الجمهورية العربية السورية

وزارة التربية

المركز الوطني للمتميزين

**حالات المادة ثلاث أم ست....؟!**

حلقة البحث مقدمة لمادة : الفيزياء

تقديم الطالب : حسين يونس

بإشراف المدرس : محمود نوح

العام الدراسي 2014-2015

**الفهرس**

**المقدمة:.......................................................................................... 4**

**الفصل الأول : المادة :........................................................................ 5**

**الباب الأول : مفهوم المادة بين الأمس واليوم :.......................................... 5**

**الباب الثاني : حالات المادة :............................................................... 8**

**الفصل الثاني : حالات المادة في الفيزياء الحديثة :...................................... 10**

**الباب الأول : كثافة بوز - أينشتاين :................................................... 10**

**الباب الثاني : السيولة الفائقة :............................................................ 19**

**الباب الثالث : البلازما :.................................................................... 23**

**الفصل الثالث : أسرار المادة المضادة والمظلة :.......................................... 28**

**الباب الأول : المادة المضادة :..............................................................28**

**الباب الثاني : المادة المظلمة :.............................................................. 34**

**الخاتمة :......................................................................................... 38**

**المصادر والمراجع :............................................................................ 39**

**فهرس الصور**

**الشكل 1.................................................................................... 11**

**الشكل 2.................................................................................... 15**

**الشكل 3.................................................................................... 16**

**الشكل 4.................................................................................... 16**

**الشكل 5.................................................................................... 18**

**الشكل 6.................................................................................... 20**

**الشكل 7.................................................................................... 20**

**الشكل 8.................................................................................... 21**

**الشكل 9.................................................................................... 25**

**الشكل 10.................................................................................. 27**

**الشكل 11.................................................................................. 30**

**الشكل 12 ................................................................................. 31**

**الشكل 13.................................................................................. 35**

**الشكل 14.................................................................................. 36**

**الشكل 15......................................................................................... 36**

**المقدمة:**

 "المادة أصل الوجود وأساس الكون" هكذا يرى الكثير من الفلاسفة ، وهي الوسيلة الرئيسة التي أوصلتنا للتطور العلمي الذي نشهده ، فكل ما يخطر ببالك يتألف من المادة إن كان الكتاب الذي تقرؤه ، أو الكرسي الذي تجلس عليه ، أو الماء الذي تشربه.

غير أن المادة ليست فقط تلك الأشياء التي تستطيع لمسها ، فهي أيضا ً تشمل الهواء الذي تستنشقه والكواكب والنجوم في الفضاء الرحيب ، كما كل الكائنات من حيوان ونبات وجماد.

تتألف المادة بمختلف أنواعها وأشكالها -كما نعلم جميعنا- من الذرات ، وبدورها الذرات تتألف من المواد دون الذرية.

وقد كان هناك اهتمام كبير بدراسة المادة منذ القدم حتى يومنا هذا ، فمنذ مئات السنين ، وقبل أن يتعرف أحد على الذرات ، كان الخيميائيون والكيميائيون القدماء يقومون ببعض التجارب لمعرفة ماهية المواد وتراكيبها . وقد حاولوا عبثا ً تحويل بعض الفلزات كالرصاص إلى ذهب ، كما بحثوا وعبثا ً أيضا ً، عن إكسير الحياة وهو الدواء الذي في زعمهم يكسب الإنسان شبابا ً دائما ً.

ومن الملفت أن الكثير من الخيميائيين كانوا نساءً ، كما شهد بذلك الاسم اللاتيني للخيمياء **"أويس ملييروم"** الذي ترجمته "شغل النساء".

وقد شهد العالم تطور كبير في مفهوم المادة رافق التطور العلمي والتكنولوجي .

فقد لفت انتباهي قبل عدة أيام من أعداد هذا البحث على أحد مواقع التواصل الاجتماعي منشور لطالب سعودي يعرض معلومات عامة طريفة وغريبة ، ومن المثير للاهتمام أنه كتب في إحدى المعلومات أن للمادة ست حالات وليس ثلاث كما يعلم الأغلبية وقد علق أحد الأشخاص طالبا ًمعرفة الحالات الثلاثة المجهولة.... ولكن السعودي لم يردّ .

وهذا ما دفعني لأن أتوسع في هذا الموضوع وأقدم الجواب الشافي عن هذه المعلومة، الذي سأعرضه في هذا البحث المتواضع.

***فهل للمادة ست حالات؟؟؟***

***ما هي هذه الحالات؟؟؟***

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**الفصل الأول : المادة :**

**الباب الأول : مفهوم المادة بين الأمس واليوم :**

المادة في الفيزياء الكلاسيكية هي كل ما له كتلة وحجم ويشغل حيزاً من الفراغ وللمادة خصائص مختلفة تشمل الحجم والكتلة والكثافة. وتشكل بذلك ما يعرف بالكون الملموس . لكن يستحيل حالياً تعريف المادة بهذا الشكل لسقوط الفاصل بين المادة والطاقة طبقا لمعادلة آينشتاين الشهيرة E=mc2

 والمادة هي جزء من كوننا ولا يمكن إطلاق هذا المصطلح على ما ورائه ، ويعتقد حاليا ًأن المادة تشكل 27% من كتلة الكون ، 4% فقط هي المادة الطبيعية ، والتي تنقسم إلى نوعين رئيسيّين : مادة مضيئة ومادة غير مضيئة ، وتشكل الأولى 0.4% من كتلة الكون ، في حين أن الثانية تشكل 3.6% من كتلته ، أما ال23% الأخرى فهي المادة المظلمة ، بينما ال73% الباقية هي الطاقة المظلمة.

تتكون المادة من جسيمات بالغة الصغر تسمى الجزيئات ، وهي عبارة عن تجمعات لجزيئات أصغر هي الذرات. وتلك بدورها تتكون من جسيمات أصغر . ويعتقد حاليا ًأن المادة تتكون من أجسام صغيرة جدا ًلا تتجزّأ ، حيث أنها لا تتكون من جسيمات أصغر بل هي أصغر شيء، وتسمى هذه الجسيمات بــ"الجسيمات الأولية" ، ومع هذا فليس من المثبت بعد أنها فعلا ً أصغر الأجسام المكوّنة للمادة . تنقسم الجسيمات الأولية إلى ثلاثة أقسام : ( الكواركات واللبتونات والبوزونات ) والأخيرة لا تشمل الجسيمات الأولية فحسب بل أيضا ًجسيمات مركبة.

**لمحة تاريخية:**

تغير اعتقاد الإنسان كثيرا ًعبر العصور حول تركيب المادة هذا حيث ساد لدى فلاسفة الإغريق الاعتقاد بأن جميع العناصر الكيميائية تتكون من أربع عناصر أساسية هي : "التراب" و"الماء" و"الهواء" و"النار"، ولاحقا ً أضيف إليها الأثير وساد هذا الاعتقاد حتى العصور الوسطى، إلى أن تم اكتشاف العناصر الكيميائية وتكونها من تجمع الذرات بروابط كيميائية.[[1]](#footnote-1)

وساد في فترة ما الاعتقاد بأن الذرة هي أصغر شيء في الوجود وأنها لا تتجزّأ ، إلى أن اكتشف أن الذرة تتكون من نواة تحتوي على عدد من البروتونات موجبة الشحنة والنيوترونات معتدلة الشحنة وتدور حولها الكترونات سالبة الشحنة.

واكتشف بعد ذلك أن تلك الجسيمات تتكون بدورها من كواركات ، وأن الكواركات واللبتونات هي الجسيمات الأساسية المكوّنة للمادة ، لكن كون الكواركات واللبتونات أجسام لا تتجزأ ولا تتكون من شيء - بل هي وحدة البناء الأصغر للمادة - يظل نظرية غير مثبتة.

 **نقد وتحليل:**

برأيي الشخصي ***"المادة والطاقة لهما نفس الأصل":***

***- حيث:***

- لولا وجود الكتلة لما وجدت المادة ، ولولا وجود الكتلة لما وجدت الجاذبية الأرضية ، ولولا وجود الجاذبية الأرضية لما وجدت القوى ، والقوى هي التي تسبب كل أنواع الحركة ، و القوى والحركة و الكتلة هي المتحكمة في وجود المادة من عدمها ، والقوى و الحركة و الكتلة هي نفسها الطاقة أيا كانت نوعيتها ، و التناسب الرياضي متلازم دائما مع وجود القوى و الحركة و الكتلة و الطاقة و هو تناسب طردي فكلما ذادت الكتلة ذادت الطاقة .

- و إذا تمعنا النظر جيدا ًفي كيفية توليد الطاقة لوجدنا أنها دائما و أبدا فارق في مستوى وضع بين كتلتين هذا على وجه العموم فطاقة المساقط المائية سببها وجود فارق في مستوى الجاذبية الأرضية من الأعلى إلى الأسفل و قد استغلت في توليد الطاقة الكهربائية و إدارة الطواحين و سميت بطاقة الوضع و كذالك طاقة الرياح سببها فارق في وضع الضغط من منطقة إلى أخرى و الجاذبية الأرضية هي المتحكمة في ذالك و سميت بطاقة الرياح و فارق ضغط بخار الماء داخل مرجل الغليان و خارجة و استغل أيضا في إدارة مولدات الطاقة الكهربائية و غيرها و سميت بطاقة الضغط و على أساس هذه الطاقة صنعت كل مواتير الدفع بدءا ًمن جيمس واط مكتشف طاقة البخار و الآلة البخارية مرورا بآلة الاحتراق الداخلي و الدفع النفاث و حتى محركات الصواريخ و السير في الفضاء الخارجي ، و التيار الكهربائي ما هو إلا فارق في مستوى منسوب الالكترونيات و سمي بفارق الجهد ( voltage potential ) و كذلك الشحنة ، حيث يتم تفريغ المكثف من الشحنة الأكبر إلى الشحنة الأقل و حتى الخلية النباتية و الحيوانية تمتص محاليل غذائها عبر جدرانها و أغشيتها من خلال فارق الضغط الأسموزي ، و لقد اكتشف العالم الانجليزي إسحاق نيوتن هذه الظاهرة مبكرا ً و ابتكر بها معظم قوانين الجاذبية و التي سميت باسمه " قوانين الحركة لنيوتن " و كانت سببا ً للتقدم العلمي في كل الميادين حتى أبحاث الكون " قانون الجذب العام لنيوتن "

