تعرّف على أغرب مختبرات الفيزياء المدفونة تحت الأرض!

www.nasainarabic.net
@NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic

يمطر سطح الأرض بشكل مستمر وابل من الجسيمات عالية الطاقة ودون الذرية (subatomic particles)،المتولدة عن تفاعلات الأشعة الكونية في أعلى الغلاف الجوي. هذا الرذاذ الخفي يخلق خلفية من التلوث الإشعاعي تحجب بصمة جسيمات أو قوى يبحث عنها العلماء. ويكمن حل هذه الإشكالية في نقل التجارب إلى تحت أفضل مظلة طبيعية نملكها، ألا وهي قشرة الأرض.

وبينما يصعب بناء المنشآت تحت الأرض والوصول إليها، إلا أنها مكان مثالي لرصد تفاعلات الجسيمات النادرة؛ فالصخر في الأعلى يعمل كدرع يقي التجارب من وصول أجسام غير مرغوبة إليها، فتمنع أشياء كالميونات مثلا (**muons**) من التأثير. وخلال العقود القليلة الماضية ألقت منشآت الفيزياء تحت الأرضية بمزاعمها عن بعض أكبر وأعقد التجارب الكشفية في العالم، والتي ستساهم في اكتشافات هامة في الفيزياء.

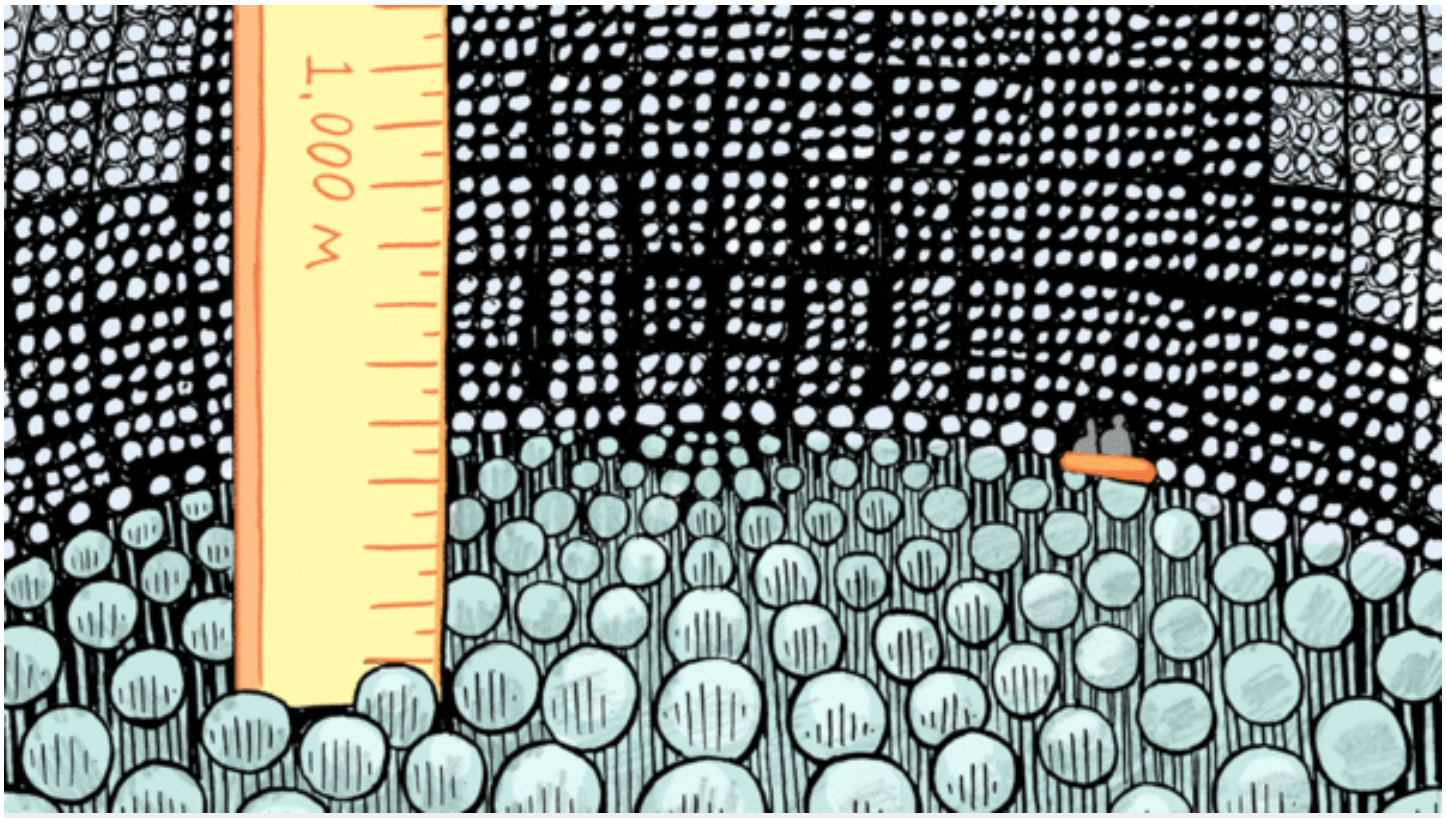
يقول الأمريكي هنري سوبيل **Henry Sobel**، المشارك والمتحدث باسم تجربة سوبر كاميوكاندي (**Super-Kamiokande**) في مرصد كاميوكا: "في بداية الستينيات، أدرك الباحثون في حقول الذهب في كولار في الهند، ومنجم الذهب ذا إيست راند في جنوب أفريقيا أنه لو نزلوا إلى عمق كاف تحت سطح الأرض، فهناك إمكانية لرصد دقيق لجسيمات عالية الطاقة ناتجة عن تصادم الأشعة الكونية بالغلاف الجوي"، وأضاف قائلا: "وقد ادعى الفريقان كلاهما توثيق رصد أول نيوترينات (**neutrinos**) الغلاف الجوي على أعماق مختلفة تحت سطح الأرض".

لكن حتى مع وجود كامل المنشآت تحت سطح الأرض، فإن الكواشف ذات الحساسية العالية تتطلب وقاية إضافية من الجسيمات المتناثرة، والكم القليل من الإشعاع الناجم عن الصخور والتجهيزات. وأحد الأمثلة هي تجربة "لوكس" (**LUX**: تجربة الكزينون الكبيرة تحت الأرضية) في منشأة سانفورد للبحوث تحت الأرض **Sanford**، والتي تبحث عن جسيمات المادة المظلمة (**dark matter**) المسماة **WIMPs** أو "الجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل".

يقول هاري نيلسون **Harry Nelsom**، وهو باحث في تجربة لوكس، ومتحدث باسم تجربة **LUX-Zeplin** القادمة في مختبر سانفورد: "إن النزول تحت سطح الأرض يُقصي معظم النشاط الإشعاعي لكن ليس كله، لذا استخدمنا 72 ألف غالون من الماء كدرع، ليبقي كلٌ من النيوترينات وأشعة غاما بعيدة عن تجربة لوكس".

يحافظ العلماء في المنشآت تحت الأرضية حول العالم ـ وزملاؤهم المبدعون الأقرب إلى سطح الأرض ـ على سيرورة تجارب متنوعة تسعى نحو هدف مشترك وهو الإجابة عن التساؤلات حول طبيعة المادة والطاقة.

اعرف أكثر عن المنشآت القابعة على عمق 1000 متر أو أكثر تحت سطح الأرض، والتي تغوص بعمق نحو أسرار الكون.



