โครงการจัดสร้าง Accelerator Mass Spectrometer (AMS) สำหรับวิเคราะห์คาร์บอน-14 เพื่อการตรวจอายุตัวอย่างทางโบราณคดี

ประยูร ส่งสิริฤทธิกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) และ

ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์

Topics

- ทำไมต้องสร้างเครื่อง **Accelerator Mass Spectrometer (AMS)** สำหรับการตรวจวัดอายุวัตถุโบราณ ในประเทศไทย
- **Radiocarbon dating** - คาร์บอน-14 บอกอายุวัตถุโบราณได้อย่างไร
- โครงการความร่วมมือในการสร้างเครื่อง **AMS** ของ สซ-สดร-สทน-มทส-ม. ศิลปากร

ทำไมต้องสร้างเครื่อง Accelerator Mass Spectrometer (AMS) สำหรับการตรวจวัดอายุวัตถุโบราณ ในประเทศไทย

ทำไมต้องมี AMS ในไทย?

- ราคาสำหรับการวิเคราะห์ในต่างประเทศค่อนข้างสูง (15,000 - 30,000 **บาท/ชิ้นงาน**)
- การจัดส่งชิ้นงานที่เป็นโบราณวัตถุมีความยุ่งยาก และต้องใช้เวลาในการดำเนินการ (ระเบียบ/เอกสาร)

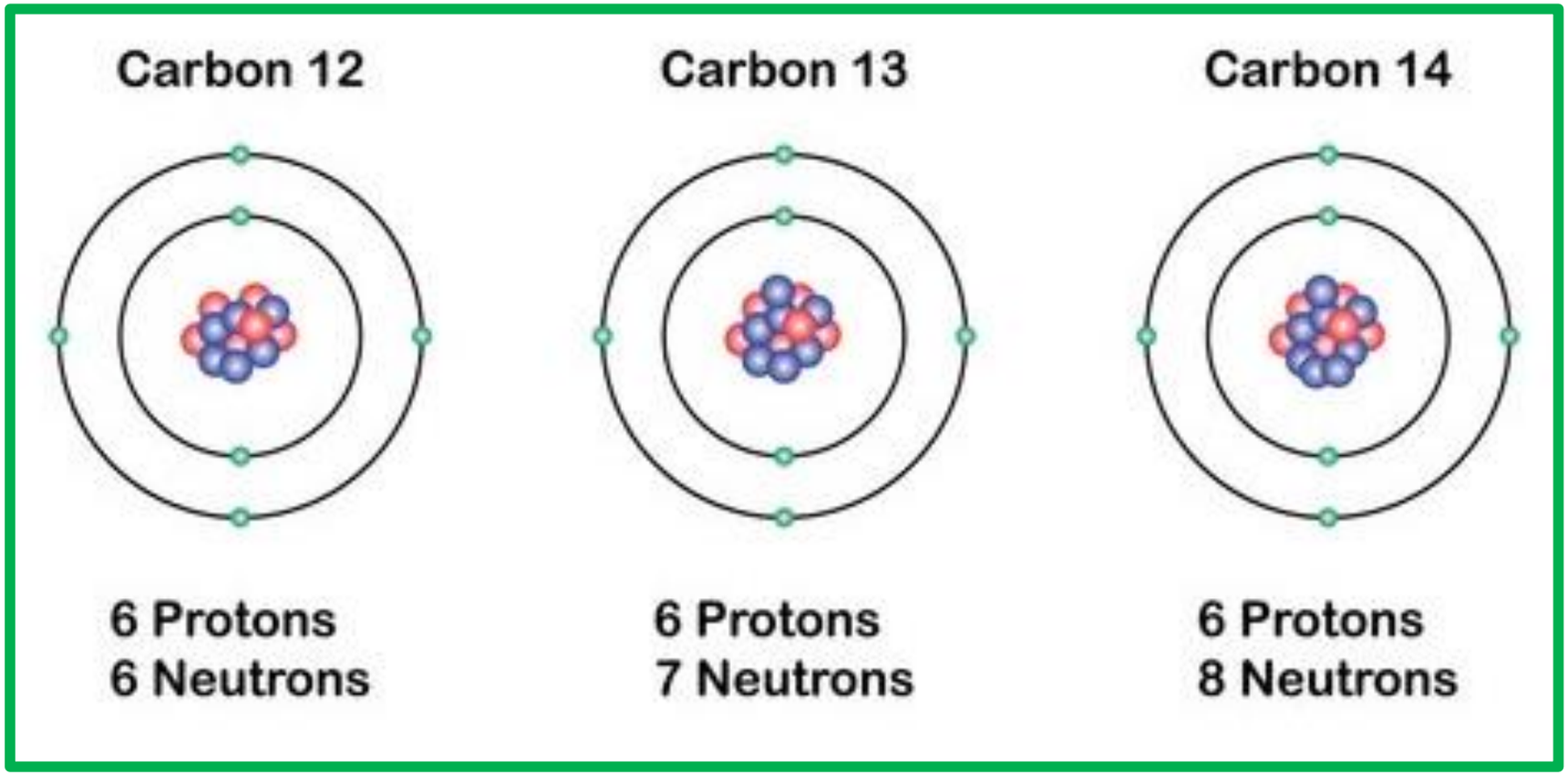
ทำไมต้องสร้าง AMS ในไทย?

- เทคโนโลยีเครื่องเร่งอนุภาคได้ถูกพัฒนาขึ้นตามกาลเวลา ทำให้เครื่อง AMS มีขนาดกะทัดรัด ส่งผลให้การสร้าง การเดินเครื่อง และการบำรุงรักษาใช้งบประมาณที่ต่ำกว่าเครื่อง AMS ในยุคแรกเริ่ม
- ประเทศไทยได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านเครื่องอนุภาคอย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน
- การสร้างเองใช้งบน้อยกว่าการซื้อจากต่างประเทศ (**งบสร้างประมาณ 40 ล้านบาท หากซื้อต้องใช้งบ 120 ล้านบาทเป็นอย่างต่ำ**)
- การสร้างเองจะทำให้เราสามารถเดินเครื่องและบำรุงรักษาเองได้ (**ไม่ต้องเสียค่าบริการ 1 ล้านบาท/3 ปี**)
- สามารถให้การบริการวิเคราะห์ในราคาที่ต่ำกว่า และใช้เวลาน้อยกว่าการส่งไป ตปท. (3,000 - 5,000 **บาท/ชิ้นงาน**)

คาร์บอน-14 บอกอายุวัตถุโบราณได้อย่างไร

Carbon in nature

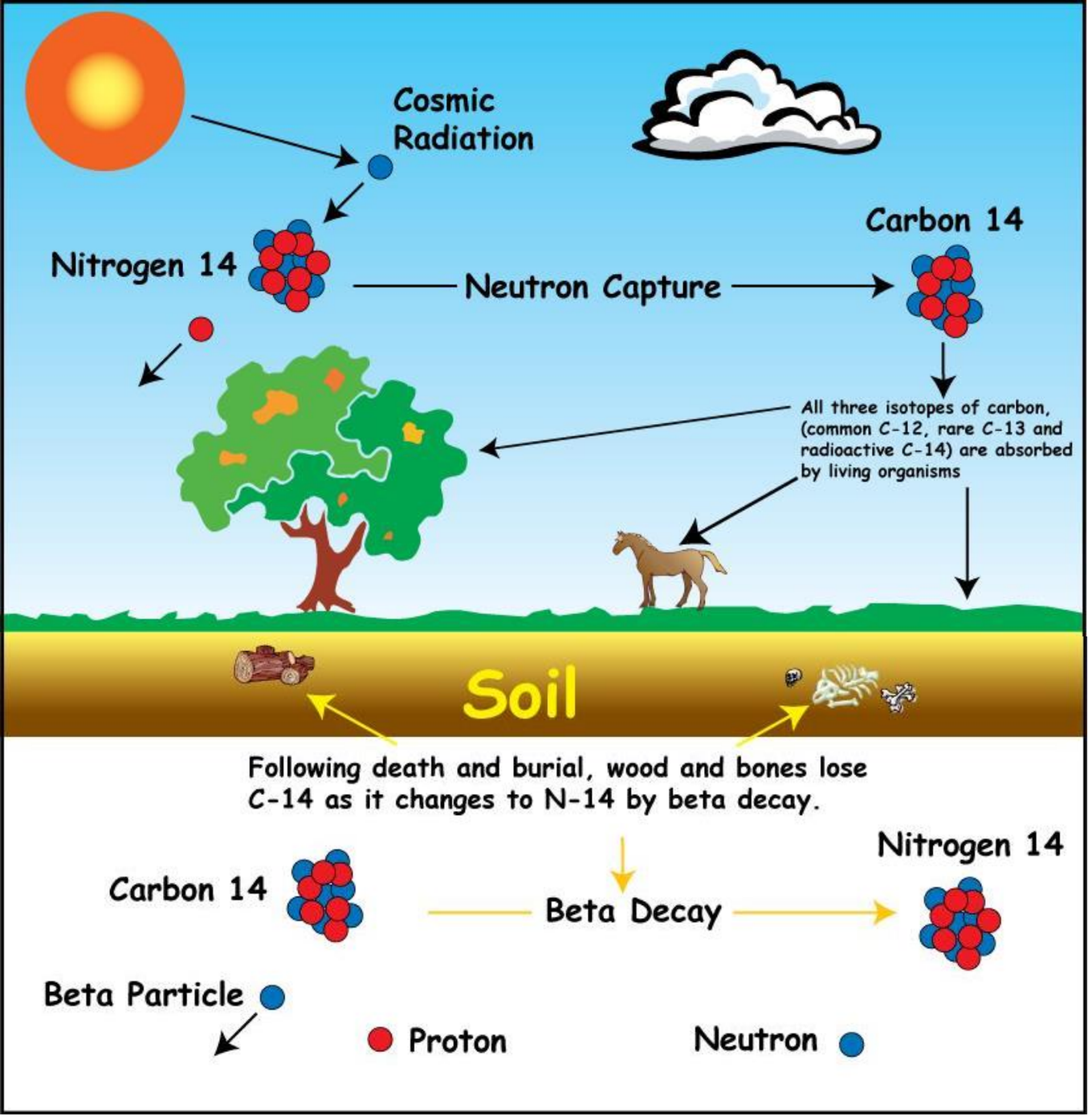
Carbon 12	99.0 %	stable
Carbon 13	1.0 %	stable
Carbon 14	**1 ppt**	**5730 y half-life**

