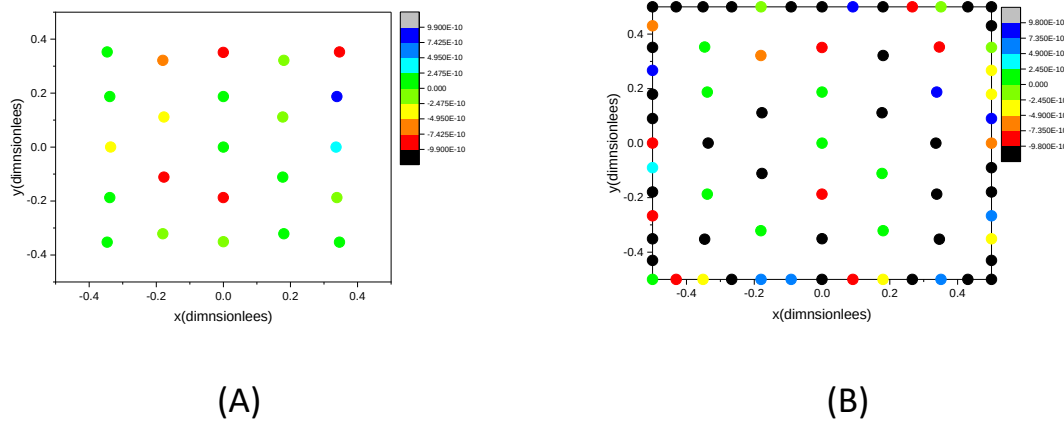
وعندما يكون عدد الشحنات 71 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(140.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 11,11,11,11,0,0 \middle| 23 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي

.(2654.18585995744206240000)

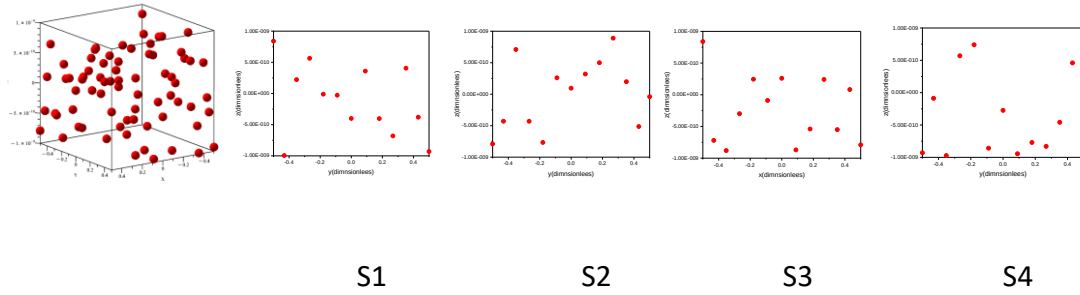


الشكل (140.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 71 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

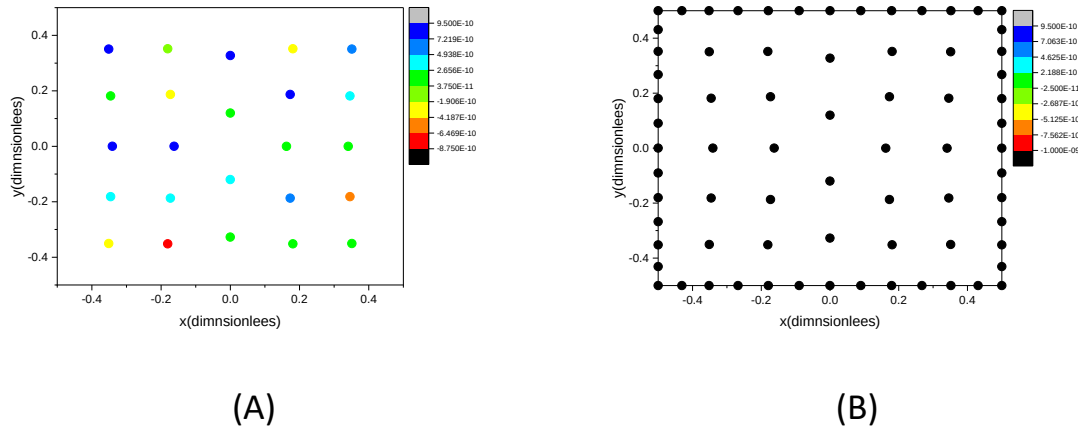


الشكل (141.4) 23 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت دراستنا لنظام يتكون من 72 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (142.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 11,11,11,11,0,0 \right| 24 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (2734.45833957302784260000).

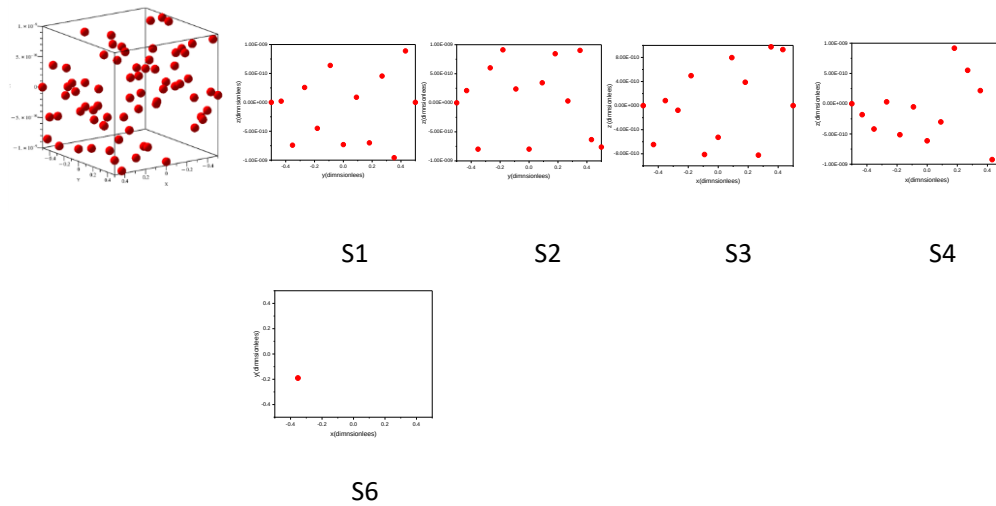


الشكل (142.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 72 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

