

الفصل الأول

نشأة المادة والكون

عندما نتناول موضوع نشأة المادة والكون يخطر على بالنا العديد من التساؤلات من أهمها ما هو مركز وتاريخ الكون ؟ وكم يبلغ عمر الكون حتى الآن ؟ وهل للكون بداية وبالتالي يصبح له نهاية ؟ وهل للكون حدود ؟ أم أنه غير محدد وبالتالي فهو وجد منذ الأزل هكذا ؟ وما هو مستقبل الكون ؟

دعنا بداية نجيب على التساؤل عن عمر الكون. هناك من علماء الطبيعة من مدرسة داروين يجعلوننا نعتقد أن الكون وجد هكذا دائماً، وأن السبيل الوحيد لمعرفة حقيقة الكون هو اكتشاف كيفية تواجد المادة. هؤلاء المؤمنون بنظرية التطور يمكنهم فرضاً شرح جميع الظواهر خلال هذا الكون، وكما قال العالم «كارل ساغان» في هذا الموضوع «أن كل شيء قد

حدث وما سوف يحدث هو أصلاً مرتبط بوجود المادة» .

وحتى الآن، لم يستطع العلماء تحديد تاريخ بداية الكون؟ والمحاولات المتاحة حالياً لتحديد عمر الكون يعتمد أساساً على تقدير الإنسان لعمر الأرض . بالفعل هناك رغبة شديدة لدى الإنسان لمعرفة كم يبلغ عمر الكون. وهناك تناقض بين التقدير المبني على التفسير الحرفي كما جاء في سفر التكوين الذي يقدر عمر الكون بحوالي ٦٠٠٠ عام والتقدير الأولى الحالية عن عمر الأرض الذي قدر بين ١٠ إلى ٢٠ بليون عام.

وهناك حقائق في القواعد الحديثة لعلم الفلك تدعم بشدة أن الكون محدد، وبالتالي يكون له بداية ونهاية ! وخلال القرن العشرين وضع الفلكيون الصيغ الرياضية للنظريات الكونية وهي:

(أ) نظرية الانفجار العظيم للكون .

(ب) نظرية وضع الاستقرار الكوني .

(جـ) نظرية تذبذب الكون .

(١) نظرية الانفجار العظيم :

تفرض هذه النظرية على أن الكون بدأ بانفجار هائل نتج عن ذلك إرسال جسيمات المادة في جميع الاتجاهات. وكما نرى في تكوين الشمس والكواكب والمجرات، وجميعها ينتقل بعيداً بعيداً في الفضاء، وبالتالي فإن الكون يتمدد لا نهائياً. ويؤمن علماء الفيزياء الفلكية، بأن ٩٧,٩٩٪ من جميع المواد في الكون قد تواجدت فجأة في أقل من جزء من الثانية. هذه اللحظة تعرف «بحادثة خلق الانفجار العظيم». وإن جميع المجرات لا يمكن أن تعود مرة أخرى إلى مركز نشأتها الافتراضى ، وبناءً على ذلك ، تعتبر لحظة الانفجار العظيم هي نقطة بداية الكون وجميع المواد والطاقة وخلق كون الفراغ والزمن.

ويدعم العالم هذه النظرية، التي وضع فروضها عالم الرياضيات الروسى «الكسندر فريدمان» عام ١٩٢٢ م، حيث تنبأ بتمدد الكون. وبعد ثمانى سنوات أثبت العالم الإنجليزي «أدوين هابل» صحة هذا التنبؤ بواسطة الحيود الضوئى فى المدى الطيفى للضوء الأحمر. بعد ذلك دعم العالمان الإنجليزيان

هوكنج وبنروز عام ١٩٦٨ م فكرة تمدد الكون من خلال نظريات الإنفرادية. هذه النظريات أدت من خلال انعكاس الزمن إلى اختزال الكون عند نقطة البداية عند الزمن في الماضي السحيق. وقبل هذه اللحظة كان الكون غير متواجداً ! والجدير بالذكر، أنه في عام ١٩٦٥ م، نجح الباحثان في معمل بل الأمريكي «أرنو بنزياس» و«روبرت ويلسون» من اكتشاف خلفية إشعاعية للكون في المدى الطيفي للموجات الدقيقة، واعتبرت هذه الخلفية الإشعاعية محيا للكون القديم في حالته الكثيفة جداً وشديدة السخونة. وبالطبع ما زالت هذه المشاهدات تحتاج إلى المزيد من التأكيد.