- و الطاقة لا يمكن أن تفنى أو تستحدث من العدم ، و هو نفسه قانون البقاء ( المادة لا تفنى و لا تخلق من العدم ) ، وعدم وجود الكتلة هو عدم وجود للزمان و المكان ، و عدم وجود الحركة هو عدم وجود للزمان و المكان ، فالحركة هي أساس وجود الزمان و المكان و هذا ما توصل إليه العالم الكبير "ألبرت اينشتاين" في نظريته الشهيرة النسبية العامة ، و قد كان من الظن سابقا أن الطاقة بعد تولدها تفقد و تنتهي بالتلاشي (attenuation ) أيا ً كان نوعها حرارة و ضوء و موجات كهرومغناطيسية ، و لو كان هذا صحيحا لاستهلكت مادة الكون بأكمله في صورة فناء طاقة و فنيت المادة ، و لو تأملنا طبيعة تكوين الطاقة الفيزيائي لوجدنا أنها جزء من مكونات الذرة الأساسية ( المكونات الدقيقة للذرة في صورة فوتونات ) ، ولو تعمقنا أكثر في طبيعة تكوين الطاقة الفيزيائي لوجدنا أنها في جميع الحالات ،عملية تحلل لمكونات الذرة ، و الطاقة في حقيقة أمرها جزء من الطاقة الكامنة داخل الذرة ، و تعرّف بأنها طاقة الترابط النووي داخل الذرة و هي المسبب الأساسي لاستقرار الذرة أو عدم استقرارها فالذرة الغير مستقرة لابد لها أن تفقد جزء من طاقتها الكامنة في صورة إشعاع حتى يتسنى لها التحول إلى ذرة مستقرة أو العكس حيث تكتسب الذرة الغير مستقرة جزء من الطاقة الخارجية لتكمل بها طاقتها الداخلية و تتحول إلى ذرة جديدة أثقل و هذا ما يحدث تماما ً في التفاعلات النووية داخل النجوم و في أثناء انفجارها و هو ما يعرف بقانون الطاقة لألبرت اينشتاين E=mc2

 الطاقة = مقدار الوزن المفقود × مربع سرعة الضوء

وهو أساس حساب طاقة الاندماج النووي أو طاقة الانشطار وقد استغلت هذه الظاهرة الاستغلال الأمثل حيث كانت سهولة تفجير الذرة الغير مستقرة من خلال المفاعلات النووية التي انتشرت في كل أرجاء الدول الصناعية و التي وفرت لتلك الدول مئات المليارات من الدولارات و ساهمت في انتعاش اقتصاديتها وتركت الطاقة البترولية لتنهش اقتصاديات الدول الفقيرة و دول العالم الثالث بأسعارها المرتفعة وأمكن من خلال تلك المفاعلات إنتاج وقود نووي و تصنيع العناصر المشعة اللازمة لصناعة القنابل النووية وحرمت هذه التكنولوجيا على دول العالم الثالث .

- و معظم المعادلات الرياضية لحساب طاقة الدقائق الذرية لم تكن واقعية و متطابقة مع النواتج الفعلية للحسابات الرياضية فأضيف إلى كل معادلة ما يعرف بالثابت ( constant ) وهو نوع من الالتفاف حول المعادلات الرياضية لضبط نواتجها و هو في الواقع اجتهاد عظيم للعلماء للوصول للحقائق العلمية و لكني أرى أن هذا الثابت ما هو إلا نوع من الطاقة المجهولة ( energy un known matter ) فلا يوجد شيء مادي اسمه ثابت و ذلك لأن الثابت في المادة يعنى الموت ( death ) و الموت يعنى الفناء و المادة لا تفنى و لا تخلق من العدم ( conservation of energy ) وكل الدلائل تثبت أن الطاقة والمادة مترابطان ترابط لا يمكن فكّه.

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

**الباب الثاني : حالات المادة :**

من المعروف لدي معظم الناس أن حالات المادة ثلاث حالات وهى الحالة الصلبة والحالة السائلة والحالة الغازية، وقد يرجع ذلك إلى قدم اكتشاف هذه الحالات فقد ظل الإنسان قرونا طوال لا يعرف سواهن ، وذلك بسبب قصور البحث العلمي أثناء تلك الفترات وقلة الإمكانيات وعدم كفاية وكفاءة الأجهزة المستخدمة في البحث، ولعل الكثير منا يعرف أن العلوم الحديثة التي نعرفها الآن أسسها في البداية مجموعة من الباحثين الذين أبهرتهم ظواهر الطبيعة العجيبة والبحث عن أسرارها، والذين امتلكوا المقدرة المادية حينها علي تحقيق هذه الاكتشافات، ونحن نعرف أن قانون الجذب العام الذي يحكم جميع ما في الكون من أجسام كبيرة تتولد عنها قوي جاذبية محسوسة تم اكتشافه بواسطة الإنجليزي السير اسحاق نيوتن Sir Isaac Newton عندما تأمل في سقوط تفاحة عليه من شجرة كان يجلس تحتها - كما يقال -

ونحن نتعجب حقاً من مقولة الفيزيائي الإنجليزي الشهير صاحب النظرية الكهرومغناطيسية، جيمس كلارك ماكسويل James Clerk Maxwell عام 1871 خلال محاضرته الافتتاحية بجامعة كمبريدج، وذلك عندما قال:
" خلال بضع سنوات سنستطيع أن نقدّر على وجه التقريب جميع الثوابت الفيزيائية الهامة، وعندئذ لن يتبقى أمام أهل العلم إلا مهمة واحدة ، القيام بهذه القياسات لتضاف إليها أرقام عشرية جديدة بعد الفاصلة ."

ففي هذا الوقت كان لدى الباحثين العلميين ما يكفي من الأسباب للتفاؤل فقد غذّت (الفيزياء التقليدية Classical Physics الكلاسيكية والكهرومغناطيسية ) الثورة الصناعية، وبدا وكأن معادلاتهما قادرة علي توصيف جميع النظم الفيزيائية، ولم تمض سوي ثلاثة عقود من الزمان حتى انطلقت الشرارة الأولي للفيزياء الكمية والنسبية وما تبعها من ظهور الطاقة النووية واقتحام الفضاء واكتشاف غور الذرة والثورة التكنولوجية والمعلوماتية وفيزياء الجسيمات ، ولنا أن ندرك الآن أن ماكسويل كان خاطئاً تماماً فلم يكن يعرف عن الكون أكثر من 0.01% مما نعرف الآن.

ولقد تبعت هذه الثورة العلمية والتكنولوجية اكتشاف حالات المادة الثلاث الأخرى، وقد اعتاد الفيزيائيين تسمية هذه الحالات تبعاً لترتيب اكتشافها، فلقد سميت الحالة الصلبة للمادة بالحالة الأول، وسميت الحالة السائلة بالحالة الثانية، وسميت الحالة الغازية بالحالة الثالثة، ثم تلاهم بعد ذلك أثناء اكتشاف الطاقة النووية ظهور الحالة الرابعة للمادة ألا وهي البلازما، ثم في عام 1938 اكتشاف الحالة الخامسة للمادة ألا وهي السيولة ) الميوعة ) الفائقة، وأخيراً عام 1995 تم التوصل للحالة السادسة للمادة ألا وهي كثافة بوز – أينشتاين ، ويوجد الآن بعض الظواهر المتعلقة بالطاقة والمادة تعتبر كأبناء عم الحالات الست، ألا وهي الليزر، والتوصيلية (الناقلية) الفائقة، والإكسايتونات، ويرجع عدم معرفة الناس بالحالات الأخرى إلى أنها ظلت قيد البحث والدراسة عقوداً عديدة.

وتمتاز كل حالة من حالات المادة بقوانينها التي لا توصف إلا من خلالها فلا يصح أن توصف حالة من حالات المادة بقوانين حالة أخرى، وسأتحدث تباعا ً عن الحالات الثلاث الأخيرة بالتفصيل، ولكن كان لي رأي آخر في ترتيب هذه الحالات بعد أن درستها فرتبتها حسب درجة حرارة المادة وبمعنى أدق حسب ترتيب ظهورها للوجود :

الحالة الأولى كثافة بوز – أينشتاين Bose-Einstein condensate، الحالة الثانية السيولة الفائقة Superfluidity، الحالة الثالثة الصلب Solid، الحالة الرابعة السائل Liquid، الحالة الخامسة الغاز Gas، الحالة السادسة البلازما Plasma، ومن يدري لعل العلم يكشف لنا عن حالات أخرى للمادة.

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

**الفصل الثاني : حالات المادة في الفيزياء الحديثة :**

**الباب الأول : كثافة بوز - أينشتاين :**

تخيل أنك تمكنت من تقليص نفسك حتى صرت بحجم جزيء كبير، وأنك تراقب حركة الذرات في غاز ما. قد تبدو لك الذرات مثل كرات زجاجية صغيرة غير قابلة للكسر تقفز أمامك هنا وهناك في فضاء خالٍ تقريبًا، ويرتد بعضها عن بعض باستمرار. ربما تومئ برأسك إدراكًا منك للمشهد من خلال معرفتك بأوصاف "الغاز الكامل". أما الآن فإنك تلاحظ أن الكرات تتطاير هنا وهناك باهتياج أقل شدة مما كانت عليه حين خروجك من الصورة المنمنمة. إذًاً، لا بد أن عمليةً ما تبرِّد الغاز. كل ما يحدث في البداية أن الكرات تفقد شيئًا من سرعتها وتصبح أقل تباعدًا بعضها عن بعض، فكثافة الغاز تتزايد أثناء تبرّده. ولكن فيما بعد، وعلى عكس ما تتوقع، ترى أن الكرات نفسها تتغير، فيكبر حجم أبطئها حركة ً، آلاف المرات ولا يعود سطحها واضحًا بعد أن كان صقيلاً كالمرآة. وتمر هذه الذرات الشبيهة بالأخيلة إحداها من خلال الأخرى أحيانًا من دون أن تنحرف، في حين ترتد في أحيان أخرى كما لو أن شيئًا قاسيًا في داخلها يتصادم.

