



سومین
مدرسه
تابستانه

نو در فیزیک
موسسه تابستانه



شهریور ۱۴۰۴

دنیای بی نظیر هسته ها

مریم حسنونند
استادیار دانشکده فیزیک
دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه مهندسی و فناوری ایران

به دانشکده فیزیک
دانشگاه صنعتی اصفهان خوش آمدید

MY LIFE IN WEEKS

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

NOTES

شما اینجا هستید!

MY LIFE IN WEEKS

١/٥ ساعة!!

فهرست مطالب

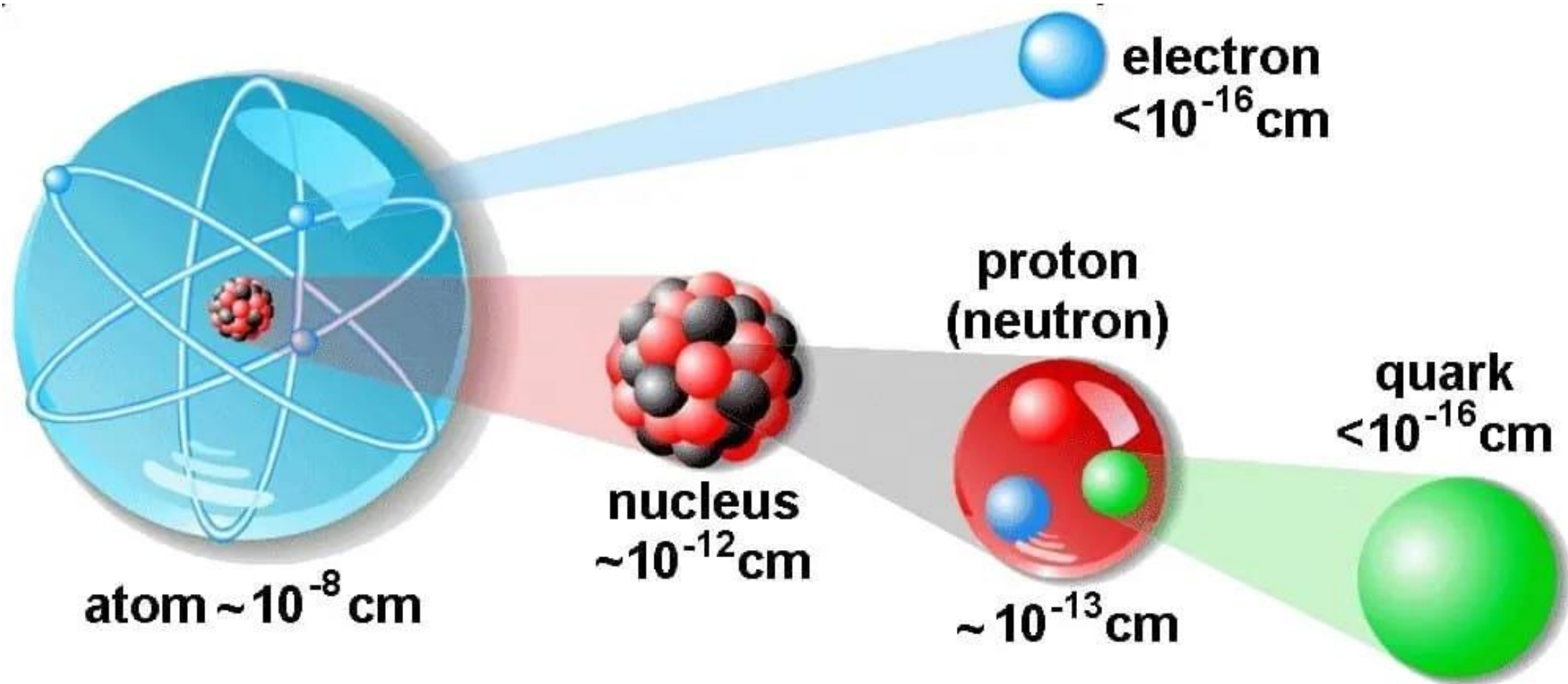
- ❖ مقدمه ای بر فیزیک هسته ای
- ❖ کاربردهای فیزیک هسته ای

زمینه های پژوهشی فعال در گروه هسته ای

- پزشکی هسته ای
- ✓ تشخیص (تصویر برداری): اسکنرهای PET و SPECT
- ✓ درمان : شتاب دهنده های پزشکی
- شتابدهنده های ذرات
- آسیب تابش
- کاربرد پرتوها