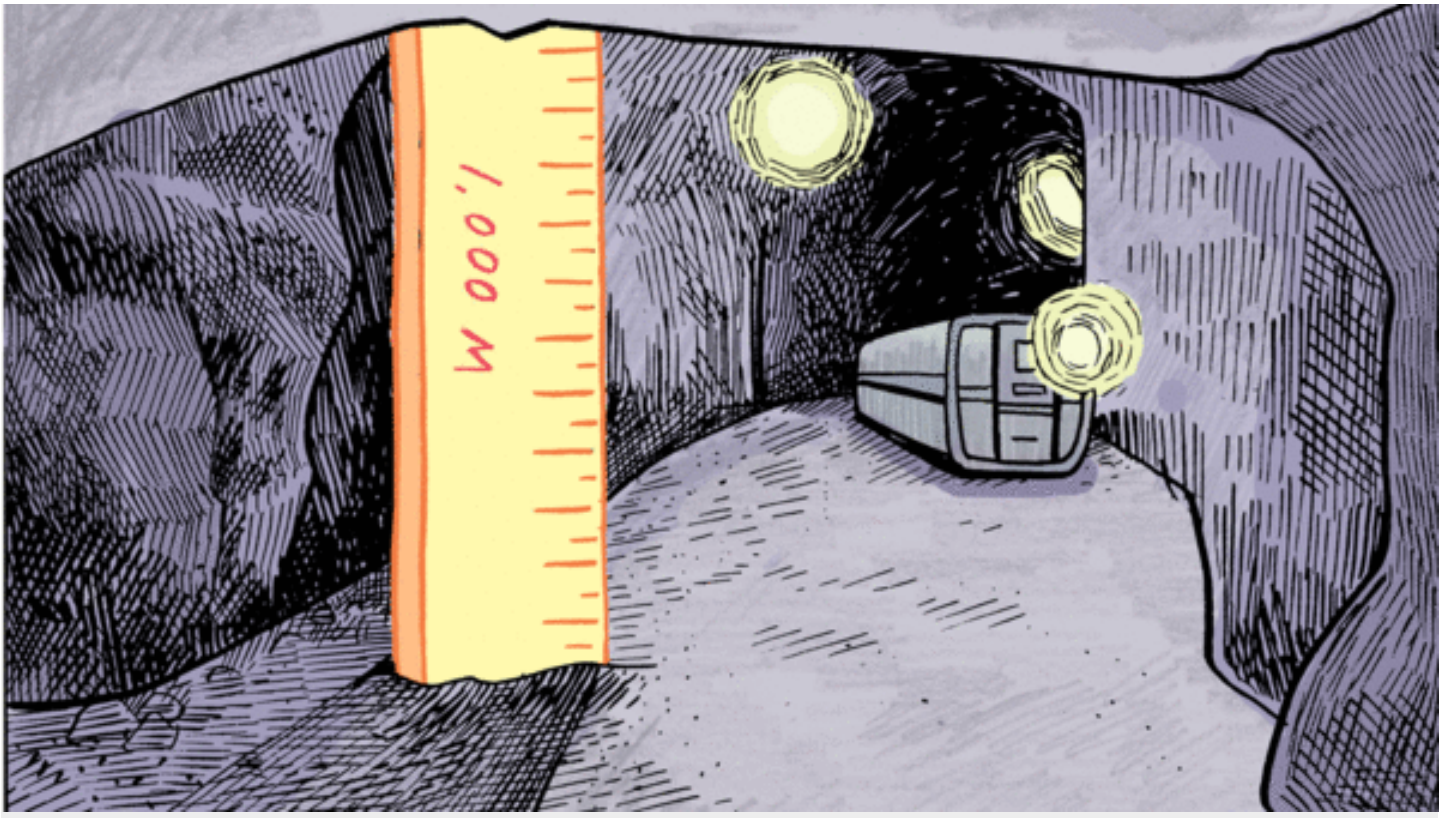
صورة : مرصد كاميوكا (Kamioka Observatory). حقوق الصورة: Illustration by Sandbox Studio, Chicago with Corinne Mucha

مرصد كاميوكا Kamioka Observatory

يقع على عمق 1000 متر، وقد تأسس عام 1983
تقع هذه المنشأة التي عرفت سابقا باسم "مرصد كاميوكا تحت الأرضي" في منجم موزيومي في هيدا بمقاطعة جيفو في اليابان. فالمناجم العاملة سابقا تركت أماكن كبيرة للمنشآت تحت الأرضية، وتم استخدام هذه التجاويف العملاقة داخل الجبال والأرض بدلا من حفر أخرى جديدة ستكون غير فعالة من حيث التكلفة.

ركز كاميوكا بشكل أساسي على فهم استقرار المادة من خلال البحث عن التفكك الذاتي للبروتونات باستخدام تجربة أطلقوا عليها اسم "كاميوكاندي" (**KamiokAndi**). وبما أن النيوترينات تشكل خلفية أساسية للبحث عن تفكك البروتون، أصبحت دراسة النيوترينات مسعى رئيسيا للمرصد أيضا.

ترصد المنشأة المعروفة اليوم بمرصد كاميوكا النيوترينات القادمة من انفجارات المستعرات الفائقة "السوبرنوفا" (**supernovae**)، والشمس ، ومن الغلاف الجوي والمسرعات. وقد مُنح تاكاكي كاجيتا **TakaaKi Kajita** عام 2015 جائزة نوبل في الفيزياء لاكتشافه تذبذب النيوترينو (يدل أن له كتلة) في الغلاف الجوي عبر تجربة كاميو كاندي الفائقة (**Super-KamioKandi**). وكانت الجائزة بالتشارك مع مرصد نيوترينات سودبيري (**Sudbury**) في كندا.

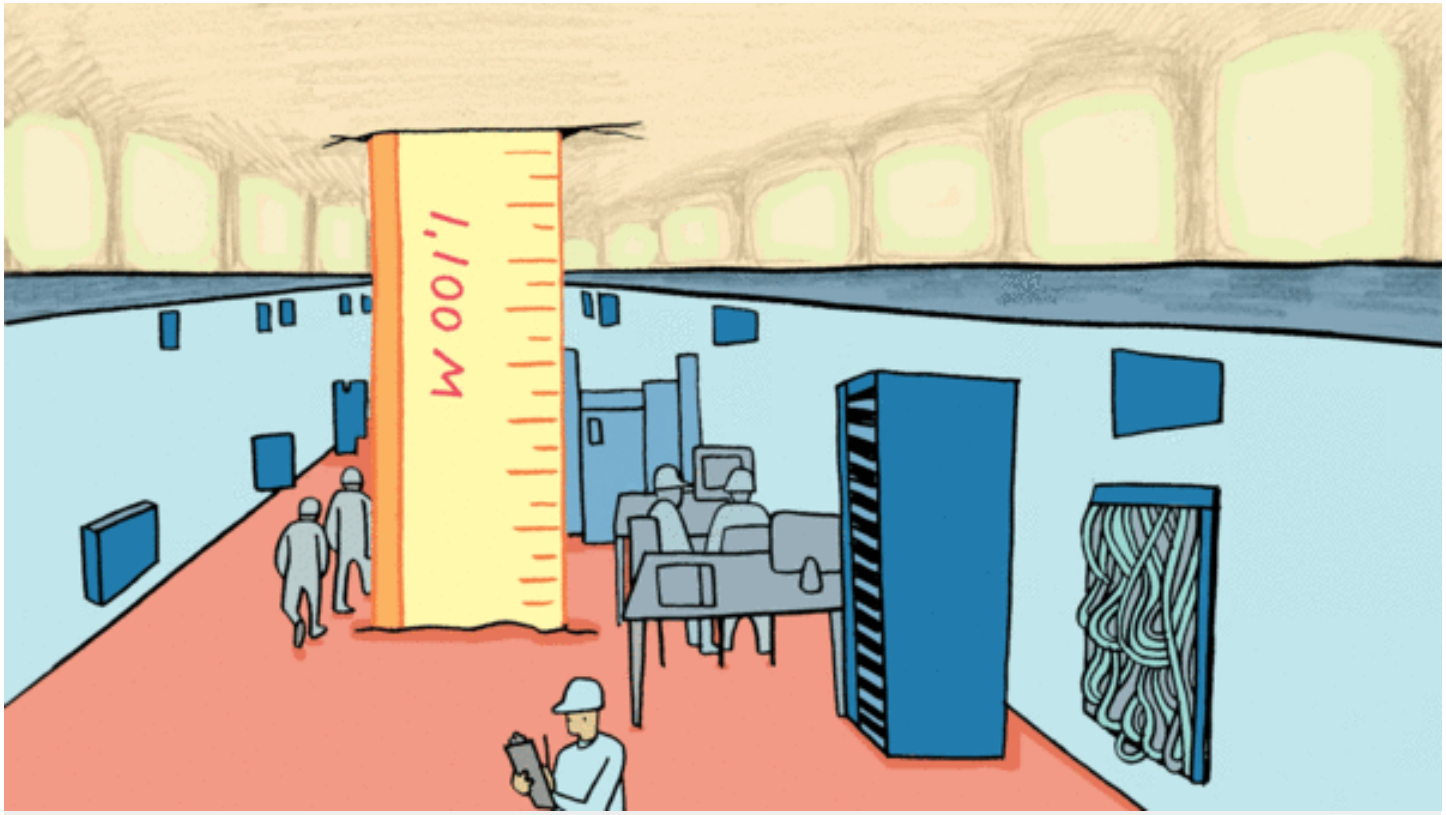


مختبر فيزياء ستاويل تحت الأرضي (stawell). حقوق الصورة: Illustration by Sandbox Studio, Chicago with Corinne Mucha

مختبر فيزياء ستاويل تحت الأرضي واختصارا SUPL

يقع على عمق 1000 متر، وهو قيد البناء
لاتزال أعمال البناء في مختبر ستاويل جارية، وذلك في منجم ذهب ستاويل النشط في فكتوريا–استراليا. وستعمل هذه المنشأة بتعاون وثيق مع مختبر غران ساسو (**Gran Sasso**) الوطني في إيطاليا، والذي قام بخطوات بارزة في بحوث المادة المظلمة بالاعتماد على إمكانية رصد جسيمات المادة المظلمة **WIMPs**. أيضا سينظر مختبر ستاويل فيما إذا كانت كمية المادة المظلمة في مجرات معينة تتغير تبعا لموقع الأرض.