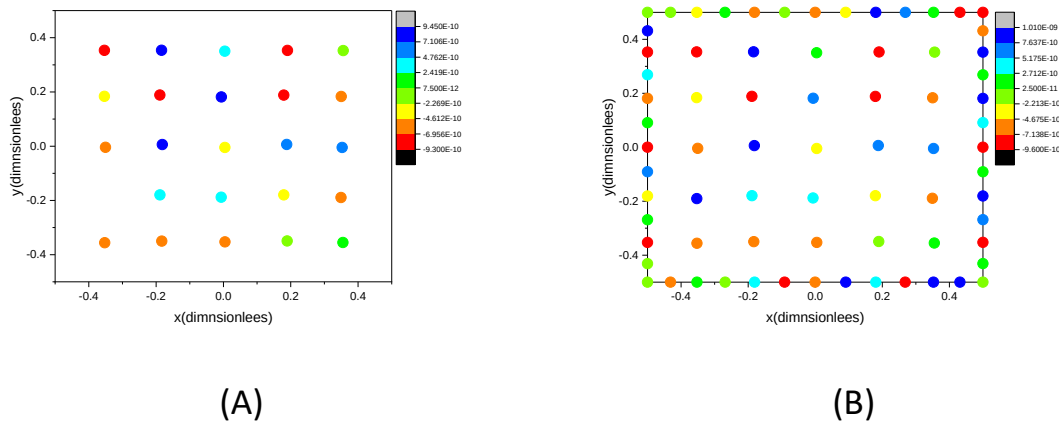


الشكل (143.4) 24 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B)

وفي حالة نظام يتكون من 73 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (144.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 11,11,11,11,0,0 \middle| 25 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (2816.23858928635991110000).

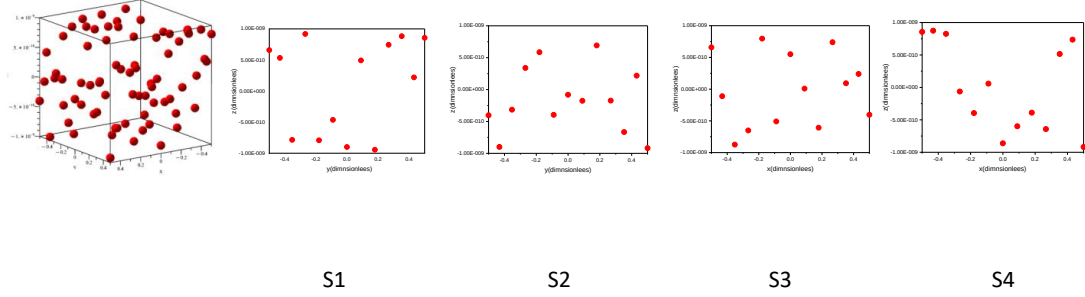


الشكل (144.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 73 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

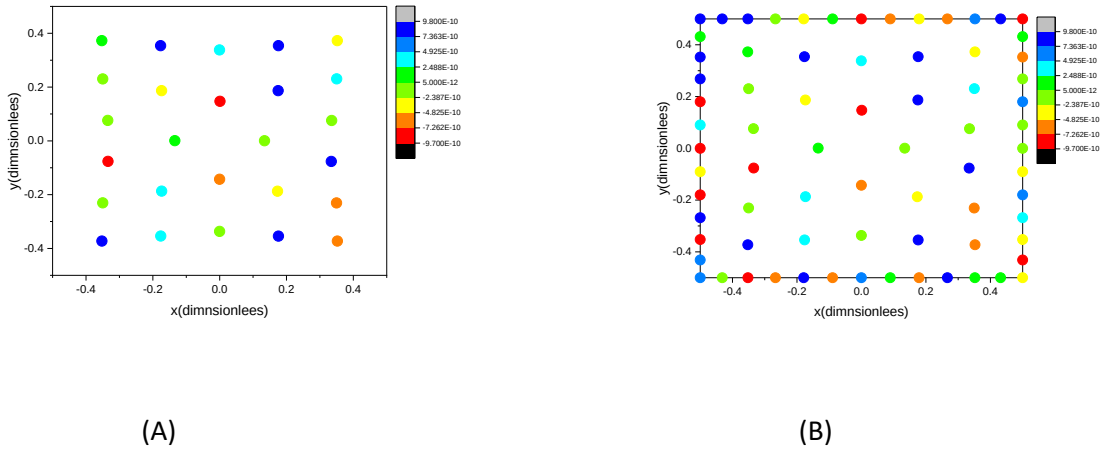


الشكل (145.4) 25 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت نتائجنا لنظام يتكون من 74 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (146.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 11,11,11,11,0,0 \middle| 26 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (2899.39807621647423730000).

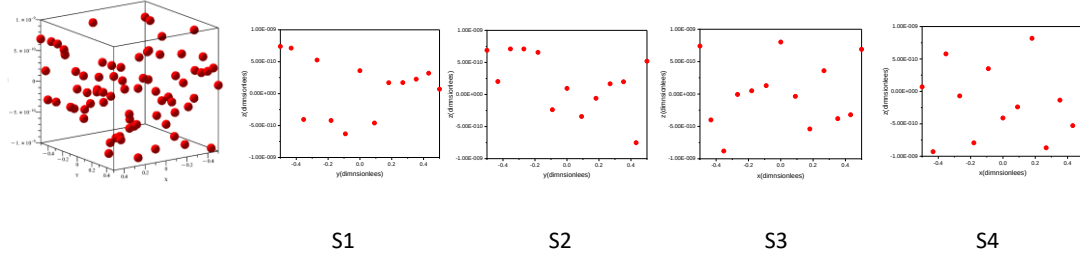


الشكل (146.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 74 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