مقدمه

اجزاء سازنده اتم



Mass number
Number of protons
and neutrons in atom

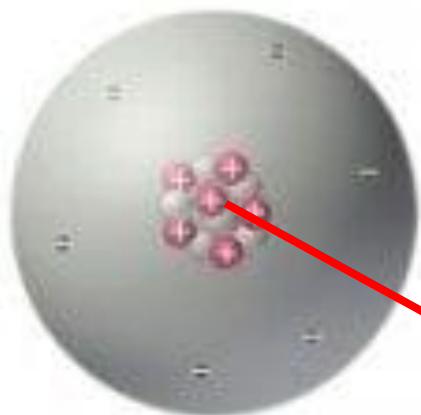
A
Z

Atomic number
Number of protons
in atom

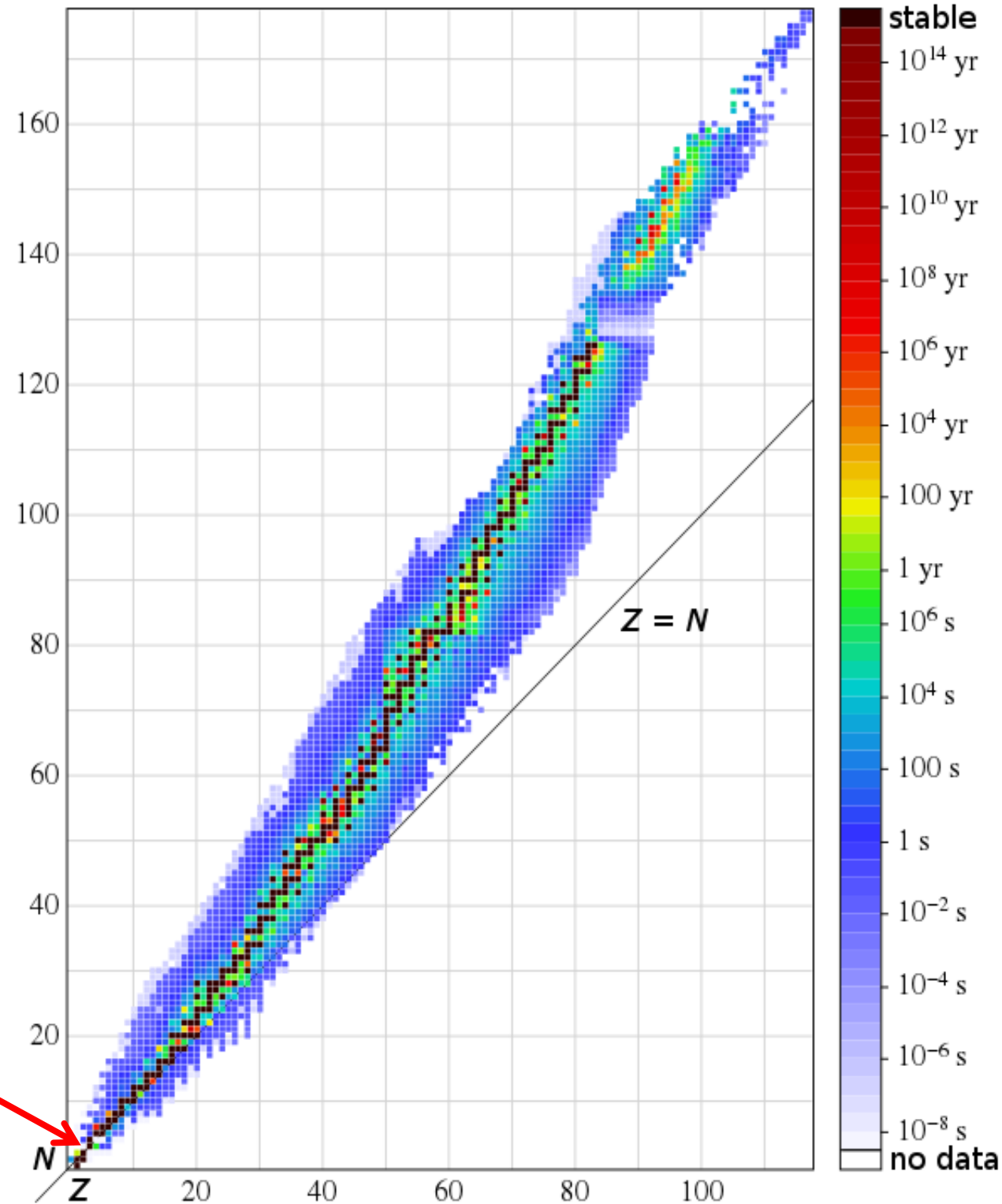
Atomic symbol
Abbreviation used
to represent atom
in chemical
formulas

12
6
C

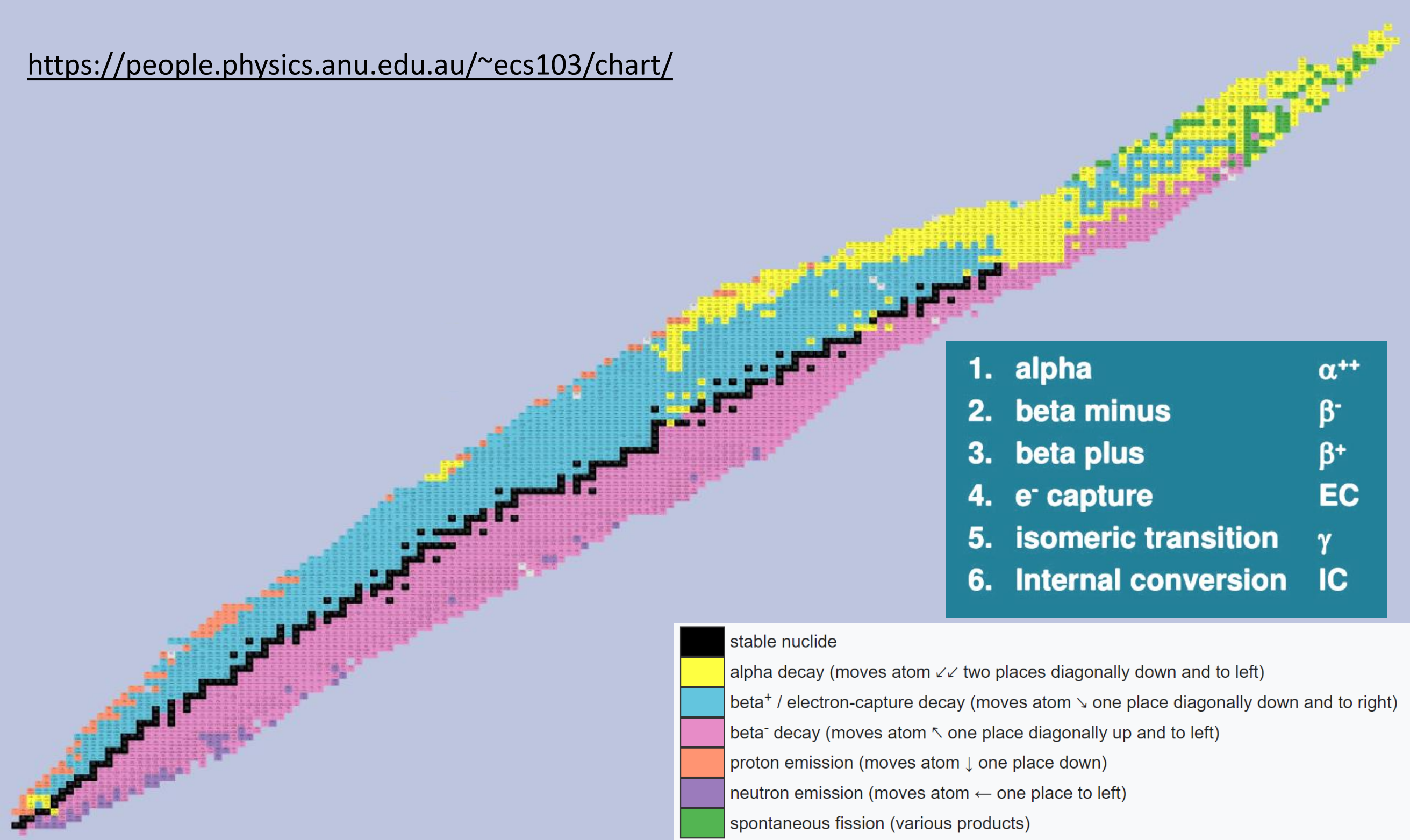
6 protons
6 neutrons
6 electrons



۱۱۳ اتم شناخته شده و بیش از سه هزار هسته
(پایدار و رادیواکتیو)