ولأن استراليا تقع في نصف الكرة الجنوبي، والفصول فيها معاكسة لإيطاليا؛ فإن تجربة المادة المظلمة الموسمية هذه ستختبر نتائج إيطاليا لتعرف أكثر عن **WIMPs** والمادة المظلمة. وهناك تجربتان مطروحتان عن المادة المظلمة في مختبر ستاويل وهما: سابري **SABRE** (يوديد الصوديوم بفلترة نشطة للخلفية) و"دريفت– سايغنوس" **DRIFT-CYGNUS** (تحديد الارتداد الاتجاهي من المسارات– علم الكون الارتدادات النووية).



مختبر بولبي تحت الأرضي Boulby حقوق الصورة: Illustration by Sandbox Studio, Chicago with Corinne Mucha

مختبر بولبي تحت الأرضي Boulby

يقع على عمق 1100 متر، وقد تأسس عام 1998
يقع مختبر بولبي داخل منجم بولبي النشط للبوتاس والملح على الساحل الشمالي الشرقي لإنكلترا. وهو عبارة عن منشأة علمية متعددة الاختصاصات تقع في مكانٍ عميق تحت سطح الأرض ويشغلها مجلس منشآت المملكة المتحدة للعلوم والتكنولوجيا. ويساعد كلا من عمقها وبنيتها التحتية الداعمة على جعلها مكانا مناسبا جدا للدراسات تحت الأرضية التقليدية منخفضة الخلفية، كأبحاث المادة المظلمة، وتجارب الأشعة الكونية. كما يدرس علماؤها أيضا طيفا واسعا من العلوم تتعدى مجال الفيزياء، كالجيولوجيا والجيوفيزياء، ودراسات

البيئة والمناخ والحياة في البيئات القاسية على الأرض، بالإضافة لتطوير معدات المركبات الخاصة باستكشاف الحياة خارج الأرض.

أما بحث المادة المظلمة الجاري حاليا في بولبي فهو دريفت 2 (**DRIFT-II**) ـكاشف البحث الاتجاهي عن المادة المظلمة. وقد استضاف المختبر سابقا تجربتي زيبلن الثانية والثالثة (**Zeplin II & Zeplin III**)، السابقتين لتجربة لوكس-زيبلن (**LUX-Zeplin**) القادمة في مختبر سانفورد **Sanford**. وما يزال بولبي يُشغل تجربة **LZ**، يرافقها قياسات لنشاط المواد بوجود خلفية فائقة الصغر؛ وهي تجربة هامة لكل الدراسات الحساسة عن المادة المظلمة والأحداث النادرة.

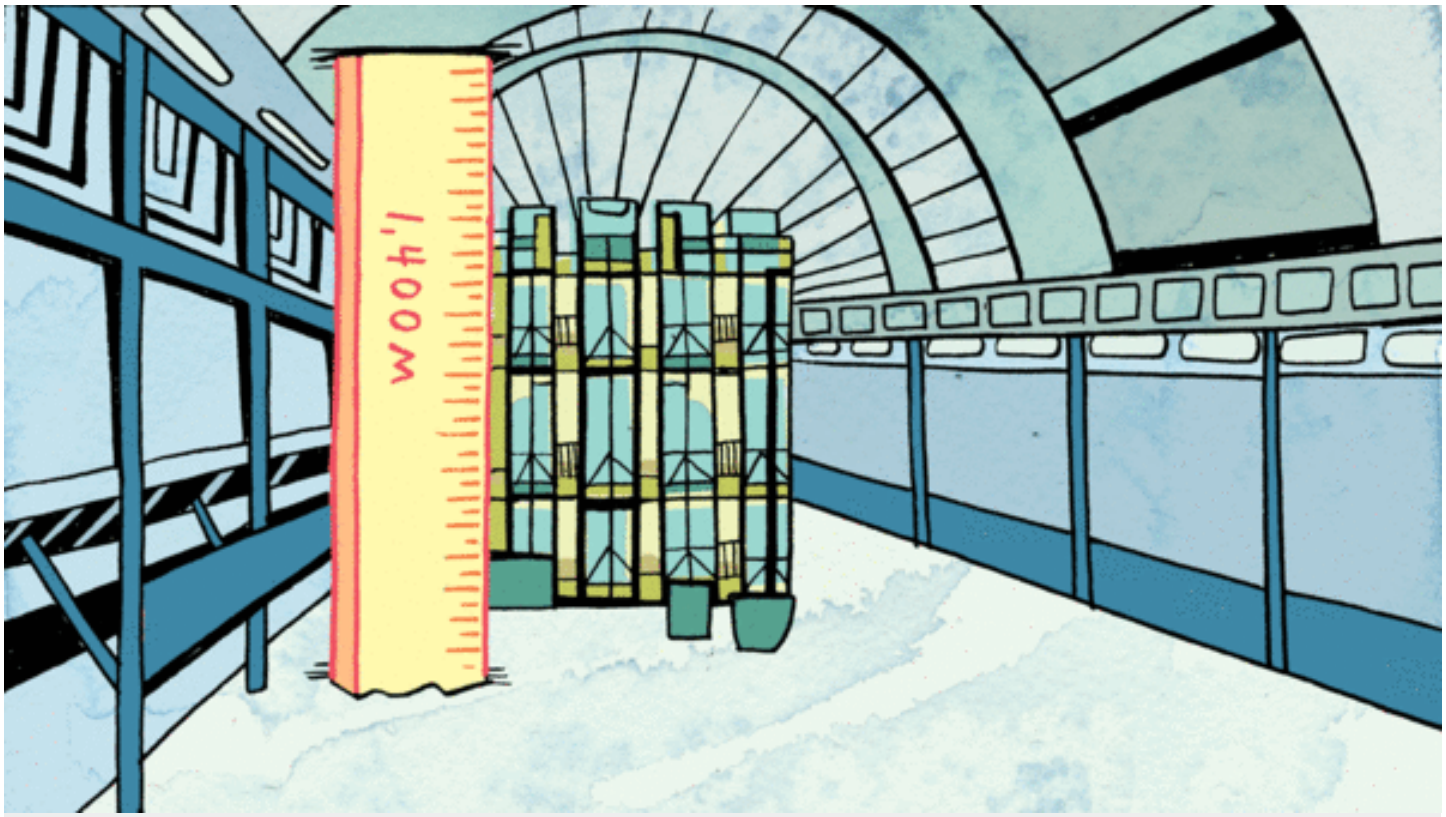
حقوق الصورة: Illustration by Sandbox Studio, Chicago with Corinne Mucha مرصد النيوترينات في الهند INO

مرصد النيوترينات في الهند INO

يقع على عمق 1200 متر، ومازال مشروعا مفترضا

إن مرصد **INO** عبارة عن عمل تعاوني يجمع بين ما يقارب خمسة وعشرين معهدا وطنيا وجامعة، ويستضيفه معهد تاتا **Tata** للبحوث الأساسية، وسيكون بشكل أساسي منشأة تحت أرضية لفيزياء الطاقة العالية غير المعتمدة على المسرعات. وسيركز المرصد دراسته على نيوترينات الميون في الغلاف الجوي باستخدام مسعر حديدي يزن خمسين كيلو طن لقياس خصائص محددة للجسيمات المراوغة صعبة الكشف.

كما سيتوسع أيضا إلى منشأة علمية أكثر شمولية ليستضيف دراسات في البحوث الجيولوجية والبيولوجية والمائية. وتنتظر عمليات تشييد هذا المرصد تحت الأرضي في بوتي بيورام في تاميل نادو في الهند موافقات الحكومية للبدء.