إنها أكثر حالات المادة برودة في الكون ، والتي تمتاز باندماج جميع ذرات المادة مهما اختلفت أنواعها في كرية ضخمة ، بل وتتوقف كافة أشكال الحركة الذرية والجزيئية للمادة ، وحينها يستحيل عمليا ًالتمييز بين أي ذرتين مختلفتين في هذه الحالة وذلك ببساطة لأن جميع المواد تسلك نفس السلوك وهو انعدام الحركة ، ولنتصور صعوبة فهم هذه الحالة ، فإن الأشياء من حولنا عند هذه الدرجة ستتحول إلى شيء موحد ، فلن يكون لديك قلم أو ورقة أو أي شيء بالشكل المعروف ويتكون ما يطلق عليه **"الذرة العملاقة "**.[[2]](#footnote-2)

وبتصوير الموقف نرى أنَّ بالقرب من مركز العملية الحاصلة أثناء التبريد تتراكب اثنتان من أبطأ تلك الذرات وأكثرها غيامة، فتبدوان كأنهما تندمجان معًا لتشكلا كُرَية كبيرة. ويمتص هذا الشكل الإهليلجي ذرات أخرى واحدة فواحدة أو اثنتين معًا أو حتى اثنتي عشرة معًا، وفي مفاجأة مروِّعة لا يتبقى سوى كتلة ضخمة لا تتحرك. فماذا حدث لجميع الذرات المفردة ، وما هذا الجسم الغامض؟



الشكل 1

إنه كينونة كمومية تدعى كُثافة بوز-آينشتاين : BEC  Bose-Einstein condensate وهي أكثر أشكال الغاز برودة في الكون. وعلى الرغم من أن الذرات لا تزال موجودة في داخله، وهي التي تشكله، فإنها فقدت شخصيتها الفردية.

تعود البداية إلى عشرينيات القرن الماضي حيث كان هناك عالم فيزيائي هندي يدعى ساتياندرا ناث بوز يدرس إحدى الظواهر الجديدة الخاصة بالضوء ، وتوصل لفكرة عبقرية تتلخص في كيفية تقوية و ترابط الضوء لينتج شعاعا ًضوئيا ً مترابطا ً – الذي عرف فيما بعد بالليزر – ولقد كانت من عبقرية هذه الفكرة حينها أن قوبلت بالمعارضة الشديدة ، لذلك لم يستطع نشر هذه الفكرة في أي مجلة علمية ، لذا أرسلها إلي الفيزيائي العبقري ألبرت أينشتاين الذي اقتنع جدا ً بالفكرة واستخدم نفوذه ليجد لها مكانا ً للنشر .[[3]](#footnote-3)

ولم يكتف أينشتاين في مساعدة بوز في نشر أبحاثه بل أضاف إليها شيئا ً آخر ، فلقد رأى أن فرضيات بوز تسري أيضا ً على الذرات ، ولكن باشتراط الحرارة المنخفضة ، كان هذا في عام 1924.

في صباح يوم الجمعة من الشهر السادس من عام 1995 نجح الفريق البحثي في المعهد المشترك للفيزياء الفلكية المختبرية (Jila ) ببولدر في ولاية كولورادو الأمريكية ولأول مرة في التاريخ في إنتاج قطيرة ضئيلة من الذرات . فبتبريد نحو ألفي ذرة ريبيديوم Rb إلى درجة حرارة تقل عن مئة جزء من بليون من الدرجة فوق الصفر المطلق ( أي مئة جزء من بليون من الكلفن ) أفقدوا الذرات هويتها الفردية مدة عشر ثوان كاملة بحيث صارت تسلك بمجملها وكأنها ذرة عملاقة مفردة . وبهذا الشكل أصبحت الخواص الفيزيائية للذرات ( الحركة مثلا ً) متشابهة وكان ذلك على يد كل من "كورنيل" و "وايمان" و "كيتيرله" مما أهلهم للفوز بجائزة نوبل في الفيزياء عام 2001.

وبعد أشهر قليلة تمكن فريق آخر من الحصول على هذه الحالة مع الصوديوم .

ومن الملفت للنظر أنه لم يتم إنتاج كثافات بوز أينشتاين إلا بعد سبعين عاما ً من تنبؤ أينشتاين بها .

إن الميكانيك الكمومي يحكم العالم. وفي معظم الأحيان تكون المعالم الغريبة للميكانيك الكمومي مختبئة خلف واجهة من الفيزياء الكلاسيكية. فنحسب أن الواجهة هي جوهر الواقع، ومنها يأتي فهمنا البديهي لكيفية عمل الأشياء: فللأجسام مواضع وحركات وهويات محددة وسلوكها يوصف بصورة صارمة تحكمها قوانين تحديدية.

 إن لبّ الميكانيك الكمومي نفسه، على العكس من ذلك، يتحدى الحدس العادي . فمواضع وحركات الجسيمات هي من حيث الأساس ملتبسة وغير قابلة للتحديد وتحكمها الاحتمالات. حتى إن الفكرة بأن للأجسام هويات متمايزة تتغير جذريا في حالة الجسيمات الكمومية. إن كُثافة بوز-آينشتاين هي كمية من المادة تتبع في سلوكها واحدًا من أنقى الأشكال الكمومية المعروفة.

في عام 1998 ورد في إحدى المجلات تعريف لهذا الشكل الجديد من المادة استنادا ً على الطبيعة الموجية ، وتذكر المجلة أنه متى ما بردت الذرات وأصبحت قريبة من بعضها بشكل كافي ، فإن أطوالها الموجية ستبدأ بالتداخل لتصبح موجة واحدة مشتركة بين الذرات .هنا يحدث تكاثف بوز أينشتاين فهو : سحابة كثيفة ومتماسكة من الذرات تملك حالة كمية واحدة .

وقد أعطى الفيزيائي لويس أوروزكو ( (luis orozcoتشبيها ً رائعا ً عن هذه الحالة ، لقد أخذ لعبة كرة القدم كمثال يوضح من خلاله فكرة التماسك التي تكون عليه الذرات عند درجات الحرارة المنخفضة ففي كرة القدم تجد الجميع يهتف بصوت عالي في كل وقت وبشكل جميل وما إن يأتي الهدف يهتفون في الوقت نفسه "هدف"، هذا الصوت عالي بشكل لا يصدق وكأنه خرج من فرد واحد إلا أنه لا يمكن لأي شخص أن يحدث بمفرده صوت مماثل في القوة والجمال ، وكذلك الذرات عندما تكون منخفضة البرودة تستطيع أن تحقق تماسكا ً أفضل بكثير وكأنها تهتف "هدف" ، ذلك هو تكثف بوز أينشتاين .

حيث أنه عند درجات الحرارة المنخفضة جدا ً تصبح الطبيعة الكمية للنظام بالغة الأهمية كما يصبح لإحصائيات اللف المغزلي تأثير ساحر ومدلول عميق تصنف على أساسه الجزيئات في الطبيعة إلى صنفين : بوزونات وفرميونات .

وقد استطاع أحد الباحثين ببراعة كبيرة أن يوضح سلوك هذه الجزيئات من خلال رسم لطيف جعل فيه الفرميونات أجسام انطوائية تتفادى بأي طريقة الاحتكاك مع جيرانها ، وبالمقابل نراه يصور لنا البوزونات كأجسام اجتماعية لأبعد الحدود بل أنها تصل إلى أوج سعادتها وتألقها حين تكون برفقة الآخرين من بني جنسها.

الحقيقة العلمية وراء مثل هذا الرسم التوضيحي تحتكم إلى مبدأ باولي للاستبعاد الذي يمثل أحد أهم المبادئ الأساسية في الفيزياء الحديثة واستنادا ً عليه سنقول بأن الفرميونات تخضع لهذا المبدأ حيث لا يمكن لاثنين من الفرميونات أن يحتلا نفس الحالة الكمية في وقت واحد. (إن هذا الشرط على سلوك الفرميونات أدى إلى ما عُرف لاحقا ً بإحصائية فيرمي- ديراك ) .

بالمقابل سنجد أن البوزونات لا تمتثل لهذا المبدأ مما يعني أنه لا حدود لعدد البوزونات التي قد تحتل حالة كمية واحدة وهذا بدوره يؤدي إلى ظهور العديد من الخصائص المثيرة عند درجات الحرارة المنخفضة ( هذا الشرط هو الذي أدى بعد ذلك إلى ما يعرف بإحصائية بوز أينشتاين.

إضافة إلى ذلك فالكُثافات ضخمة ـ أكبر بـ 000 100 مرة من أكبر الذرات العادية بل هي أكبر من الخلايا البشرية ـ لدرجة أن بإمكان الفيزيائيين أن يشاهدوا السلوك الكمومي للكُثافة بطرق لا يمكن تصورها عادة. وكما يؤكد <L.S. رولستون> [من المعهد القومي للمعايير والتقانة (NIST) في گيثرزبيرگ بمريلاند ] :

*قد يستغرق الوصول لدرجة حرارة 50 ميكرو كلفن عدة سنوات أو حتى عدة عقود كما حدث مع الفيزيائي الهولندي كلبنر عندما حاول الوصول لهذه الحالة عام 1976 مع الهيدروجين ونجح في الأمر عام 1998*

"إن صور كُثافات بوز- آينشتاين الغازية التي نراها هي صور حقيقية للدوال الموجية الكمومية إننا بالفعل نستطيع أن نرى الميكانيك الكمومي وهو يعمل."

**أضواء جديدة على تناقضات قديمة :**

إن الحصول على كثافات بوز أينشتاين سلط أضواءً جديدة على أمور محيرة قديمة العهد في الميكانيك الكمومي . فعلى سبيل المثال إذا وُجدت ذرتان أو أكثر في حالة كمومية واحدة (كما هي الحال في الكثافة ) فإنه يستحيل – من حيث المبدأ –التمييز بينهما بواسطة أي قياس ، إذ تشغل الذرتان الحيز نفسه وتتحركان بالسرعة نفسها وتبعثران الضوء عند اللون نفسه .