وفي عام ١٩٨٩ وضعت وكالة ناسا الأمريكية لعلوم الفضاء القمر الاصطناعي «كوب» المصحوب بتلسكوب هابل. وفي إبريل عام ١٩٩٢ استطاع الفلكيون من تحقيق أحد أهم الاكتشافات العظيمة على مر العصور. هذا الاكتشاف العظيم جاء مؤيداً لنظرية الانفجار العظيم من خلال : أولاً : تأكيد تمدد المجرات في الكون وابتعادها عن بعضها البعض . وثانياً : تأكيد وجود الخلفية الإشعاعية الكونية في المدى الطيفي

للموجات الدقيقة. هذا الإشعاع هو ما تبقى من لحظة خلق الانفجار العظيم. إن نظرية الانفجار العظيم لم تشرح نشأة المادة والسبب الذى أدى إلى نشأة الانفجار. لقد بين العالم الفيزيائى «آلان جوث» أن الانتروپى (مقياس درجة الفوضى فى علم الديناميكا الحرارية) تفرض أن قدرة الطاقة لبذل شغل قد تقل كل دورة تذبذبية تتابعية. وبناء على هذا الفرض قد يكون الكون قد وصل إلى حالة تسمى «توازن الإلغاء» Nullfying منذ زمن بعيد وأن جميع المواد قد تكتلت وأصبحت فى نقطة متناهية الصغر.

(ب) نظرية العوالم المتعددة للكون :

لقد جاء علماء التطور الطبيعى بنظرية العوالم المتعددة للكون لمناهضة نظرية الانفجار العظيم التى تقر بأن للكون بداية وهذا يتطلب بادئ. أن هذه النظرية تفرض وجود المادة دائماً، والتى صممت لكى تفسر كيف تواجد الكون بطرق طبيعية. ويعتقد هؤلاء العلماء بأن الكون يعيد توليد ذاته. ولذلك فرضوا الملايين والملايين المختلفة من الأكوان أو العوالم، كل منها

يختلف فى وضع النسب الأساسية والثوابت الكونية والتي يودى إلى فرصة الارتباط الصريح الذى يودى إلى ولادة كون جديد. ومن غرائب هذه النظرية أن هؤلاء العلماء يؤمنون بأن كوننا وحياتنا على هذه الأرض قد حدث بمحض الصدفة، وتعترف هذه النظرية بعدم وجود أى أدلة علمية لتواجد أى من الأكوان الأخرى والتي ترتبط بعالمنا. وتسمح هذه النظرية لكوننا بالتواجد على هذه الهيئة التصميمية بلا أى فروض أو معنى أو ذكاء أنها عملية عشوائية وأن التصميم ينبع من داخل الكون ذاته، هذا الفرض وُضِعَ بوضوح بواسطة العالم «جوليان هوكسلى» وهو حفيد العالم «الدوس هوكسلى» الذى كان شديد الارتباط بالعالم «تشارلز داروين» فقد صرح هوكسلى عام ١٩٥٩م فى احتفالية جامعة شيكاغو بنشر كتاب داروين بعنوان «أصل الأنواع» «أن الكون وجد وسوف يستمر فى الوجود تحت اتجاه الانتخاب الطبيعى لفرصة حدوث عمليات». أن هذه النظرية فى الحقيقة ما هى إلا «قصة الخلق». وفى الحقيقة وحتى الآن، لا يوجد أى تدعيم علمى لهذه النظرية.

مما سبق وطبقا لنظرية الانفجار العظيم فإن الكون بدأ منذ

أربعة عشر ألف مليون سنة بالانفجار العظيم. هذا الانفجار الهائل جعل الكون متواجداً. وقبل الانفجار العظيم لم تتواجد أى قوانين فيزيائية، ولم يوجد الزمن ولم تتواجد الجسيمات. عند البداية تواجدت كمية من الطاقة على شكل إشعاع، حيث أن الجسيمات الأولية قد ولدت من هذه الطاقة الإشعاعية وبعد الانفجار ظهرت الجسيمات الأولية وهى الكواركات واللبتونات. إلا أن الكون الابتدائى سرعان ما تبدل كلما تمدد وبرد. فلم تعد تتواجد الكواركات معزولة ولكنها تجتمعت معاً من خلال البروتون والنيوترون وهيدروونات أخرى تكونت على مدار ١٤ بليون عام.