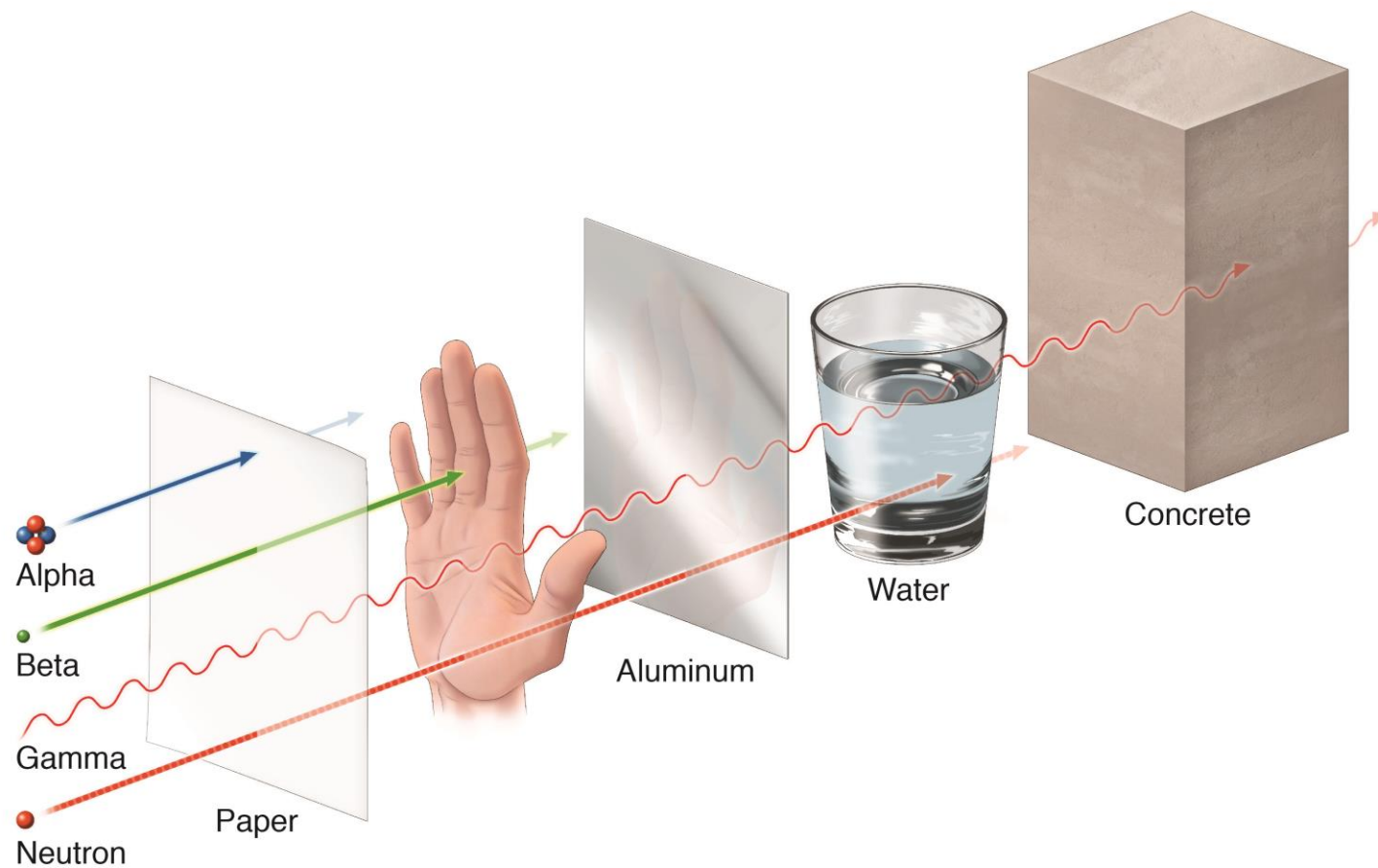


<https://people.physics.anu.edu.au/~ecs103/chart/>



دو دسته هسته داریم: پایدار و ناپایدار

Name	Symbol(s)	Representation	Description
Alpha particle	${}^4_2\text{He}$ or ${}^4_2\alpha$		(High-energy) helium nuclei consisting of two protons and two neutrons
Beta particle	${}^0_{-1}\text{e}$ or ${}^0_{-1}\beta$		(High-energy) electrons
Positron	${}^0_{+1}\text{e}$ or ${}^0_{+1}\beta$		Particles with the same mass as an electron but with 1 unit of positive charge
Proton	${}^1_1\text{H}$ or ${}^1_1\text{p}$		Nuclei of hydrogen atoms
Neutron	${}^1_0\text{n}$		Particles with a mass approximately equal to that of a proton but with no charge
Gamma ray	γ		Very high-energy electromagnetic radiation

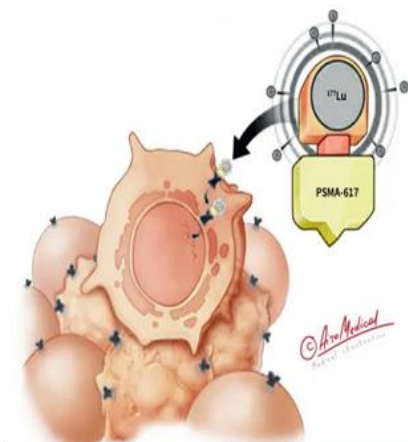
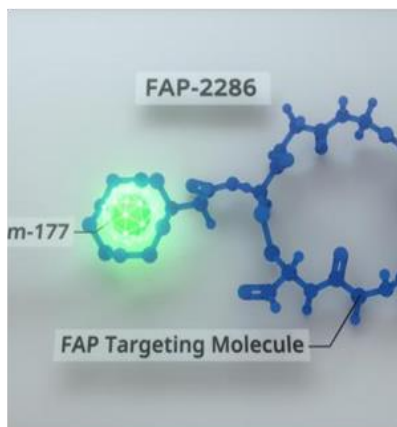


۱- ذرات بدون بار: یونیزاسیون، برانگیختگی، پراکندگی و واکنش هسته ای برای نوترون

۲- ذرات باردار: یونیزاسیون، برانگیختگی، پراکندگی (کشسان و ناکشسان)

آسیب تابش وابسته به نوع ذرات تابشی و ذرات هدف

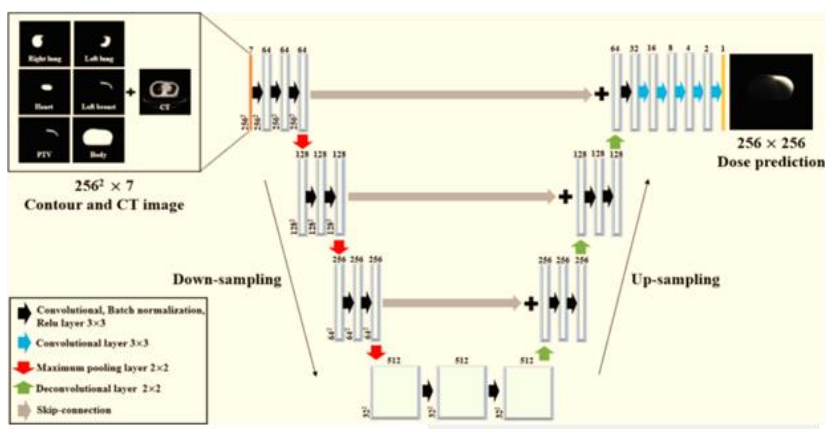
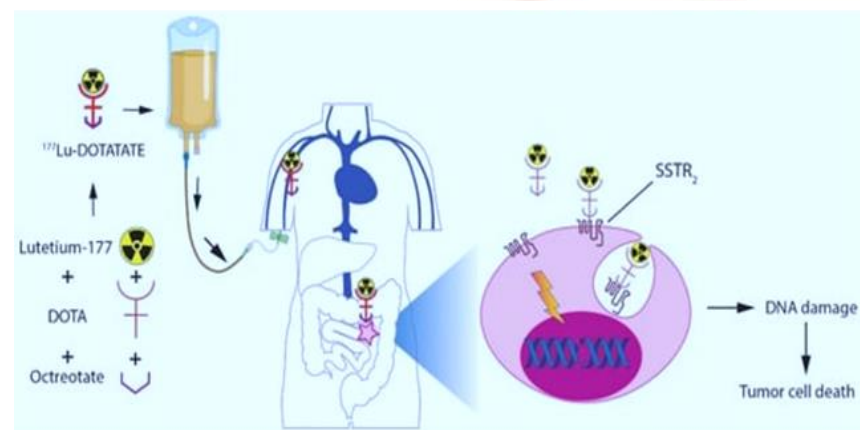
کاربردهای فیزیک هسته ای