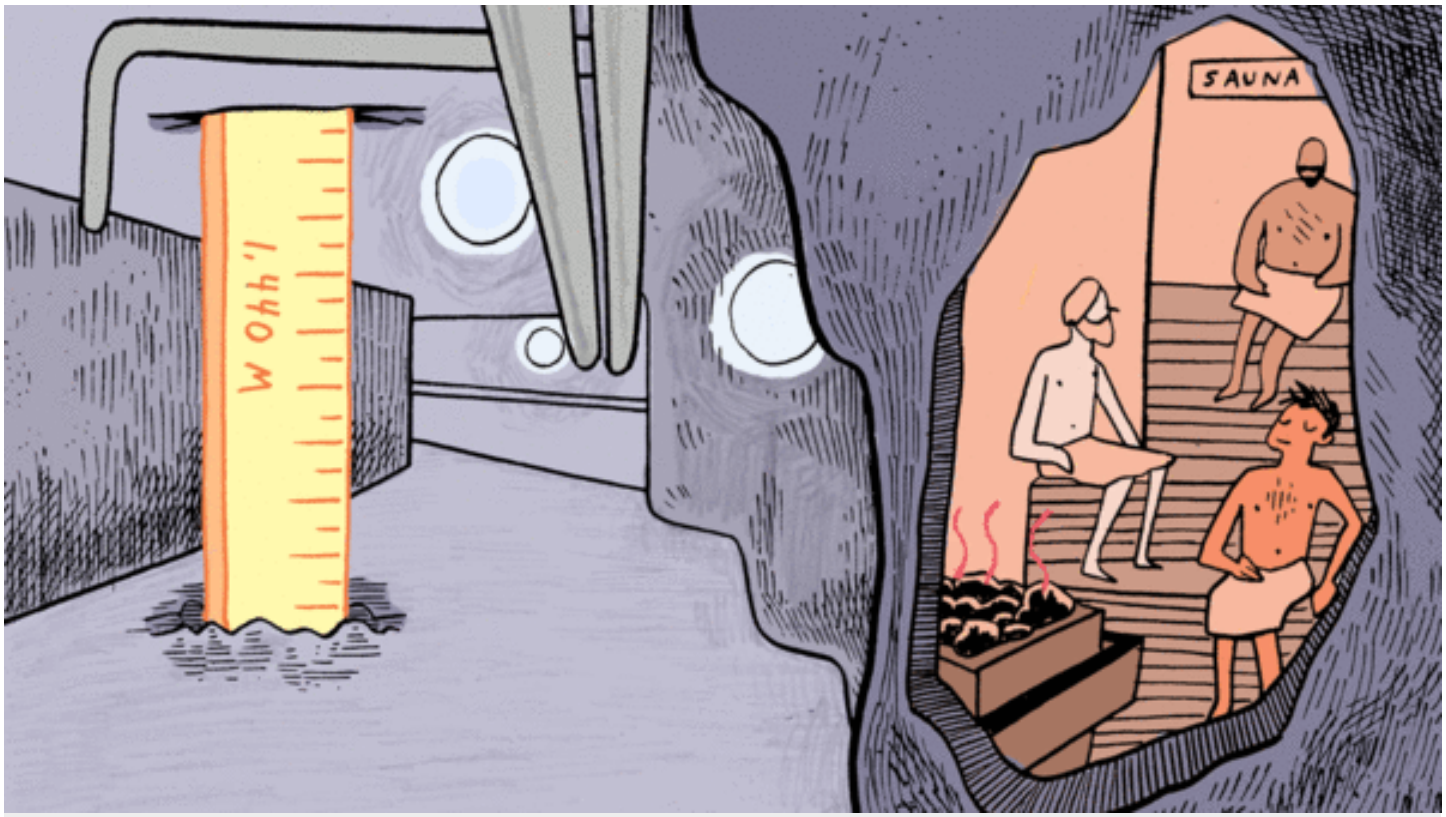
مختبر غران ساسو الوطني Gran Sasso حقوق الصورة: Illustration by Sandbox Studio, Chicago with Corinne Mucha

مختبر غران ساسو الوطني Gran Sasso

يقع على عمق 1400 متر، وقد تأسس عام 1987
يعتبر مختبر غران ساسو الوطني في إيطاليا أكبر مختبر تحت الأرض في العالم ؛ وهو مختبر لفيزياء الطاقة العالية ويجري تجارب طويلة الأمد عن النيوترينو والمادة المظلمة، وتجارب فيزياء الفضاء النووية.

تعد تجربة المختبر المسماة "أوبرا" (**OPERA**) ذات أهمية بارزة لرصدها أول ما رشح أن يكون نيوترينو تاو (**Tau Nutrino**)، والذي صدر (نتيجة الاهتزاز) عن حزمة نيوترينات ميون (**muon**) أرسلها مختبر سيرن عام 2010. وقد أعلن عن هذه التجربة في الفترة بين عامي 2012 و2015. بعد ذلك وبشكل متوالي أعلنت عن رصدها لنيوترينو تاو ثاني وثالث ورابع وخامس، مثبتة بذلك نتائجها الأولية.

ويتعاون مختبر غران ساسو أيضا مع قسم الطاقة في مختبر مسرع فيرمي الوطني؛ فبعد تحسين تجربته المسماة "إيكاروس" (**ICARUS**) في مختبرات سيرن، ستنضم إلى تجربتين في مختبر فيرمي للبحث عن نوع رابع مفترض من النيوترينو وهو "النيوترينو العقيم" (**Sterile Nutrino**).



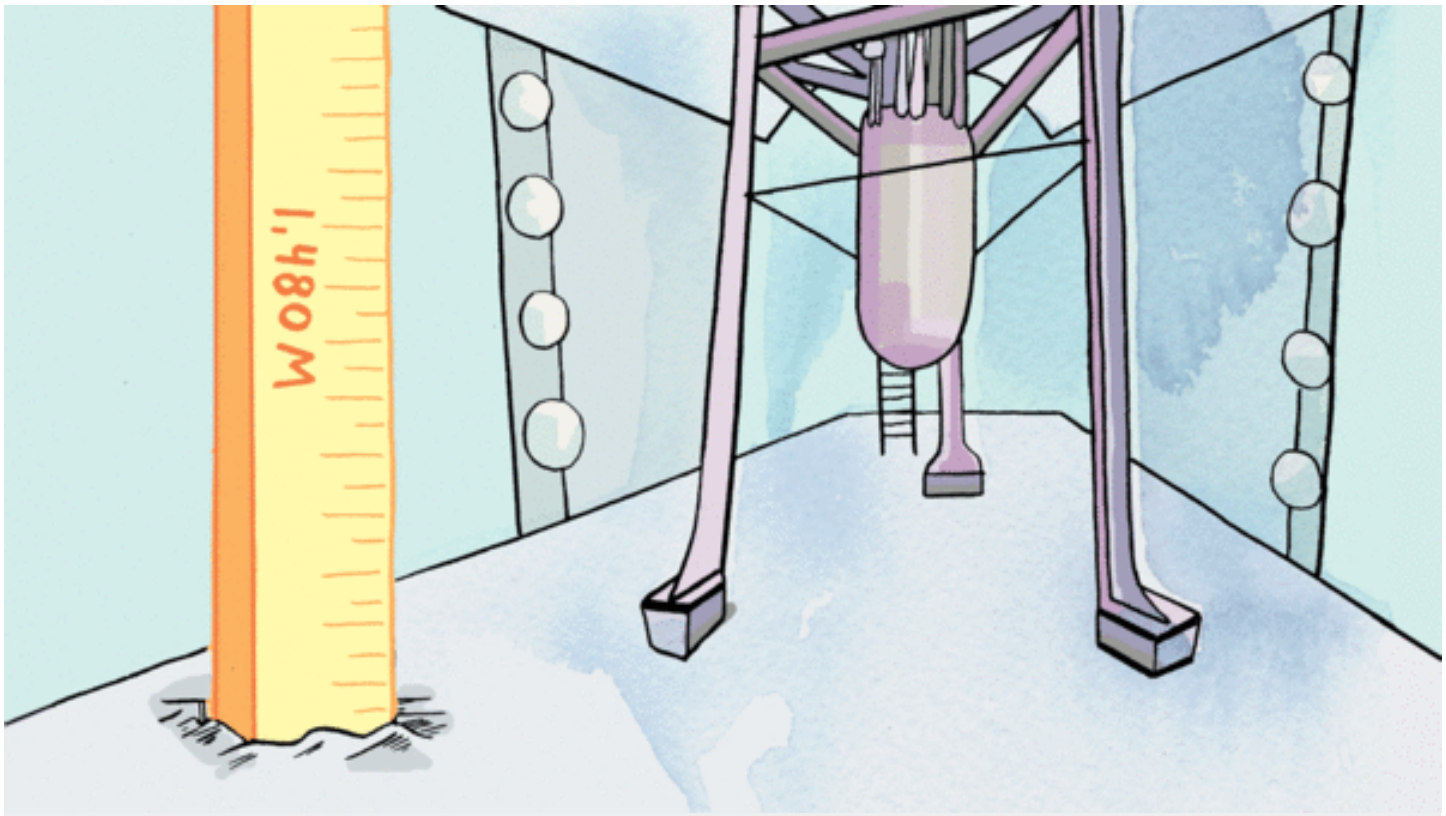
مركز الفيزياء تحت الأرضي في بياسالمي Pyhäsalmi حقوق الصورة: Illustration by Sandbox Studio, Chicago with Corinne Mucha