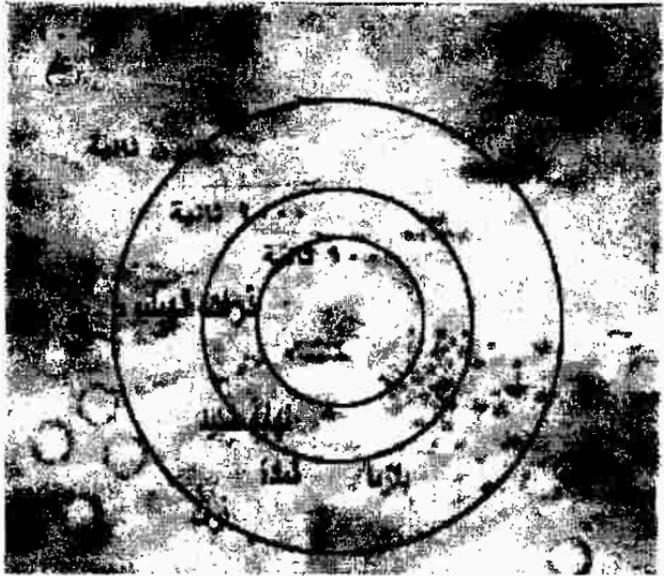
فى اللحظات القليلة التى تقدر ببضعة من النانوثانية (نانوثانية = 10^{-9} من الثانية)، كان الكون الابتدائى لا يشبه ما نعرفه اليوم. لقد كان صغيراً للغاية وشديد السخونة، لقد كان الكون فى حجم الذرة أو حتى نواة الذرة ولنا أن نتخيل كيف يكون الكون كله شديد الكثافة وفى هذا الحجم متناهى الصغر. بالطبع لم توجد المادة الاعتيادية بل كان الكون مملوء بجسيمات غريبة مثل الكواركات واللبتونات والبوزونات. لقد صنعت هذه

الجسيمات ما يسمى «بالحساء الأصلي» وكانت درجة حرارة هذا الحساء ما يقرب من عشرة آلاف مليون المليون من الدرجات المثوية، لقد كانت الجسيمات تتحطم وتتداخل مع بعضها بفعل هذه الطاقة الهائلة. وبعد مرور نانوثانية واحدة (أى جزء من ألف مليون جزء من الثانية) بدأ الكون فى التمدد واستمر فى التمدد طيلة ١٤ بليون عام. وكلما تمدد الكون فهو يبرد، حيث أن الجسيمات تفقد طاقة حركتها. وعملية التبريد تسمح بتكوين جسيمات جديدة دون أن تتحطم بفعل الاصطدام بطاقة عالية. وبعد مرور عشرة نانوثانية انخفضت الحرارة ووصلت درجاتها إلى مليون المليون من الدرجات المثوية، حينذاك، بدأت البروتونات والنيوترونات فى التكوين. وكانت جميع هذه الجسيمات فى حالة تصادم والعديد من الجسيمات الجديدة وضديداتها بدأت فى التكوين.

نشأة المادة :

شهد الكون تطوراً هاماً بعد مرور ١,٠ من الثانية، عندما بدأت البروتونات والنيوترونات تمتزج معاً لتشكل ذرات الهليوم

ونظيره الديوتيريوم. لقد كانت الحرارة عندئذ مرتفعة وتقدر درجة الحرارة بخمسة آلاف مليون درجة مئوية، ولكن هذا المقدار كان كافياً للسماح بهذه النوى للاستمرار. لقد استمر هذا الاندماج إلى ما بعد خمسمائة ثانية من حدوث الانفجار العظيم. ويستخدم هذا الاندماج الذي حدث في ذلك لوقت



المادة والكون

لتقدير كميات الهيدروجين والهليوم فى الكون الآن. وعلى الرغم من أن النوى التى تكونت كانت ساخنة ولم تسمح بتكوين الذرات، حيث أن الإلكترونات التى كانت تمسك من النواة سرعان ما تسبح بعيداً. إن الإلكترونات والنوى المشحونة بشحنة موجبة تشكل الغاز ولكنها تكون فى حالة انفصال هذه الجسيمات نطلق عليها اسم (البلازما)، فى هذه الحالة كانت درجة الحرارة كافية للاحتفاظ بتكوين البلازما لمدة ثلاثمائة ألف عام. والجدير بالذكر أن البلازما تمتص الأشعة الكهرومغناطيسية، ونظراً لأن جسيماتها مشحونة، لذلك كان من المستحيل مشاهدة الكون عند هذه اللحظة.

