

الفصل السابع

المعجلات

❖ المعجل :

هو جهاز يقوم بتعجيل الجسيمات المشحونة ويكسبها طاقة عالية ، وتكون عملية التعجيل بواسطة استخدام فرق جهد كهربائي .

هناك نوعان اساسيان من المعجلات هما المعجلات الخطية وتعجل فيها الجسيمات بشكل خط مستقيم ، والمعجلات الدائرية وفيها تكون عملية التعجيل من خلال دوران الجسم عدة دورات ، ويستخدم فيها مجال مغناطيسي من اجل ان يسلك الجسيم مساراً دائرياً.

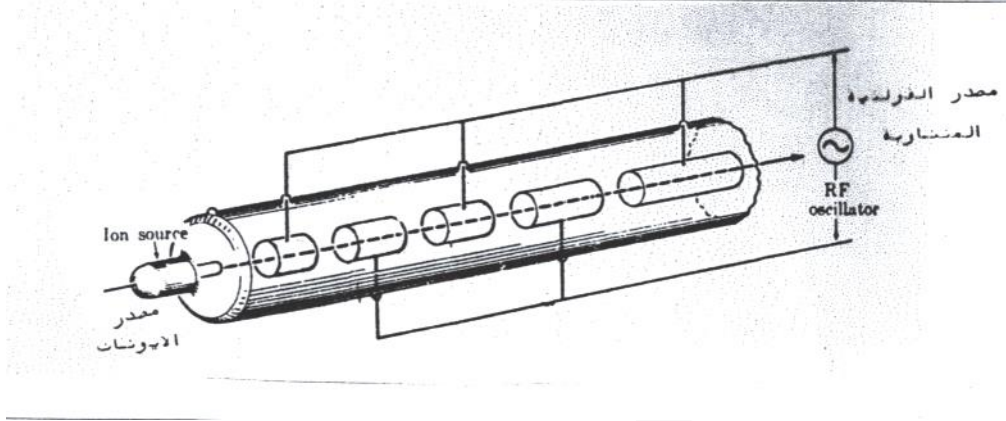
هناك بضعة انواع من المعجلات الدائرية ، منها ما يستخدم مجالاً مغناطيسياً ثابتاً مثل السايكلوترون وفيها ما يستخدم مجالاً مغناطيسياً متغيراً مثل البيتاترون ونوع اخر يستخدم مجالاً مغناطيسياً متغيراً وفولتية متناوبة ذات تردد متغير أيضاً مثل السينكروترون.

❖ المعجلات الخطية :-

يتم تعجيل الجسيمات المشحونة بشكل خط مستقيم ، وتحتاج الى مصدر للفولتية المتناوبة يربط الى سلسلة من الاقطاب والتي تكون على شكل اسطوانات تمر الجسيمات المعجلة بداخلها ، وعادة تتدرج هذه الاسطوانات بطولها ، فالثانية اطول من الاولى والثالثة اطول من الثانية وهكذا .

اما ميكانيكية التعجيل فتكون بواسطة ربط جميع الاسطوانات الفردية بأحد اقطاب الفولتية ، وربط الاسطوانات الزوجية بالقطب الاخر للفولتية .

فالجسيم المشحون المراد تعجيله يمر داخل الاسطوانة الاولى باتجاه الاسطوانة الثانية ، والتعجيل يتم خلال المسافة بين الاسطوانتين فقط ، ولا يكتسب الجسيم اي تعجيل خلال مساره داخل الاسطوانة ، لان فرق الجهد ثابت في الاسطوانة الواحدة . والشكل ادناه يوضح كيفية ربط اقطاب التعجيل بالفولتية المتناوبة .