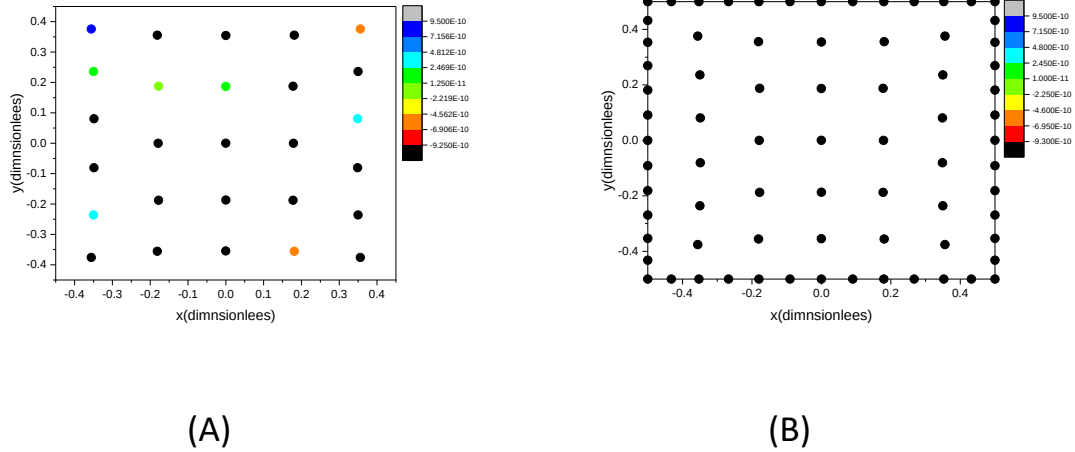


الشكل (147.4) 26 شحنة كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

ولنظام يتكون من 75 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (148.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 11,11,11,11,0,0 \middle| 27 \right\rangle$ وطاقة الاسقرار هي (2983.68145380255191420000).

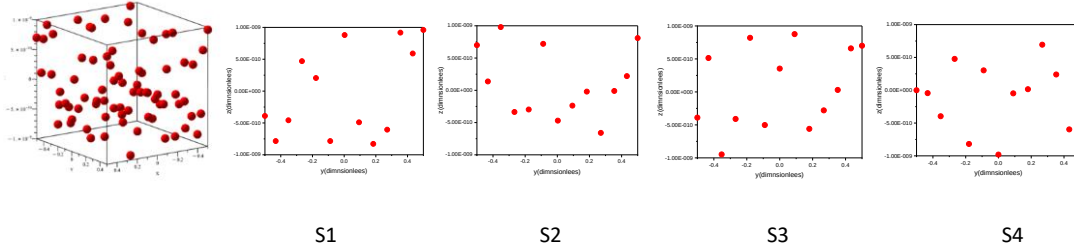


الشكل (148.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 75 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

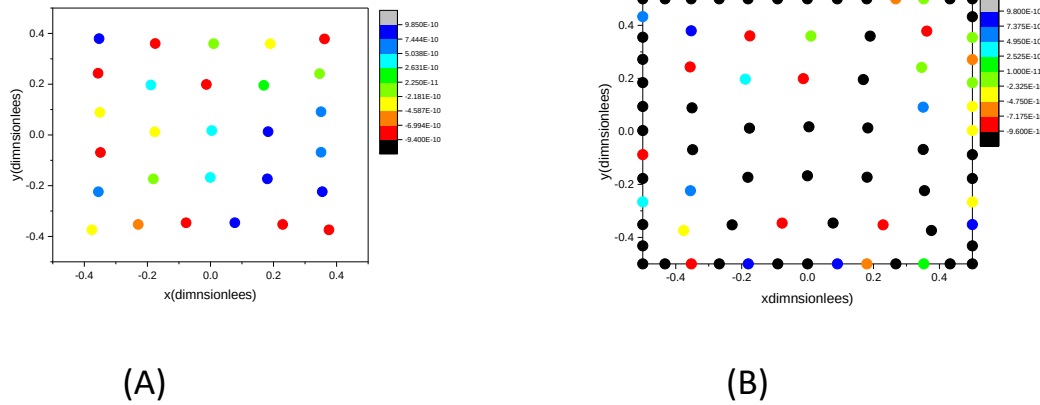


الشكل (149.4) 27 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من 76 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (150.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 11,11,11,11,0,0 \middle| 28 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (3069.35247982991904790000).



الشكل (150.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 76 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ،، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

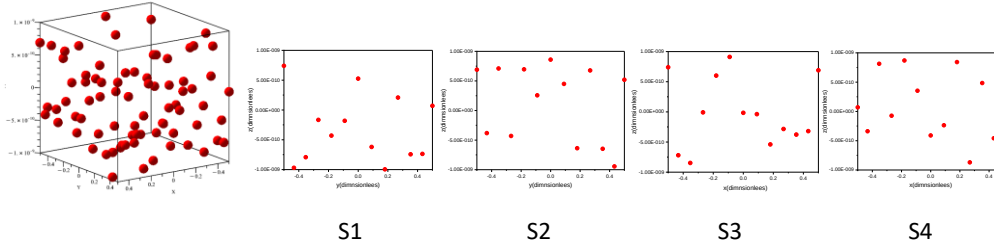


الشكل (151.4) 28 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

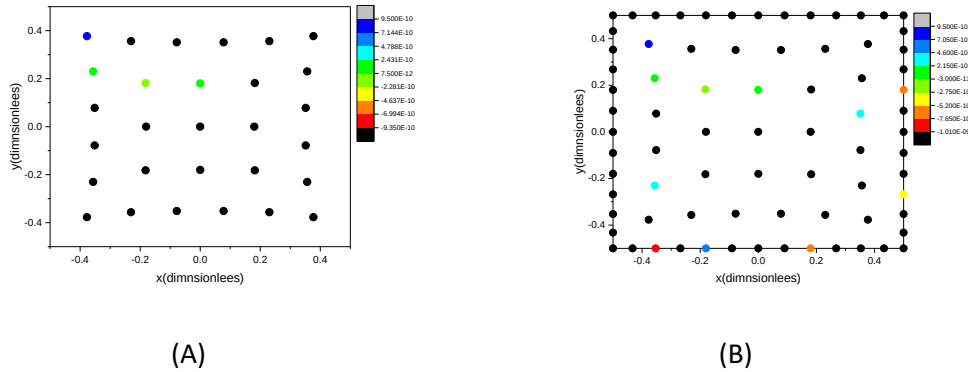
وبتطبيق طريقة تقليل الطاقة حالة نظام يتكون من 77 شحنة كهربائية نقطية وجد أن

التركيب النهائي كما بالشكل (152.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \mid 11,11,11,11,0,0 \mid 29\right)$

وطاقة الاستقرار هي (3156.16294294918043310000).



