IAEA
الوكالة الدولية للطاقة الذرية

الوكالة الدولية للطاقة الذرية تقدِّم:

الآفاق العالمية في ميدان الاندماج لعام 2023

طاقة الاندماج: الحاضر والمستقبل

بقلم: رافائيل ماريانو غروسي، المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية

الطبعة الأولى

23-03344A

أيلول/سبتمبر 2023

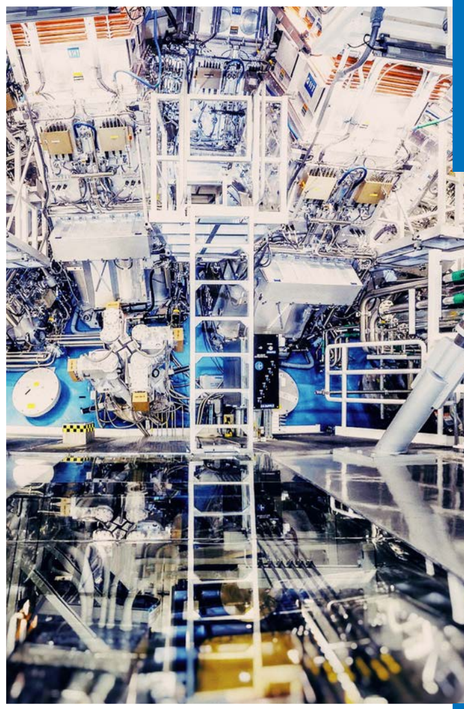
IAEA.ORG

عملية تصنيع أحد الأوعية الفرعية لمفاعل إيتير في إيطاليا. الصورة مهداة من المنظمة المعنية بمفاعل إيتير.

"إنَّ الإنجازات التي تتوالى في العديد من التخصصات، من علم الفيزياء إلى علوم الحوسبة والهندسة وعلوم المواد، تدفع باطراد صوب تحويل طاقة الاندماج من مجرد رؤية إلى حقيقة واقعة."

المدير العام للوكالة
السيد رافائيل ماريانو غروسي

الاندماج النووي يبشِّر بإمكانية التوصل إلى مصدر غير محدود للطاقة النظيفة المنخفضة الكربون.



في كانون الأول/ديسمبر 2022، تحققت خطوة كبرى للأمام بعد تحقيق فائض في مكسب الطاقة للأغراض العلمية للمرة الأولى على الإطلاق (أي تحقيق تفاعل اندماجي تكون مخرجات الطاقة الناتجة عنه أكبر من مدخلات الطاقة المستخدمة في بدئه وإدامته) في مرفق الإشعال الوطني بمختبر لورانس ليفرمور الوطني في الولايات المتحدة الأمريكية.
الصورة مهداة من مختبر لورانس ليفرمور الوطني.

من دواعي فخري أن أقدِّم للقراء العدد الأول من منشور الوكالة المعنون "الآفاق العالمية في ميدان الاندماج"، وأنا على يقين من أنَّ هذا المنشور سوف يصبح مرجعاً عالمياً للمعلومات والتحديثات الموثوقة بشأن موضوعه المبهر والواعد حقاً، والذي يبشر بإمكانية التوصل إلى مصدر غير محدود للطاقة النظيفة المنخفضة الكربون، أي: طاقة الاندماج.

وبالاقتران مع الطلب المتزايد على الطاقة النظيفة اللازمة لتشغيل الاقتصادات حول العالم والتخفيف من حدة تغير المناخ وحماية كوكبنا، ومع الزيادة الكبيرة التي شهدها الاستثمار الرأسمالي في قطاع صناعة الاندماج في الآونة الأخيرة، تتوالى الإنجازات التكنولوجية والعلمية التي تحفِّز الجهود الدولية الرامية إلى إيجاد أول محطة مجدية من الناحية الاقتصادية لتوليد الكهرباء باستخدام طاقة الاندماج. وقد نجحت الشركات الخاصة في اجتذاب مليارات الدولارات من شركات التمويل الرأسمالي المخاطر وصناديق التمويل الخاصة والسيادية وغيرها من الهيئات الاستثمارية المؤسسية. وبالنظر إلى جسامة التحديات المرتبطة بعلوم وتكنولوجيا الاندماج، فإنَّ تحقيق التقدم في مجال طاقة الاندماج يتطلب زيادة التمويل من القطاع الخاص فضلاً عن الالتزام من جانب الدول.