شكل يوضح كيفية ربط اقطاب التعجيل بالفولتية المتناوبة

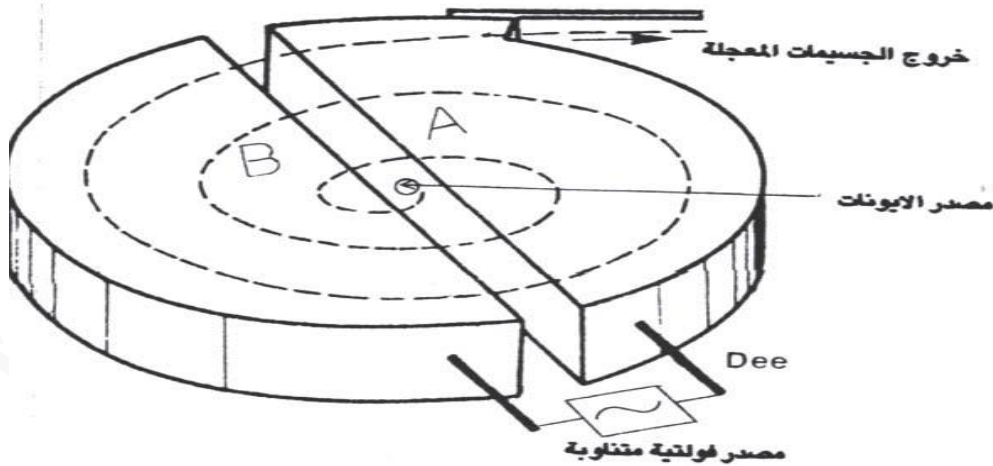
❖ المعجلات الدائرية :

تستخدم جميع المعجلات الدائرية مجالاً مغناطيسياً للتأثير على مسار الجسيم وجعله يسير بمدارات دائرية معينة ، وفيما يلي ملخص لانواع المعجلات الدائرية :

1-السايكلو ترون Cyclotron : هو معجل دائري تبدأ الجسيمات مدارها فيه من المركز ثم تدور بشكل حلزوني متجهة نحو الخارج ، ويستخدم فيه مجال مغناطيسي ثابت الشدة . ويتكون من زوج من اقطاب التعجيل يتكون كل منهما من نصف اسطوانة قصيرة مجوفة موضوعة واحدة امام الاخرى وهما مربوطتان الى مصدر للفولتية المتناوبة .

اما مصدر الايونات فيوضع عادة في المركز اي في الفجوة التي بين نصفي الاسطوانة . ان هذه المجموعة كلها توضع بين قطبي مغناطيس كهربائي كبير . والشكل ادناه يوضح كيفية عمل السايكلو ترون .

فإذا رمزنا لأحد نصفي الاسطوانة بالرمز A والآخر B ، فعندما تكون A موجبة تتعجل الجسيمات الموجبة الشحنة خلال الفجوة نحو B ، وفي داخل B تسير الجسيمات بمسار دائري بسبب تأثير المجال المغناطيسي ، وبعد ان تنتهي من قطع نصف دورة داخل B ، تكون اقطاب الفولتية قد انعكست فتصبح B موجبة و A سالبة عندها سيكتسب الجسيم تعجيلا اضافيا عبر الفجوة بين A , B ثم يتحرك بمسار دائري اخر داخل A ولكن بنصف قطر اكبر من السابق وهكذا يستمر الجسيم بالتحرك في انصاف اقطار تتزايد في كل مرة وذلك نتيجة للزيادة في طاقة التعجيل التي يحصل عليها من خلال مروره بالفجوة بين B,A الى ان يقترب المسار من المحيط الخارجي للاسطوانة عندها يستعمل مجال كهربائي مساعد لكي يحرفها عن طريقها الدائري فتخرج من نافذة صغيرة حيث يكون بانتظارها المادة المراد قصفها.

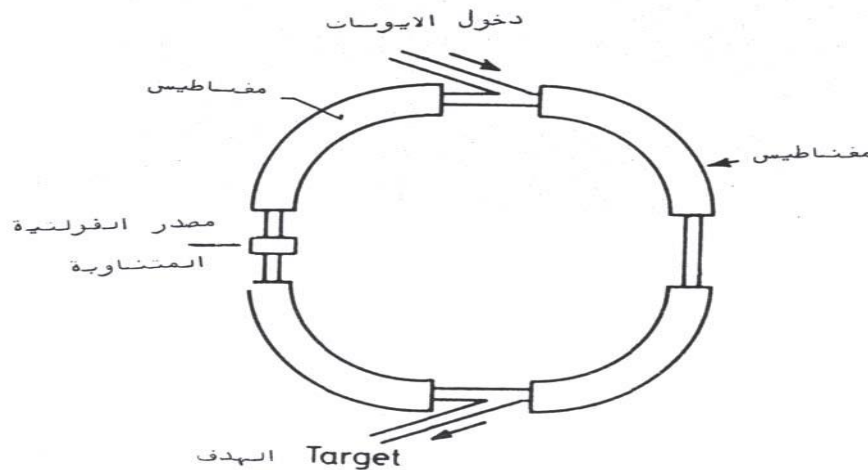


2-البيئاترون Betatron : وهو معجل يستخدم لتعجيل الالكترونات حيث لا يمكن استخدام السايكلوترون الاعتيادي لتعجيل الالكترونات بسبب تزايد كتلة الالكترون مع زيادة سرعته بشكل سريع ، حسب مبدأ النسبية لاينشتاين . لذلك يستخدم البيئاترون لتعجيل الالكترونات حيث تدور الالكترونات بنصف قطر ثابت تحت تأثير مجال مغناطيسي متغير . يتكون البيئاترون من انبوبة دائرية مجوفة ومفرغة من الهواء اشبه