وبعد مرور بضعة مئات من الثوانى الأولى، عادة تتقابل الجسيمات الأولية مع ضديدياتها ويتلاشان معاً ، وتنبعث أشعة كهرومغناطيسية، فى هذه الحالة سوف يتكون الكون من أشعة ولا يحتوى على أى مادة. إذ كيف صنعت المادة فى الكون ؟

من المعروف أن المادة وضديدياتها تتكون أساساً من كميات محددة من الجسيمات الأولية وضديدياتها، إلا أنه لحسن حظنا،

كانت هناك جسيمات غريبة ذوات طاقة عالية، وكان معدل إنحلالها غير متمائل، وكان $35, 50\%$ منها يتحلل وينتج المادة، بينما $65, 49\%$ ينحل وينتج عنه ضديد المادة. وبناء على ذلك كان هناك اختلاف بسيط بين مقدار المادة وضديداتها وهذا الاختلاف يكفى لتطور الكون. وطبقاً لهذه النظرية فإن نسبة تواجد الإشعاع فى الكون أكبر من نسبة تواجد المادة. هذا الإشعاع قد تواجد بفعل عمليات الإفناء بين المادة وضديداتها. والجدير بالذكر أنه بعد مرور عدة مئات من الثوانى الأولى لم يتواجد فى الطبيعة أى ضديد للجسيمات.

عندما بدأت تتشكل الذرات كان عمر الكون ثلاثمائة ألف عام وكانت درجة حرارة الكون خمسة آلاف درجة مئوية. لقد كانت هذه الدرجة كافية لكى تسمح ببقاء الإلكترونات حول النواة. فى هذه الحالة تواجد عنصرين هما الهيدروجين والهيليوم. وما زال حتى الآن. وحتى ذلك الوقت كانت الجسيمات المشحونة فى البلازما تمتص الأشعة الكهرومغناطيسية، إلا أن تواجد الجسيمات المتعادلة لم تمتص هذه الأشعة، وانتشرت الموجات عبر الكون، حيث يمكن

رصدها الآن على هيئة الخلفية المرجعية الإشعاعية للموجات الدقيقة الكونية. وأن خريطة هذه الأشعة بينت لنا أن الكون الابتدائي كان غير منتظماً، حيث تكونت عناقيد من المادة عملت على تغيير في شدة الكثافة الإشعاعية.

وعندما كان الكون عند عمر بين مائة مليون وألف مليون عام، بدأ تكوين أول النجوم. وما زالت تتوالد النجوم إلى اليوم (بعد انقضاء ١٤ بليون عام من حدوث الانفجار العظيم). إلا أن هناك ملايين من النجوم قد ماتت منذ حدوث هذا الانفجار العظيم. لقد تبين أن النجوم المحتضرة تحتوى في تكوينها على عناصر ثقيلة مثل الكربون والحديد. ومثل هذه العناصر تدخل ضمن محتويات الكواكب التي تدور حول النجوم مثل شمسنا.

والجدير بالذكر، أن الذرات بأجسامنا قد صنعت من خلال التفاعل الاندماجي للأفران النووية للنجوم المحتضرة منذ ما يقرب من ثمانى بليون عام مضت. فى هذا الوقت كانت معظم هذه الذرات إما لعنصر الهيدروجين أو لعنصر الهليوم. هذا بالإضافة إلى وجود الكواركات واللبتونات التى كانت فى

حالة غليان بعد حدوث الانفجار العظيم بجزء ضئيل من الثانية. وتعتبر هذه الجسيمات الأولية الأساس للنموذج المثالي لنشأة المادة.

