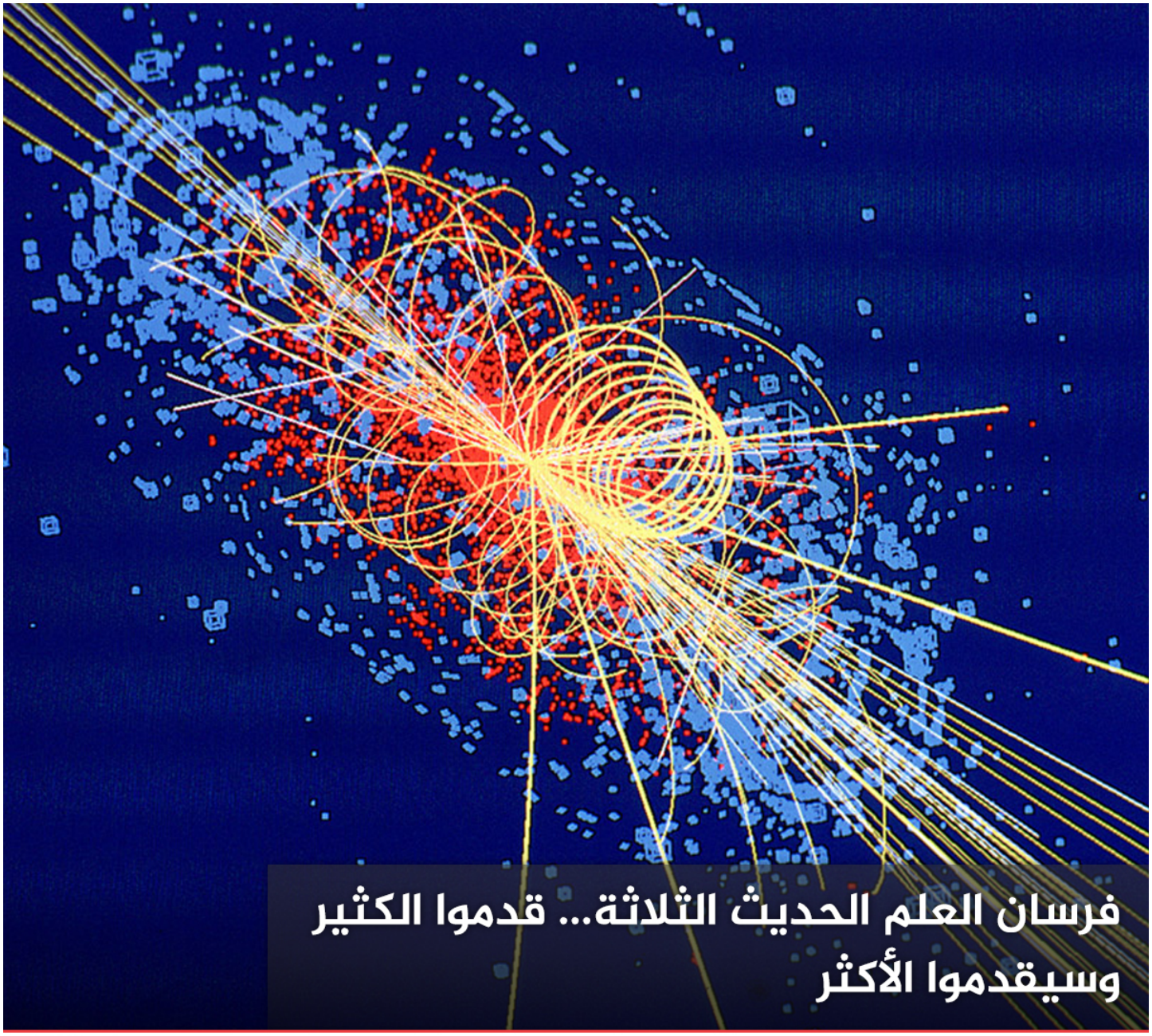
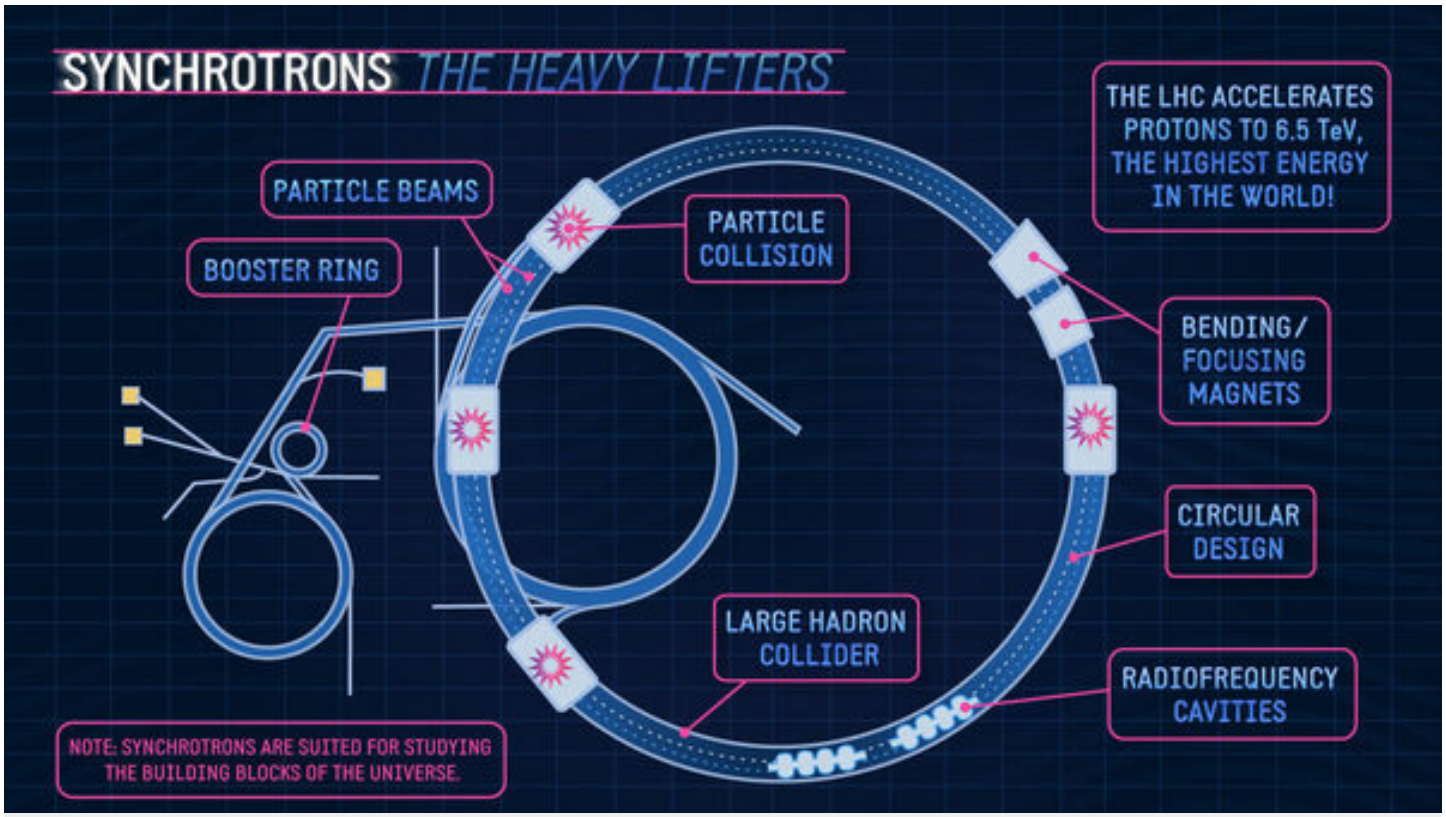
فرسان العلم الحديث الثلاثة... قدموا الكثير وسيقدمون الأكثر