مركز الفيزياء تحت الأرضي في بياسالمي Pyhäsalmi (أو CUPP)

يقع على عمق 1440 متر ، وقد أسس عام 1997

يعد مركز جامعة أولو الفنلندية في منجم بياسالمي **Pyhäsalmi** أعمق منجم للمعادن في أوروبا. وبما أن المنجم يُحضر للإغلاق بحلول نهاية هذا العقد، أنشأ المجتمع المحلي مركز كاليو (**CLab**) لتأجيره للمنشآت العلمية والصناعية، ومخبر بياسالمي **CUPP** واحد منها. يضم القسم الرئيسي منه، الواقع على عمق 1420 متر، جميع المعدات والمكاتب والمطاعم، إضافة لأعمق ساونا في العالم.

تعد تجربة "إيما" **EMMA** التجربة الرئيسية في المنشأة (تجربة تستخدم منظومة للبحث عن الميونات) في المختبر رقم 1 على عمق 75 مترا. تدرس إيما الأشعة الكونية والميونات عالية الطاقة التي تمر عبر الأرض للحصول على فهم أفضل لتفاعلات الجسيمات الكونية وجسيمات الغلاف الجوي. كما يُجري المختبر أيضا بعض قياسات معدل تدفق الميون بوجود خلفية منخفضة، وأبحاث الكربون المشع للوصول إلى سوائل وامضة مستقبلية (تستخدم في الكواشف)؛ ويتم ذلك في المختبر رقم 2 على عمق 1430 مترا.



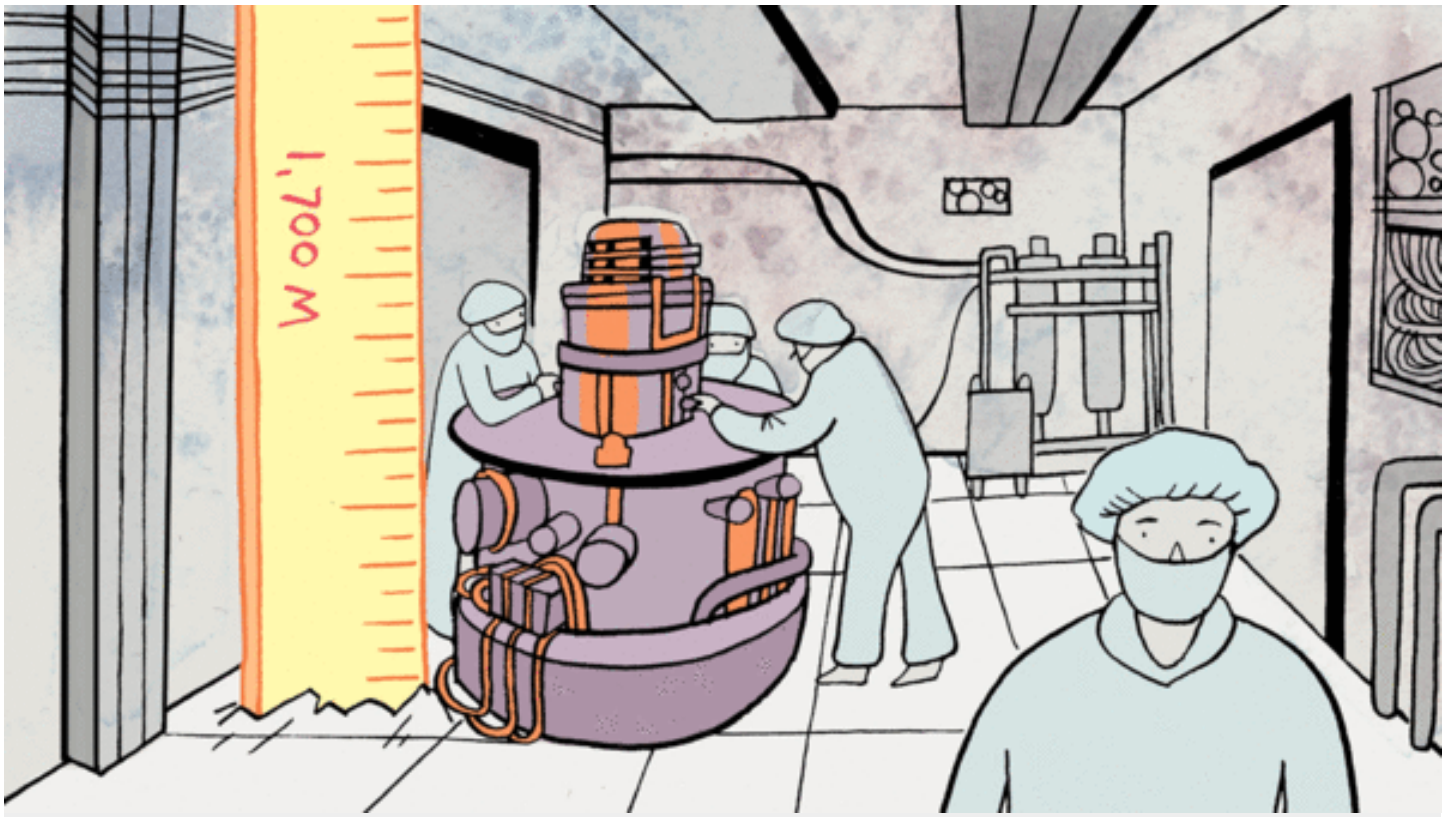
منشأة سانفورد للبحوث تحت الأرض Sanford حقوق الصورة: Illustration by Sandbox Studio, Chicago with Corinne Mucha

منشأة سانفورد للبحوث تحت الأرض Sanford

تقع على عمق 1480 مترا، وقد تأسست عام 2011

يعد مختبر سانفورد أعمق مختبر فيزياء تحت الأرض في الولايات المتحدة، ويقع في منجم ذهب هومستك (**Homestake**) السابق في منطقة ذا بلاك هيلز جنوب داكوتا. وهو ذات الموقع الذي أجرى فيه راي ديفز **Ray Davis** تجربة النيوترينو الشمسي (في الستينيات)، والتي استخدمت سائل التنظيف الجاف (**Perchloroethylene**) لإحصاء النيوترينات المتدفقة من الشمس، وقد رصدت التجربة ثلث النيوترينات المتوقعة فقط، وعرفت النتيجة باسم بمسألة النيوترينو الشمسي (**solar neutrino problem**). وفي عام 1998 اكتشف مختبري سانفورد وكاميوكا ذبذبات النيوترينو، والتي أثبتت أن النيوترينات تغير نوعها عندما تتحرك؛ وقد نال راي ديفز جائزة نوبل في الفيزياء عام 2002.

تستضيف المنشأة الآن تجربة لوكس (البحث عن المادة المظلمة)، وتجربة ماجورانا ديمونستريتر، التي تدرس خواص النيوترينات، بالإضافة لدراسات جيولوجية وهندسية وبيولوجية. وسيستضيف مختبر سانفورد أيضا "تجربة النيوترينو العميقة تحت سطح الأرض"، والتي ستستخدم كواشف مملوءة ب 70 ألف طن من الأرغون السائل لدراسة النيوترينات المرسلة من مختبر فيرمي على بعد 800 ميل.