وقد شهد هذا العام إطلاق عدَّة مبادرات حكومية جديدة تشمل الاندماج في إطار التصدي للمسائل الملحة التي يطرحها تغير المناخ، ومن هذه المبادرات إنشاء الشركة المحدودة لحلول الاندماج الصناعية في المملكة المتحدة، وتأسيس مجلس صناعة الاندماج في اليابان، واعتماد قانون الاتحاد الأوروبي بشأن إخلاء قطاع الصناعة من الانبعاثات، والذي ينص على تشجيع الاستثمار في تكنولوجيا الاندماج، وإصدار ورقة تحديد موقف بشأن بحوث الاندماج في ألمانيا، بالإضافة إلى تخصيص برنامج تطوير الاندماج القائم على المعالم المرحلية التابع لوزارة الطاقة في الولايات المتحدة مبلغاً قدره 46 مليون دولار أمريكي لثماني شركات تجارية عاملة في مجال الاندماج. ■

إطلاق العنان لمستقبل الاندماج

لا يزال مجال الاندماج يواجه عدداً من التحديات الكبرى، ومن أهمها التحديات المتعلقة بتحقيق الظروف اللازمة لحدوث تفاعل اندماجي ذاتي الاستدامة في مادة غازية مؤيَّنة مرتفعة الحرارة والكثافة، أو ما يُعرف بالبلازما، على غرار التفاعل الذي تستمد منه النجوم طاقتها. وتشمل هذه التحديات الوصول إلى درجات حرارة شديدة الارتفاع، تتجاوز 100 مليون درجة مئوية؛ واحتواء البلازما الساخنة لفترة طويلة داخل قلب غرفة الاندماج؛ وصُنع السطح الداخلي لجهاز الاندماج بحيث يتحمل هذه الظروف البالغة الشدة؛ وإغلاق دورة الوقود؛ واستخراج وتسخير كمية الطاقة الهائلة الناتجة عن الاندماج. وقد شهد عام 2023 تحقيق ثلاثة إنجازات مهمة تسهم في التغلب على هذه التحديات. وقد تحقق أول هذه الإنجازات في الصين في مرفق التوكاماك التجريبي المتقدم الفائق التوصيل (مرفق توكاماك إيست)، الذي برهن عملياً على تشغيل أجهزة التوكاماك بطريقة تحسِّن احتواء الطاقة، أو بعبارة أخرى، الاحتفاظ بالبلازما لفترة طويلة مع تجنب تراكم الشوائب. وتمثَّل ثاني الإنجازات في تحطيم الأرقام القياسية للأداء في مرفق الستلاريتور W7-X في ألمانيا، وهو المرفق الأكثر تقدماً من نوعه بعد تحديثه مؤخراً، حيث أمكن تفريغ البلازما لفترة طويلة مع تحقيق عائد مرتفع من الطاقة، ومن ثم إثبات إمكانية المحافظة على استمرارية التفاعل المزدوج بين كميات كبيرة من الطاقة في البلازما مع إزالة الحرارة بطريقة خاضعة للتحكم. وأخيراً، نجح مرفق الإشعال الوطني في الولايات المتحدة الأمريكية في تموز/يوليه 2023 في تحقيق فائض في مكسب الطاقة للأغراض العلمية أعلى مما أُعلن عنه العام الماضي. وفي سياق آخر، أدَّى التقدم المحرز في مواجهة التحديات المتصلة بالاندماج إلى تعزيز اليقين الرقابي بشأن قطاع صناعة الاندماج الآخذ في النمو، عقب إعلان الهيئة الرقابية النووية في الولايات المتحدة أنَّ الاندماج سيخضع لإطار رقابي وطني مختلف عن التنظيم الرقابي الحالي لمحطات القوى القائمة على الانشطار النووي. ■

43
شركة من القطاع الخاص في أنحاء مختلفة من العالم.

دور الوكالة المحوري في أنشطة البحث والتطوير في ميدان الاندماج

تعمل الوكالة على تشجيع البحث والتطوير في مجال طاقة الاندماج منذ أكثر من 60 عاماً، ولا تزال تدعم بقوة أنشطة البحث والتطوير والجهود الرامية إلى نشر طاقة الاندماج في المستقبل من خلال الجمع بين الأوساط المهتمة بالاندماج لإيجاد حلول للتحديات العلمية والتكنولوجية على حد سواء. وفي السنوات الأخيرة، زادت الوكالة من أنشطتها في ميدان الاندماج في إطار جهود متعددة التخصصات. وشمل ذلك العمل على تناول مرافق طاقة الاندماج بطريقة شمولية، وتجميع أفضل الممارسات المتبعة والدروس المستفادة من محطات توليد الطاقة الانشطارية الناجحة وإدماجها في جهود إنتاج الطاقة الاندماجية، حيثما أمكن ذلك. ويتسع نطاق البحوث العملية والتكنولوجيات المتصلة بالاندماج — بما في ذلك علوم البلازما والمواد، وبيانات عمليات الاندماج الأساسية، والأطر الرقابية، والترخيص، والأمان النووي، والتصرف في النفايات النووية، والمسائل المتعلقة بالمسؤولية النووية، والجوانب الاقتصادية لمرافق الاندماج النووي — ليشمل جميع الإدارات التقنية والوحدات التنظيمية التابعة للوكالة. وقد أُنشئت في عام 2019 اللجنة التنسيقية المعنية بالاندماج النووي، وهي لجنة داخلية جامعة لمختلف المجالات تتولى تنسيق الأنشطة البرنامجية المتصلة بالاندماج داخل الوكالة. ويعمل كلٌّ من المجلس الدولي لبحوث الاندماج النووي وفريقي الوكالة الاستشاريين الدائمين المعنيين بالطاقة النووية وبالتطبيقات النووية على توفير المشورة بشأن طائفة من الأنشطة الرئيسية التي تضطلع بها الوكالة لتعزيز التعاون الدولي بشأن البحث والتطوير في ميدان الاندماج ولتحسين التقنيات والمعارف المتاحة في هذا الميدان. ■