الشكل (152.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 77 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

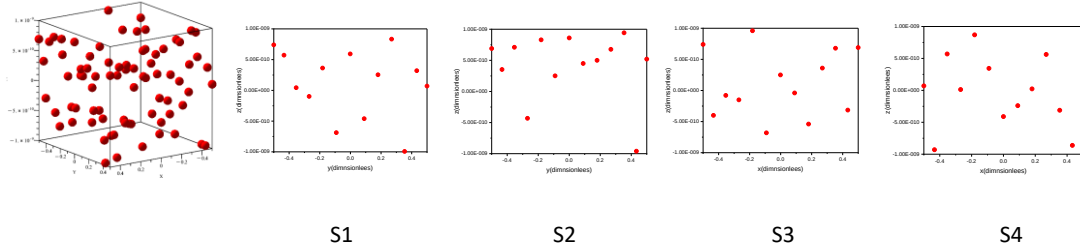


الشكل (153.4) 29 شحنة كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

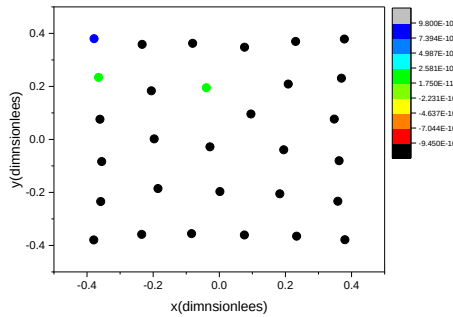
وعندما يكون عدد الشحنات 78 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل

(154.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 11,11,11,11,0,0 \right| 30 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي

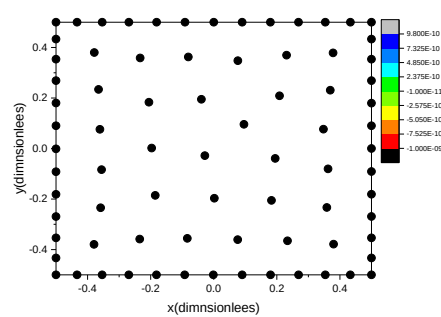
.(3244.86190400584609970000)



الشكل (154.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 78 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



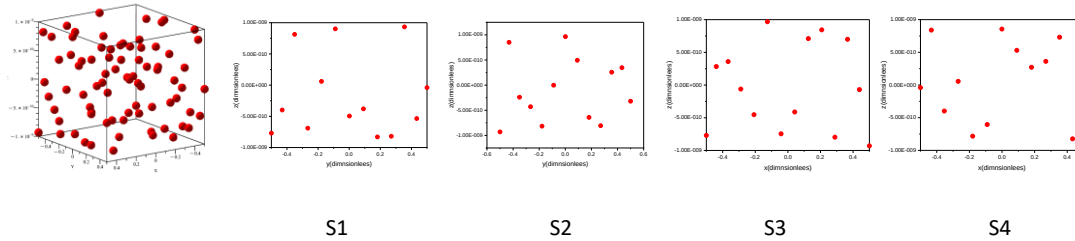
(A)



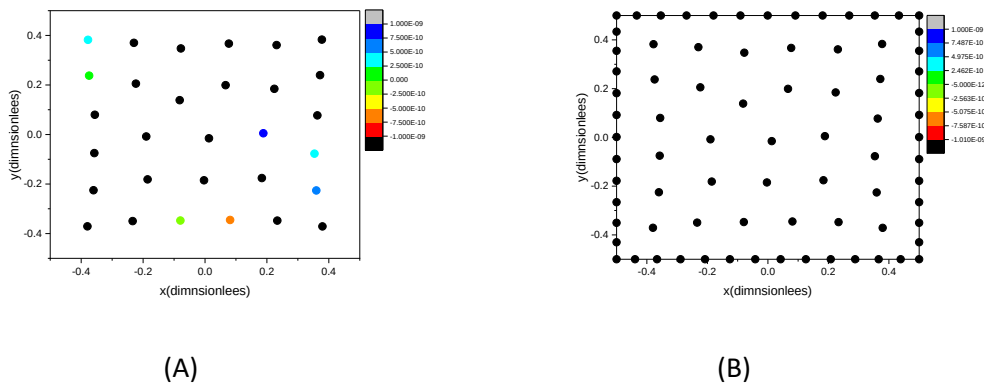
(B)

الشكل (155.4) 30 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت دراستنا لنظام يتكون من 79 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (156.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \middle| 11,11,11,12,0,0 \middle| 30 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (3334.00190028956558310000).

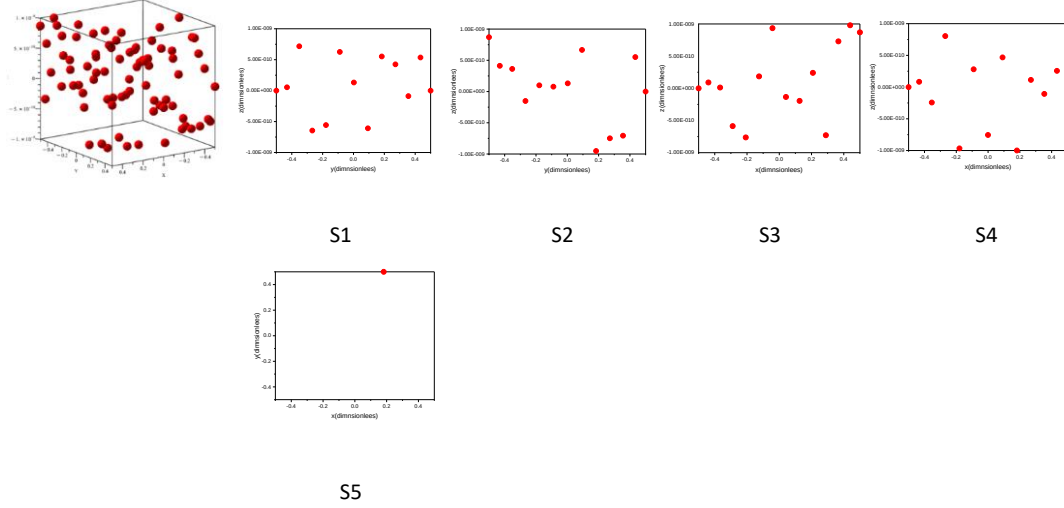


الشكل (156.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 79 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