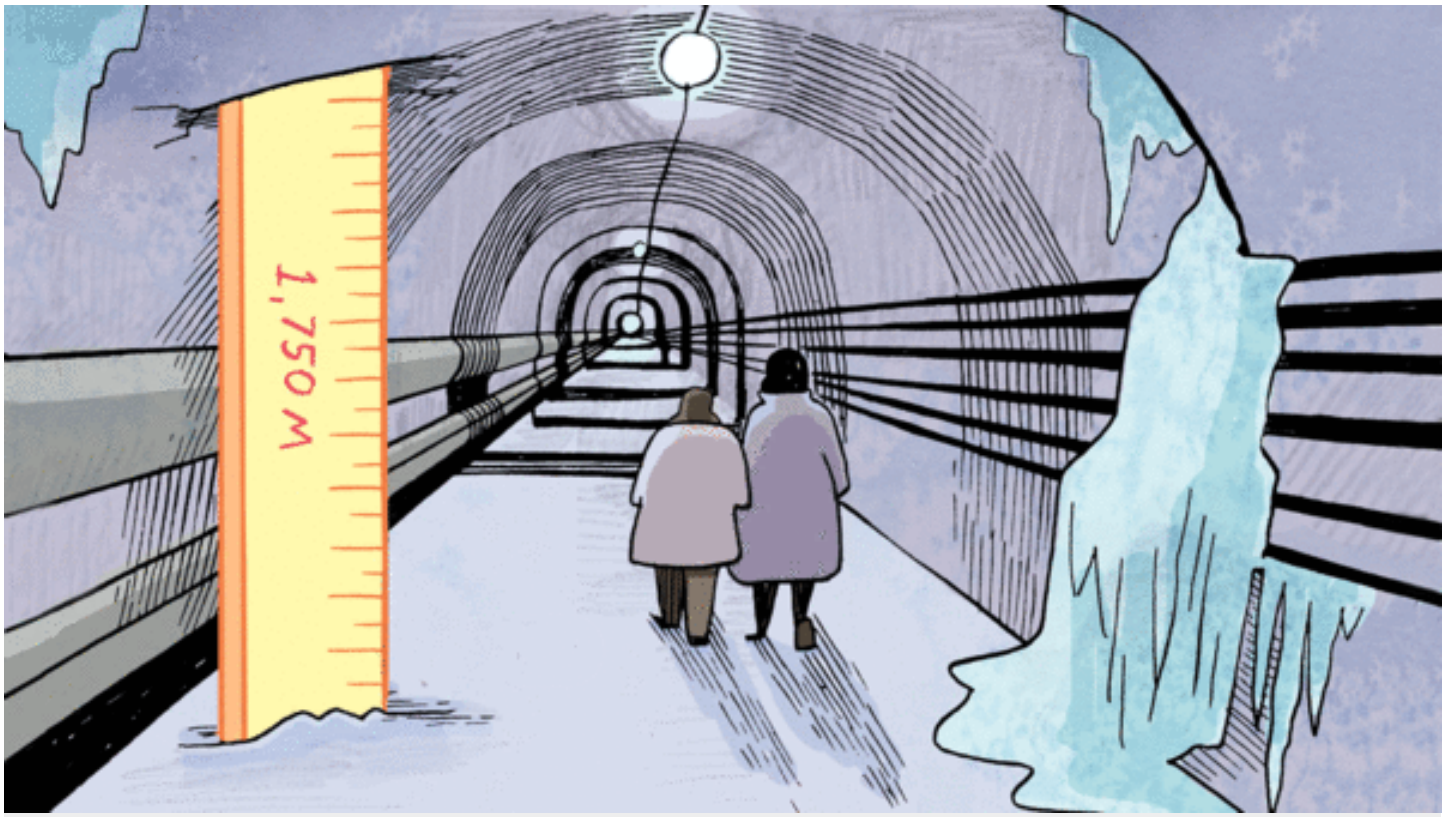


مختبر مودان تحت الأرضي Modane حقوق الصورة: Illustration by Sandbox Studio, Chicago with Corinne Mucha

مختبر مودان تحت الأرضي Modane

يقع على عمق 1700 متر، وقد تأسس عام 1982
يقع المختبر في مودان–فرنسا، في وسط نفق طريق فريجو؛ وهو مختبر متعدد الاختصاصات يستضيف تجارب في فيزياء الجسيمات، والفيزياء النووية وفيزياء الجسيمات الفضائية، إضافة لعلوم البيئة والبيولوجيا، وإلكترونيات النانو والإلكترونيات الدقيقة. يرأسه المركز الوطني الفرنسي للبحوث العلمية وجامعة جينوبل–آلبس. وتشمل أهم نشاطات الفيزياء الأساسية للمختبر تجربتي سوبر نيمو (**SuperNEMO**)، و إيديلويس (**EDELWEISS**)، حيث تدرس الأولى فيزياء النيوترينات، والثانية رصد المادة المظلمة.

ويستضيف المختبر تجارب دولية أيضا، بالتعاون مع المعهد المشترك للأبحاث النووية في دوبنا–روسيا، والجامعة التقنية التشيكية في براغ–جمهورية التشيك.

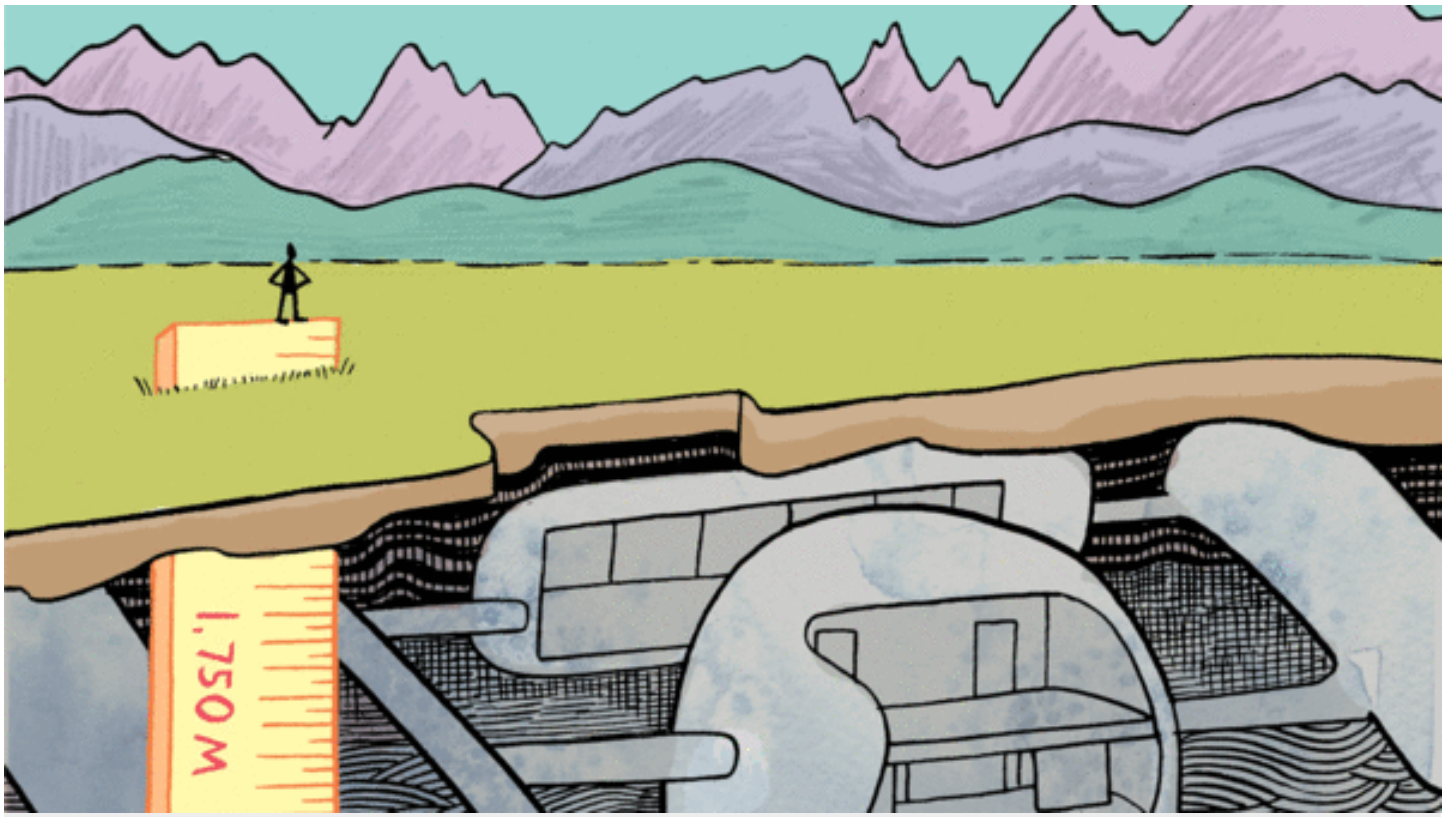


مرصد باكسان للنيوترينو Baksan حقوق الصورة: Illustration by Sandbox Studio, Chicago with Corinne Mucha

مرصد باكسان للنيوترينو واختصارا BNO

يقع على عمق 1750 متر، وقد تأسس عام 1973
ينزوي هذا المرصد مختفيا تحت جبال كاوكاسوس، وبجانب نهر باكسان، وقد بدأ المرصد عمله كواحد من أوائل مراصد فيزياء الجسيمات تحت الأرض في الاتحاد السوفيتي في ذلك الحين. وكغيره من المنشآت تحت الأرضية، سعى مرصد باكسان للتخفيف من كمية إشعاعات الخلفية قدر الإمكان، وما يميزه ليس فقط أن موقعه تحت الأرض، وإنما بعده أيضا عن معامل الطاقة النووية (وهي مصدر آخر لتشويش الخلفية في التجارب).