وعلى عكس تجربتنا اليومية التي تعتمد على الفيزياء الكلاسيكية فإن في درجات الحرارة شديدة الانخفاض أو عند المقاييس الصغيرة للمكان فتبدأ إمكانية استعمال الميكانيك الكلاسيكي بالاضمحلال ، وتبدأ المشابهة الواضحة بين الكرات والذرات بالزوال ولا يعود بوسعنا معرفة الموضع الدقيق لكل ذرة .وفي هذه الحالة يحسن وصف الذرة كبقعة غبِشة حيث تشكل هذه البقعة التي تعرف بالرزمة الموجية منطقة الفضاء التي يمكننا توقع وجود الذرة فيها .وعندما تبرد مجموعة من الذرات يتزايد حجم كل رزمة موجية وما دامت كل رزمة موجية منفصلة عن الأخرى فإنه يظل بوسعنا – على الأقل من حيث المبدأ – أن نميز بين حدود ذرة وذرة أخرى ؛ ولكن عند انخفاض درجة الحرارة بمقدار كافي تبدأ الرزمة الموجية لكل ذرة بالتراكب مع الرزم الموجية للذرات المجاورة لها. وفي نهاية الأمر تتكاثف الذرات نحو أخفض حالة طاقية ممكنة وتندمج الرزم الموجية في رزمة ماكروية وحيدة ، وهو ما يطلق عليه اسم <<تكاثف بوز>>. وهكذا تعاني الذرات أزمة في الهوية الكمومية ، إذ لا يعود بوسعنا التمييز بين ذرة وأخرى .

**أبحاث المعهد المشترك للفيزياء الفلكية المخبرية :[[4]](#footnote-4)**

**التبريد والصيد الليزري :**

إن قلب الجهاز الذي صنعوه عام 1995 هو علبة زجاجية صغيرة "سلطانية" يحيط بها بعض من ملفات الأسلاك النحاسية ويقول وايمان :

تتبرد المصيدة الليزرية بآليتين مختلفتين : في الأولى تبرِّد ست حزم ليزرية حمراء الذرات الموجودة في درجة الحرارة العادية وتجمعها في الوقت نفسه نحو مركز علبة زجاجية مخلَّاة

 الشكل 2

حيث نضبط تردد إشعاع الليزر بحيث تمتصه الذرات ثم تشع فوتونات. يمكن للذرة امتصاص ثم إشعاع عدة ملايين من الفوتونات في الثانية ، وتتلقى الذرة عند كل امتصاص لفوتون ما ركلة صغيرة جدا ً في اتجاه حركة هذا الفوتون الممتص وتدعى هذه الركلات "ضغط الإشعاع". تكمن فكرة التبريد الليزري في جعل الذرة تمتص ، على الأغلب ، الفوتونات السائدة في اتجاه معاكس لحركة الذرة ، وهذا يبطئ من حركة هذه الأخيرة ( ويؤدي إلى تبردها ). ونحقق هذه العملية بالضبط الدقيق لتردد ضوء الليزر بالنسبة إلى تردد الضوء الذي تمتصه الذرات.



الشكل 3

في الآلية الثانية "الاقتناص" ؛ توقف حزم الليزر وتشغل الملفات المغناطيسية المصنوعة من النحاس ويولَّد التيار المار في الملفات حقلا ًمغناطيسيا ً يحصر معظم الذرات تاركا ً الذرات الأكثر حركية تفلت من المركز . وهكذا يتناقص متوسط طاقة الذرات الباقية ، وتصبح العينة أشد برودة وتنحصر متراصة في مركز المصيدة ، في نهاية المطاف يصل عدد كبير من الذرات إلى أخفض حالة ممكنة يسمح بها الميكانيك الكمومي ، وتصبح كيانا ً مفردا ًهو الكثافة سالفة الذكر.



الشكل 4

كان التحدي التجريبي الأول الذي واجهناه عبر خمس سنوات هو كيفية الحصول على عدد كاف من تصادمات الذرات مع بعضها بعضا، بحيث تتقاسم الطاقة فيما بينها قبل أن تُلفظ إلى خارج المصيدة نتيجة التصادم بإحدى الذرات غير المصيدة الموجودة في الخلية الزجاجية عند درجة الحرارة العادية.

وقد حل العديد من التحسينات الصغيرة هذه المشكلة. فمثلا قبل تجميع الخلية ومضخة التخلية المرتبطة بها أعرنا انتباها شديدا لتنظيف كل جزء منهما، إذ إن أي مخلفات تنتقل من أيدينا لتتوضع على السطح الداخلي ستصدر أبخرة تسبب تخريب التخلية. كما حرصنا على التأكد من كون الكمية الضئيلة من بخار الروبيديوم الباقية في الخلية كافيةً ـ على الرغم من ضآلتها ـ لتزويدنا بعدد كاف من الذرات لملء المصيدة الضوئية.

وقد ساعدتنا خطوات من هذا القبيل مساعدة كبيرة، ولكننا بقينا بعيدين عن الوصول إلى الكُثافة اللازمة لحدوث التبريد التبخيري. وكانت المشكلة الأساسية كامنة في فعالية عمل المصيدة المغنطيسية؛ فعلى الرغم من إمكان تطبيق الحقول المغنطيسية بقوة كبيرة لتشكيل السلطانية المغنطيسية الحاصرة، فإن «القضيب المغنطيسي» الصغير الموجود في قلب كل ذرة ضعيف. وتجعل هذه الخاصة من الصعوبة بمكان دفع الذرة هنا وهناك بوساطة حقل مغنطيسي، حتى وإن تحركت الذرة ببطء شديد (كما هي الحال مع ذراتنا المبردة بالليزر).

في عام 1994 واجهنا أخيرا الحاجة إلى بناء مصيدة ذات سلطانية أضيق وأعمق. وقد أثبتت مصيدتنا الضيقة والعميقة (المبنية على عجل) أنها القطعة الأخيرة المطلوبة لتبريد الروبيديوم تبخيريا إلى كُثافة. وقد تبين في نهاية الأمر أن تصميم مصيدتنا لم يكن هو الحل الوحيد للحصول على كُثافة؛ إذ إن هناك تشكيلات مختلفة للمصايد المغنطيسية بقدر تعدد المجموعات البحثية التي تدرس هذه الكُثافات حاليا.

**لقطة خيال «الذرة الفائقة» :**

كيف نعلم أننا حصلنا حقا على كُثافة بوز-آينشتاين؟ لرصد غمامة الذرات المبردة نأخذ ما يسمى لقطة الخيال shadow snapshot بوساطة ومضة ضوء الليزر. ولما كانت الذرات تغطس إلى قاع السلطانية المغنطيسية حال تبردها فإن الغمامة الباردة من الصغر بحيث لا يمكن رؤيتها. ولكي نكبر الغمامة نوقف الحقول المغنطيسية الحاصرة للذرات، مما يسمح لهذه الأخيرة بالانفلات في جميع الاتجاهات. بعد نحو عُشر الثانية نضيء الغمامة الآخذة في التمدد بومضة من ضوء الليزر. تبعثر الذرات هذا الضوء خارج الحزمة ملقية ظلاً نرصده بوساطة آلة تصوير فيديوية، وانطلاقا من هذا الظل نستطيع تحديد توزع سرعات الذرات في الغمامة التي كانت مَصِيدة، كما يعطي قياس السرعة درجة حرارة العينة أيضا.



الشكل 5

في الوقت الحاضر تجري مجموعات بحثية كثيرة قياسات متنوعة على الكُثافات. وقد برهنت مجموعة كترلي البحثية، في تجربة رائعة، أنه عند تراكب غمامتين منفصلتين من كُثافات بوز نحصل على نمط يتمثل في تبادل تداخلات بناءة وهدامة متوالية على غرار ما يحدث عندما تتقاطع حزم ليزرية. وتظهر هذه المناطق في الغمامة الذرية على شكل شرائط متوالية عالية الكُثافة ومنخفضة الكُثافة. وقد بحثت مجموعتنا في الكيفية التي يشوه بها التفاعل بين الذرات شكل الغمامة الذرية وفي الطريقة التي ترتجف فيها بعد «وكزها» برفق بوساطة الحقول المغنطيسية. ويصمم عدد من الفرق البحثية الأخرى تجاربه للانضمام إلى هذا العمل.

وبتراكم نتائج هذه التجارب وغيرها عبر السنوات المقبلة، سنحسن فهمنا لهذه الحالة البديعة من حالات المادة. وبذلك سيقترب العالم الغريب والأخاذ للميكانيك الكمومي من عالمنا اليومي.

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

**الباب الثاني : السيولة الفائقة :**

هذه الحالة هي الحالة الثانية للمادة بعد كثافة بوز – أينشتين، فهي تظهر في السوائل عند درجة حرارة أعلى قليلاً من الدرجة التي تحدث عندها الحالة الأولى، حيث تنتاب هذه السوائل حالة من الجنون عند اقتراب درجة حرارتها من الصفر المطلق، إذ أنها تتدفق إلى أعلى دون مقاومة وتنساب بلا توقف على جوانب الأوعية الحاوية لها مهملة قوى الاحتكاك والجاذبية، كما أنه بإمكان هذه السوائل اختراق الجدران والدوران بلا توقف من تلقاء نفسها دون أن تنخفض سرعتها، حقاً إنها بالفعل أغرب حالات المادة.
لقد تمكن علماء الفيزياء من إسالة – أي تحويل المادة إلى سائل – جميع الغازات المعروفة في نهاية القرن التاسع عشر ماعدا واحد فقط هو غاز الهيليوم، فلقد قاوم هذا الغاز جميع المحاولات لتسييله مما جعل البعض يعتقد بأنه غاز دائم لا يمكن أن يوجد في حالة السيولة أو الصلابة، ولكن في عام 1908 تمكن الهولندي كامرلنج أونز من إسالة ، وهو النظير الأكثر وفرة في الطبيعة مقارنة بنظيره الخفيف الهليوم . لكن ظاهرة السيولة الفائقة لم تكتشف إلا عام 1937 على يد العالم الروسي ب.كابتزا Peter Kapitza، وتلاه في العام التالي العالم البريطاني ج.ف.ألن John Frank Allen فقد اكتشفا انخفاضاً واضحاً في تيارات الحمل الحرارية وناقلية حرارية عالية جداً، وجريانا ًفائقا ًعبر أنابيب شعرية بما يعرف باسم النافورة، (الشكل 6)، وسلوكاً غريباً للأغشية عند جدران الأوعية الحاوية للهليوم السائل، (الشكل 7)، عند درجة حرارة محددة 2.17 مطلقة، وما دونها. فقالا بوجود طور مميز للهليوم يتصف بلزوجة معدومة، يرمز له بالهليوم II تمييزاً له من الهليوم العادي ذي اللزوجة المحدودة، الذي يرمز له بالهليوم I. حصل العلماء بعدئذ على ما يكفي من الهليوم ، فحاولوا تقصي مثل هذا السلوك فيه دون جدوى حتى حلول عام 1972 حين حدد ظهور الطور الفائق له عند درجة تقارب 2.7 ميلي درجة مطلقة، مع أن درجة حرارة تميعه قرابة 3.2 درجة مطلقة. تتغير الحرارة النوعية للهليوم بتغير درجة الحرارة عند الانتقال الطوري فتأخذ شكلاً يشبه شكل الحرف اليوناني λ كما يظهر في ( الشكل8 ) لذلك تدعى نقطة الانتقال النقطة لمدا، وقد لاحظ العالم الأمريكي (من أصل ألماني) ف.لندن Fritz London تشابه التغير مع نتائج حسابات إحصائية معتمدة على ميكانيك الكم لنوع من الجسيمات تدعى البوزونات عندما تتكاثف عند درجة حرارة محددة، فبين أن هذه الظاهرة ذات أصل كمومي.