قد يأخذ البحث في مجال الفيزياء عالية الطاقة عدة أشكال، ولكن تعتمد معظم التجارب في هذا المجال على المسرعات التي تقوم بتكوين الجسيمات وزيادة سرعتها حسب الطلب.

والتالي يعتبر مقدمةً حول ثلاثة أنواع مختلفة من مسرعات الجسيمات: السينكرترون والسيكلوترون والمسرعات الخطية التي تعرف اختصاراً بـ **"linac"**.



يظهر في الصورة السينكرترون بوصفه كمصعد ثقيل، حيث يكون مصادم الهدرونات LHC الكبير على شكل حلقة وبداخله حزمٌ من الجسيمات، ويوجد على محيطه مغانط منحنية مركزة ويتخلله تجاويف من الترددات الراديوية، حيث إن تلك المغانط والترددات الراديوية تكون كفيلةً بحدوث تصادماتٍ للجسيمات بعد دخولها أنبوب مصادم الهدرونات الكبير من حلقة التسريع المجاورة، حيث يقوم المصادم بتسريع البروتونات إلى مقدار 6.5 تريليون إلكتروفولط، وهي الطاقة الأعلى في العالم، وبذلك نجد أن السينكرترون مناسبٌ لدراسة بنية الكون.

السينكرترونات: المصاعد الثقيلة

السينكرترونات هي المسرعات الأعلى طاقةً في العالم، يتصدر مصادم الهيدرونات الكبير **LHC** القائمة بقدرته على تسريع الجسيمات لتصل إلى طاقة 6.5 تريليون إلكتروفولط قبل أن يقوم بمصادمتها بجسيماتٍ ذات طاقةٍ مساويةٍ تتحرك بالاتجاه المعاكس.

تتميز السينكرترونات بممرٍ مغلقٍ يقوم بتحريك الجسيمات حول حلقة، ويتم تشكيل المتغيرات الأخرى بواسطة أجزاء مستقيمة موجودة بين الانعطافات (بما يشابه حلبة سباق أو مثلث أو مسدس)، وعندما تدخل الجسيمات المسرع، تبدأ بالتحرك في مسار دائري مراراً وتكراراً ودائماً ضمن أنبوب مفرّغ.

تزيد تجاويف الترددات الراديوية الموجودة على مسافاتٍ معينةٍ ضمن المسار الحلقي من سرعة الجسيمات. تشكل عدة أنواع من المغانط حقولاً كهرطيسية، والتي يمكن استخدامها في حني وتركيز حزم الجسيمات، تتشكل الحقول الكهرطيسية ببطء في أثناء تسارع الجسيمات. تقطع الجسيمات مسار مصادم الهدرونات الكبير **LHC** حوالي 14 مليون مرة في غضون 20 دقيقة، فهي بحاجة لأن تصل إلى مستوى الطاقة المطلوب.

يقوم الباحثون بإرسال حزم من الجسيمات المسَرَّعة واحدةً ضمن الأخرى لتشكيل تصادماتٍ في المواقع المحاطة بأجهزة رصد الجسيمات، ويحدث ـبشكل نسبيـ عدد قليل من التصادمات في كل مرة تلتقي فيها الحزم مع بعضها البعض.

ولأن الجسيمات تدور باستمرار ضمن السينكرترون، فإن الباحثين يستطيعون تمرير حزم الجسيمات ضمن بعضها البعض عدة مرات، مما يسمح بحدوث عددٍ كبيرٍ من التصادمات مع الوقت، وبالتالي المزيد من البيانات لدراسة هذه الظاهرة النادرة.