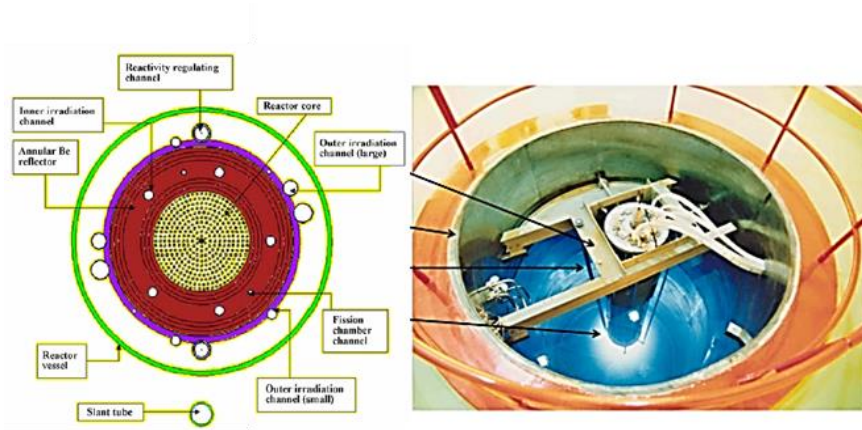


تعیین توزیع دوز تابشی در رادیو نوکلئید تراپی (لوتیشیوم-۱۷۷ فاپی) با استفاده از روش مونت کارلو با GATE برای درمان بیماران مبتلا به سرطان تیروئید مقاوم به ید درمانی

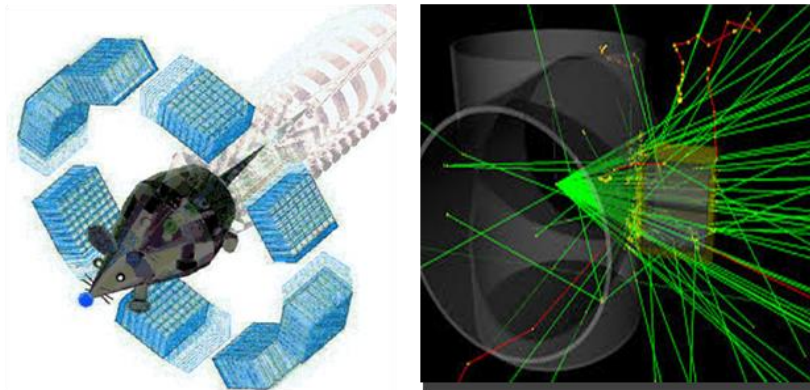
استفاده از یادگیری ماشین در پیش‌بینی توزیع دز IMRT در بیماران مبتلا به انواع سرطان

بررسی و شبیه‌سازی آشکارسازهای مورد استفاده در سیستم تصویربرداری PET و SPECT با کدهای محاسباتی





امکان سنجی ایجاد بیم لاین نوترون حرارتی از داخل تانک راکتور مینیاتوری چشمه نوترون اصفهان جهت استفاده برای PGNAA



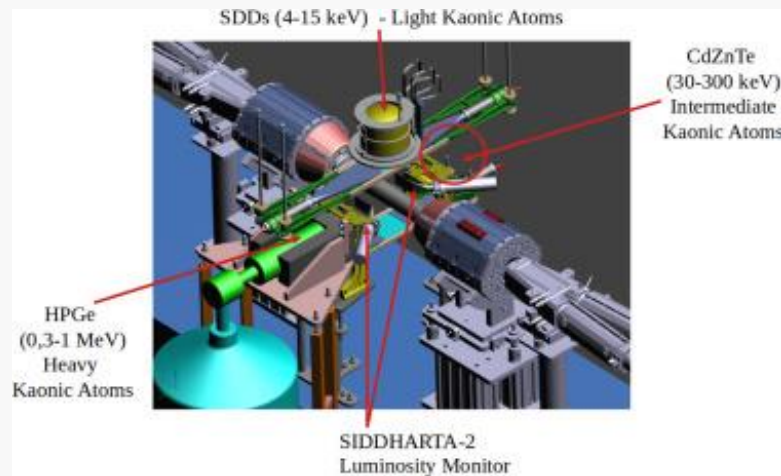
تعیین نیمه عمر نوترونها و فوتونوترونهای تأخیری در راکتور مینیاتوری چشمه نوترون اصفهان

بررسی و شبیه سازی آشکارسازهای مورد استفاده در سیستم تصویربرداری PET و SPECT با کدهای محاسباتی



فیزیک هسته ای نظری و محاسباتی

(مطالعه فیزیک هادرونها)

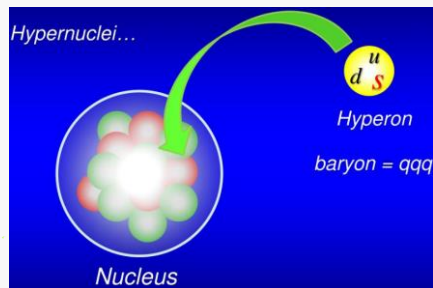
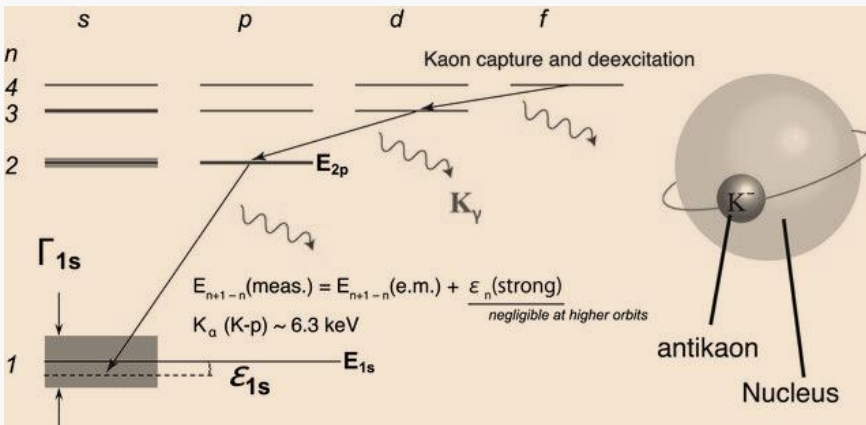


اگر یک ذره بار دار، دارای بارالکتریکی برابر با بارالکترون اما سنگینتر از آن مانند K^-, π^-, μ^- جایگزین الکترون در مدارهای اتمی شود، به آن ذره، ذره اگزوتیک و به سیستم حاصل اتم اگزوتیک گفته می شود.