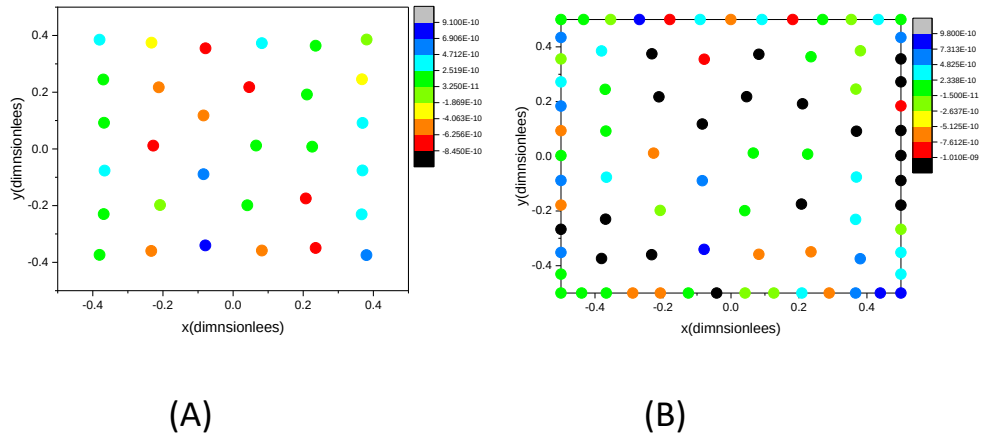


الشكل (157.4) 30 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

وفي حالة نظام يتكون من 80 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (158.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 11,11,11,12,0,0 \right| 31 \right\rangle$ وطاقة الاستقرار هي (3424.98938265251354110000).

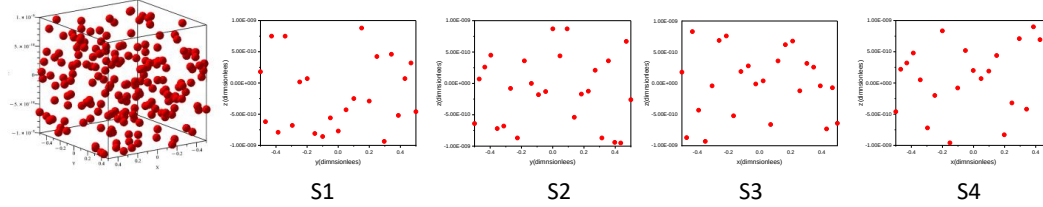


الشكل (158.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 80 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

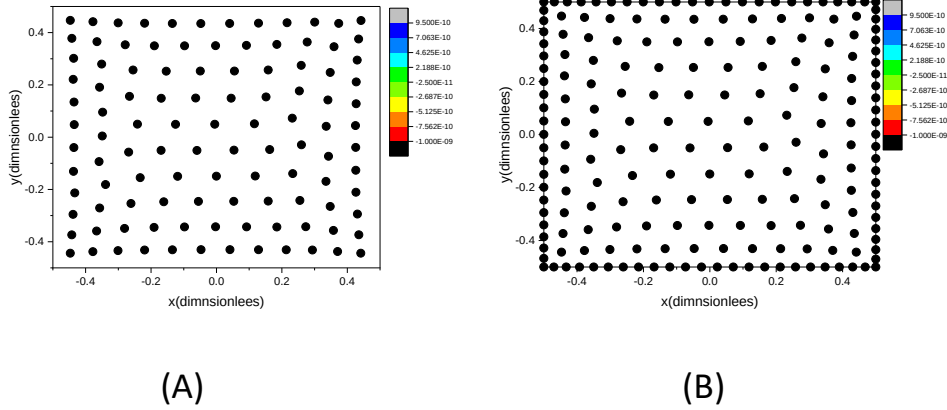


الشكل (159.4) 31 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A). وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

بينت نتائجنا لنظام يتكون من 200 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (160.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} \middle| 23,21,21,22,0,0 \middle| 109 \right)$ وطاقة الاستقرار هي (23468.16826484457487900000).



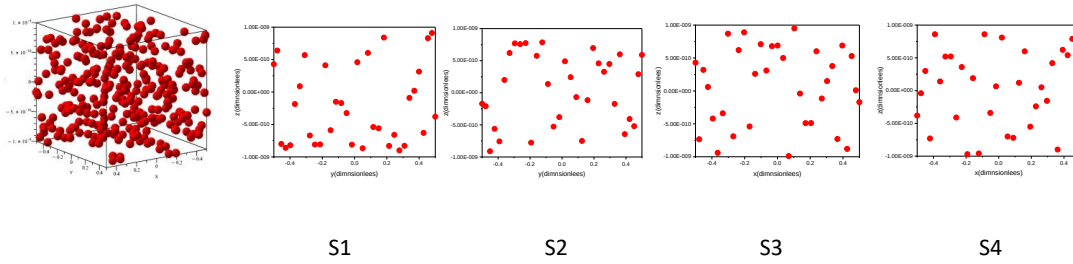
الشكل (160.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 200 شحنات كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.



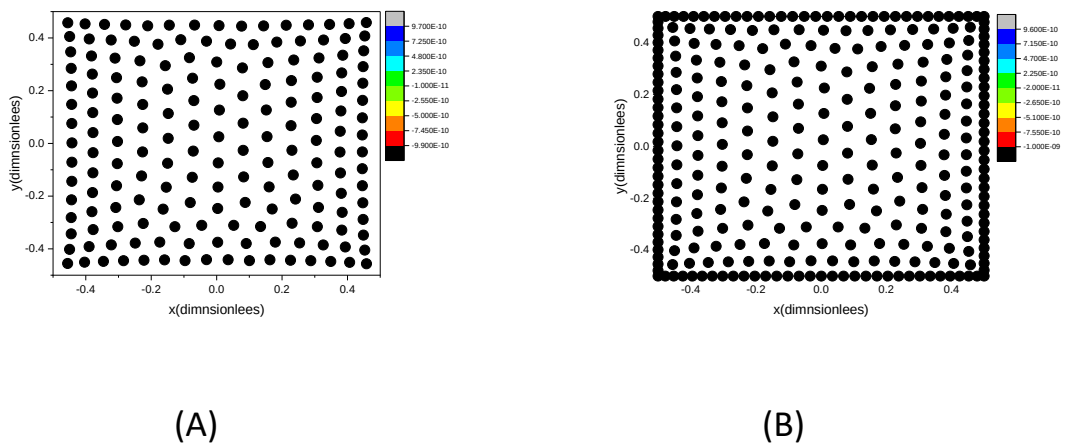
الشكل (161.4) 109 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