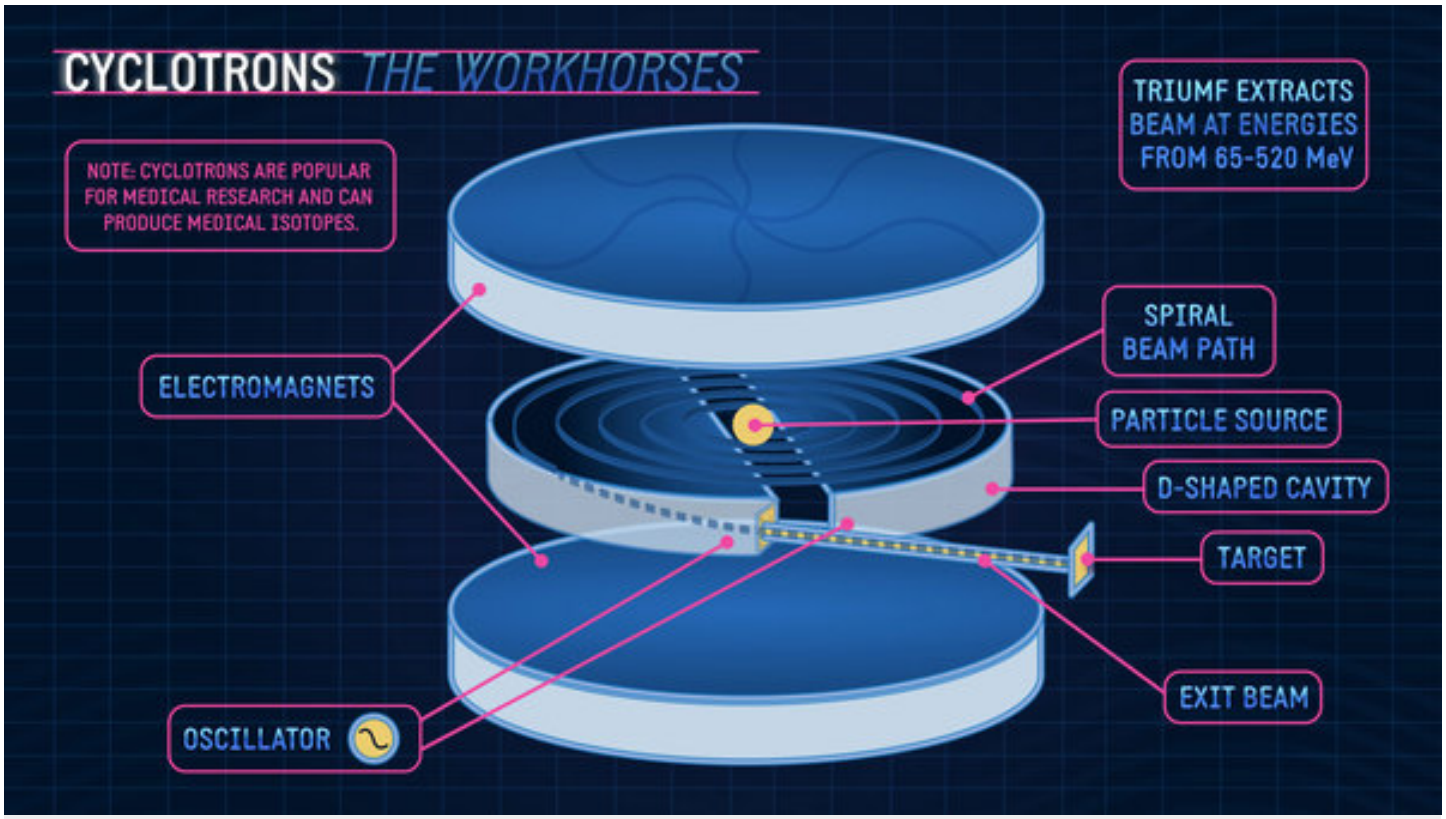
يقول مايك لامونت **Mike Lamont** رئيس عمليات مصادم الهدرونات الكبير **LHC** في سيرن **CERN**: "رصدت كلاً من أجهزة مصادم الهدرونات الكبير الحلقي المعروفة بـ **ATLAS** والميون الحلزوني المدمج المعروف بـ **CMS**، ما يقارب 400 مليون تصادم في الثانية العام الفائت، ولذلك فإن هذا التصميم مفيدٌ جداً".