أما عن تجارب النيوترينو الحالية في مختبر باكسان فهي: تجربة غاليوم (**Gallium**) السوفيتية-الأمريكية، أو اختصارا (**SAGE**)، وتلسكوب باكسان الوماض تحت الأرضي، أو اختصارا (**BUST**)؛ إضافة لتجربة باكسان القادمة عن "التحولات العقيمة"، أو اختصارا (**BEST**)، وهناك أيضا بحث جديد عن الجسيمات المفترضة التي تدعى "الأكسيونات" (**Axions**)، المرشحة كمصدر للمادة المظلمة.



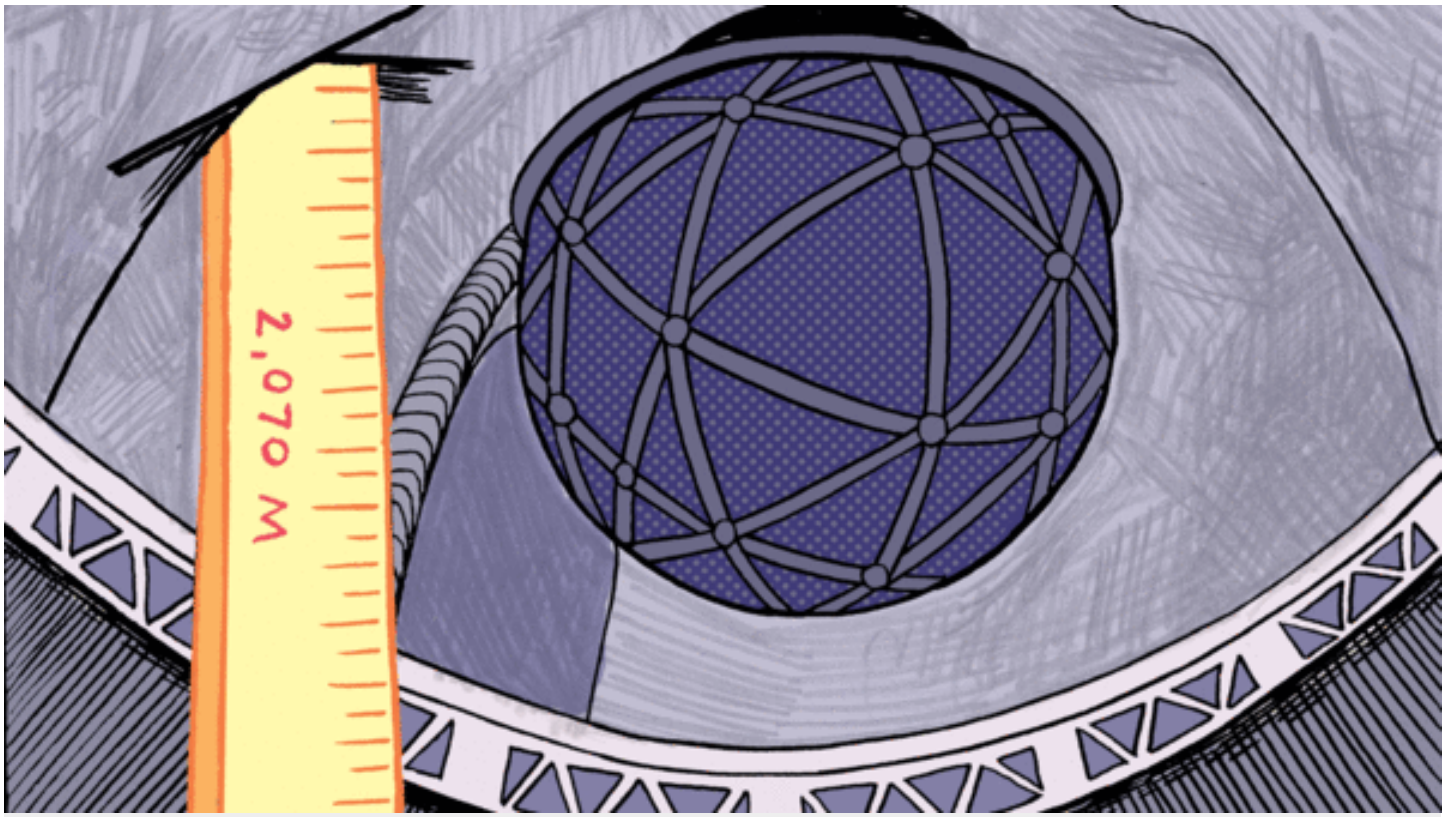
موقع تجارب أغوا نيغرا العميق Agua Negra حقوق الصورة: Illustration by Sandbox Studio, Chicago with Corinne Mucha

موقع تجارب أغوا نيغرا العميق (ANDES)

يقع على عمق 1750 متر، ومازال مشروعا مفترضا

يقع في الجبال الواقعة على الحدود بين تشيلي والأرجنتين سيدرس المختبر النيوترينات والمادة المظلمة، وتكتونيات الصفائح والبيولوجيا، إضافة إلى فيزياء الفضاء النووية والبيئة، وهو أحد المختبرين المفترضين في نصف الكرة الجنوبي بالتوازي مع مختبر ستاويل في إستراليا. ويعد **ANDES** مختبرا دوليا، وليس مستضيفا فقط للتجارب الدولية، حيث سيكون موطناً لكاشف نيوترينو ضخم، كما يهدف إلى رصد نيوترينات السوبرنوفا والنيوترينات الأرضية (**Geonutrinos**)، مكملا بذلك نتائج وتجارب مختبرات نصف الكرة الشمالي.

هذا المكان مثالي، فهو من حيث موقعه بعيد عن المنشآت النووية، وعميق جدا في الجبال؛ والأمران كلاهما يخففان تشويش الخلفية.