النموذج القياسي :

يعتبر النموذج القياسي هو التصور المقبول لفيزياء الجسيمات. هذا النموذج يصف الجسيمات الأولية والقوى بينها والطريقة التي تتحد بها لتكوين جسيمات أخرى جديدة. وبالرغم أن أسماء تلك الجسيمات يبدو جديداً وغريباً، إلا أن النموذج القياسي يعتبر أبسط النماذج الذي يقول أن المادة العادية لا بد أن تكون مصنعة من عائلتين من الجسيمات الأولية هما اللبتونات والكواركات (انظر الجدول ١) وأن المادة تتماسك معاً (أو تنفصل) بفعل تأثير أربعة قوى أساسية (انظر الجدول ٢).

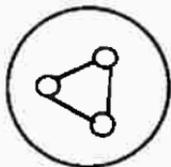
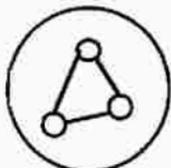
جدول ١ : الجسيمات

استشعار القوى	الجسيم	العائلة
جاذبية كهرومغناطيسية شديدة ضعيفة	أعلى أسفل	كوارك
كهرومغناطيسية شديدة ضعيفة	إلكترون نيوترينو	لبتون

جدول ٢ : القوى

القوة	تأثيرها على
الجاذبية	أى شىء له كتلة
كهرومغناطيسية	أى شىء له شحنة
النوية الشديدة	الكواركات والبروتونات والنيوترونات
القوة الضعيفة	جميع الجسيمات الأولية

جدول ٣ : الكواركات العلوية والسفلية التي تتحد في حالة ثلاثية لصنع بروتونات ونيوترونات . اندماجها معاً والتقاط إلكترونات يعمل على تكوين الذرات والتي ترتبط معاً لتكوين الجزيء ، والذي يمكن أن يتشكل على هيئة خلية وخلق الكائنات .

استشعار القوى	الحسيم	النيكلون
	أعلى أعلى أسفل	البروتون
	أعلى أسفل أسفل	النيوترون

عائلة المواد :

تختلف اللبتونات والكواركات فيما بينها بعدة طرق من أهمها ما يلي :

- * تتواجد اللبتونات بنفسها بينما تتواجد الكواركات متحدة مع بعضها وتكوين الهيدرونات.
- * تشعر الكواركات بالقوة النووية الشديدة، بينما لا تشعر بها اللبتونات.

وعلى الرغم أن المادة الاعتيادية تتكون أساساً من هذه الجسيمات الأولية الأربعة، إلا أن النموذج القياسى تضمن جسيمات أخرى عديدة. وكل عائلة لها أربعة جسيمات إضافية، وكل جسيم مرتبط بضديد الجسيم. فقد تتحد كواركات زائدة مع بعضها البعض ومع ضديد الكواركات لتكوين هايدرونات عديدة جديدة. ويعيداً عن البروتونات والنيوترونات، فإن جميع الهيدرونات تكون غير مستقرة وتحل خلال واحد بالمائة من الثانية، ولا يتكون أى جزء من المادة الاعتيادية . إلا أن هذه الجسيمات والكواركات تكون على درجة كبيرة من الأهمية للفيزيائيين وذلك للمساعدة فى وضع تصور كامل لإيجاد نظريات توحيد القوى (التي تسمى نظريات كل شىء).

المادة المظلمة :

مما سبق تبين لنا كيف استطاع العلماء فهم العديد من الظواهر الفيزيائية خاصة تلك الاكتشافات العلمية التي حدثت خلال القرنين الماضيين. ففي القرن التاسع عشر كان فهمنا للظاهرة الكهرومغناطيسية رائداً . خاصة ذلك الربط بين الظواهر الكهربية والمغناطيسية وأن الضوء ما هو إلا أحد أشكال الطاقة الكهرومغناطيسية . وبعد تطور اكتشاف العناصر واستكمال الجدول الدوري في بداية القرن العشرين فهم العلماء أن العناصر تتكون من ذرات. وهذه الذرات هي أصغر قطعة من المادة الصلبة. ومع اكتشاف الإلكترونات والتي تبين فيما بعد أنها جزء من الذرة، بدأت تظهر صورة جديدة للمادة خاصة بعد بزوغ ميكانيكا الكم. وعزى العلماء اختلاف الخصائص الكيميائية للعناصر لاختلاف الشحنة الكهربية بالذرة. هذه الشحنات الكهربائية هي المسؤولة عن توليد الضوء . وفي الوقت الحالي تمكن العلماء بواسطة الأجهزة العلمية الحديثة من اكتشاف المجرات البعيدة وتم اكتشاف والتحقق من وجود ما يسمى «بالمادة المظلمة». ورصد المادة المظلمة يتم بطريقة غير