تجعل الطاقة العالية للسينكرترونات منهم مناسبين لدراسة بنية كوننا، على سبيل المثال، تمكن علماء الفيزياء من مشاهدة الدليل على وجود جسيم هيغز **Higgs boson** ضمن تصادمات مصادم الهدرونات الكبير **LHC**، فقط لأنه تمكن من تسريع الجسيمات إلى مثل هذه الطاقة العالية وإنتاج معدل التصادمات العالي هذا.

يقوم مصادم الهدرونات الكبير مبدئياً بصدم البروتونات ببروتونات أخرى، ولكن بمقدوره أيضاً أن يقوم بتسريع أنوية ثقيلة مثل نواة الرصاص **Pb**، ويمكن تعديل سينكرترونات أخرى خصيصاً لتقوم بتسريع أنواع مختلفة من الجسيمات.

يستطيع مصادم الأيونات الثقيلة النسبي **RHIC** الموجود في مختبر بروكهافن الوطني **Brookhaven National Laboratory** في نيويورك **jsvdu Hd adx** بدءاً بالبروتونات ونهايةً بنواة اليورانيوم.

فبحسب عالمة الفيزياء أنجليكا دريز **Angelika Drees** في مصادم الأيونات الثقيلة النسبي، فإن هذا المصادم يحافظ على حزم الجسيمات مستقطَبةً باستخدام مغانط مصممة خصيصاً لهذا الغرض، بإمكانه أيضاً أن يصدم أيونات ثقيلة مثل اليورانيوم والذهب لتشكيل بلازما من الكواركات والغلونات (الغلونات جسيمات أولية تربط بين الكواركات)، وهي ذلك الحساء الحار للغاية الذي شكل الكون تماماً بعد الانفجار الكبير.



يظهر السيكلوترون في الصورة، بوصفه حصان العمل، ونلاحظ أنه يتكون من قرصين من المغانط الكهربائية، يوجد بينهما مسار الحزمة الحلزوني وفي مركزه يتوضع مصدر الحزمة، ويحيط بالمسار من كلا الجانبين تجويفان مذبذبان على شكل حرف D، تخرج الحزمة من أحدهما لتصطدم بالهدف، وبنجاحٍ يقوم السيكلوترون باستخراج حزمة بطاقة تتراوح بين 65 و 520 مليون إلكتروفولط، مما يجعله مناسباً للأبحاث الطبية وإنتاج النظائر المستخدمة في العديد من المجالات الطبية والعلاجية.

السيكلوترونات: الأحصنة العاملة

تعتبر السينكرترونات وليدة نوع آخر من المصادمات الدائرية تدعى بالسكلوترونات، والتي تقوم بتسريع الجسيمات ضمن مسار حلزوني يبدأ من مركزها.