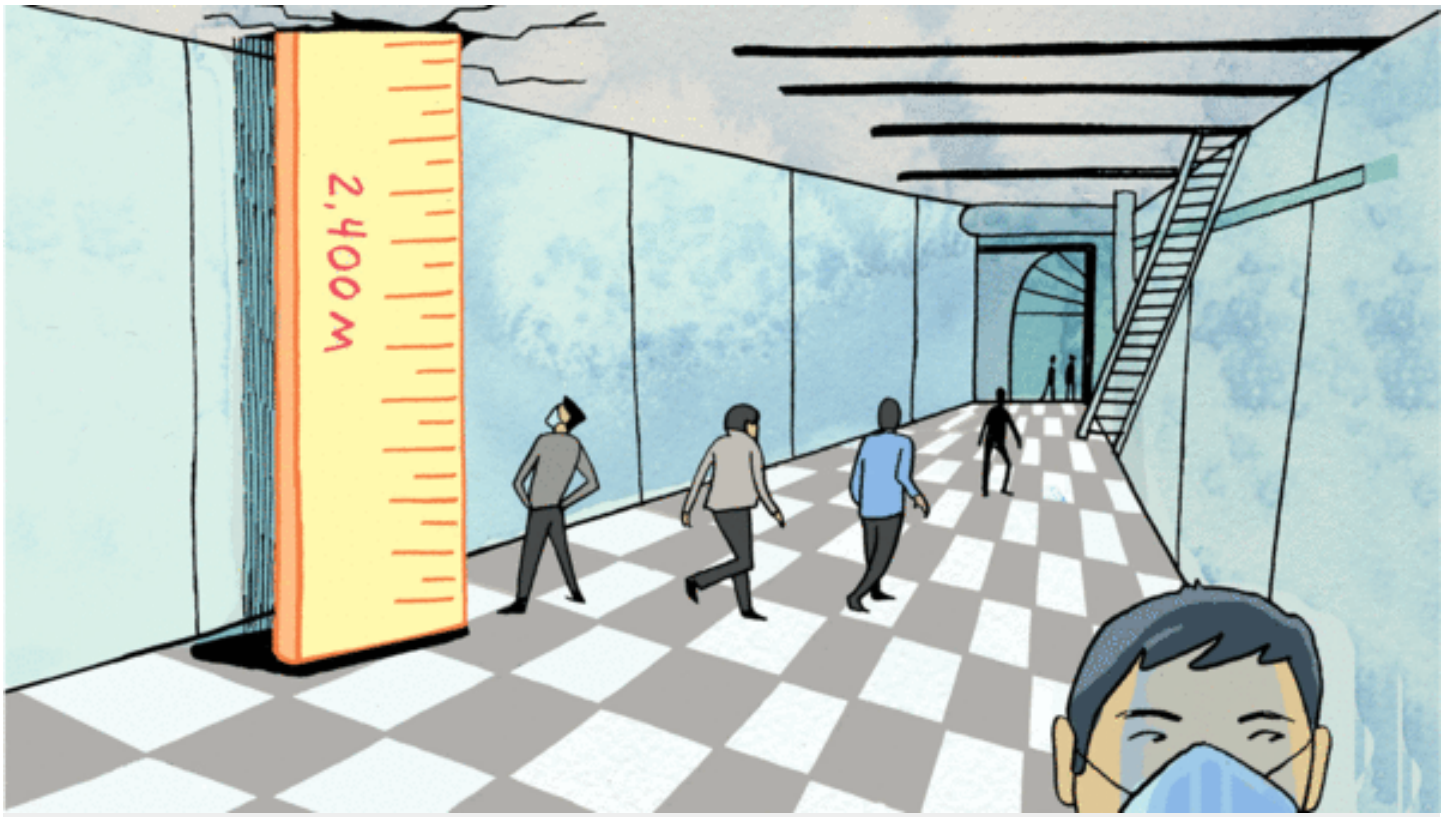
مختبر سودبيري للنيوترينو SNOLab حقوق الصورة: Illustration by Sandbox Studio, Chicago with Corinne Mucha

مختبر سودبيري للنيوترينو (SNO)

يقع على عمق 2070 مترا، وقد تأسس عام 2009
يعد مختبر سودبيري أعمق منشأة فيزياء في شمالي أمريكا، ويسير عمله في منجم نيكل نشط في أونتاريو–كندا. وتعتبر كامل مساحة المنشأة البالغة خمسة آلاف متر مربع غرفة أبحاث نظيفة من الصنف 2000 (بكثافة جسيمات أقل من 2000 جسيم في القدم المكعب)، وكل شخص يدخل المختبر لا بد أن يتعرض "لدوش" في طريقه، وأن يرتدي مجموعة من الملابس النظيفة الخاصة بغرف الأبحاث النظيفة.

يجري مختبر سودبيري تجارب عالية الحساسية للبحث عن المادة المظلمة والنيوترينات، من بينها **DEAP-3600** و**PICO** و**HALO** و**MiniClean** و**SNO**. ويخطط العلماء لتركيب الجيل التالي من بحوث المادة المظلمة شديدة البرودة، و**SuperCDMS** في المختبر حالما ينتهي اختبارها.

وفي أواخر العام المنصرم، منح آرثر ماكدونالد **Arthur McDonald** جائزة نوبل في الفيزياء عن اكتشافه ذبذبات النيوترينو عام 1998 في مرصد نيوترينات سودبيري، وهو االسابق لمختبر سودبيري الحالي، وكانت الجائزة بالتشارك مع مرصد كاميوكا في اليابان عن تجربة النيوترينو (**Super-K**).



مختبر جين-بينغ الصيني تحت الأرضي Jinping حقوق الصورة: Illustration by Sandbox Studio, Chicago with Corinne Mucha

مختبر جين-بينغ الصيني تحت الأرضي (CJPL)

يقع على عمق2400 متر، وقد تأسس عام 2010

يعد **CJPL** أعمق منشأة فيزياء في العالم، فقد انطوت داخل جبل جين بينغ في مقاطعة سيشوان، جنوب غرب الصين. والموقع مثالي بسبب تدفق ميون الأشعة الكونية البطيء، وهذا يعني أن المنشأة تتميز بتشويش إشعاعات خلفية أقل من عديد من المنشآت تحت الأرضية الأخرى. ولأن المنشأة بنيت تحت جبل، فالوصول إليها يتم بشكل أفقي (للأشياء كالمركبات)، أكثر من كونه دخولا عموديا (عبر مهواة منجم).

استضافت المنشأة تجربتين تحاولان رصد المادة المظلمة بشكل مباشر وهما: تجربة **CDEX** (تجربة الصين للمادة المظلمة)، وبانداكس (**Pandax**). سيرصد المختبر أيضا النيوترينات من مصادر مختلفة، كالشمس والأرض والغلاف الجوي، إضافة للانفجارات النجمية السوبرنوفا وفناء المادة المظلمة المحتملة، وكل ذلك على أمل الوصول إلى فهم أفضل لخواص الجسيمات المراوغة.

وفي الشهور القادمة ستبدأ دراسة لفيزياء الفضاء النووية، وسيدخل نموذج أولي لكاشف نيوترينو وزنه طن واحد إلى المختبر الثاني **CJPL2**.

- التاريخ: 2016-08-07
- التصنيف: أسئلة كُبرى

#المادة المظلمة #النيوترينو #الكواشف #الجسيمات الاولية #إشعاع الخلفية الكونية الميكرويّ

المصطلحات

- **المادة المظلمة (Dark Matter)**: وهو الاسم الذي تمّ إعطاؤه لكمية المادة التي أُكتشف وجودها نتيجة لتحليل منحنيات دوران المجرة، والتي تواصل حتى الآن الإفلات من كل عمليات الكشف. هناك العديد من النظريات التي تحاول شرح طبيعة المادة المظلمة، لكن لم تنجح أي منها في أن تكون مقنعة إلى درجة كافية، و لا يزال السؤال المتعلق بطبيعة هذه المادة أمراً غامضاً.
- **المستعرات الفائقة (السوبرنوفا)** (1 :(**supernovae**. هي الموت الانفجاري لنجم فائق الكتلة، ويُنتج ذلك الحدث زيادة في اللمعان متبوعةً بتلاشي تدريجي. وعند وصول هذا النوع إلى ذروته، يستطيع أن يسطع على مجرة بأكملها. 2. قد تنتج السوبرنوفات عن انفجارات الأقزام البيضاء التي تُراكم مواد كافية وقادمة من نجم مرافق لتصل بذلك إلى حد تشاندراسيغار. يُعرف هذا النوع من السوبرنوفات بالنوع Ia. المصدر: ناسا
- **المستعرات الفائقة (السوبرنوفا)** (1 :(**supernova**. هي الموت الانفجاري لنجم فائق الكتلة، ويُنتج ذلك الحدث زيادة في اللمعان متبوعةً بتلاشي تدريجي. وعند وصول هذا النوع إلى ذروته، يستطيع أن يسطع على مجرة بأكملها. 2. قد تنتج السوبرنوفات عن انفجارات الأقزام البيضاء التي تُراكم مواد كافية وقادمة من نجم مرافق لتصل بذلك إلى حد تشاندراسيغار. يُعرف هذا النوع من السوبرنوفات بالنوع Ia. المصدر: ناسا
- **الأيونات أو الشوارد (Ions)**: الأيون أو الشاردة هو عبارة عن ذرة تم تجريدها من الكترون أو أكثر، مما يُعطيها شحنة موجبة.وتسمى أيوناً موجباً، وقد تكون ذرة اكتسبت الكتروناً أو أكثر فتصبح ذات شحنة سالبة وتسمى أيوناً سالباً

المصادر

- symmetrymagazine

المساهمون

- ترجمة
  - علي الخطيب
- مُراجعة
  - همام بيطار
- تحرير
  - رضوى نادر
  - أنس الهود
- تصميم
  - علي كاظم
- نشر
  - مي الشاهد