ولنظام يتكون من 300 شحنة كهربائية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (162.4)

يأخذ الصيغة الأتية $\left\langle \frac{8}{2} \left| 30,32,30,31,0,0 \right| 173 \right\rangle$ وطاقة الاسـتقرار هي
 .(54282.42589952115668100000)

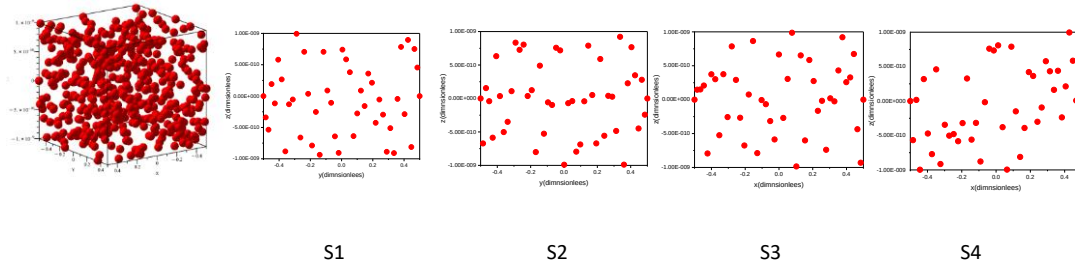


الشكل (162.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 300 شحنة كهربائية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ،، حيث S_1 يدل الوجه الاول و S_2 على الوجه الثاني و S_3 على الوجه الثالث و S_4 على الوجه الرابع و S_5 على الوجه الخامس و S_6 على الوجه السادس للموصل الثلاثي الأبعاد.

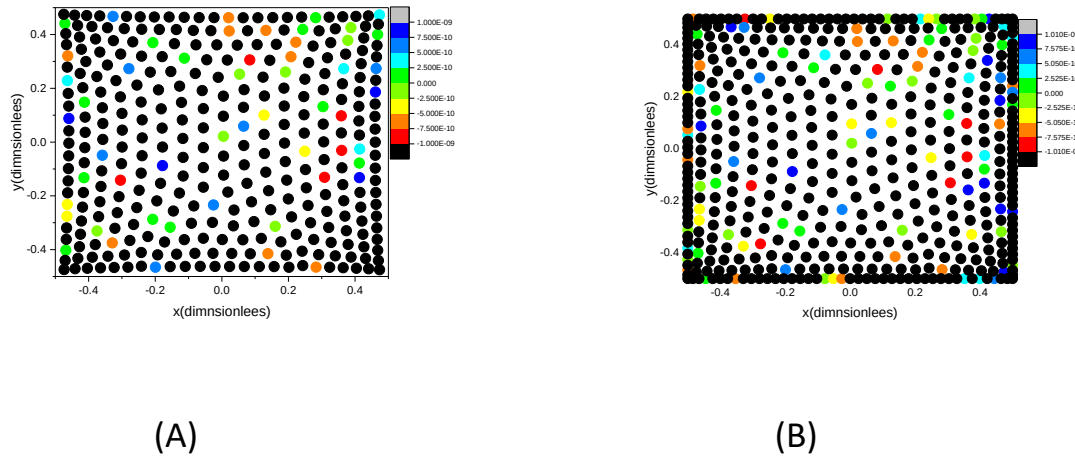


الشكل (163.4) 173 شحنة كهربائية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B)

بينت نتائج المحاكاة لنظام يتكون من 500 شحنة كهربية نقطية وجد أن التركيب النهائي كما بالشكل (164.4) يأخذ الصيغة الأتية $\left(\frac{8}{2} | 43,43,43,43,0,0 | 328 \right)$ وطاقة الاستقرار هي (155123.15832986726309000000).



الشكل (164.4) التركيب النهائي لنظام فيزيائي يتكون من 500 شحنة كهربية نقطية متساوية في المقدار على موصل ثلاثي الأبعاد محدود السمك أبعاده في المحاور (x,y) واحد وحدة طول وفي المحور z من سالب نانو الي موجب نانو ،حيث تدل S على جانب من الجوانب الستة للموصل الثلاثي الأبعاد.



الشكل (165.4) 328 شحنة كهربية داخل الموصل على شكل متوازي المستطيلات كما بالشكل (A) وعند اسقاط الموصل الثلاثي الأبعاد على جانب (x,y) يكون شكل التركيب كأنه بالضبط التركيب النهائي لموصل ثنائي الأبعاد لنفس النظام كما بالشكل (B).

الجدول التالي يبين قيم الطاقة الدنيا المتحصل عليها باستخدام طريقة تقليل الطاقة لجميع الأنظمة الفيزيائية المتحصل عليها من $(2 \leq N \leq 80)$ بالإضافة الي (200,300,500) على موصل ثلاثي الأبعاد على شكل متوازي المستطيلات ،حيث N هو عدد الشحنات.

الجدول (1.4) نتائج المتحصل عليها لقيم الطاقة الدنيا E_N المتحصل عليها باستخدام طريقة تقليل الطاقة لنظام فيزيائي ثلاثي البعد ل ($2 \leq N \leq 80$) بالإضافة الي (200,300,500) حيث N عدد الشحنات الكهربائية النقطية .