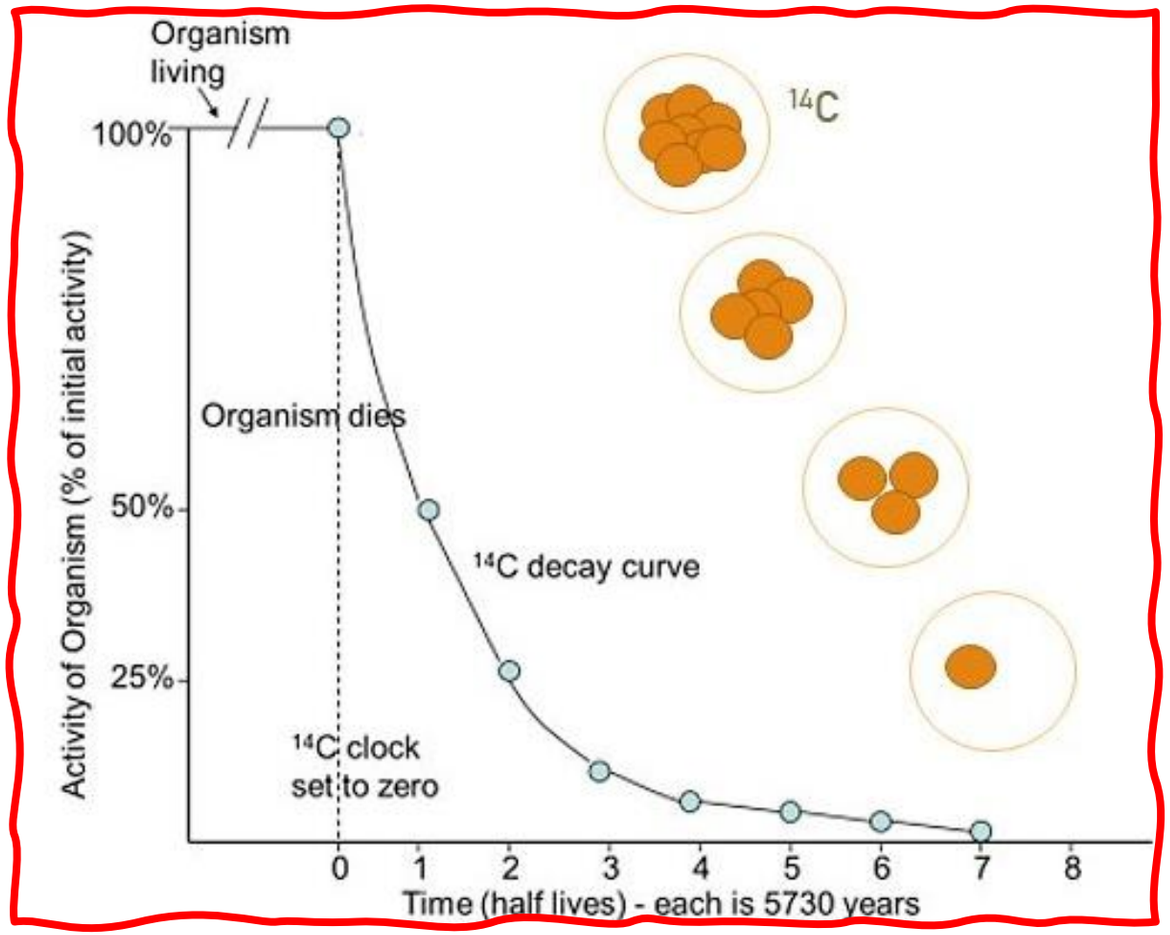


ที่มาของรูป https://www.shutterstock.com/th/search/%E0%B9%84%E0%B8%AD%E0%B9%82%E0%B8%8B%E0%B9%82%E0%B8%97%E0%B8%9B

Carbon in nature

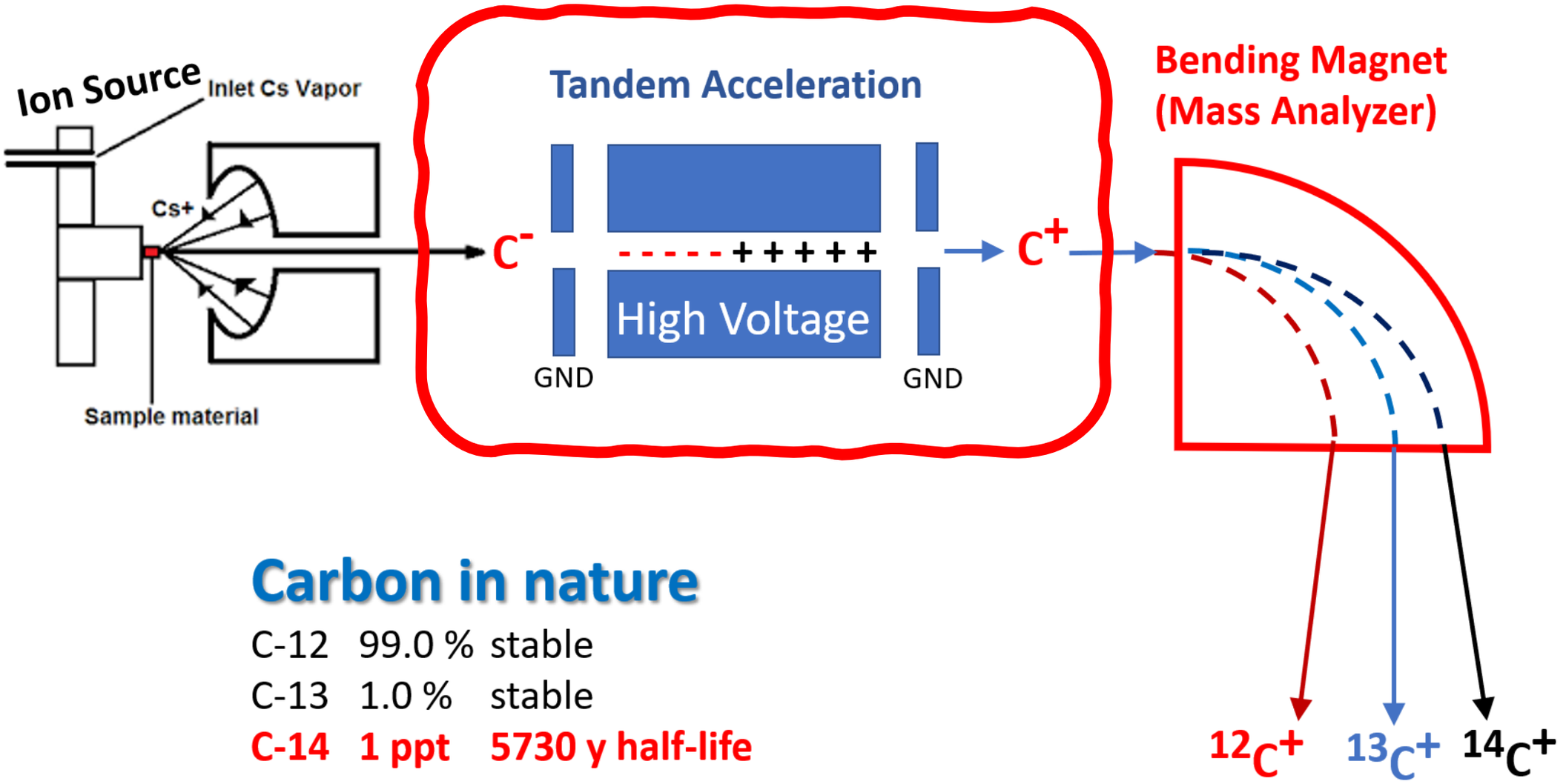
Carbon 12	99.0 %	stable
Carbon 13	1.0 %	stable
Carbon 14	**1 ppt**	**5730 y half-life**





ที่มาของรูป https://www.radiocarbon.com/archaeology.htm
และ https://earthsciences.anu.edu.au/research/facilities/anu-radiocarbon-laboratory/radiocarbon-dating-background

Accelerator Mass Spectrometer (AMS) ?