مباشرة، خلال المشاهدات المرتبطة بتأثير جاذبيتها. ونظراً لأن المادة المظلمة لها كتلة، فإن جاذبيتها تسحب المادة المرئية نحوها. وبالنظر إلى الفضاء الذى يحيط بنا ورصده بأحدث المعدات والأجهزة، يمكن للمرء مشاهدة تأثير جاذبية المادة المظلمة على المادة المرئية. وبهذه الطريقة أمكن مشاهدة التأثير القوى للجاذبية على النجوم البعيدة، وسحب الغاز والسديم والمجرات والأجرام السماوية الأخرى. ولكننا لم نستطع رؤية المادة، التى تنتج كل شىء مؤثر. ويبدو أن القصة الحقيقية للكون تكمن فى المادة المظلمة. عند هذه اللحظة فإن المادة المظلمة يمكن الإشارة إليها بأنها أى مادة ويمكن رصدها بسهولة.

ولتفسير وجود المادة المظلمة، يجب أن نستطيع معرفة كيف تحترق النجوم والثقوب السوداء والثقوب القزمية. وقد بينت الاكتشافات الحديثة أن ٩٠٪ من الكون يتكون من المادة المظلمة ويبدو أنه أكثر استقراراً.

المعجلات :

فى عام ١٩١٠ استطاع العالم «أرتست راذرفورد» من اكتشاف التركيب الذرى بواسطة قذفها بجسيمات ألفا.

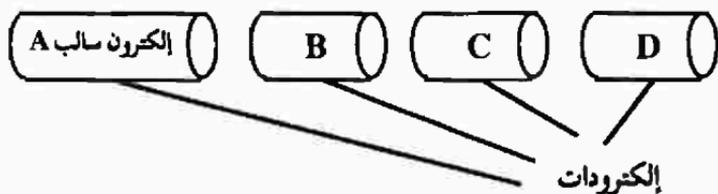
وحالياً، تمكن الفيزيائيون من معرفة التركيب للجسيمات دون الذرية وأيضاً يمكنهم من تخليق جسيمات جديدة وذلك باستخدام معجلات الجسيمات الضخمة، وبواسطة هذه المعجلات يمكن وصف تركيب البروتونات والنيوترونات، خاصة بعد أن طور الفيزيائيون نظرية الكواركات التى تفسر تكوين جميع الجسيمات التى تدخل فى تركيبها، فكيف تعمل هذه المعجلات ؟

يتم تشغيل المعجلات بنفس مبادئ تشغيل أنابيب الشعاع الكاثودى المستخدمة فى أجهزة التلفزيون : وعمل هذه الأنابيب الكاثودية يعتمد على الإلكترونات المشحونة بشحنة سالبة والتى تتنافر مع الإلكترون السالب وتنجذب نحو الإلكترون الموجب. والفولطية بين هذين الإلكترونين (الكاثود والأنود) يكون عادة بصفة آلاف من الفولطيات. هذه الفولطية تعطى

طاقة للإلكترون تكون كافية لإحداث وهج صغير وينبعث الوميض من شاشات التلفزيون، وفي الفيزياء نحتاج إلى إلكترونات ذات طاقة عالية، لذا نحن فى حاجة إلى فولتية مرتفعة لدفع الإلكترونات بقوة وزيادة طاقتهم الحركية. ونظراً أن زيادة الفولتية عن بضعة آلاف من الفولطيات يؤدى إلى تحطم الإلكترونات وتولد الشرارة الكهربائية. وبالتالي لا يمكننا زيادة الفولتية مرة واحدة، ولكن يمكن عمل سلسلة من الدفعات الصغيرة لتدبير الفولتية اللازمة. وهذه الطريقة تتبع فى «المعجل الخطى».