این پدیده، زمینه های مختلفی را جهت تحقیق فراهم می کند:

- ✓ برهم کنش هادرونی در آستانه،
- ✓ جرم ها و گشتاورهای مغناطیسی ذرات باردار منفی،
- ✓ محک الکترو دینامیک کوانتومی (QED) برای حالت مقید،
- ✓ برهم کنش با الکترون پوسته ی اتم ها و مولکول ها،
- ✓ ویژگی های هسته ای،
- ✓ برهم کنش الکتروضعیف و
- ✓ همجوشی کاتالیزور میونی.

مطالعه این شاخه از علم منجر به افزایش توانمندی در انجام محاسبات سنگین و ارتباطات بین المللی شده است.

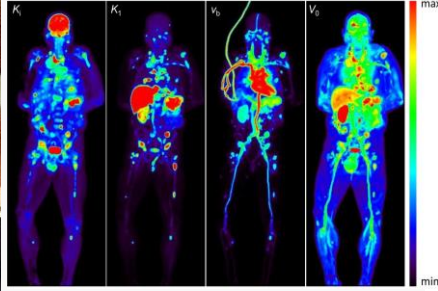
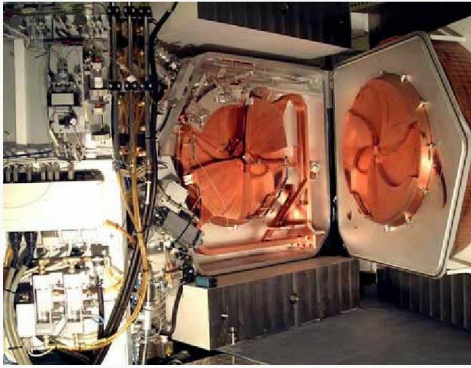


zafar@iut.ac.ir

hassanvand@iut.ac.ir

marri@iut.ac.ir

فیزیک شتابگرهای ذرات



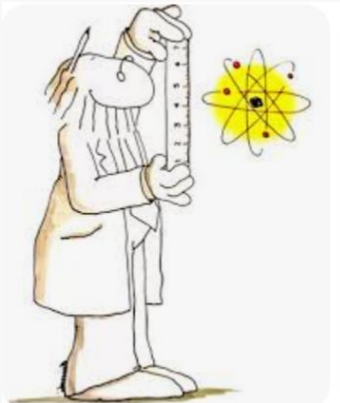
همکاری در طراحی و ساخت شتاب دهنده های خطی پزشکی، 6MV و 10MV با شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان



همکاری در طراحی و ساخت سیکلوترون کلاسیک شرکت GE با شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان

همکاری در طراحی انواع چشمه های یونی با شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان

امکان سنجی ساخت دستگاه های تصویربرداری هسته ای (PET و IGRT) با شرکت های دانش بنیان





عنوان برخی همکاری های مشترک پژوهشی تحت راهنمایی جناب آقای دکتر کلانتری

همکاری با سازمان انرژی اتمی اصفهان و تهران از طریق تعریف پارساهای مشترک :

- بررسی ستون نوترون حرارتی راکتور صفر قدرت آب سنگین اصفهان،
- بررسی شار نوترون و دوز گاما در کانال pgnaa راکتور mnsr اصفهان،
- طراحی حفاظ گذاری چشمه نوترون راکتور زیر بحرانی اصفهان،
- طراحی شتابدهنده خطی الکترونی با پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای،
- پروتون تراپی،
- شتابدهنده سیکلوترونی،
- چشمه یونی،
- محاسبات تولید رادیو ایزوتوپها از جمله تکنسیوم ۹۹،
- گداخت هسته ای،

Email: zafar@iut.ac.ir

توضیحات

پزشکی هسته ای :

- تشخیص (تصویر برداری)
- درمان

توسعه اسکنر خطی در سال ۱۹۵۱ توسط بندیکت کاسن و دوربین انگر که در سال ۱۹۵۸ توسط هال انگر ساخته شد، پیشگام همه سیستم‌های تصویربرداری تک فوتونی پزشکی هسته‌ای مدرن است.

تصویربرداری پزشکی هسته‌ای از طریق توموگرافی کامپیوتری با گسیل تک فوتون (SPECT) و یا توموگرافی با گسیل پوزیترون (PET) انجام می‌شود.

Single Photon Emission Tomography
Positron Emission Tomography





تشخیص: آناتومی و بیولوژی

بیولوژی مطالعه حیات است که شامل همه بخش ها و سیستم ها می شود. با این حال، آناتومی مطالعه خاصی از بدن انسان است.



در روش‌های تصویربرداری پزشکی مانند تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI)، تصویربرداری اشعه ایکس، توموگرافی رایانه‌ای با اشعه ایکس (CT)، تصاویر آناتومیک برجسته‌ای را ارائه می‌دهند، اما توانایی آن‌ها در ارائه اطلاعات بیولوژیک محدود است.



اولین تصویر با اشعه X

SPECT: رادیوداروهای استفاده می‌شود که با گسیل گاما به پایداری می‌رسند

PET: از هسته‌های پرتوزایی که پوزیترون ساطع می‌کنند

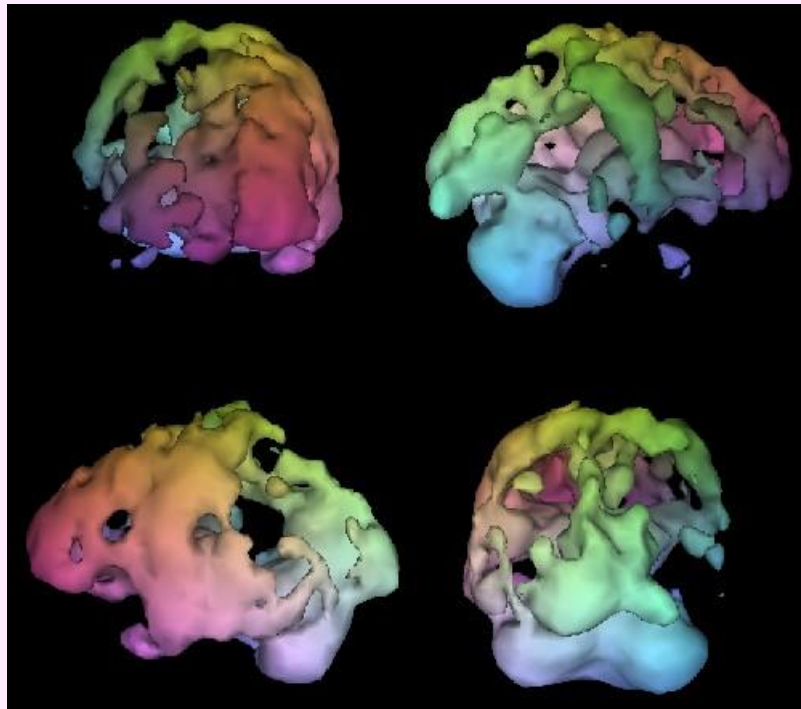
SPECT

اسکن SPECT یا توموگرافی کامپیوتری با انتشار تک فوتونی، یک تکنیک تصویربرداری هسته ای غیرتهاجمی است که از یک ردیاب رادیواکتیو و یک دوربین مخصوص برای ساختن یک تصویر سه بعدی از اندام ها استفاده می کند.