****

الشكل 6

****

الشكل 7

****

الشكل 8

وكما وضحنا سابقا ً أن ميكانيك الكم يقسم الجسيمات إلى نوعين : بوزونات وفرميونات ، ووضحنا الفرق بينهما وقد أكدت جميع الخواص التجريبية للسيولة الفائقة التي ظهرت فيما بعد هذه النظرة، وعلى رأسها السلوك المختلف ما بين نظيري الهليوم، فأحد النظيرين يقابل بوزونات، أما الآخر فيقابل فرميونات. كما تبين أن الفرميونات لا تصبح فائقة السيولة إلا بعد أن تتزاوج بآلية مناسبة لتصبح جسيمات بوزونية.

    تكمن أهمية دراسة السيولة الفائقة إضافة إلى أهميتها النظرية في دراسة السوائل المثالية وسلوكها في درجات الحرارة المنخفضة خاصة، في وجود مشابهات لها في فروع أخرى مثل الناقلية الكهربائية الفائقة التي تحدث في درجات حرارة أعلى مما ذكر بكثير، فقد وجدت، على سبيل المثال، نواقل فائقة يمكن معالجتها نظرياً مثل: معالجة الهليوم السائل كخليط من سائلين أحدهما عادي والآخر فائق السيولة.

وتعد أغرب خصائص الهيليوم الفائق السيولة في كونه ينساب بسرعة وحرية أكبر في الأنابيب الضيقة أكثر منها في الأنابيب المتسعة علي العكس تماماً من السوائل العادية، بل من الهيليوم المسال نفسه عند درجة حرارة أعلى قليلاً، فمثلاً ففي الماء أو الزيت لا يمكن لهما السريان عبر الأنابيب الرفيعة إلا بمساعدة قوة ضغط عليه، فمثلاً عند وضع الماء في حقنة طبية لن يندفع الماء من الإبرة الرفيعة إلا إذا ضغطنا على مكبس الحقنة، ولكن مع الهيليوم فائق السيولة فإنه يندفع من تلقاء نفسه بمجرد وضعه في الحقنة.

وتزداد غرابة وإثارة الهيليوم عند وضعه في كأس زجاجي ووضع الكأس علي قرص دوار، فإنه من المتوقع كما في السوائل العادية أن يدور الهيليوم المسال مع دوران الكأس حيث تكون سرعة الدوران في وسط السائل أبطأ من أطرافه المتصلة بجدار الكأس من الداخل، ولكن حدث العكس تماماً فلقد كانت سرعة دوران الهيليوم فائق السيولة في الوسط أكبر بكثير من سرعة دورانه عند الحافة مخالفاً بذلك قوانين بقاء الحركة، وتظهر هذه الحركة الغريبة في الوسط علي شكل دوامات، وعند تقليل سرعة الدوران قليلاً تحدث مفاجأة أخرى ، حيث تتوقف حافة السائل تماماً عن الحركة بينما يظل وسط السائل في حالة دوامات عنيفة.
ثمة ظاهرة أخرى محيرة وغريبة تتعلق بانتقال الحرارة داخل الهيليوم الفائق السيولة، فإن انتقال الحرارة خلاله لحظي وهائل السرعة بعكس السوائل العادية كما تزيد سرعة انتقال الحرارة كلما كان الفرق في درجة الحرارة صغيراً وهو مناقض لقوانين الديناميكا الحرارية، حيث تنتقل الحرارة بسرعة أكبر كلما زاد الفرق في الحرارة بين الجزء البارد والجزء الساخن في الحالات العادية، لذا فالهيليوم الفائق السيولة لا يمكن وضعه في حالة غليان، إذ أن ارتفاع درجة الحرارة في أي جزء منه تعمل على نقل الحرارة إلي جميع أجزاء السائل بالتساوي.[[5]](#footnote-5)

وبعد كل ذلك بات من السهل معرفة لماذا يتم التركيز على الهيليوم في دراسة السيولة الفائقة دون سواه والسبب هو كون الهيليوم يستقطب كل خواص هذه السيولة ويظهرها بشكل أوضح من غيره.

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

**الباب الثالث : البلازما :**

عند استحضار كلمة بلازما عند معظم الناس يتذكرون للوهلة الأولى التفاعلات النووية التي تحدث في أعماق النجوم و على سطحها أو تلك التي تحدث في المفاعلات النووية حيث درجات الحرارة العالية والضغط المرتفع ، لكن العديد من الصناعات التكنولوجية

المعقدة جداً تعتمد اعتماداً كلياً على استخدام البلازما المصنعة في المختبر، من هذه الصناعات صناعة الدوائر الالكترونية المتكاملة وتصنيع الماس وعمل رقائق وأسلاك من المواد فائقة التوصيل للكهرباء وكذلك في تحويل الغازات السامة إلى غازات نافعة هذا فضلا عن دراسة وفهم أسرار الكون الفسيح، بالإضافة إلى كونها مهمة في العديدمن مظاهر حياتنا اليومية، ويقدر أن البلازما تشكل أكثر من 99 % من الكون المرئي.

في الغاز العادي كل ذرة تحتوي عدد متساوي من الشحنات الموجبة والسالبة، الشحنات الموجبة في النواة محاطة بشحنة مساوية لها من الإلكترونات السالبة، وكل ذرة معتدلة كهربائيا ً، يصبح الغاز بلازما عند إضافة الحرارة أو أية مصدر طاقة أخر لعدد هام من الذرات لإطلاق سراح بعض أو كل إلكتروناتها، والأجزاء الباقية من تلك الذرات تترك بشحنة موجبة. الإلكترونات السالبة التي انفصلت تكون حرة الحركة، هذه الذرات وناتج الغاز المشحون كهربائيا يقال بأنه غاز مؤين، عندما تؤين الذرات بما فيه الكفاية للتأثير على الخصائص الكهربائية للغاز، فهو في هذه الحالة تكون حالة البلازما.

في العديد من الحالات التفاعلات بين الجزيئات المشحونة والجزيئات المعتدلة مهمة في تقرير سلوك وفائدة البلازما. نوع الذرات في البلازما ونسبة الجزيئات المؤينة إلى الجزيئات المعتدلة وطاقة الجزيء تؤثر في طيف واسع من أنواع البلازما وخصائصها وسلوكها. هذا السلوك يجعل من البلازما كونها مفيدة في كثير وفي عدد متزايد من التطبيقات المهمة في حياتنا وفي العالم من حولنا.

غالبا معظم المواد الموجودة في هذا الكون الفسيح توجد على شكل بلازما. هذه البلازما تكون عند درجات حرارة عالية وكثافة عالية أيضا، وتتغير هذه الظروف من مكان إلى آخر، فعلى سبيل المثال تبلغ درجة حرارة مركز الشمس عشرة ملايين درجة مئوية بينما على سطحها فإن درجة الحرارة تصل إلى ستة آلاف درجة مئوية، ومن هنا فإن البلازما داخل الشمس تختلف تماما عن خارجها. ولكن على الكرة الأرضية حيث توجد المادة غالبا في الحالة الصلبة، وطبقات الغلاف الجوي عبارة عن غاز غير متأين، أي أنه لا يوجد حالة بلازما طبيعية على سطح الأرض. ولكن هل يمكن عمل بلازما في المختبر؟ إن ضوء الفلورسنت ( النيون ) هو نوع من البلازما المصنعة في المختبر ، فعند مرور التيار الكهربائي داخل غاز (الزئبق) تحت ضغط منخفض فإنه يعمل على تأين الغاز مخلفا خليطا من الأيونات الموجبة والالكترونات ، ما تلبث أن تتحد مع بعضها البعض وتكون النتيجة انبعاث الضوء الساطع ، وتستمر هاتان العمليتان (التأين والاتحاد) طالما استمر التيار الكهربائي في السريان. هذا مثال على مصدر بلازما ذات درجة حرارة منخفضة موجود في بيتك.

لكن قديما وحتى يومنا هذا اهتم علماء الفيزياء الفلكية بكشف أسرار الكون وفهم ماذا يحدث على سطح الشمس والنجوم الأخرى. لذلك حاول العلماء تصنيع نفس البلازما الموجودة في النجوم داخل المختبر، ولصنع هذه البلازما طور العلماء أجهزة مختلفة قادرة على توليد طاقة هائلة لإنتاج بلازما بنفس ظروف البلازما الموجودة في الطبيعة، كان أحد هذه الأجهزة هو جهاز التحديد المغناطيسي Magnitec-confinment devices. وتمت معرفة معلومات كثيرة وفهم السطح الخارجي للغلاف الشمسي وتركيبه. ولكن ماذا عن البلازما الموجودة داخل الشمس ذات درجات الحرارة العالية جدا ً. كيف يمكن تصنيعها في المختبر؟

في الحقيقة وحتى عهد قريب وبتطور أجهزة الليزر أصبح بالإمكان الحصول على بلازما مشابهة لتلك الموجودة على أي نجم سواء داخله أو خارجه.[[6]](#footnote-6)

**الحصول على بلازما بواسطة أشعة الليزر؟**

نعلم أن الضوء هو عبارة عن تذبذب مجالين متعامدين أحدهما كهربائي والآخر مغناطيسي.  والليزر ما هو إلا عبارة عن ضوء له خصائص مميزة تجعل شدة إشعاعه (الطاقة لكل وحدة مساحات في كل وحدة زمن) تزداد بزيادة المجال الكهربائي والمغناطيسي لموجاته.