قاذفة الإلكترون العملاقة :

فى المعجل الخطى، تمر الإلكترونات عبر سلسلة من الإلكترونات، فإذا رغبتنا فى زيادة تسارع الإلكترونات لابد أن تتجه الإلكترونات نحو الالكترود الموجب، ولذلك فإن الفولتية بين الالكترودين لابد أن تتحول كلما مر خلالها الإلكترون (انظر الشكل المرفق).



(١) الإلكترون A يكون سالباً والإلكترون B يكون موجباً، وبالتالي يتسارع الإلكترون نحو اليمين.

(٢) قبل أن يمر الإلكترون في الإلكترون B، يصبح سالباً أو الإلكترون C يكون موجباً للاحتفاظ بشد الإلكترون إلى اتجاه اليمين.

(٣) تتحول الفولطية للخلف مرة أخرى، حتى يصبح الإلكترون D موجباً والإلكترون C سالباً لذلك نرى أن الإلكترون يجذب نحو اليمين.

وخلال المعجلات الخطية تكون سرعة الإلكترونات متقاربة من سرعة الضوء بمقدار ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متراً ثانية لذلك يجب أن يتم تحويل الفولطية بسرعة جداً. وأن تكون الفولطية ذات تردد عالي يصل إلى بضعة من مئات الكيلو هرتز. ومع ملاحظة إن الإلكترون D يكون أطول من الإلكترون B، فإن

الإلكترونات تنتقل أسرع خلال الفترة التي تعبر فيها إلى هذا الإلكترون.

والجدير بالذكر أن أطول معمل خطي موجود في ستانفورد بولاية كاليفورنيا الأمريكية. ويبلغ طول المعمل حوالي ٣ كيلو متر وله فولطية تسارع مؤثرة تبلغ 30 GV (حوالي ٣٠ جيجا فولت). ولكي نحصل على تسارع أكبر، فهذا يتطلب معجلات أطول كما يحتاج إلى مكان كبير، وبدلاً عن ذلك يمكن استخدام معجل خطي منحنى حول نفسه وهذا النوع من المعجلات يسمى السنكروترون.

وإذا تم قذف الإلكترونات داخل مجال مغناطيسي فإنها تنحرف. ونظراً لأن القوة تأخذ دائماً اتجاه الزاوية القائمة على حركة الإلكترونات، لذا فإنها تتحرك على قوس الدائرة، وإذا غطى المجال المغناطيسي مساحة كبيرة كافية، فإن الإلكترونات تتحرك على مسار دائرة كاملة. ويمكن الآن وضع بعض الإلكترونات التي تعجل الإلكترونات كلما دارت. هذه هي فكرة عمل معجل السنكروترون. والجدير بالذكر، أن معجل السنكروترون يمكن استخدامه في جميع أنواع الجسيمات. وفي حالة الجسيمات الموجبة مثل البروتونات، يجب تبادل المجال

المغناطيسي والتأكد أن الجسيمات دائماً تترك الإلكترون الموجب. وفي كل مرة تسير البروتونات في مسار دائرى، فإن الإلكترونات تعطيههم دفعة وتعجلهم، مثل المعجلات الخطية تماماً. والفولطية لهذه الإلكترونات تكون فى حالة تبادل مستمرة، حيث يترك البروتون الإلكترون الموجب ويتجه نحو الإلكترون السالب. فى هذه الحالة يكون معدل تبادل الفولطية غير ثابت، كلما زادت سرعة البروتونات، فإنهم يمثلوا فترة قصيرة بين الإلكترونات. لذا لا بد أن تتبادل الفولطية بمعدل أسرع. وأيضاً يجب زيادة المجال المغناطيسى نظراً لأننا نحتاج لقوة أكبر للحفاظ على سرعة الإلكترونات فى نفس المدار. ونظراً لتزامن زيادة تردد تبادل الفولطية مع زيادة المجال المغناطيسى مع سرعة البروتونات، من هنا جاءت تسمية هذا النوع من المعجلات بالسنكروترون. والجدير بالذكر أن أكبر سنكروترون موجود حالياً فى المعمل الأوروبى للجسيمات الأولية المعروف باسم «سيرن». هذا المعجل يلتف خلال نفق تحت الحدود بين فرنسا وسويسرا. ويبلغ محيط المعجل ٢٧ كيلومتر ويوفر تسارع فولطى بفعالية ١٠٠ جيجا فولط (أى مائة ألف مليون فولط).