6,2
مليارات دولار من الاستثمارات في شركات الاندماج.

إتاحة الاندماج النووي للجميع

تستخدم الوكالة مجموعة واسعة من الأدوات والعمليات لدعم دولها الأعضاء في سعيها إلى تسريع وتيرة تطوير طاقة الاندماج. ويشمل ذلك إتاحة مجموعة متنوعة من المحافل المعنية بالاندماج، مثل مؤتمر طاقة الاندماج الذي يُعقد كلَّ سنتين، وحلقات العمل التي تُعقد في إطار برنامج محطات قوى الاندماج الإيضاحية، والاجتماعات التقنية وغيرها من الفعاليات الدورية، لتمكين الخبراء من تبادل المعارف والخبرات. وبالإضافة إلى ذلك تستضيف الوكالة بوابة إلكترونية مخصصة لموضوع الاندماج النووي والعديد من قواعد البيانات ومدونات القواعد، بما في ذلك نظام المعلومات عن أجهزة الاندماج؛ وتيسر الحصول على الخدمات الإشعاعية والتحليلية من خلال المنظمات والمرافق الشريكة؛ كما تدير مشاريع بحثية منسقة وتعقد أنشطة تدريبية وتعليمية حول الموضوع؛ وتدعم إقامة الشراكات الاستراتيجية، غالباً من خلال اتفاقات رسمية – عادةً ما تكون ثنائية – بشأن التعاون، ومن أمثلة ذلك التعاون القائم منذ فترة طويلة مع منظمة مفاعل إيتير منذ إنشائها، ومؤخراً مع منظمات في الولايات المتحدة الأمريكية والصين. وقد اضطلعت الوكالة العام الماضي بدور أساسي في تأسيس منظمة "العاملات في مجال الاندماج"، وهي منظمة لا تستهدف الربح تعمل على تعزيز التكافؤ بين الجنسين في الأوساط المعنية بالاندماج وتهيئة بيئة عمل ترحِّب بالجميع. وتنشر الوكالة التقدم المحرز من خلال هذه الأنشطة فيما تصدره من الوثائق التقنية والمنشورات، وفي المجلات العلمية القائمة على استعراض النظراء، وفي بوابة الاندماج الإلكترونية وعبر قنوات التواصل الاجتماعي وغيرها من وسائل الاتصال. ■

60
عاماً من العمل على تشجيع البحث والتطوير بشأن طاقة الاندماج في الوكالة.

"التعاون الدولي عاملٌ حيوي الأهمية في التغلب على هذا التحدي الهندسي العظيم الذي يطرحه علينا القرن الحادي والعشرون."

المدير العام للوكالة
السيد رافائيل ماريانو غروسي

تلبية احتياجات المستقبل من الطاقة

تعمل الوكالة على تعزيز دعمها للدول الأعضاء من خلال تسريع وتيرة البحث والتطوير في مجال توليد الكهرباء باستخدام طاقة الاندماج من أجل تلبية احتياجات المستقبل من الطاقة والحد من انبعاثات الكربون. والتعاون الدولي عاملٌ حيوي الأهمية في التغلب على هذا التحدي الهندسي العظيم الذي يطرحه علينا القرن الحادي والعشرون. وستواصل الوكالة القيام بدورها بصفتها منظمة دولية، من خلال العمل مع البلدان والمنظمات الأخرى وقطاع صناعة الاندماج المتسارع النمو حول العالم من أجل التصدي للتحديات العلمية والتكنولوجية والمساهمة في توفير الموارد البشرية الموهوبة ودعم سلسلة الإمداد وإرساء أفضل الممارسات في إدارة المعارف والتواصل مع الجمهور حتى تغدو الطاقة الاندماجية حقيقة واقعة. ■

قريباً: الوكالة تصدر الآفاق العالمية في ميدان الاندماج لعام 2023.
طالعوا المزيد بقراءة الرمز الإلكتروني باستخدام جهاز مناسب.