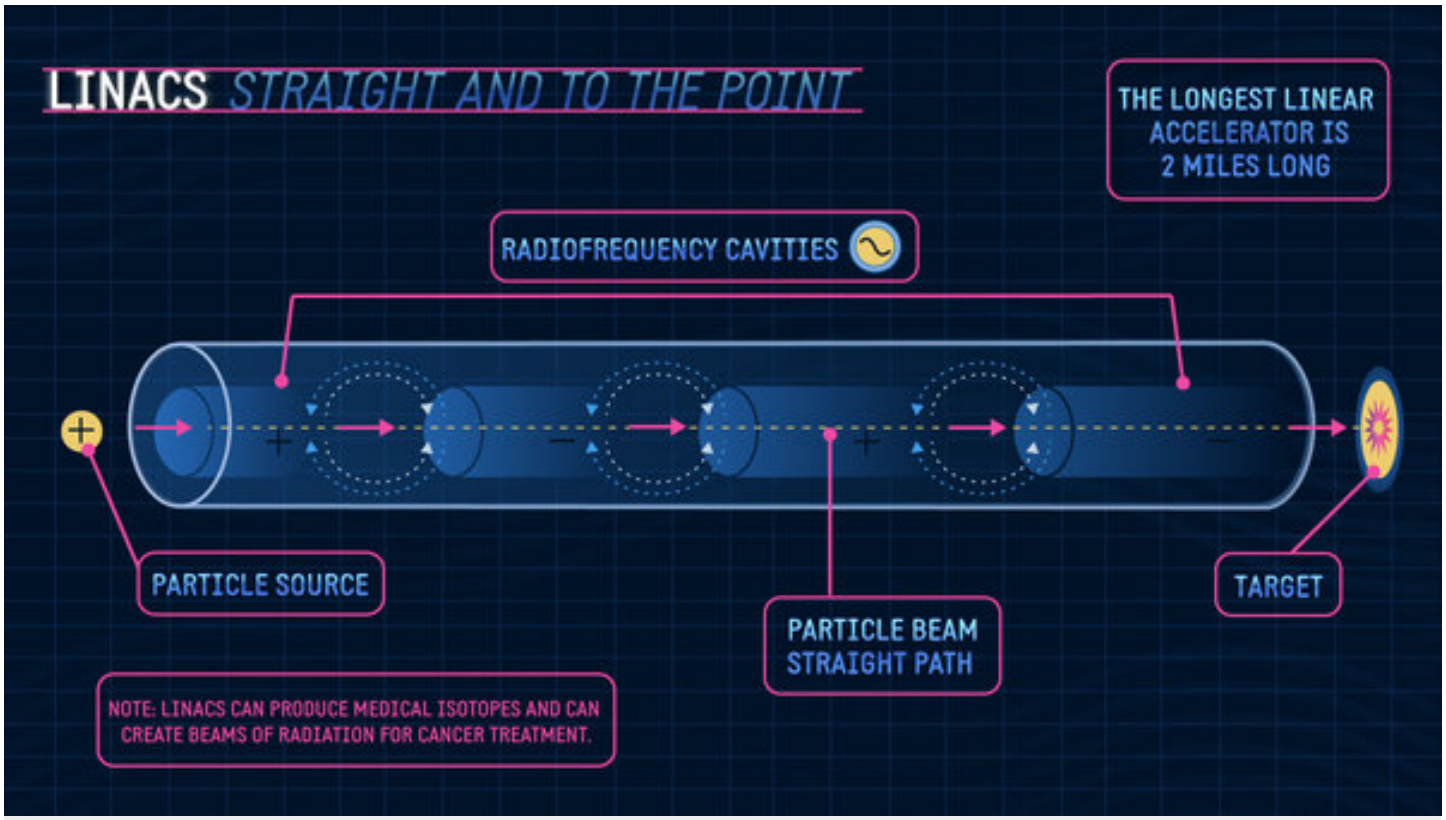
كما هو الحال في السيكنرترونات، تستخدم السيكلوترونات مغانط كهربائية ضخمة لحنيِ حزمة الجسيمات في شكل دائرة. على أي حال، تستخدم السيكلوترونات مغناطيس واحد فقط مما يحد من الحجم الذي يمكن أن تصل إليه هذه المصادمات، وتستخدم إلكترود معدني يقوم بدفع الجسيمات للتحرك ضمن دوائر متزايدة الضخامة مشكّلةً مساراً حلزونياً.

تُستخدم السيكلوترونات غالباً لإنتاج كميةٍ كبيرةٍ من نوع محدد من الجسيمات مثل الميونات والنترونات، وهي أيضاً شائعة الاستخدام في مجال البحث الطبي كونها تمتلك مجال الطاقة والشدة المناسبَين لإنتاج النظائر الطبية. يقع أكبر سيكلوترون في العالم في مختبر كلية الميزون في جامعة **British Columbia** وتعرف اختصاراً بـ **TRIUMF** والواقعة في فانكوفر في كندا.

يقوم علماء الفيزياء القائمون على سيكلترون **TRIUMF** بشكلٍ منتظمٍ بتسريع الجسيمات إلى ما يقارب 520 مليون إلكتروفولط، ويمكنهم

سحب الجسيمات من أجزاء مختلفة من المسرع الخاص بهم من أجل التجارب التي تتطلب جسيماتٍ عند طاقاتٍ مختلفة، وبحسب ما يقول عالم الفيزياء إيوارت بلاكمور **Ewart Blackmore** الذي ساعد في تصميم وبناء المسرع **TRIUMF**، فإن هذا ما يجعله نوعاً من المسرعات القابلة للتكيف.