N	E_N	N	E_N
2	0.35355339059327373086	43	899.89862994319446444000
3	1.35355339059327373080	44	946.40560965680060694000
4	2.70710678118654746170	45	994.16359476655384244000
5	5.53553390593273775300	46	1043.07538360282342180000
6	8.99596116318637939520	47	1092.66566632501235290000
7	13.27441454112156726800	48	1143.31299371320278630000
8	18.11324266993239717800	49	1195.27348495642331730000
9	24.87933513795518436500	50	1248.57802513854971950000
10	32.20305336883020430600	51	1303.35985311557055860000
11	40.53801203655098106500	52	1359.63429661123291230000
12	49.44580203541231355800	53	1417.08559918364971960000
13	59.82115504350769441700	54	1475.30480617758416880000
14	71.78357351201722736200	55	1534.45466446042951250000
15	84.39506000772037453400	56	1594.93694124386593110000
16	98.01793802720825965500	57	1657.13148501871728520000
17	112.30106528515493380000	58	1720.46890543698418690000
18	128.30905043979296920000	59	1785.20295976131751560000
19	145.72356932825493913000	60	1851.06176205181031950000
20	163.99231391040197537000	61	1918.47645321370055170000
21	183.29026226039499648000	62	1986.24237084752940060000
22	203.25124079179909131000	63	2055.24137864038857530000
23	224.49399023927168173000	64	2125.38694670237691750000
24	247.07523335751321270000	65	2197.07764742882272930000
25	271.37091596199047672000	66	2270.20159562405615370000
26	296.39629842812428252000	67	2344.75269250262817880000
27	322.95562881209906438000	68	2420.89257002899148570000
28	349.27360050281117766000	69	2498.19582762868000000000
29	377.68406455319183124000	70	2575.35203309310918480000
30	407.53883886537079208000	71	2654.18585995744206240000
31	438.74875832842457158000	72	2734.45833957302784260000
32	470.81778572921683691000	73	2816.23858928635991110000
33	503.98350411652900000000	74	2899.39807621647423730000
34	537.89587654333513461000	75	2983.68145380255191420000
35	573.13622713931511044000	76	3069.35247982991904790000
36	609.50567413726651016000	77	3156.16294294918043310000
37	647.50832678279118683000	78	3244.86190400584609970000
38	687.00830719044665788000	79	3334.00190028956558310000
39	727.29840522439849338000	80	3424.98938265251354110000
40	768.64782319171229122000	200	23468.1682648445748790000
41	810.79292293700200394000	300	54282.42589952115668100000
42	854.71795204524664772000	500	155123.15832986726309000000

2.4 الخلاصة:

يهدف هذا البحث إلى دراسة توزيع الشحنات الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار في أنظمة ثنائية وثلاثية الأبعاد ذات سمك محدود والمحصورة بجهد صلب (Hard-wall potential)، باستخدام منهجية تقليل الطاقة للوصول إلى أكثر التراكيب استقرارًا ذات الحد الأدنى للطاقة. وقد أظهرت النتائج أن توزيع الشحنات الشحنات الكهربائية النقطية يعتمد بصورة أساسية على عددها وشكل الموصل .

في الأنظمة ثنائية الأبعاد، تمت دراسة توزيع عدد من الشحنات الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار، والمحكومة بقانون كولوم داخل موصل مربع ثنائي الأبعاد مع وجود جهد صلب عند الحدود يمنع خروج الشحنات. وقد بينت المحاكاة لأنظمة تتراوح من $(N=2)$ إلى $(N=80)$ ، بالإضافة إلى $(N=200)$ ، و $(N=300)$ ، و $(N=500)$ ، أن الشحنات الكهربائية النقطية الصغيرة العدد تستقر على محيط الموصل، ثم يبدأ ظهور شحنات داخلية مع زيادة عدد الشحنات، ويزداد عددها تدريجيًا مع ازدياد (N) ، مع استمرار وجود الشحنات الخارجية على حدود الموصل. كما أظهرت النتائج أنه عند الأعداد الكبيرة تبدأ التراكيب السداسية بالظهور داخل الموصل، وتزداد وضوحًا وانتظامًا كلما ازداد عدد الشحنات الكهربائية النقطية ، مما يشير إلى ميل النظام لتكوين تراكيب بلورية منتظمة تقلل من الطاقة الكلية للنظام.

أما في الأنظمة ثلاثية الأبعاد، فقد تمت دراسة توزيع الشحنات الكهربائية النقطية المتشابهة في النوع والمتساوية في المقدار داخل موصل على شكل متوازي مستطيلات محصور بجهد صلب، مع غياب أي جهد خارجي مؤثر خارج الموصل. وقد أوضحت نتائج المحاكاة لنفس مدى أعداد الشحنات أن الشحنات في الأنظمة الصغيرة تستقر على الجوانب الأربعة الرئيسية للموصل، بينما تبدأ الشحنات الداخلية بالظهور تدريجيًا مع زيادة العدد، ويزداد عددها بصورة منتظمة لتحقيق أقل طاقة ممكنة، مع ملاحظة ظهور بعض الشحنات المنفردة على السطحين الخامس والسادس في بعض الأنظمة ذات

الأعداد الكبيرة. كما أظهرت النتائج أن زيادة عدد الشحنات تؤدي إلى تكوين تراكيب داخلية أكثر انتظامًا مع استمرار تمركز غالبية الشحنات الداخلية في قلب الموصل واستقرار الشحنات الخارجية على حدوده.

وتؤكد نتائج هذه الدراسة أن منهجية تقليل الطاقة تُعد أداة فعالة لدراسة التوزيعات المستقرة للشحنات الكهربائية النقطية داخل الموصلات المحصورة بجهد صلب، وأن شكل الموصل وعدد الشحنات يؤثران بصورة مباشرة في طبيعة التراكيب المتكونة، مع ظهور أنماط هندسية منتظمة عند الأعداد الكبيرة للشحنات.

- [1] عبدالوهاب خليل الصلابي و نمره محمد وريث , " طاقة و توزيع الشحنات الكهربائية داخل و على محيط موصل دائري باستخدام طريقة , "مجلة العلوم – كلية العلوم – جامعة مصراتة - عدد خاص بالمؤتمر السنوي الثالث حول نظريات وتطبيقات العلوم الأساسية والحيوية , 7 سبتمبر 2019.
- [2] P. Amore and M. Jacobo, " Thomson problem in one dimension: Minimal energy configurations of n charges on a curve," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 519, pp.256-266, April 2019.
- [3] Y. J. Lai and I. Lin , " Packings and defects of strongly coupled two-dimensional Coulomb clusters: Numerical simulation," *Physical Review E*, vol. 60, no. 4, pp. 4743-4752 ,March 1904.
- [4] J. Batle,O. Ciftja, M.Naseri, M.Ghoranneviss,A. Farouk, and M. Elhoseny , " Equilibrium and uniform charge distribution of a classical two-dimensional system of point charges with hard-wall confinement," *Physica Scripta*, vol. 92, no. 5, pp. 1-9, April 2017.
- [5] B. Makhdom and A.Nadim, "Dynamics and Equilibria of N Point Charges on a 2D Ellipse or a 3D Ellipsoid," *Applied Mathematics*, vol. 14, no. 4, pp. 245-264 , April 2023.
- [6]J. J. Thomson , "On the structure of the atom, " *Philosophical Magazine*, vol. 7, no. 39, pp.237-265, March 1904.
- [7]M. López-Mariño and J.Trujillo Caballero, " Point Charges and Conducting Planes for Yukawa's Potential and Coulomb's Potential," *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*, vol. 9, no. 10, pp. 135-146 , October 2017.
- [8] V. V. Zubkov and A. V. Zubkova, " On the evolution of classic charged particles," *Journal of Physic :Conference Series*, vol. 1658, pp. 012083 , November 2020.
- [9] A. A. Berezin , " An unexpected result in classical electrostatics , " *Nature*, vol. 315, pp. 104 , May 1985.
- [10]N. M. Queen, " The distribution of charges in classical electrostatics," *Nature*, vol. 317, pp. 208, September 1985.