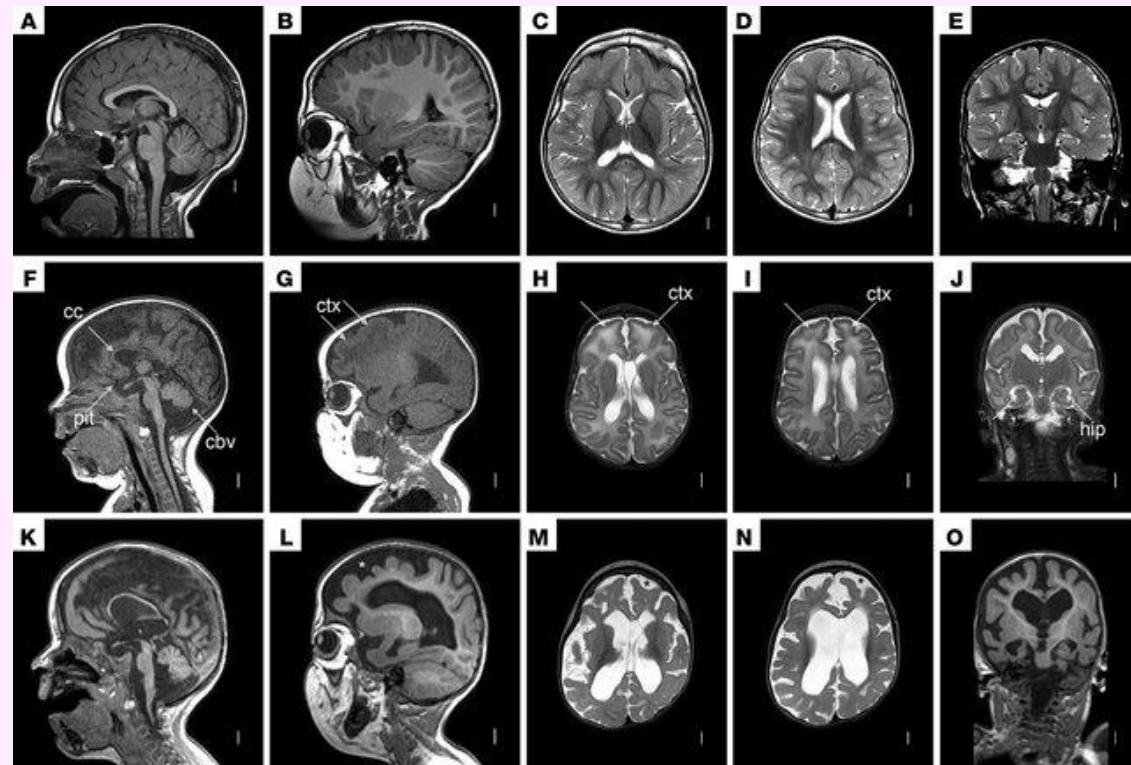
در این روش از رادیو ایزوتوپ هایی استفاده می شود که ذرات گاما از خود ساطع می کنند و نشان می دهد چگونه خون به داخل بافت ها و اندام ها جریان می یابد. برای کمک به تشخیص تشنج، سگته مغزی، عفونت ها و تومورهای ستون فقرات استفاده می شود.

SPECT

در اسکن SPECT، می توان عملکرد زنده اندام هدف را مشاهده کرد. برای مثال، فرد می تواند الگوی جریان خون را در قلب ببیند. همچنین می توانیم تعیین کنیم که کدام قسمت از مغز در حال حاضر فعال است. این کار با تزریق اولیه یک رادیو ایزوتوپ ساطع کننده ی گاما به بدن انجام می شود در MRI، ما می توانیم آناتومی مفصلی از اندام داخلی را ببینیم، اما جریان خون یا عملکرد آن را مشاهده نمی کنیم. هر دو اسکن MRI و SPECT اسکن سه بعدی هستند.



SPECT مغزی بیماری آلزایمر را نشان می دهد

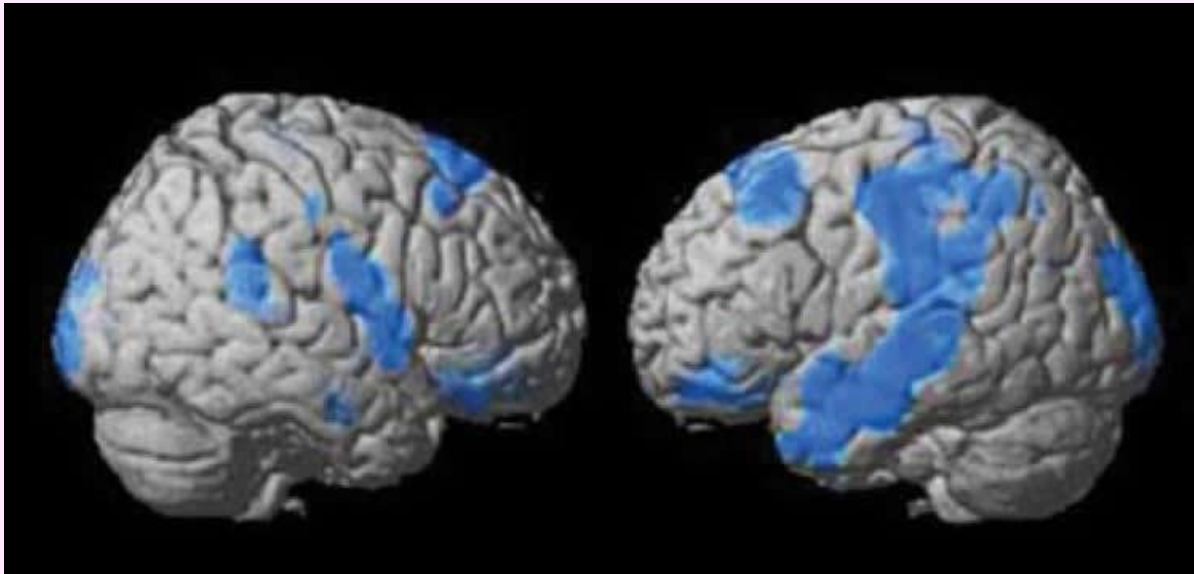


تصویر MRI از مغز

SPECT

به کمک مقطع نگاری رایانه ای تک فوتونی SPECT، می توان تصاویر سه بعدی از عملکرد و فعالیت یک بافت یا یک ارگان از بدن مانند قلب یا مغز، به دست آورد. روش کار یه این صورت است که یک ماده با نیمه عمر کم، به ترکیب شیمیایی خاصی تبدیل می شود که در بافت های خاصی از بدن و به نسبت فعالیت آن بخش، جذب خون می گردد.