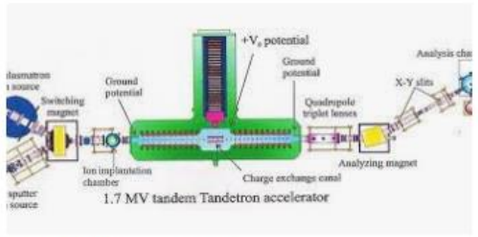


Carbon in nature

C-12 99.0 % stable

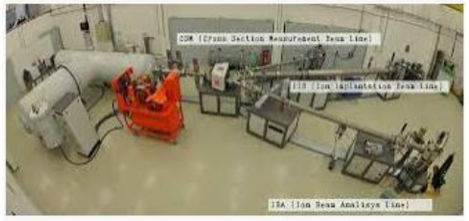
C-13 1.0 % stable

C-14 1 ppt 5730 y half-life

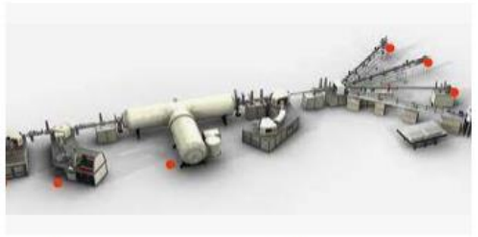


1.7-MV Tandetron accelerator ...
researchgate.net

3 MV Tandetron
tandem.nipne.ro

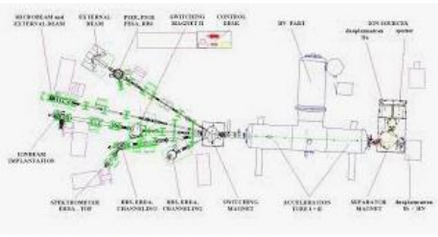


3 MV Tandetron Accelerator at IFIN-HH ...
researchgate.net

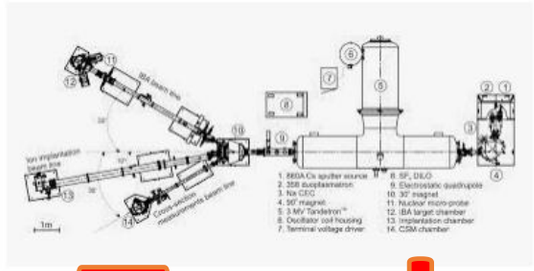


Diagnostics | Laboratories - Tandetron
cedad.unisalento.it

Accelerators and Radiation @ MIT
cstar.mit.edu

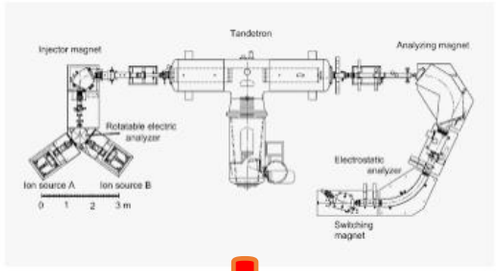


Tandetron 4130 MC - Ústav jaderné ...
ujf.cas.cz

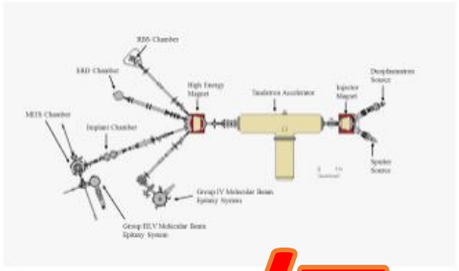


3 MV Tandet... at IFIN-HH ...
sciencedirect...

Tandetron tandem accele...



Voltage Engineering Europa ...



...stern University

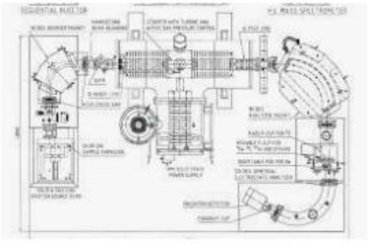
hall of the 3 MV Ta...etron acc...

...MV Tandetron

Tandem Accelerator/Tandetron

HAS ATOMKI ACC Homepage/Tandetron
w3.atomki.hu

Accelerator opens up new horizons
rosatomnewsletter.com



TANDETRON ACCELERATOR PRINCIPLES AN...
indico.cern.ch

2 MV tandetron - PTB.de
ptb.de

Tandetron Laboratory | iThemba LABS
tlabs.ac.za

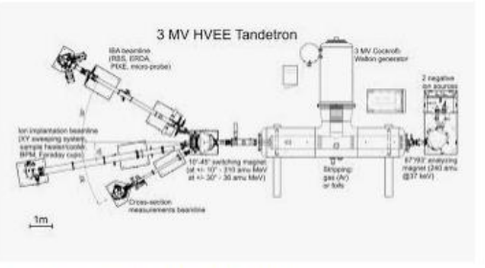
INFN, Italy - IonBeamCenters.eu
ionbeamcenters.eu

ศูนย์วิจัยทางฟิสิกส์ของลำอนุภาคและพลาสมา
thep-center.org

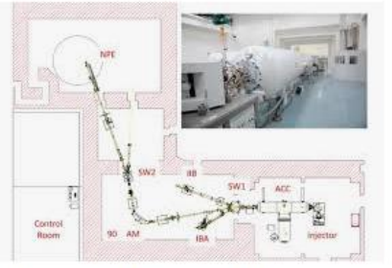
1 MV Tandetron
tandem.nipne.ro

Untitled
highvolteng.com

Tandetron 4130 MC - Ústav jaderné ...
ujf.cas.cz

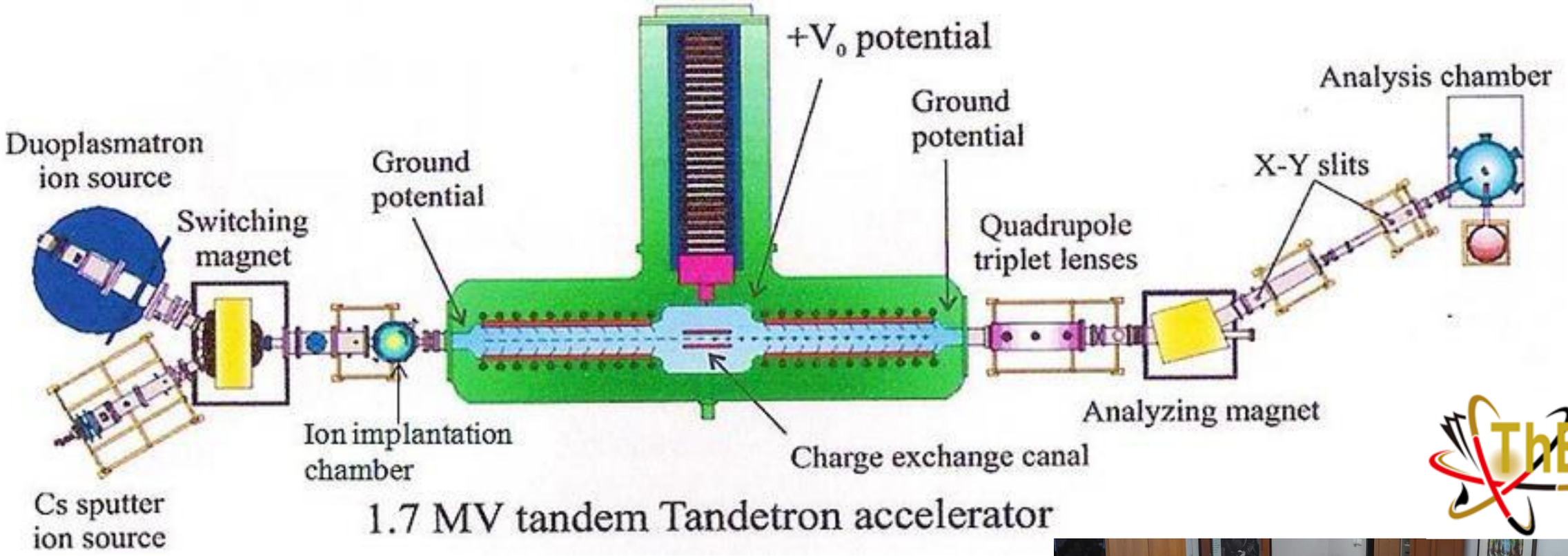


Tandem accelerators in Romania: Multi ...
aip.scitation.org

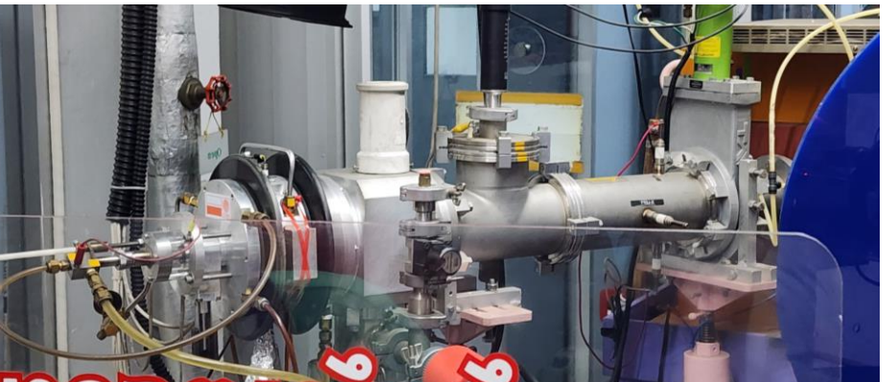


An ion beam facility based on a 3 MV ...
sciencedirect.com

1.7MV Tandetron @ CMU



1.7 MV tandem Tandetron accelerator



scale

Downsizing of AMS

MICADAS @ IonPlus

10 MV AMS at Lawrence Livermore National Laboratory

Oxford Radiocarbon Accelerator Unit

Accelerator
200-kV Tandem

Low-energy Magnet
Mass analyses
(Permanent magnet)

High-energy Magnet
Mass analyses
(Permanent magnet)