- [11] A. A. Berezin , " Electrostatic stability and instability of N equal charges in a circle," *Chemical Physics Letters*, vol. 123, pp. 62-64 , January 1986.
- [12] Ş. Erkoç, and H. Oymak, " Rules for the distribution of point charges on a conducting disk" *Physical Review E* , vol. 62, no. 3, pp. 3075 , September 2000.
- [13] M. Sancho J. L. Sebastián S. Muñoz, and J. M. Miranda, " Computational method in electrostatics based on Monte Carlo energy minimization," *IEE Proc.-Sci Meas. Tech*, vol. 148, no. 3, pp. 121-124 , May 2001.
- [14] A. K. Sallabi, J. A. Khaliel, and A. S. Mohamed, " Method of Images to Study the Charge Distribution in Cases of Potentials Deviating from Coulomb's Law," *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*, vol. 6, no. 4, pp. 51-56, january 2014.
- [15] J.D. Jackson , *Classical Electrodynamics*, 2nd Edition. Wiley, New York, 1975.
- [16] D.J. Griffiths, *Introduction to Electrodynamics*, 3rd Edition. Prentice-Hall, Upper Saddle River, 1999.
- [17] S. J. Blundell and K. M. Blundell, " Thermal Physics", 2nd ed., Oxford University Press, Oxford, 2010.
- [18] C. Kittel, *Introduction to Solid State Physics*, 8th Edition., New York: Wiley, 2005.
- [19] E. Wigner , " On the interaction of electrons in metals," *Physical Review*, vol. 46, pp. 1002-1011 , October 1934.
- [20] L. Bonsall and A. A. Maradudin, *Physical Review B*, vol. 15, no. 4, pp. 1959–1973, 1977.
- [21] D. J. Wales, *Energy Landscapes*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2003.
- [22] W. H. Press et al, *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing*, 3rd Edition. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.

- [23] J. Nocedal and S. J. Wright, *Numerical Optimization*, 2nd Edition. New York, NY, USA: Springer, 2006.
- [24] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, and M. P. Vecchi, " Optimization by Simulated Annealing ," *Science, New Series*, vol. 220, no. 4598, pp. 671-680 , May 1983.
- [25] JK. Binder and D. W. Heermann, *Monte Carlo Simulation in Statistical Physics*, 5th ed. Berlin, Germany: Springer, 2010, chs. 1–2, pp. 1–7 and 13–22.
- [26] M. P. Allen and D. J. Tildesley, *Computer Simulation of Liquids*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1987, ch. 3, pp. 71–81.
- [27] E. Rousseau D. Ponarin L. Hristakos, O. Avenel, E. Varoquaux and Yu. Mukharsky, " Addition spectra of Wigner islands of electrons on superfluid helium," *Physical Review B*, vol. 79, no. 3, pp.045406 , January 2009.
- [28] R. S. Crandall and R. Williams, " Properties of electron surface states on liquid helium," *Physical Review A*, vol. 5, no. 5, May 1972.
- [29] C. C. Grimes and G. Adams , " Evidence for a liquid-to-crystal phase transition in a classical, two-dimensional sheet of electrons" *Phys. Rev. Lett*, vol. 42, no. 12, pp. 795–798 March 1979.
- [30] E. Y. Andrei G. Deville D. C. Glattli and F. I. B. Williams, " Observation of a magnetically induced Wigner solid," *Phys. Rev. Lett*, vol. 220, no. 26, pp. 671–680, January 1988.
- [31] V.M. Bedanov F.M. Peeters, " Ordering and phase transitions of charged particles in a classical finite two-dimensional system," *Physical Review B*, vol. 49, no. 4, pp. 2667–2676, January 1994.
- [32] F. Peeters, " Electron crystallites floating on superfluid helium" *Physics*, vol. 79, pp. 045406, January 2009.
- [33] K. J. Nurmela, " Minimum-energy point charge configurations on a circular disk," *Journal of Physics A: Mathematical and General*, vol. 31, pp. 1035-1047, September 1997.

- [34] M. Kong B. Partoens A. Matulis, and F. M. Peeters, " Structure and spectrum of two-dimensional clusters confined in a hard wall potential," *Physical Review E*, vol. 69, pp. 036412, November 2004.
- [35] A. Worley, " Minimal energy configurations for charged particles on a thin conducting disc: the perimeter particles," *physics* , vol. 1, pp. 0609231, September 2006.
- [36] M. Cerkaski R.G. Nazmitdinovm A. Puete, *Physical Review E*, vol. 91, pp. 032312, September 2015.
- [37] P. Amore, " Comment on “Thomson rings in a disk”, " *Physical Review E*, vol. 95, pp. 026601, February, 2017.
- [38] H. Oymak and A. Alkuwafi, " Minimum-energy distribution of point charges confined to a square" *International Journal of Modern Physics C*, vol. 30, no. 5, pp. 1950036, May 2019.
- [39] P. Amore, U. Zarate , "Thomson problem in the disk," *Physical Review E* , vol. 340 , pp. 1-23, July 2023.
- [40] E. G. Nikonov, R. G. Nazmitdinov P I. Glukhovtsev, " Computer studies of a dependence of equilibrium state structure on a number of particles for a two-dimensional system of charged particles confined in a disk," *Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science*, vol. 32 , pp. 99-105, March 2024.