 ولكن هل يمكن أن يكون الضوء الناتج من أشعة الليزر أقوى من الأجسام الصلبة؟

 إن شدة المجال الكهربائي لشعاع الليزر كبيرة جدا ً في أيامنا هذه وبالمقارنة بشدة إشعاع مصباح كهربائي عادي (60Watt) على بعد متر أو مترين فهي لا تزيد عن 0.1W/2m. حيث أن المجال الكهربائي لهذه الأشعة يفوق بكثير المجال الكهربائي الذي يربط ذرات المواد الصلبة بعضها ببعض وبذلك فإن المجال الكهربائي لشعاع الليزر سوف يؤثر على الكترونات المواد الصلبة ويفصلها عن الذرات تاركا أيونات موجبة وبهذا يحول الليزر جزء من المادة الصلبة إلى حالة بلازما. يتضح مما سبق أنه يمكن استخدام أشعة الليزر المركزة لإنتاج بلازما عند درجات حرارة عالية جدا داخل المختبر وبتكلفة قليلة.  يوضح (شكل 9) كيفية تصنيع بلازما في المختبر باستخدام الليزر.

ولهذا النظام العديد من التطبيقات الهامة في مجال الفيزياء الفلكية حيث يتم اختيار نوع مادة وتصميمه بشكل هندسي معين حتى تكون البلازما الناتجة في المختبر مشابهة لظروف البلازما الحقيقية للنجم المراد دراسته. بالإضافة إلى ذلك فإن البلازما تستخدم في العديد من الصناعات.[[7]](#footnote-7)



الشكل 9

**خصائص البلازما :**

البلازما تتكون من جزيئات مشحونة تتحرك بحرية ، وبمعنى آخر إلكترونات وأيونات تشكلت في درجات حرارة عالية عندما انتزعت الإلكترونات من الذرات المعتدلة ، وهي شائعة في الطبيعة ، على سبيل المثال : النجوم بالدرجة الأولى هي بلازما .

والبلازما تعتبر أكثر حالات المادة حرارة في الطبيعة ، وتتفاوت كثافة ودرجات حرارة البلازما على نحو واسع.

**التطبيقات الصناعية للبلازما :**

**صناعة الدوائر الالكترونية المتكاملة :**

تستخدم البلازما ذات درجات الحرارة المنخفضة في العديد من المجالات الهامة ، على سبيل المثال ، معظم الدوائر المتكاملة المعقدة جدا ً والتي تدخل في تركيب كل جهاز إلكتروني ، هذه الدوائر الالكترونية تحتوى على عشرات الآلاف من الترانزستورات والمكثفات موصلة ببعضها البعض بواسطة أسلاك قطرها في حدود 0.1 ميكرومتر ، هذا النوع من التكنولوجيا الدقيقة والمعقدة تصنع باستخدام البلازما، حيث تقوم البلازما بنحت الدوائر الالكترونية على شريحة السيليكون بناءً على القناع المعدني الموضوع أمام الشريحة.

**المحافظة على نظافة البيئة :**

تستخدم البلازما حالياً في العديد من الدول المتقدمة للتخلص من المواد السامة الملوثة للبيئة معتمدين على العمليات الكيميائية الفريدة التي تتم داخل البلازما. حيث يمكن أن تقوم البلازما بتحويل المواد السامة المنبعثة من مداخن المصانع ومن عوادم السيارات مثل غاز أكسيد الكبريت (SO) وأكسيد النيتريك (NO) إلى مواد غير سامة. فعلى سبيل المثال غاز NO قبل أن يخرج من المدخنة إلى الغلاف الجوي ، توجه عليه حزمة من الالكترونات ذات طاقة عالية من جهاز مثبت في منتصف المدخنة  تعمل على تأيين الغازات الموجودة (المادة السامة NO والهواء) أي تحولها إلى حالة بلازما. وقبل خروجها إلى الجو تكون مرحلة التأيين قد انتهت وتتكون جزيئات النيتروجين والأكسجين نتيجة لعملية إعادة الاتحاد. وبهذا نكون قد حولنا الغازات الملوثة إلى غازات نافعة وبتكاليف قليلة.

تجدر الإشارة هنا أنه تم حديثا التوجه إلى معالجة الغازات المنطلقة من عوادم السيارات، حيث تم تركيب جهاز بلازما في عادم السيارة ليعالج الغازات السامة قبل خروجها إلى الجو.

كذلك أجريت تجارب عديدة على الفضلات الصلبة والسائلة حيث تستخدم بلازما عند درجات حرارة عالية تصل إلى 6000 درجة مئوية تعمل على تبخير وتحطيم المواد السامة وتحولها إلى غازات غير سامة ، وفى نهاية العملية يكون ما تبقى من مواد صلبة في صورة زجاج. وتم في أمريكا العام الماضي التخلص من حوالي 4000 مستودع يحتوي على فضلات صلبة وملوثة للبيئة بواسطة البلازما. وقد كانت هذه الفضلات تدفن في باطن الأرض مما كانت تسبب أخطار تلوث. وباستخدام البلازما يمكن حاليا التخلص من 200 كيلو جرام من المواد السامة في الساعة.



الشكل 10

**كيف تصنع بلازما في المختبر :**

لكي نصنع بلازما تحت ضغط منخفض لغاز ما ، فإن كل ما يلزم هو مفرغة هواء بارتفاع متر وعرض نصف متر تقريبا ، وكذلك مصدر تغذية للتيار المتردد ، (في الصناعة يكون مصدر التيار في مجال ترددات الراديو 13.56MHz وحديثا يمكن استخدام أجهزة الميكرويف ذات ترددات أعلى 2.45GHz). في الواقع يمكن عمل بلازما بأي شكل ولكن الأكثر استخداما في الصناعة هو الموضح في شكل (10)، ويحتوى على قرصين معدنيين نصف قطرهما حوالي 15 سم والمسافة الفاصلة بينهما من 4 – 5 سم. بعد ضخ الهواء بواسطة المفرغة يدخل الغاز المراد تحويله إلى حالة بلازما وقد يكون خليط من الغازات ، وبمجرد مرور التيار الكهربائي (~200Watt) يبدأ الغاز في التوهج مصدراً ضوءاً ساطعاً لونه يعتمد على نوع الغاز.

وبعد كل هذه الاستعمالات الوفيرة للبلازما فلا بد أن يكون لنا نصيب من البحث فما زالت البلازما تخفي الكثير وما زال العلماء يكتشفون أشياء جديدة كل يوم.

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

**الفصل الثالث : أسرار المادة المضادة والمظلة :**

**الباب الأول : المادة المضادة :**

عندما تسمع عبارة "ضديد المادة" أو المادة المضادة anti matter قد لا تستوعب المسمى لأن الأمر يبدو غريبا ً وغير واقعي ، لكن العلماء يرون أن المادة المضادة سوف تكون وقودا ً للسفر عبر الفضاء في المستقبل....

**فكيف ذلك ؟؟ وما هي المادة المضادة ؟؟**

في عام 1928 تنبأ الفيزيائي البريطاني ديراك بوجود المادة المضادة ، وقال إن لكل جسيم من المادة العادية جسيما ً مضادا ًذا كتلة مساوية لكتلة الجسيم ولكنه يحمل شحنة كهربائية مختلفة الإشارة . ويمكن أن تتجمع الجسيمات المضادة لتشكل ذرة مضادة ، وتتجمع الذرات المضادة لتكوين أشياء مقابلة لكل شيء موجود في الكون : نجما ً مضادة و مجرات مضادة وحتى بشرا ًمضادا ً. وعندما يصطدم جسيم بجسيمه المضاد يفنى كلاهما وتنطلق أشعة غاما عالية الطاقة. فلو تصافح إنسان وإنسان مضاد فإن الانفجار الحاصل سيكافئ ألف انفجار نووي قوته ميغا طن يكفي الواحد منها لتدمير مدينة صغيرة.

ولم تمض ِأربع سنوات على تنبؤ ديراك العجيب حتى اكتشف الدكتور أندرسون "من معهد كاليفورنيا للتقانة" أول جسيم مضاد. وخلال استخدام أندرسون الغرفة السحابية لدراسة الأشعة الكونية – وهي جسيمات عالية الطاقة واردة إلى الأرض من الفضاء الخارجي ـ لاحظ وجود أثر من البخار أحدثه جسيم له كتلة الإلكترون وعكس شحنته (أي موجب الشحنة). أطلق على هذا الجسيم المضاد للإلكترون اسم البوزيترون. أما العثور على البروتونات المضادة فكان أمرا محيراً ، ولم يتحقق إلا عام 1955 عندما شُكِّلت هذه الجسيمات باستعمال مسرّع الجسيمات في مختبر لورانس بيركلي . كما استطاع المختبر الأوروبي لفيزياء الجسيمات في العام نفسه تركيب ذرات الهيدروجين المضادة بدمج البوزيترونات والبروتونات المضادة في مسرع للجسيمات.

وفي السنوات الأخيرة بنى العلميون مكاشيف معقدة للبحث عن المادة المضادة في الأشعة الكونية. ولما كانت جسيمات هذه الأشعة تتفكك نتيجة اصطدامها بنويات جزيئات الهواء فقد رفع الباحثون مكاشيفهم إلى طبقات الغلاف الجوي العليا حيث تقل الكثافة إلى أدناها. وإحدى هذه التجارب اسمها مقراب "تلسكوب" المادة المضادة عالية الطاقة (HEAT) : وهو مقراب محمول على مناطيد عالية الارتفاع للكشف عن البوزيترونات في الأشعة الكونية. وهناك مكاشيف أخرى محمولة تستطيع رصد البروتونات المضادة، وثمة مشاريع أخرى قيد الدرس تطمح إلى وضع المناطيد والمكاشيف على مدارات في الفضاء. وقد تمدنا نتائج هذه التجارب بمعلومات كثيرة عن مصادر المادة والمادة المضادة، وقد تمدنا بمعلومات عما إذا كانت النجوم المضادة والمجرات المضادة موجودة فعلا أم لا.