Injection System
Synchronize
beam lines

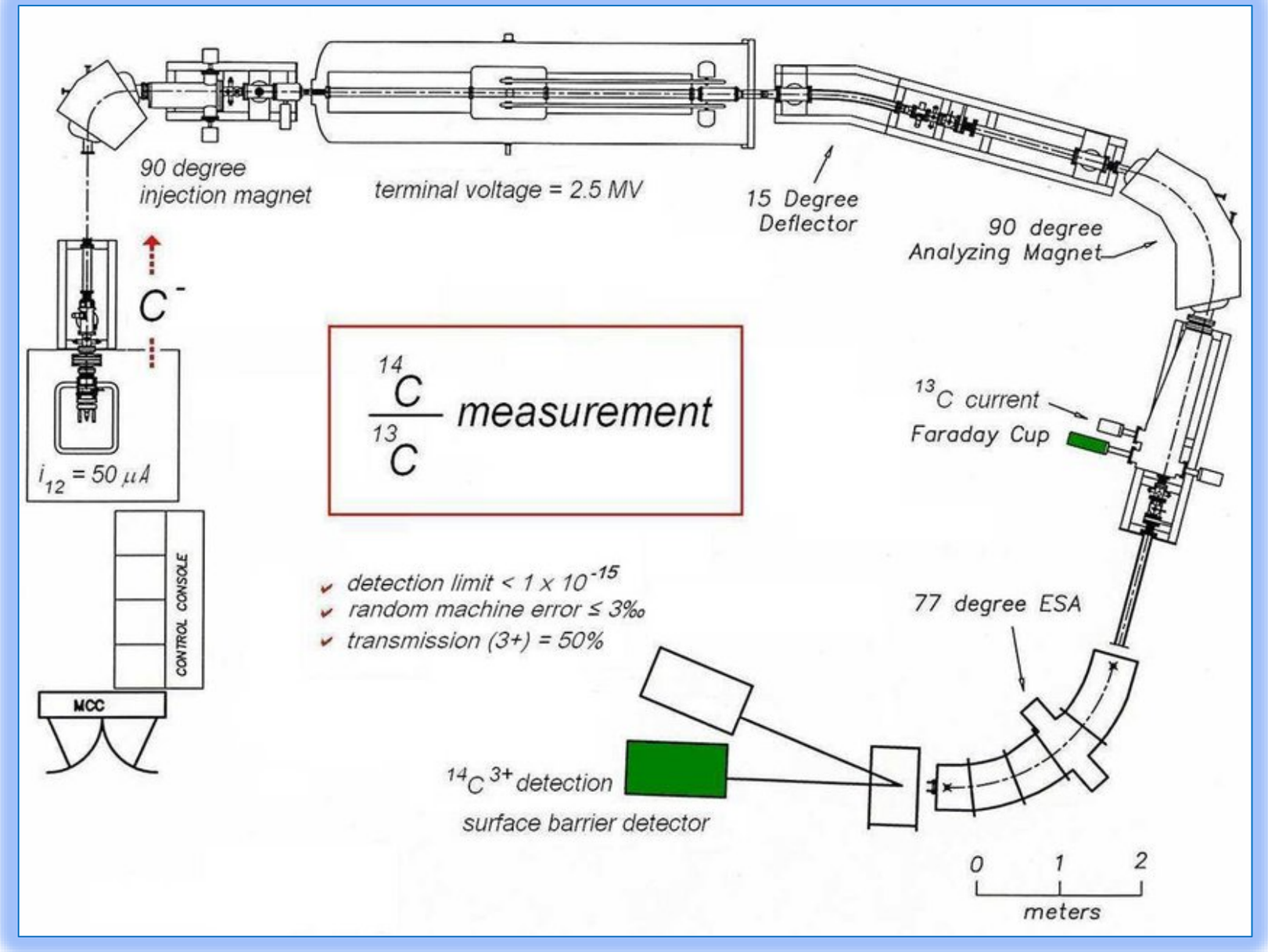
^{12}C
^{13}C
^{14}C

Detector
Gas ionization
chamber

Ion Source
Negative ion
production

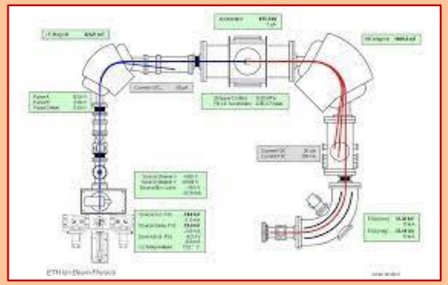
Commercial compact AMS

Size comparison between a 2nd generation traditional AMS and a modern compact AMS



AMS based on 2.5 MV tandem accelerator at University of Arizona

Footprint: 2.5x3.2 m^2



AMS made by IonPlus

โครงการความร่วมมือในการสร้างเครื่อง AMS ของ สซ-สดร-สทน-มทส-ม.ศิลปากร

แนวคิดการออกแบบ

- เครื่องเร่งพลังงานต่ำ– สามารถใช้แหล่งจ่ายไฟแรงดันสูงที่หาซื้อได้ง่าย (ใช้ทั่วไปกับ **TEM)**
- สามารถเปลี่ยนเป้าใน **Ion source** โดยไม่ต้องปิดแหล่งจ่ายไฟแรงดันสูง
- ราคาถูก

ความท้าทาย

- **Tandem Accelerator** เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เร่ง **Negative Carbon Ions** และเปลี่ยนประจุเป็น **Positive Carbon Ions** ให้มีพลังงานเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของศักย์ไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไป ประเด็นพิจารณา ได้แก่
  - ประสิทธิภาพการเปลี่ยนประจุลบเป็นประจุบวกของ **Carbon Ions**
  - การรักษาระดับสุญญากาศในขณะที่มีการป้อนก๊าซเข้าไปทำให้เอาอิเล็กตรอนออกจาก **Negative Carbon Ions**
  - **Dielectric breakdown**

การจัดสร้างเครื่อง Accelerator Mass Spectrometer สำหรับหาอายุตัวอย่างทางโบราณคดี

Goals

- สร้างเครื่อง AMS
- สร้างคน
- สร้างองค์ความรู้
- บริการเทคนิค C-14 Dating

Development Team

Siam Photon — 2 PhDs, 2 Eng., 1 RA (MSc)

NARIT — 3 Eng.

ANU TINT — 3 Eng.