بالحلقة ، تدور الالكترونات داخلها ، وهذه الحلقة موضوعة بين قطبي مغناطيس كهربائي كبير . يعتمد مبدأ عمل البيئاترون على توليد مجال كهربائي محتث من خلال التغيير في شدة الفيض المغناطيسي المؤثر على المسار الدائري للالكترونات ، حيث يستفاد من هذا المجال الكهربائي المحتث في عملية التعجيل.

3-السينكروترون Synchrotron : يعتبر السينكروترون اكثر المعجلات المارة الذكر تطوراً ، وفيه تدور الجسيمات بنصف قطر ثابت ، فكلما زادت طاقة الجسيم ازداد الفيض المغناطيسي بشكل منتظم لكي يبقي الجسيمات محافظة على نصف قطر مسارها ، كذلك فان التردد يتغير أيضاً خلال فترة التعجيل . والشكل ادناه يمثل مخططاً لفكرة السينكروترون ، حيث تتألف انبوبة التعجيل من اجزاء مستقيمة متصلة باجزاء دائرية وتحيط بهذه الاجزاء الدائرية مغناط كهربائية على شكل حرف C لغرض تنظيم دوران الجسيمات ، ثم هناك مصدر للفولتية المتناوبة لغرض تعجيل الجسيمات ، وعادة يحتاج السينكروترون الى معجل ابتدائي اضافي لاعطاء الجسيمات طاقة اولية قبل ادخالها له.

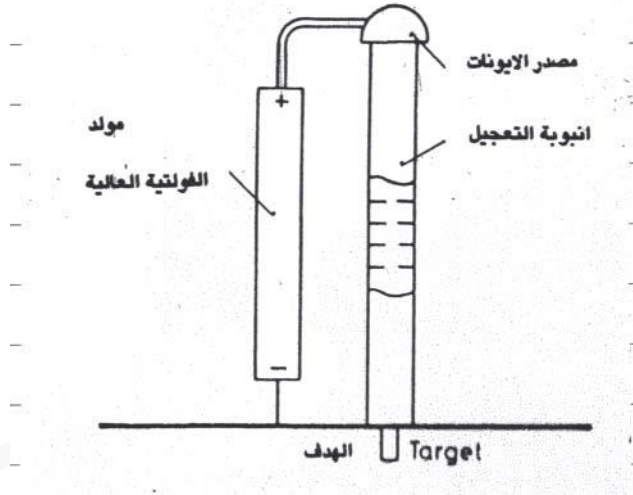
وهناك نوعان من معجلات السينكروترون يعملان بنفس المبدأ هما البروتون سينكروترون (Proton Synchrotron) ، والالكترون سينكروترون (Electron Synchrotron) وكل منهما يدل على نوع الجسيمات التي يعجلها.



معجلات الجهد المباشر :حيث يعجل الايون بفرق جهد كهربائي ثابت ، ويكون على نوعين:

1-معجل فان دي كراف (Van De Graaft Accelerator) :

توصل (فان دي كراف) لصنع معجل قادر على احداث فرق جهد يبلغ ملايين الفولتات . والشكل ادناه يوضح مخططا لفكرة هذا النوع من المعجلات . وفكرة عمل هذا النوع من المعجلات بسيطة جدا ، حيث تتعجل الايونات بمساعدة الفولتية العالية من اعلى انبوبة التعجيل الى اسفلها ، وبعد ان تخرج الايونات المعجلة تصطدم بمادة الهدف المراد قصفه بالايونات لاجراء التفاعلات النووية .



2-معجل تاندام Tandem Accelerator :

معجل تاندام هو اشبه بمعجل (فان دي كراف) ، ولكنه اكثر تطورا ، ويتم التعجيل فيه خلال مرحلتين او اكثر ، لانه يستخدم نفس فرق الجهد العالي لاكثر من مرة في تعجيل الجسيمات ، فهو عبارة عن معجلين ملتصقين احدهما بالآخر لذلك فهو يوفر طاقة اكبر .