يعتقد الفيزيائيون الفلكيون أن القسم الأعظم من المادة المضادة المرصودة في الأجواء العليا ناتج من الاصطدامات العنيفة للجسيمات تحت الذرية في الفضاء بين النجمي. تبدأ هذه السيرورة على النحو التالي: عندما ينفجر المستعر الأعظم فإن الحقول المغنطيسية الموجودة في موجة الصدمة تُسرّع البروتون -أو نواة الذرة الأثقل - بين النجمي وتحوله إلى شعاع كوني عالي الطاقة ـ عالي السرعة. وعندما يصطدم الشعاع الكوني بجسيم ما في الفضاء بين النجمي يتحول جزء من هذه الطاقة العالية إلى زوج من جسيم وجسيم مضاد.

تنتج بعض الاصطدامات أزواجا من البيونات ، وهي جسيمات غير مستقرة تتفكك سريعا إلى بوزيترونات وإلكترونات ونيوترينوات ونيوترينوات مضادة. أما حصيلة الاصطدامات الأعلى طاقة ، التي تقارب فيها سرعة الجسيمات المصطدمة سرعة الضوء، فهي أزواج من البروتونات والبروتونات المضادة. إن هذه السيرورة هي عكس سيرورة فناء الزوج المؤلف من جسيم وجسيم مضاد: حيث تتحول الطاقة إلى مادة في السيرورة الأولى والمادة إلى طاقة في السيرورة الثانية.

ومع هذا فإن عدد الجسيمات المضادة الناتجة من الاصطدامات في الفضاء بين النجمي صغير نسبيا. وعدد الجسيمات التي يرصدها مقراب المادة المضادة عالية الطاقة في الأشعة الكونية يفوق بكثير عدد الجسيمات المضادة. ولكي ندرك صعوبة الكشف عن المادة المضادة نتخيل دلوا ً مملوءً بلوالب من الفولاذ ، مئة منها عادية يمينية اللولبة (تمثل الإلكترونات ذات الشحنة السالبة في الأشعة الكونية) وعشرة يسارية اللولبة (تمثل البوزيترونات ذات الشحنة الموجبة). وتحتوي الأشعة الكونية أيضا على بروتونات تحمل شحنة موجبة كالبوزيترونات إلا أن كتلتها أكبر بكثير من كتلة البوزيترونات. ويمكن تمثيل هذه البروتونات بإضافة عشرة آلاف لولب ثقيل يساري اللولبة إلى الدلو . ويتحتم علينا الآن أن نزن كل لولب يساري لمعرفة ما إن كان يمثل بروتونا ً أو بوزيترونا ً، وأن نقوم بهذا العمل بدقة فائقة ، فلو وقع خطأ في وزن واحد من ألف من البروتونات فإنه سيؤدي بنا إلى مضاعفة عدد البوزيترونات .

إن معدل خطأ التليسكوب (HEAT) أقل من واحد من كل مئة ألف . ويستعمل في هذا الجهاز مغنطيس فائق التوصيل ومجموعة من المكاشيف لتعرّف البوزيترونات . فبعد مرور الأشعة الكونية بسرعة عالية عبر فتحة مجمِّعة يحرف المغنطيس الفائق التوصيل الإلكترونات السالبة في اتجاه معين ويحرف البوزيترونات والبروتونات الموجبة في الاتجاه المعاكس. وتقيس المكاشيف شحنة واتجاه كل جسيم قبل دخوله الحقل المغنطيسي كما تقيس الانحراف (الانعطاف) الذي سببه الحقل. وهذا القياس الأخير يساعد على التمييز بين البروتونات والبوزيترونات. وبسبب كون البروتون أثقل وزنا فإنه يسير في مسار أكثر استقامة من المسار الذي يتخذه البوزيترون ـ الذي له السرعة نفسها.

في عام 1994 أطلقت وحدة المناطيد العلمية في الوكالة (ناسا) مقراب المادة المضادة عالية الطاقة من موقع في نيومكسيكو . وعلى الرغم من ثقل المعدات البالغ 2300 كيلوغرام فقد صعد بها منطاد ضخم مملوء بالهليوم إلى ارتفاع 000 37 متر، أي فوق 99.5 في المئة من الغلاف الجوي. وقام المقراب بقياسات للأشعة الكونية استغرقت 32 ساعة، ثم أنزل بالمظلة في پانهندل بتكساس. وأعادت الوكالة (ناسا) إطلاق المقراب مرة ثانية عام 1995 من موقع في مانيتوبا بكندا، وقد سمح هذا الطيران الثاني للجهاز بمراقبة (رصد) البوزيترونات المنخفضة الطاقة التي لا تستطيع اختراق الحقل المغنطيسي الأرضي إلا بالقرب من القطبين المغنطيسيين الشمالي والجنوبي.[[8]](#footnote-8)



**الشكل 11**



**الشكل 12**

كانت نتائج هاتين الرحلتين الطيرانيتين مثيرة للاهتمام. فقد كان عدد البوزيترونات المنخفضة الطاقة التي سجلها المقراب قريبا جدا من العدد المتوقع الناتج من الاصطدامات بين النجمية.

 ولكن عدد البوزيترونات العالية الطاقة كان أكبر من المتوقع. لم يكن الفرق مهما ً، وقد يكون نتيجة أخطاء غامضة . إلا أنه يعني ، إذا ما تحقق. وجود مصدر في الكون للبوزيترونات ذات الطاقة العالية لم يؤخذ بالحسبان. وأحد المصادر المرشحة هو الجسيم الثقيل الافتراضي الضعيف التفاعل (WIMP).[[9]](#footnote-9)

**البحث عن العوالم المضادة :[[10]](#footnote-10)**

كان الفيزيائي <W .L. ألڤاريز> أول من بادر عام 1960 إلى البحث الشامل عن المادة المضادة الكونية. فقد بدأ بالبحث عن الجسيمات المضادة الثقيلة في الإشعاع الكوني كنواة الهليوم المضاد أو الكربون المضاد أو الأكسجين المضاد. ولا يمكن لهذه الجسيمات ـ نظرا لضخامة كتلها ـ أن تنتج من اصطدامات الجسيمات بين النجمية ، خلافا لما هو عليه الأمر بالنسبة للبوزيترونات والبروتونات المضادة. فاكتشاف نواة هليوم مضاد يعني أن جزءً من المادة المضادة بقي بعد الانفجار الأعظم ؛ كما يعني اكتشاف نواة كربون مضاد أو أكسجين مضاد وجود نجوم مضادة، لأن الكربون والعناصر الأخرى الأثقل لا تتكون إلا في النجوم.

ومعظم الفيزيائيين الفلكيين لا يعتقدون بوجود نجوم مضادة. صحيح إن الضوء الصادر عن النجوم المضادة لا يختلف عن ضوء النجوم العادية ، ولكن اصطدام الجسيمات بين النجمية بالنجوم المضادة يُنْتج دفقا ً هائلا ً من أشعة غاما.

لاحظت المكاشيف المدارية أشعة غاما منخفضة الطاقة مما يدل على فناء ذؤابة ريش هائلة من البوزيترونات قد تكون آتية من مركز مجرتنا. ومع ذلك لا يعتقد العلميون بصدور هذه البوزيترونات عن نجم مضاد. لأن هذا الأخير - إن وجد - سيبدو كمنبع شديد ومرَكَّز لأشعة غاما ذات طاقة أعلى بكثير من تلك التي رصدتها المكاشيف. وهذا ما يدفعنا إلى القول بعدم وجود نجوم مضادة في المجرة. كما نصل - بالمحاكمة نفسها - إلى القول بعدم وجود مجرات مضادة في أي عنقود مجرات محلي.

وماذا عما هو كائن على مسافات أبعد؟ فقد يوجد في الكون مجرات مضادة معزولة تفصلها مسافات شاسعة عن المجرات المؤلفة من المادة العادية. قام الفلكيون في العقد الماضي بدراسات مستفيضة لتوزع المجرات شملت المجرات التي يصل بعدها إلى بليون سنة ضوئية. ولم تظهر هذه الدراسات أي منطقة معزولة يمكن اعتبارها مكونة من مادة مضادة. وعلى العكس من ذلك فقد أظهرت الدراسات وجود نسج من عناقيد مجرات محيطة بفضاء خال ، كأنه حوض استحمام هائل ممتلئ بالفقاعات المزبدة. ولو كانت أجزاء واسعة من الكون مؤلفة من المادة المضادة لأنتجت المناطق التي تتداخل فيها المادة والمادة المضادة مقادير ضخمة من أشعة غاما في بدء نشأة الكون . ولم يكتشف الفلكيون أي توهج قد يعود إلى هذه الأشعة. وإن كان للمجرات المضادة وجود، فلا بد من أن تكون خارج مدى أفضل المقاريب أي على بعد لا يقل عن عدة بلايين من السنين الضوئية.

ومن جهة أخرى تزودنا نظريات الكوسمولوجيا (علم الكونيات) الحديثة بحجج تؤيد تكوّن الكون بكامله تقريبا من المادة العادية. فقد أنتج الانفجار الأعظم، حسب أكثر هذه النظريات شيوعا، فائضا صغيرا من المادة على المادة المضادة في لحظة الخلق الأولى. وقد حدثت هذه الظاهرة بسبب عدم تناظرٍ صغيرٍ في قوانين الفيزياء يعرف باسم انتهاك قاعدة بقاء الندية (CP) وشوهد في المختبرات. ففي مقابل كل ثلاثين بليون جسيم من المادة المضادة خلقت أثناء الانفجار الأعظم ظهر ثلاثون بليون جسيما من المادة العادية مضافا إليها جسيم زائد. وبعد مضي نحو جزء من المليون من الثانية على الانفجار الأعظم بدأت الجسيمات والجسيمات المضادة بإفناء بعضها بعضا حتى لم يبق إلا فائض صغير من المادة العادية. وأصبح هذا الفائض النسبي ـ وهو في واقع الأمر عدد كبير من الجسيمات ـ الكون الذي نعرفه حاليا.

وتتعدد الفرضيات ولا يوجد شيء مؤكد لا شك فيه ويستمر التنافس بين العلماء على تقديم الجواب الأقوى والأكثر إقناعا ً لتفسير ظواهر هذا الكون الفسيح .

**الباب الثاني : المادة المظلمة :**

تعتبر المادة المظلمة من أهم أسرار الكون في القرن الحادي والعشرين، بل إنها تتحدى العلماء فيقفون عاجزين عن اكتشاف ماهيتها أو معرفة حقيقتها، ولكنهم يحاولون استكشاف هذه المادة وقد وصلوا إلى عدد من الحقائق المهمة، ولكن الرحلة لا زالت في بدايتها.