1 PhD

SILPAKORN UNIVERSITY — 2 PhDs

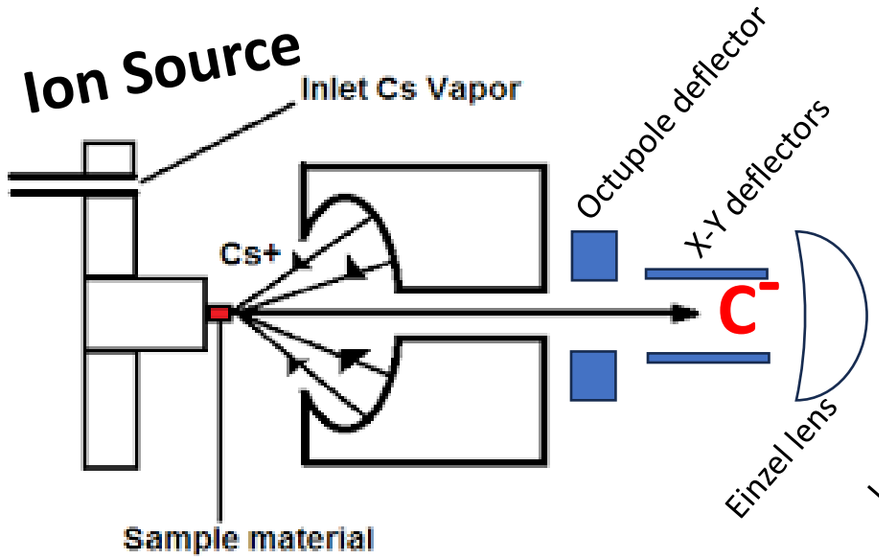
1 PhD
1 MSc student
4 BSc students

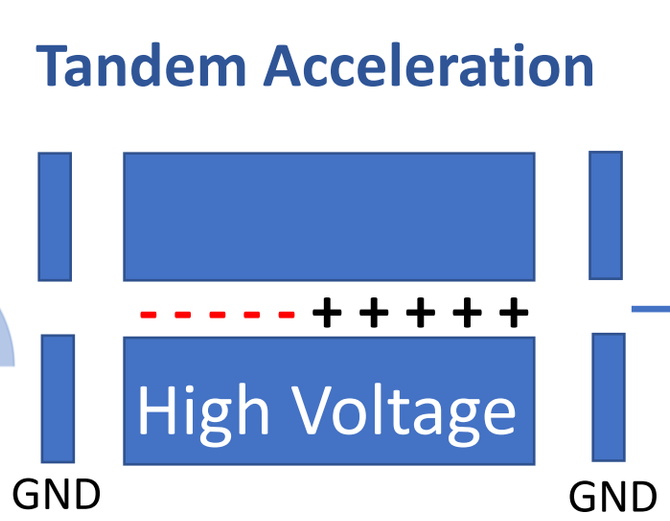
THAI SYNCHROTRON NATIONAL LAB

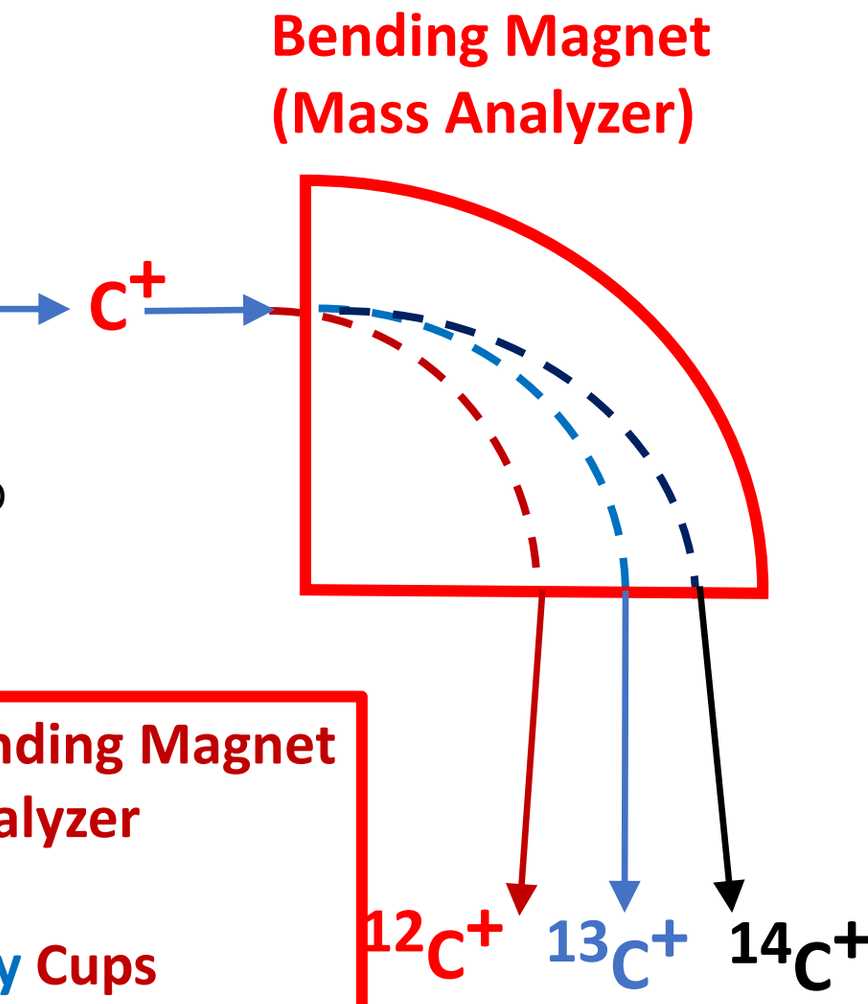
แนวทางในการดำเนินงาน

- โครงการถูกผลักดันจากผู้(อยาก)ใช้
- โครงการสามารถใช้พัฒนากำลังคน (นศ.ป.ตรี 4 ป.โท 1 ของ มทส และทีมวิศวกรของ สซ. สดร. และ สทน. 8 คน)
- Simulations of beam optical components โดย นศ. ภายใต้คำแนะนำของ Accelerator Physicists ของ สซ.
- Engineering design/fabrication/assembly/test โดยทีมเทคนิคของ สซ. สดร. และ สทน. + นศ.

Planning - Compact AMS for Radiocarbon Dating







- Sample load/lock
- Ion Source
- X-Y & Octupole Deflector
- Einzel Lens
- Low-energy Bending Magnet
- C12/C13/C14 Beam Swicthing
- C12/C13 Faraday Cups

- Tandem Accelerator

- High-energy Bending Magnet
- Electrostatic Analyzer
- C14 detector
- C12/C13 Faraday Cups