به عنوان مثال این ماده شیمیایی می تواند یک نوع قند خاص برای بررسی عملکرد بخشی از مغز باشد. این ماده وارد خون فرد مورد نظر شده و توسط سلول های مغزی که مصرف کننده اصلی این نوع قند هستند جذب می گردد و لذا بیشترین میزان تشعشع از این نواحی صورت خواهد گرفت.



محققان اسکن حدود ۵۰۰ نفر با بیماری افسردگی را که به درمان پاسخ دادند با اسکن ۱۰۶ بیمار که به درمان پاسخ ندادند، مقایسه کردند. این مطالعه نشان داد که بیمارانی که به درمان پاسخ ندادند، جریان خون کلی مغزی پایین تری داشتند، به ویژه در لوب های فرونتال، گیجگاهی، و جداری و در نواحی مغزی که تحت تأثیر آلزایمر شناخته شده اند.

SPECT

برخی رادیونوکلئیدهای استفاده شده برای تصویر برداری SPECT

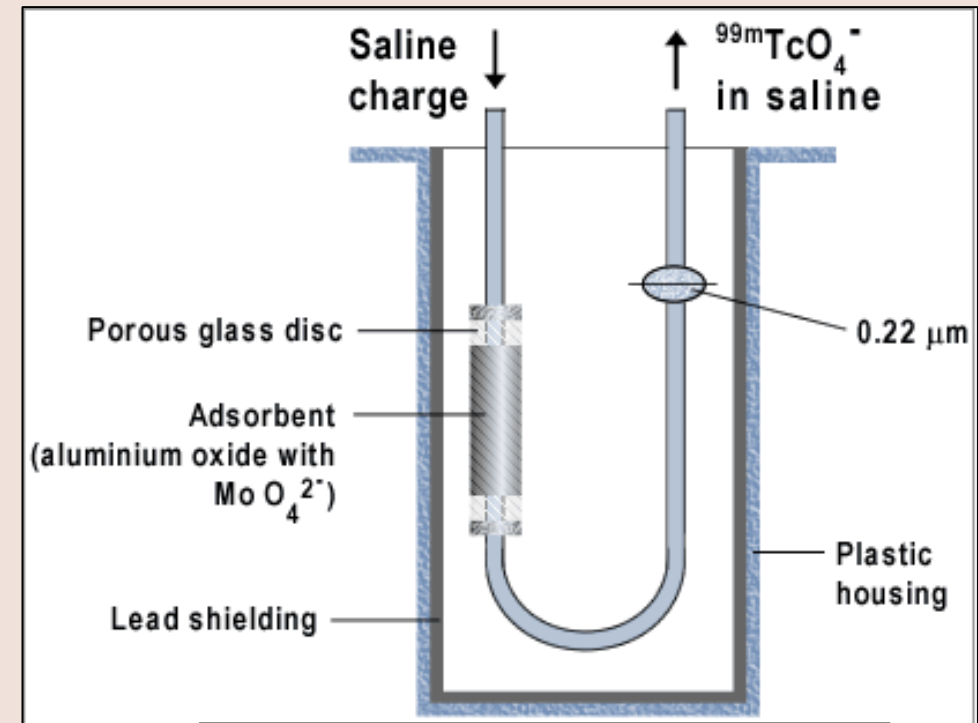
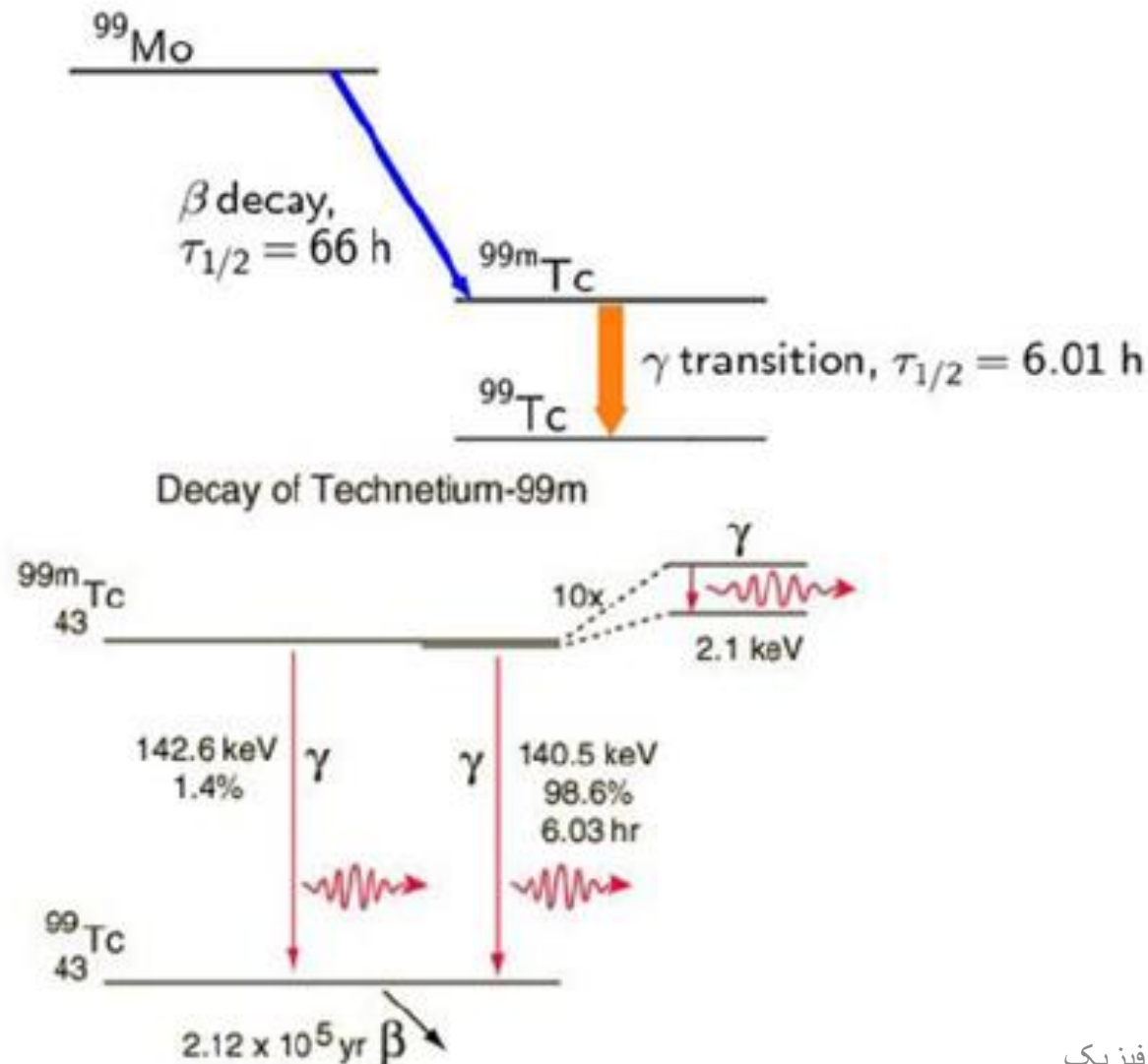
هسته پرتوزا	نیمه عمر	مد واپاشی	انرژی گامای اصلی (% فراوانی)
^{99m}Tc	6.01 h	γ	140.5 (87.2)
^{123}I	13.27 h	EC	159.0 (83.3)
^{131}I	8.02 d	β^- & γ	364.5 (81.2)
^{67}Ga	3.261 d	EC	93.3 (37.0), 184.6 (20.4)
^{111}In	2.805 d	EC	171.3 (90.2), 245.4 (94.0)
^{201}Tl	3.038 d	EC	167.4 (9.4)