وتكمن أهم الصعوبات في أن هذه المادة لا تصدر أية أشعة ضوئية، بل هي لا تعكس الضوء، ولا تتفاعل معه أو تتأثر به، إنها تعمل فقط بفعل جاذبيتها الكبيرة.

**كيف بدأت القصة؟**

منذ 75 سنة بدأ الفلكيون يلاحظون شيئاً غريباً في سلوك المجرات، فعندما قاموا بحساب سرعة هذه المجرات نظرياً وجدوا أنها أقل بكثير من السرعة الفعلية التي تم رصدها، إذن لابد أن يكون هناك شيء ما مجهول يقوم بتسريع المجرات!!

لقد قام العلماء برسم منحنيات بيانية توضح علاقة سرعة المجرات البعيدة بالمسافة التي تفصلنا عنها، ووجدوا أن المنطق الرياضي يفرض أن المجرة كلما ابتعدت عن المركز يجب أن تنخفض سرعة دورانها، تماماً مثل المجموعة الشمسية حيث نلاحظ أن الكواكب القريبة من الشمس تدور بسرعة أكبر من الكواكب البعيدة بسبب بعدها الكبير.

ولكن الأبحاث التجريبية تؤكد أن المجرات البعيدة تتسارع في حركتها على عكس المتوقع، فلماذا؟ هذا السؤال الذي حير العلماء ولم يجدوا إجابة منطقية سوى أن يفترضوا وجود مادة مظلمة وطاقة مظلمة تقومان بالتأثير على المجرات البعيدة وتسريع حركتها باستمرار.

 إنها مادة مظلمة لا يمكن رؤيتها ولا نعرف عنها أي شيء، فنحن مثلاً نستطيع أن نقيس سرعة الشمس والقمر والكواكب بدقة مذهلة، ولكن عندما يكون الحساب أبعد من ذلك أي خارج المجموعة الشمسية فإن الحسابات لن تكون دقيقة.

بعد حسابات كثيرة قام بها العلماء وجدوا أن كل ما نراه من الكون هو بحدود 4 بالمئة، وأن المادة المظلمة تشكل 96 بالمئة من هذا الكون. طبعاً هذه المادة لا تتأثر بالضوء ولا تتفاعل معه، ولذلك فنحن لا نراها.



الشكل 13

 أثبتت القياسات الحديثة أن الكون في معظمه يتألف من مادة مظلمة وطاقة مظلمة بنسبة 96 % (73 % طاقة مظلمة، 23 % مادة مظلمة) وكل ما نراه من الكون هو أقل من 4 % .

كيف تتوزع المادة المظلمة :

لقد بدأ العلماء يطرحون سؤالاً حول شكل هذه المادة وكيف تتوزع في هذا الكون الواسع، ولكن المهمة كانت صعبة جداً وتطلبت فريقاً من العلماء والباحثين الدوليين (من فرنسا وكندا والولايات المتحدة الأمريكية وألمانيا) برئاسة الدكتور Yannick Mellier في معهد الفيزياء الفلكية بباريس، فقاموا بدراسة 200 ألف مجرة بعيدة، ودرسوا التشوهات التي سببتها المادة المظلمة.

وخرجوا بنتيجة وهي أن المادة المظلمة تقود المجرات وتجعلها تتوزع على شكل خيوط تشبه خيوط النسيج ، ولذلك فإن هذه المادة أيضاً هي عبارة عن خيوط تشبه نسيج العنكبوت.

هنالك بعض الدراسات والتي اعتمدت أكثر من سبعة آلاف قياس منفصل تؤكد بنتيجة هذه القياسات أن المجرات تحوي مادة مظلمة كميتها 400 ضعف المادة العادية.

 

الشكل 14

تبين هذه الصورة مجرة غريبة وهي عبارة عن قرص من النجوم والغبار الكوني، وكأن هناك مادة قوية جداً تحاول جذبه من طرفيه فتشكل لدينا قرص آخر طويل ومتقاطع مع القرص المضيء. يعتقد العلماء أن سبب هذا الجذب هو وجود مادة مظلمة لا تُرى ولكنها كبيرة جداً ولها حقل جاذبية هائل. المجرة تبعد عنا بحدود 165 مليون سنة ضوئية.

الشكل 15

 إن الصور التي رسمها العلماء لجزء من الكون والذي يشمل مئة ألف مجرة تظهر وكأن

المجرات تتحرك وتسبح ضمن مادة مظلمة تنتشر في كل مكان من الكون .

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

ويبقى الحديث عن وجود حالات للمادة المضادة أو المظلمة رهن الدراسة ويبقى السؤال قائماً

لأنه من الصعب جداً على الإنسان أن يحدد ذلك بالضبط لأنه حتى الآن لا يعرف عن المادة

أكثر مما يعرفه طفل صغير عما يحيط به من أهوال هذا العالم المدهش.

ولكن كإشارات مبدئية يمكن يقول بعض العلماء بأن وجود المادة المضادة في عوالم أخرى لا

 ينفي أبداً عدم تمتعها بخاصيات المادة المألوفة وأنها أساساً جسيمات مضادة لجسيمات المادة

المرئية والمعروفة لدينا وبالتالي وحسب هذه المعطيات فإنها تخضع للقوانين الفيزيائية نفسها.

أما بالنسبة للمادة المظلمة فإن هذا الكلام ليس له أساس من الصحة ولا يمكن تصور الأمور

 إطلاقاً بهذا الشكل لأن المادة المظلمة أكثف بكثير من المادة المرئية ولا تخضع لقوانيننا

 الفيزيائية بكل بساطة .

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*\*

**الخاتمة :**

لا بد أن التطور العلمي الكبير أثبت أن لا حدود لدراسة المادة ، كما أضاف إليها حالات مازالت تدرس وما زالت تنال هذه الدراسات نصيبها من جائزة نوبل للفيزياء فكانت كل لحظة من كتابة هذا البحث أمتع من الأخرى وكان الشغف الكبير للحصول على المعلومة الصائبة والتفكير بالتناقضات العلمية هو الدافع الأقوى لاستمرار البحث وتقديم المعلومة الجديدة والمفيدة بثوب من التشويق و الإمتاع الذهني.

لقد أفادني هذا البحث كثيرا ً على الصعيد العلمي والمعرفي بالاستزادة من أسرار هذا الكون الواسع الذي لا نعرف عنه إلا القليل القليل.

إن للمادة ست حالات وليس ثلاث أو أربع كما كنت أعتقد ، وقد رتبت هذه الحالات حسب درجة الحرارة التي تشاهد عندها بالشكل الذي أوردته كالآتي :

الحالة الأولى كثافة بوز – أينشتاين Bose-Einstein condensate، الحالة الثانية السيولة الفائقة Superfluidity، الحالة الثالثة الصلب Solid، الحالة الرابعة السائل Liquid، الحالة الخامسة الغاز Gas، الحالة السادسة البلازما Plasma.

 ومن يدري لعل العلم يكشف لنا عن حالات أخرى للمادة.

وقد فصّلت الحديث عن الحالات : "الأولى والثانية والسادسة "

وقد توصلت إلى أن معظم الحالات التي لم نكن نعرفها تحضر مخبريا ً أي لا يمكن مشاهدتها في الطبيعة .

إضافة إلى أنني حاولت إضفاء طابعي الشخصي وآرائي حيثما استطعت كي أخرج البحث من كونه منزّلا ً موثقا ًمن مراجع لا يمكن الخروج عنها .

وختاما ً لا بد من البحث والبحث واستمرارية البحث للتعمق ومعرفة ما تخفيه المادة وعلاقتها بالطاقة لأن هذا سيكون بمثابة الطفرة الكبرى لمستقبل أقوى وأجمل وأكثر تطورا ً.

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*\*

**المصادر والمراجع :**

THE YIN AND YANG OF HYDROGEN. Daniel Kleppner in Physics Today, Vol. 52, No. 4, pages 11-13; April 1999.

ATOM LASERS. Kristian Helmerson, William D. Phillips, Keith Burnett and David Hutchinson in Physics World, Vol. 12, No. 8, pages 31-36; August 1999.

BOSE CONDENSATES MAKE QUANTUM LEAPS AND BOUNDS. Yvan Castin, Ralph Dum and Alice Sinatra in Physics World, Vol. 12, No. 8, pages 37-42; August 1999.

EXPERIMENTAL STUDIES OF BOSE-EINSTEIN CONDENSATION. Wolfgang Ketterle in Physics Today, Vol. 52, No. 12, pages 30-35; December 1999.

BOSE-EINSTEIN CONDENSATION HOMEPAGE at Georgia Southern University is at <http://amo.phy.gasou.edu/bec.html>

Scientific American, December 2000

Astrophysicl plasma laboratories by Steven Rose Physics world 1994.

Quest for the perfect plasma by N. Braithwaite and W.G. Graham New scientist 1993**.**

<http://www.colorado.edu/physics/2000/bec>

 http://science.nasa.gov

<http://tigger.physics.lsa.umich.edu/www/heat/heat.html>

<http://www.oloommagazine.com/Articles/ArticleDetails.aspx?ID=1413>

الموسوعة العلمية الشاملة / مكتبة لبنان / ناشرون .

1. الموسوعة العلمية الشاملة / مكتبة لبنان / ناشرون . [↑](#footnote-ref-1)
2. <http://www.oloommagazine.com/Articles/ArticleDetails.aspx?ID=1413> [↑](#footnote-ref-2)
3. <http://amo.phy.gasou.edu/bec.html> [↑](#footnote-ref-3)
4. <http://www.colorado.edu/physics/2000/bec> 5 [↑](#footnote-ref-4)
5. <http://www.oloommagazine.com/Articles/ArticleDetails.aspx?ID=1413> [↑](#footnote-ref-5)
6. **Astrophysicl plasma laboratories by Steven Rose Physics world 1994.** [↑](#footnote-ref-6)
7. **Quest for the perfect plasma by N. Braithwaite and W.G. Graham New scientist 1993.** [↑](#footnote-ref-7)
8. <http://tigger.physics.lsa.umich.edu/www/heat/heat.html> [↑](#footnote-ref-8)
9. http://www.newscientist.com [↑](#footnote-ref-9)
10. http://science.nasa.gov [↑](#footnote-ref-10)