- System Integration & Automation

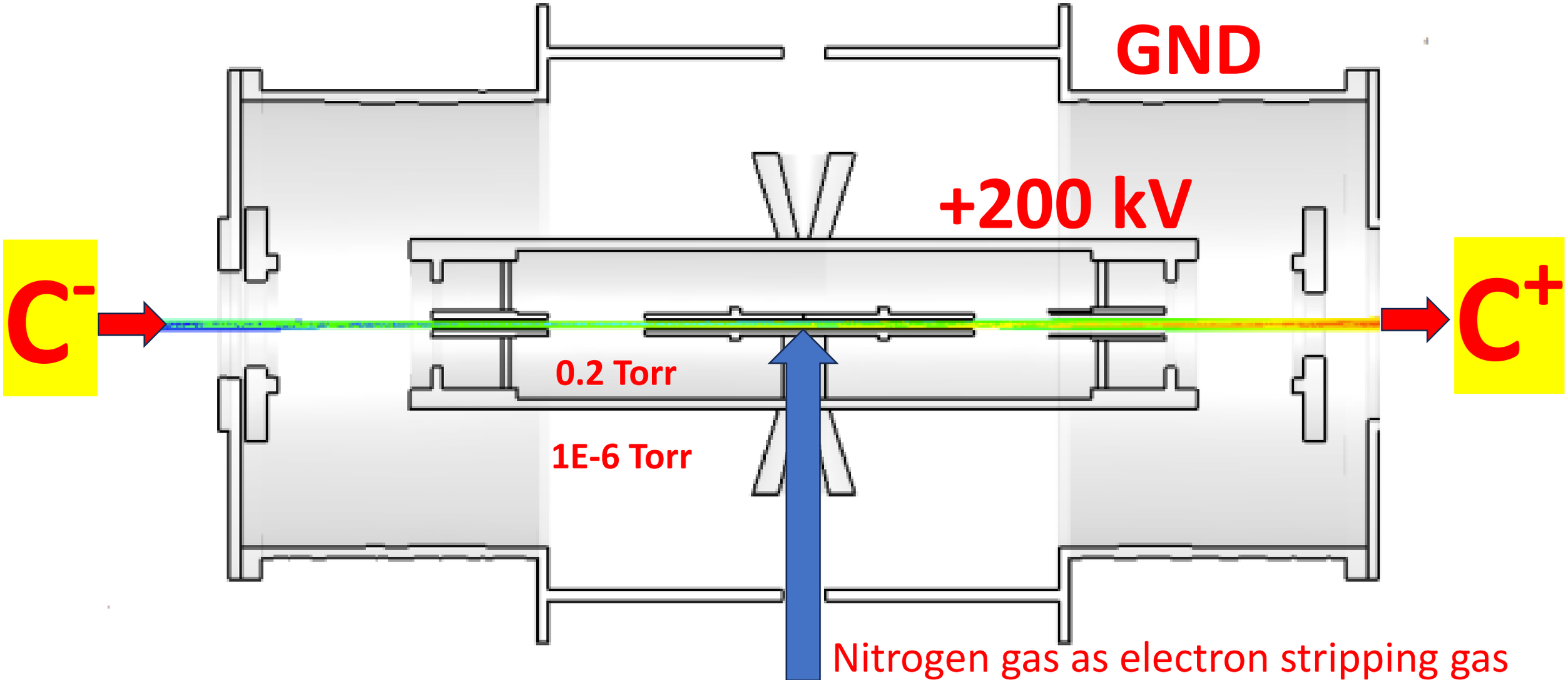
Done in FY2567

Done in FY2568

After FY2568

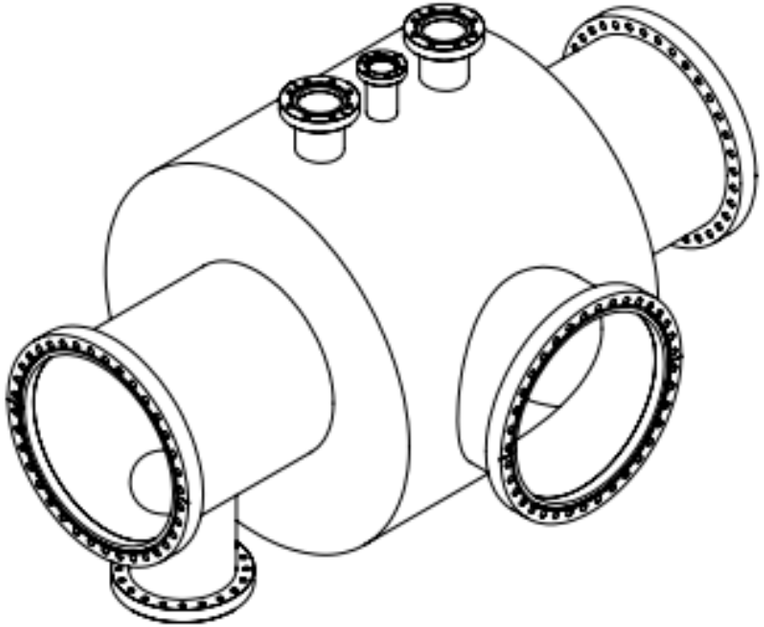
Tandem Accelerator

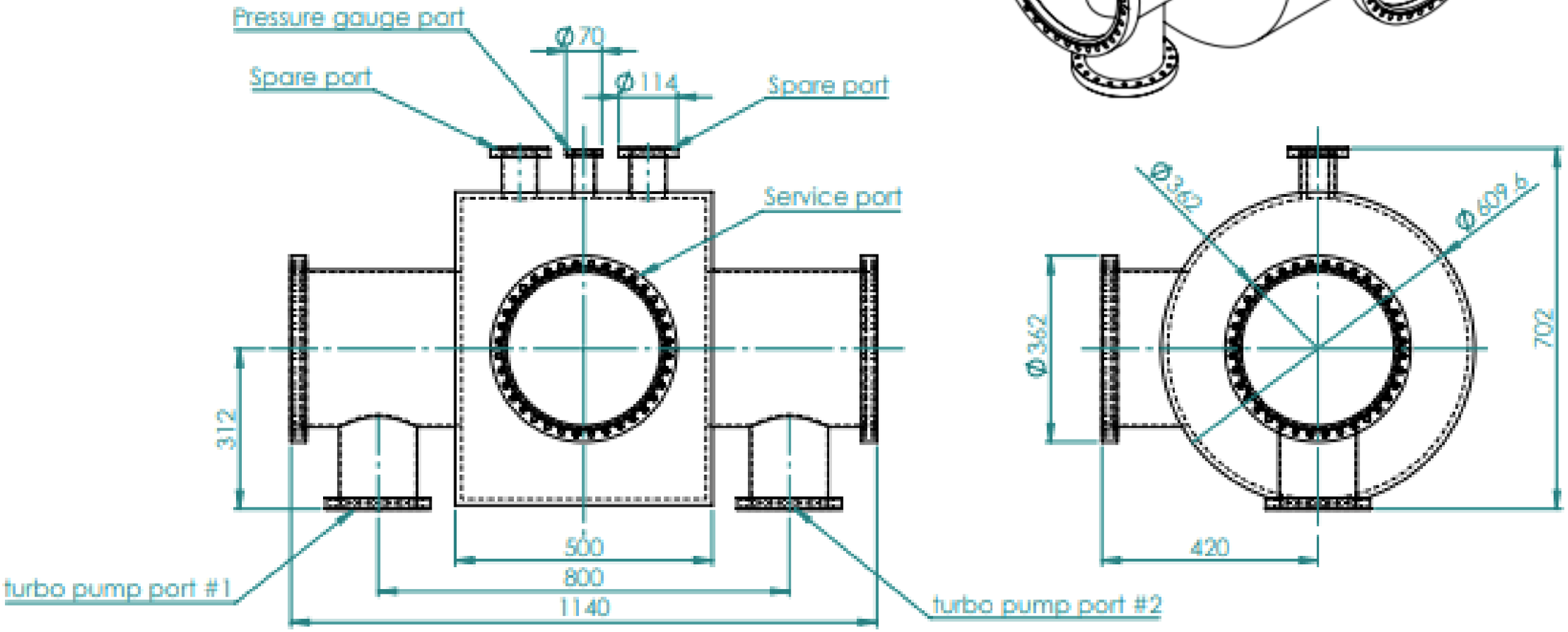
กำลังทำการศึกษา และทำแบบจำลอง



Tandem Accelerator

กำลังทำการศึกษา และทำแบบจำลอง

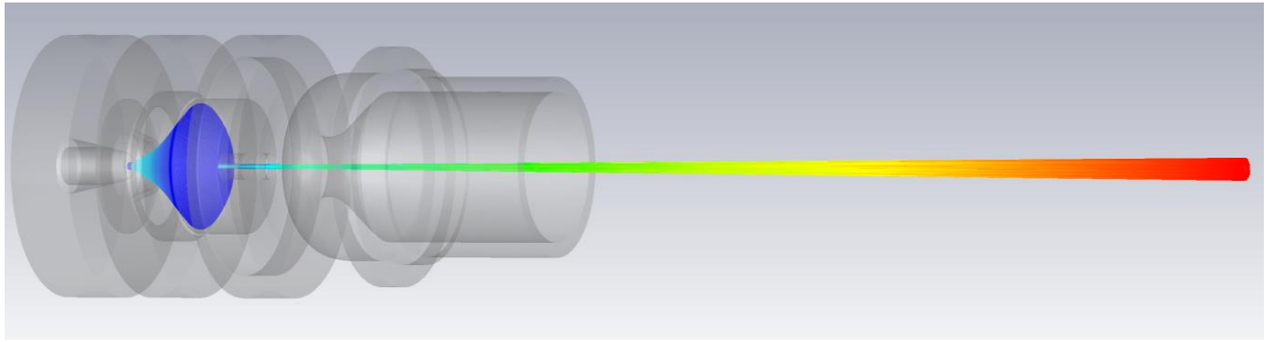


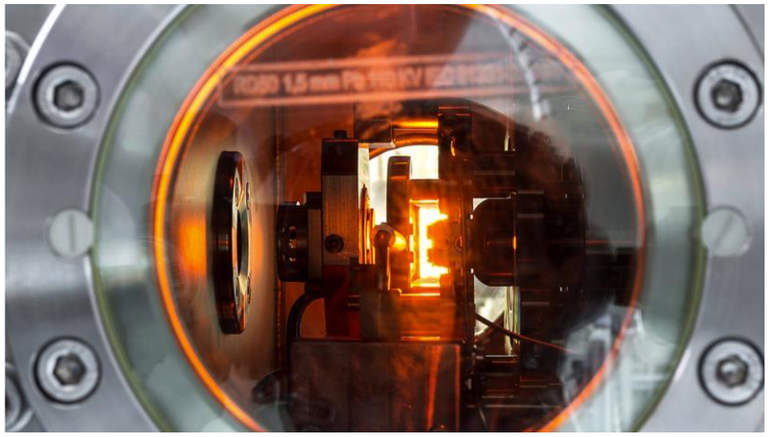


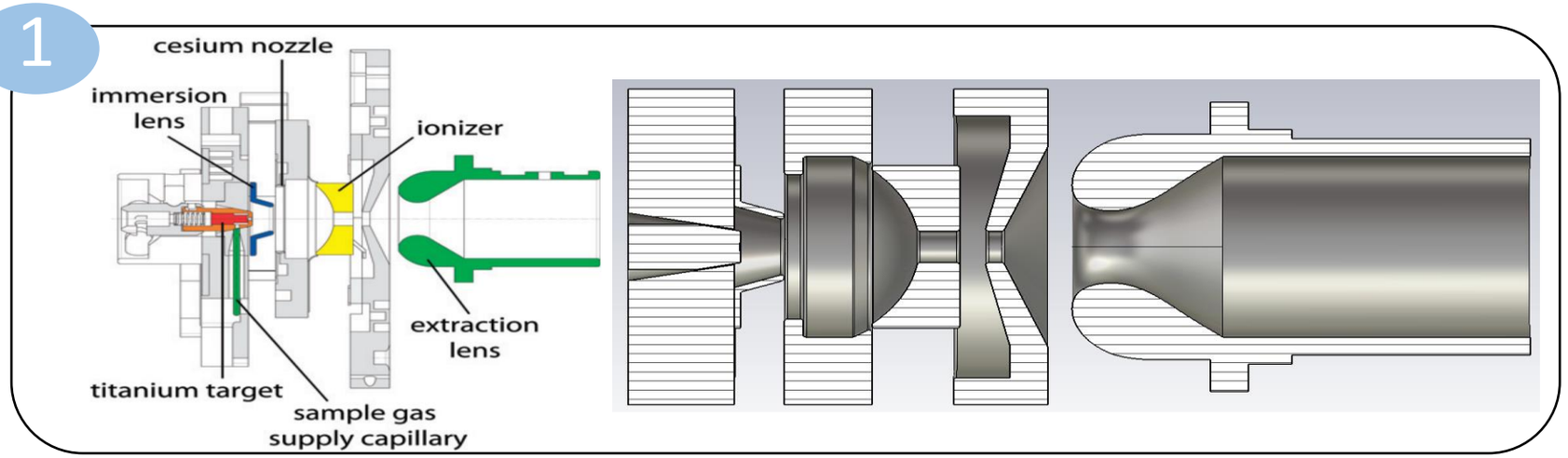
แหล่งกำเนิดไอออน

ทำการ simulations แล้วเสร็จ

อยู่ระหว่างการออกแบบรายละเอียดทางวิศวกรรม



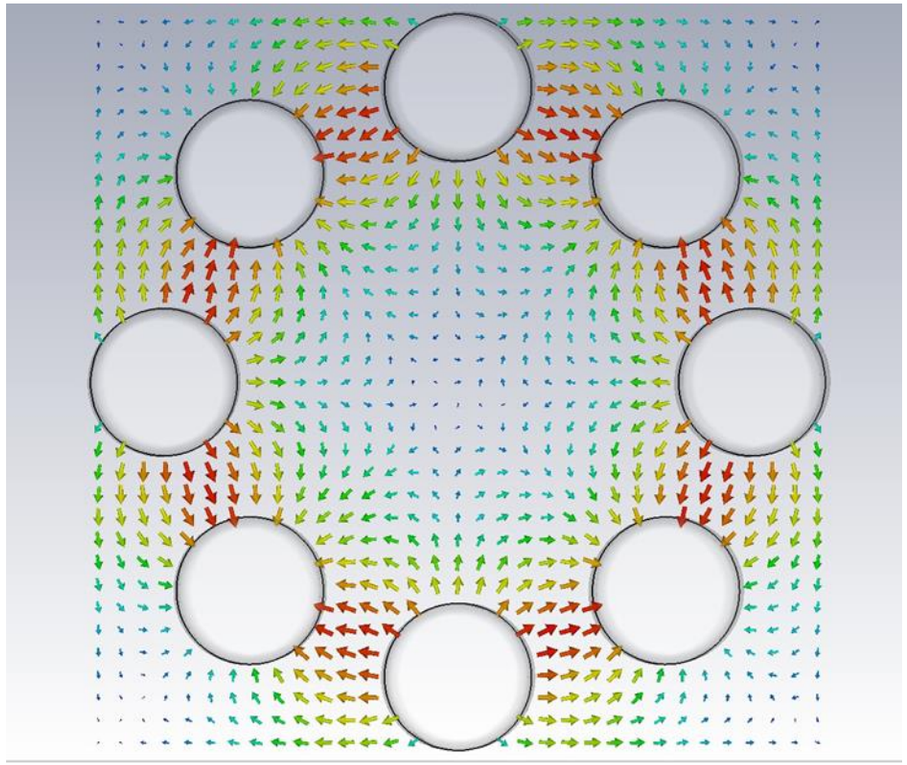


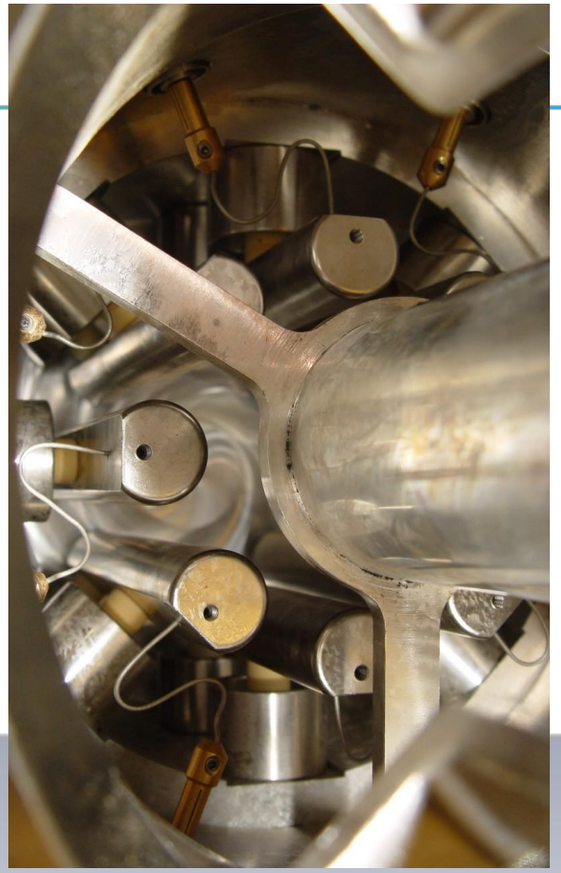


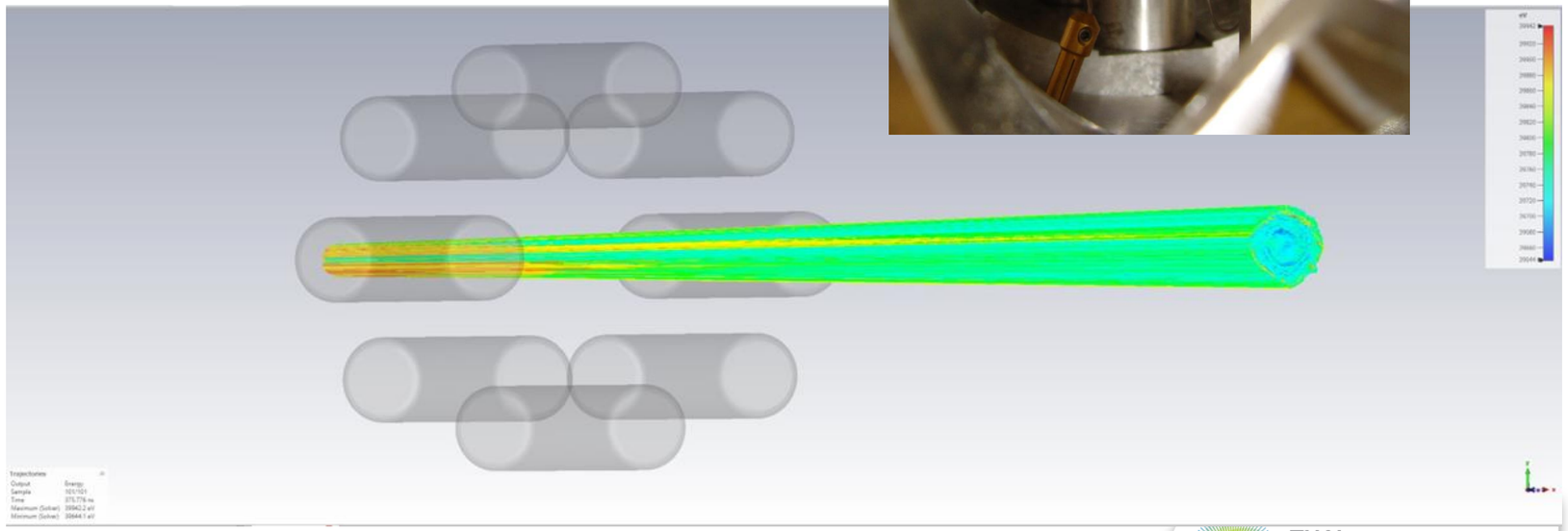
THAI SYNCHROTRON NATIONAL LAB

Octupole Deflector

กำลังทำการศึกษา และทำแบบจำลอง

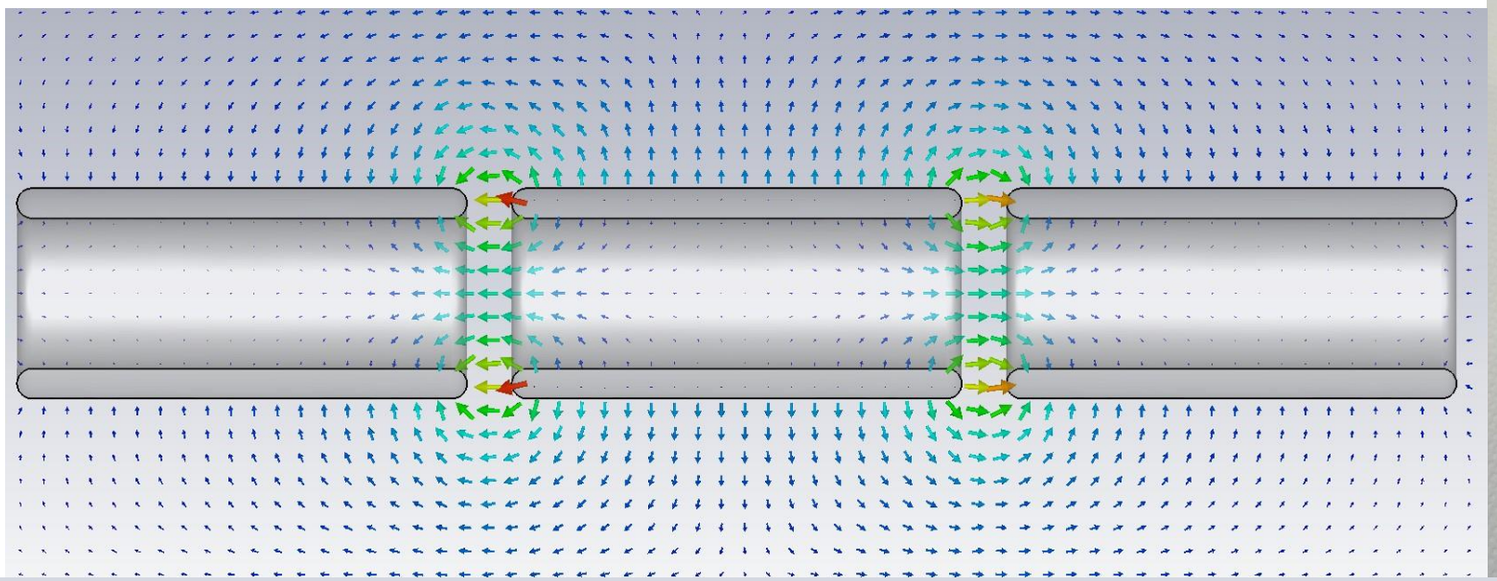