يقول بلاكمور **Blackmore**: "بالتأكيد نقوم باستخدام هذه المنشأة كل يوم عندما نكون بالعمل، حيث نقوم بإنتاج حزمٍ عالية الطاقة مرتفعة التيار من أجل إنتاج النظائر المستخدمة في الطب، حيث نقوم عند طاقات معينة باستخراج حزمة واحدة من أجل إنتاج جسيمات مثل البيونات والميونات المستخدمة في البحوث، وفي خط حزمة آخر نقوم باستخراج حزم من الأنوية المشعة لدراسة خصائصها".



تظهر الصورة المسرّع الخطي المعروف بـ Linac، حيث نلاحظ أنه مؤلف من مسار حزمة مستقيم يبدأ بمصدر الحزمة وينتهي بالهدف، تتخلله على مسافات معينة تجاويف من الترددات الراديوية، وهو مناسب لإنتاج النظائر الطبية والحزم المستخدمة في علاج السرطان، يأخذ المسرع الخطي عدة أطوال ويصل طول أطول مسرع خطي في العالم إلى ميلين.

المسرعات الخطية: باستقامة مباشرةً في الهدف

تعد المسرعات الخطية مفضلةً من أجل التطبيقات والتجارب الفيزيائية التي تتطلب حزماً ثابتةً وشديدة، يستضيف مختبر المسرع الوطني في مركز ستاندفورد للمسرع الخطي المعروف بـ **SLAC**، أطول مسرع خطي في العالم والبالغ طوله ميلين والذي بإمكانه في إحدى نقاطه أن يسرع الجسيمات حتى 50 مليار إلكترونفولط، يستخدم مختبر المسرع الوطني في فيرمي **Fermi National Accelerator Laboratory** مسرعاً خطياً أقصر لتسريع البروتونات قبل أن يرسلها إلى مسرع مختلف، وفي النهاية يتم تدفق الجسيمات ضمن هدف معدل خصيصاً لإنتاج الحزمة النيوترونية الأكثر شدةً في العالم.

في الوقت الذي تحتاج فيه المسرعات الدائرية إلى عدة لفاتٍ لتسريع الجسيمات إلى الطاقة المطلوبة، فإن المسرعات الخطية تقوم

بإيصال الجسيمات إلى تلك السرعة من خلال طريق أقصر، حيث تبدأ الجسيمات الحركة من إحدى النهايتين بطاقة منخفضة، وتقوم الحقول الكهرطيسية الموجودة على طول المسرع بتسريع الجسيمات.

عندما تتحرك الجسيمات في مسار منحني، فإنها تنشر قسماً من طاقتها على شكل إشعاع، بينما عندما تتحرك في مسار مستقيم، فإن ذلك يعني أنها تحتفظ بطاقتها لنفسها.

تُستخدم سلسةٌ من تجاويف الترددات الراديوية في المسرع الخطي **SLAC** لرفع الجسيمات إلى قمة الأمواج الكهرطيسية، مما يسبب في تسريعها على طول مسار المسرع.

تُستخدم المسرعات الخطية كما السيكلوترونات في إنتاج النظائر الطبية، كما تستخدم لتشكيل حزم من الإشعاع لاستخدامها في معالجة السرطان، تعتبر المسرعات الخطية الإلكترونية المستخدمة في علاج السرطان أكثر أنواع المسرعات شيوعاً.

- التاريخ: 2016-11-08
- التصنيف: فيزياء

#مصادم الهادرونات الكبير #علاج السرطان #سيرن #السيكلوترونات #السينكلوترون

المصادر

- symmetrymagazine
- الصورة

المساهمون

- ترجمة
  - سيف كوسا
- مُراجعة
  - همام بيطار
- تحرير
  - روان زيدان
- تصميم
  - نادر النوري
- نشر
  - مي الشاهد