ما هي معجِّلات الجسيمات؟

بقلم سوتيريوس خاريسوبولوس وفولفغانغ بيكو

الأجزاء الأساسية التي يتكون منها معجِّل الجسيمات

تنتج معجِّلات الجسيمات وتسرِّع حزماً من الجسيمات المشحونة، مثل الإلكترونات والبروتونات والأيونات، من الحجم الذري ودون الذري. ولا يقتصر استخدامها على البحوث العلمية الأساسية الرامية لتحسين فهم المادة، ولكن يمتد أيضاً لطائفة عريضة من التطبيقات الاقتصادية والاجتماعية المتعلقة بالصحة والرصد البيئي وجودة الأغذية والطاقة وتكنولوجيات الفضاء الجوي، من بين مجالات أخرى.

ومعجِّلات الجسيمات يمكن أن تكون خطية (مستقيمة) أو دائرية من حيث الشكل، وتتفاوت أحجامها تفاوتاً كبيراً. فقد يبلغ طول بعضها عشرات الكيلومترات، في حين تكفي غرفة صغيرة لاحتواء بعض آخر، بيد أنَّ جميع المعجِّلات تضمُّ أربعة مكونات رئيسية:

1. مصدر لإنتاج الجسيمات المشحونة؛
2. جهاز مركَّب لتزويد الجسيمات بالطاقة وتسريعها عن طريق تعريضها لمجال كهربائي استاتيكي أو متذبذب؛
3. سلسلة من الأنابيب المعدنية في منطقة مفرَّغة للسماح للجسيمات بالتحرك بحرية دون الاصطدام بجزيئات الهواء أو الغبار التي يمكن أن تتسبَّب في تشتيت الحزمة؛
4. نظام من المغناطيسات الكهربية لتوجيه حزم الجسيمات وتركيزها أو تغيير مسارها قبل استخدامها لقصف العينة المستهدفة.

استخدامات حزم الجسيمات

الصحة

تُستخدم الحزم في تعقيم المعدات الطبية وإنتاج النظائر المشعة اللازمة لصنع المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية لأغراض تشخيص السرطان وعلاجه. وتكفل المعجِّلات الكبيرة القدرة على تدمير خلايا السرطان، والكشف عن بنية البروتينات والفيروسات، والارتقاء باللقاحات والأدوية الجديدة إلى المستوى الأمثل.

البحوث

تُستخدم بعض المعجِّلات – الأكبر حجماً – لدفع الجسيمات دون النووية للتصادم من أجل النهوض بمعارفنا عن الكون. ويُستخدم بعض هذه المعجِّلات أيضاً في إنتاج النيوترونات.

البيئة

عادة ما يمكن استخدام حزم البروتونات في الكشف عن العناصر الكيميائية النزرة في الهواء والماء والتربة. ويمكن الاستفادة من ذلك، على سبيل المثال، في الكشف عن تركيب مختلف الملوثات ومستوى تركُّزها وإعطاء بصمة فريدة لجودة الهواء.

الصناعة

يمكن لحزم الجسيمات أن تتفاعل مع ذرات المادة المستهدفة – على سبيل المثال لتعزيز متانة تلك المادة.

أنواع معجِّلات الجسيمات

أجهزة زرع الأيونات

تُستخدم أجهزة زرع الأيونات على نطاق واسع في الصناعة، لأغراض منها على سبيل المثال تعزيز مقاومة المواد للتلف بفعل البلي والاستخدام. ويوجد حول العالم نحو ١٢ ٠٠٠ من أجهزة زرع الأيونات التي تسهم في صنع أشباه الموصلات للاستخدام في الهواتف الذكية والألواح الشمسية، وفي تصليد التشطيبات المعدنية والخزفية والزجاجية. ويمكن أيضاً استخدام أجهزة زرع الأيونات لتحسين موثوقية المواد المستعملة في الأجهزة الطبية التي تُزرع داخل الجسم.

المعجِّلات الخطية

تتفاوت المعجِّلات الخطية من حيث الطول، من معجِّلات لا يتجاوز طولها المترين إلى معجِّلات يصل طولها إلى بضعة كيلومترات. ويُستخدم الكثير من هذه المعجِّلات في البحوث العلمية. وتُستخدم المعجِّلات الطبية المركَّبة في المستشفيات لإنتاج دفقات من الأشعة السينية تُوجَّه نحو خلايا الأورام لتدميرها. ويجري تشغيل ما يقرب من ١٠٠٠ معجِّل خطي طبي حول العالم.

السنكروترونات

السنكروترونات نوع عملاق من معجِّلات الجسيمات، ويوجد منها أكثر من ٧٠ جهاز حول العالم. وتُستخدم السنكروترونات في البحوث العملية وتساعدنا على فهم القوانين الأساسية للكون، ويستعين بها العلماء في دراسة الكيمياء، والطب البيولوجي، والتراث الطبيعي والثقافي، والبيئة، ومجالات أخرى عديدة.

استخدام معجِّلات الحزم الإلكترونية في الصناعة

هناك ما يقرب من ١٠ ٠٠٠ من معجِّلات الحزم الإلكترونية العاملة على الصعيد العالمي. ويمكن استخدام هذه المعجِّلات في أغراض منها على سبيل المثال المساعدة على تعزيز متانة المواد في درجات الحرارة المتطرفة أو زيادة مقاومتها للمواد الكيميائية. وتُستخدم الحزم الإلكترونية أيضاً في تعقيم المنتجات الطبية والأغذية، وتطهير مياه الصرف الصحي. وتُستخدم أيضاً على نطاق واسع في صناعة السيارات وصناعة الفضاء الجوي، وفي بناء الآلات، وفي قطاع صناعة المنتجات الطبية.

السيكلوترونات

يوجد حول العالم أكثر من ١٢٠٠ من السيكلوترونات التي تُستخدم لإنتاج حزم البروتونات أو الديوتيرونات للاستعمالات الطبية. وتُستخدم السيكلوترونات في إنتاج النظائر المشعة اللازمة للتصوير الطبي من أجل تشخيص السرطان وعلاجه. والعديد من السيكلوترونات يوجد في المستشفيات لإنتاج المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية المحتوية على نظائر مشعة قصيرة العمر.

المعجِّلات الإلكتروستاتية

المعجِّلات الإلكتروستاتية، وأبرزها المعجِّلات الترادفية، هي نوع أقل تكلفة من المعجِّلات يستخدمه العلماء في تقصِّي خصائص المواد، ورصد البيئة، ودعم البحوث الطبية البيولوجية، ودراسة القطع التراثية الثقافية، وأغراض أخرى. ويتوقع العلماء أنَّ العدد الحالي لهذه المعجِّلات، والبالغ ٣٠٠ جهاز حول العالم، سوف يتزايد على مدى السنوات المقبلات.

اليوم يوجد أكثر من

٢٠٠٠٠

من المعجِّلات قيد التشغيل حول العالم

الحجم

من معجِّلات تسعها غرفة صغيرة

معجِّل خطي طبي

إلى عشرات الكيلومترات

السنكروترونات

(الرسوم: أدريانا فارغاس تيرونيس، الوكالة الدولية للطاقة الذرية)