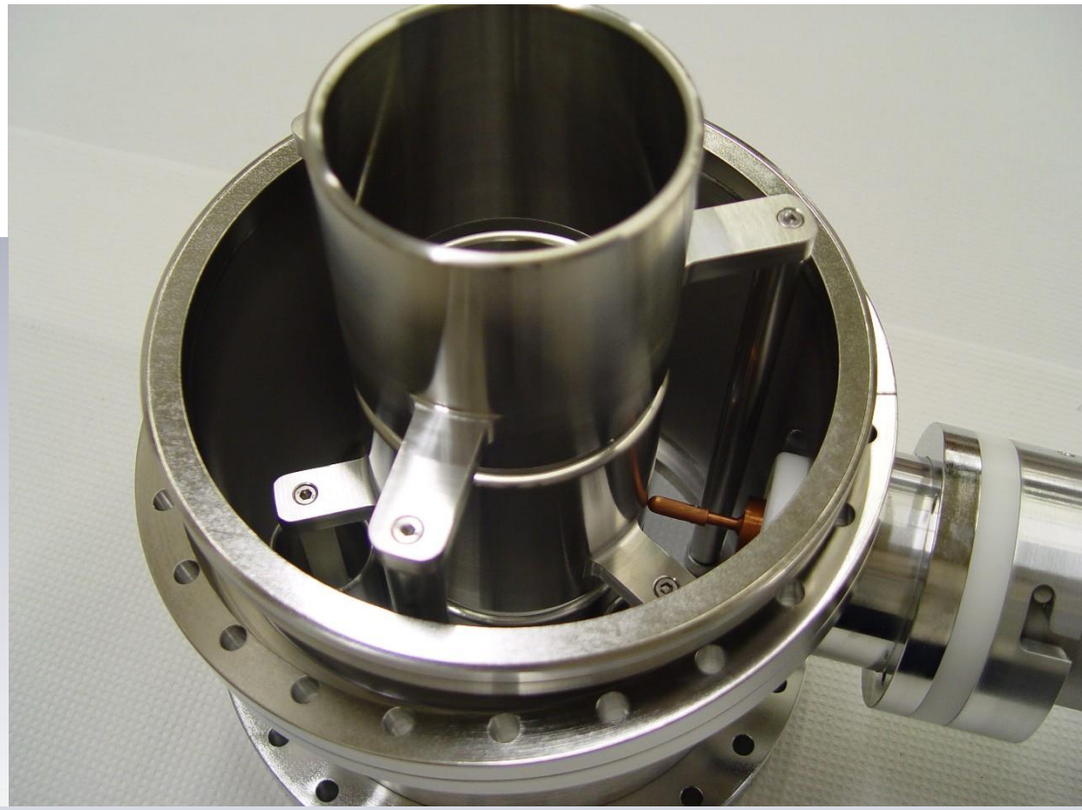


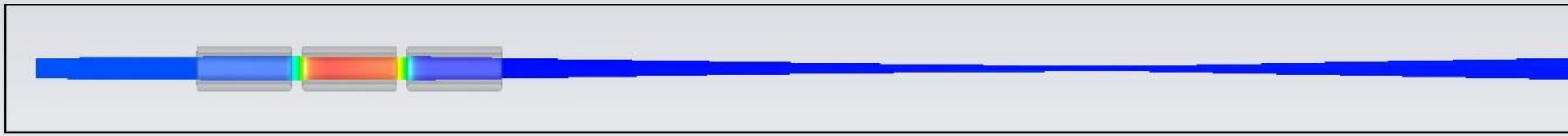


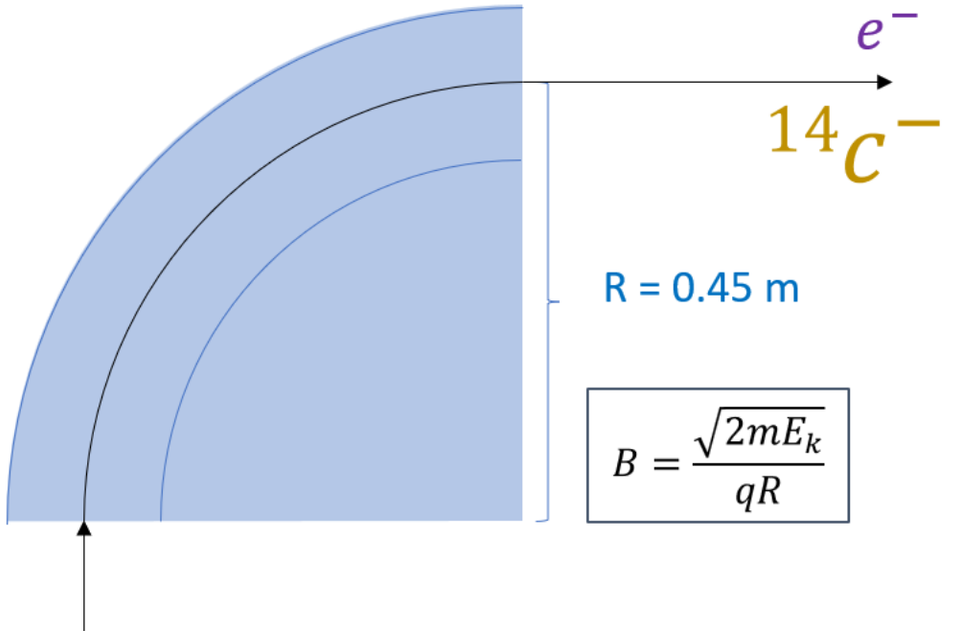
Einzel Lens

กำลังทำการศึกษา และทำแบบจำลอง



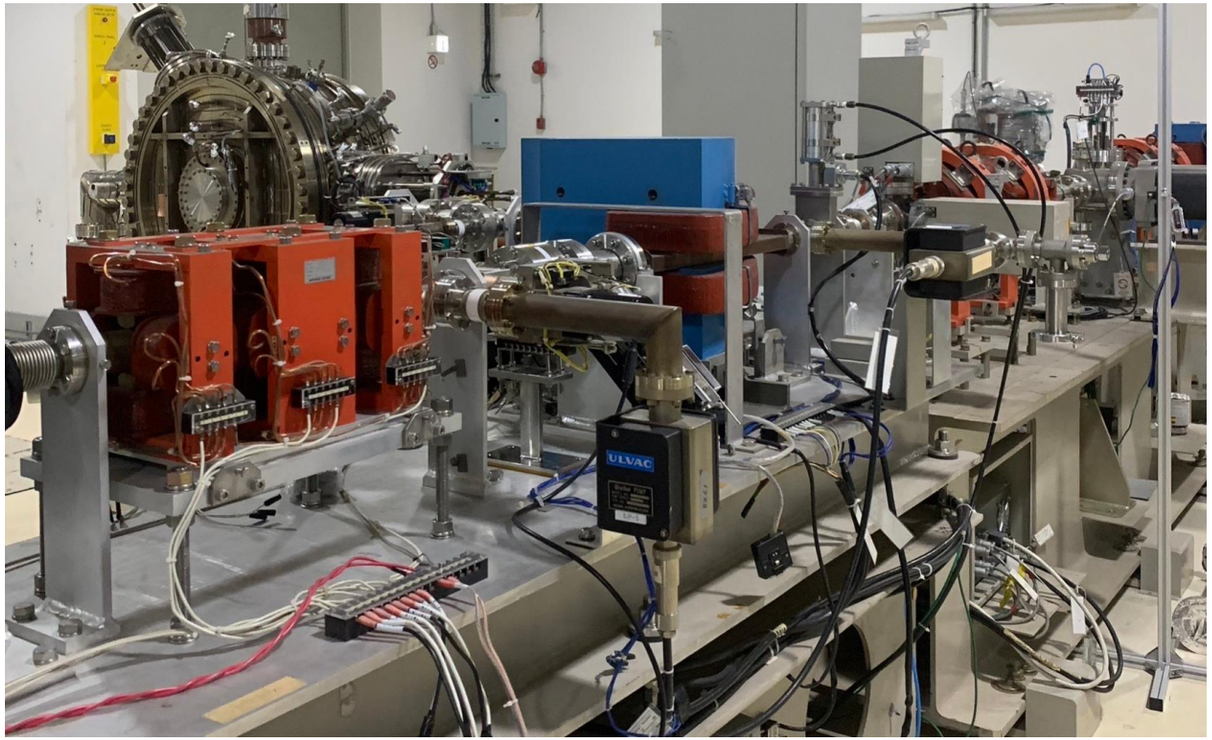


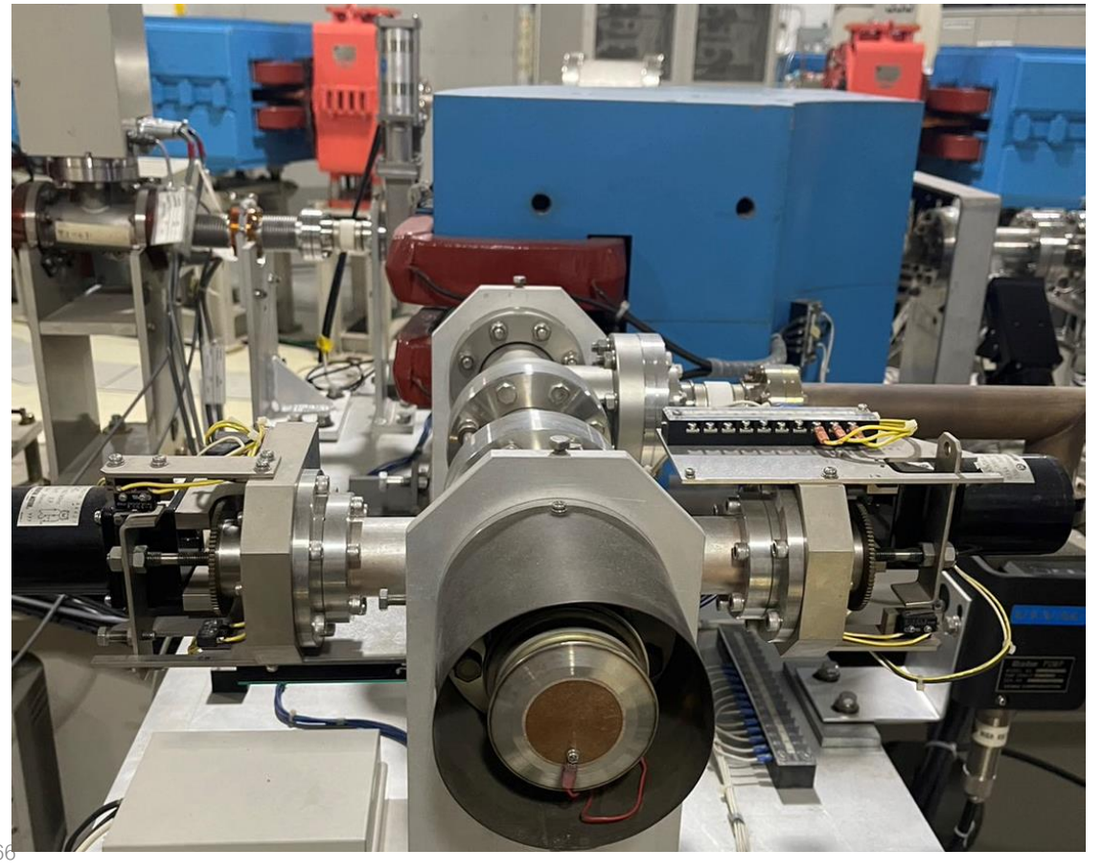




Low-energy bending magnet

กำลังศึกษาเพื่อดัดแปลงแม่เหล็กที่มีอยู่แล้ว





Acknowledgement

ผู้รับผิดชอบโครงการ

ผศ.ดร.ศุภกร รักใหม่ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

คณะผู้วิจัย

ที่ปรึกษา

ศ.ดร.นันทนิตย์ วานิชาชีวะ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผศ.ชวลิต ขาวเขียว มหาวิทยาลัยศิลปากร

ดร.สาคร ริมแจ่ม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผู้ร่วมวิจัย

รศ.ดร.ประยูร ส่งสิริฤทธิกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดร.กรองทอง กมลสรวงเกษม สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (อง

นางสาวพรสุวรรณ บัวงาม สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์

นายวิเวก ภาชีรักษ์ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมห

นายสุรชัย ผ่องอำไพ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหา

นายสุรเชษฐ์ รัตนสุพร สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมห

นายอภิชาต เหล็กงาม สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์กา

นายสมรรถชัย ธะนันต์ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์ก

นายภัทร ชัยสวัสดิ์ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การม

นายเอกภพ งามละเมียด สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (อ

นายกิติศักดิ์ โคมน้อย สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์

นายธนบดี สุขช่วย สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์กา