SPECT

واپاشی مولیبدن به تکنیسیوم

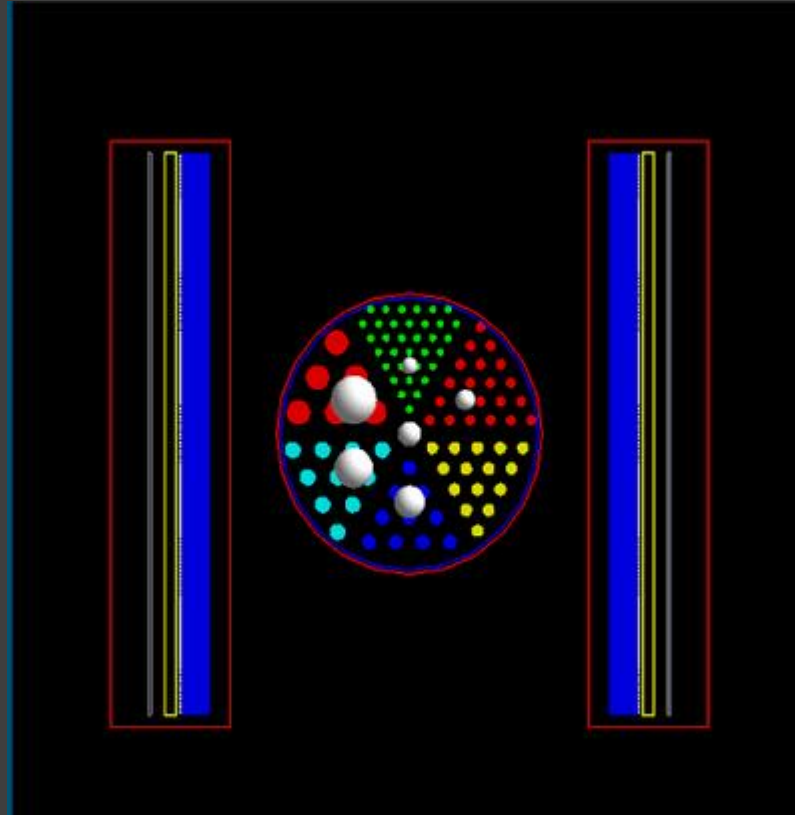
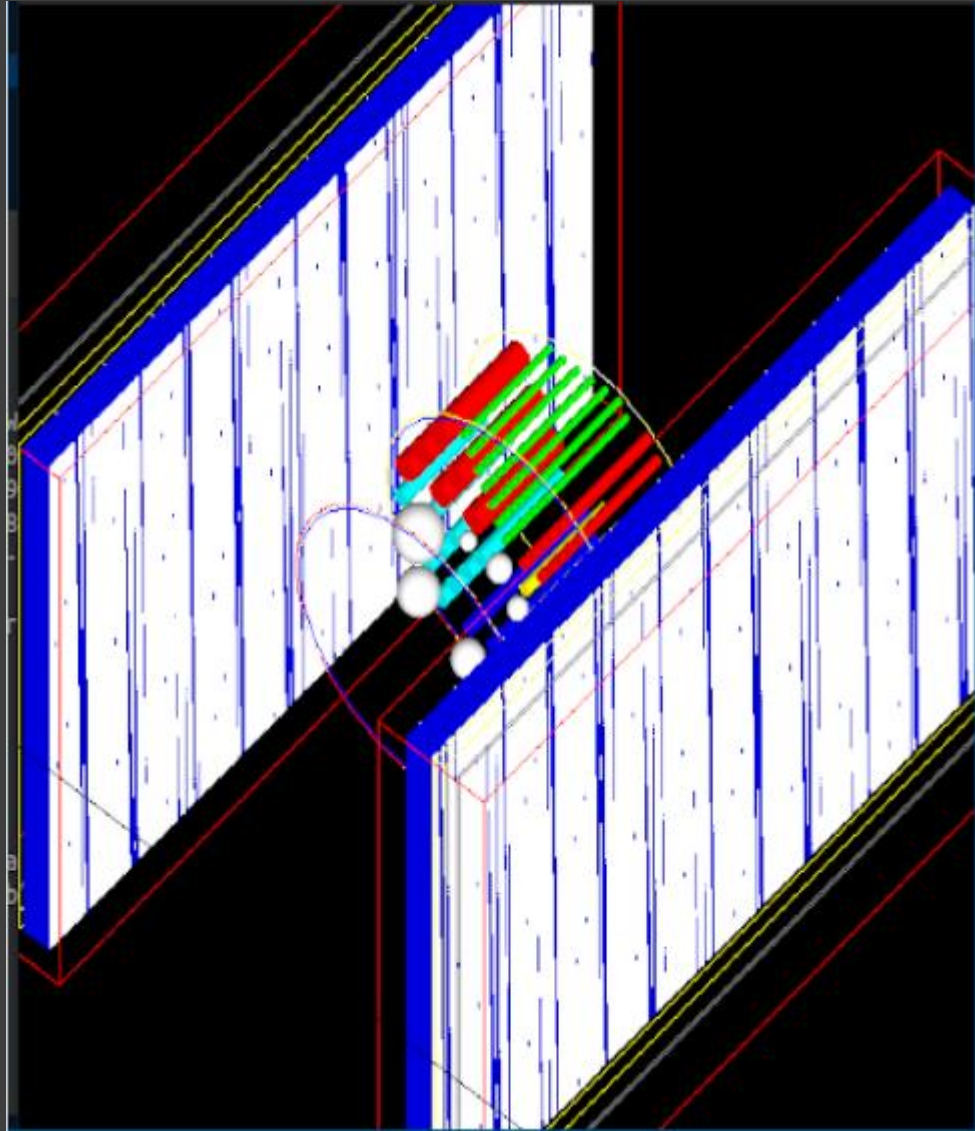
دو رویکرد اصلی برای تولید ایزوتوپ پزشکی ^{99}Mo وجود دارد: شکافت ^{235}U ، که ^{99}Mo و دیگر ایزوتوپ های مهم پزشکی مانند ^{131}I و ^{133}Xe را تولید می کند،

و دیگری جذب نوترون توسط ^{98}Mo برای تولید ^{99}Mo



استخراج تکنیسیوم از مولیبدن

SPECT

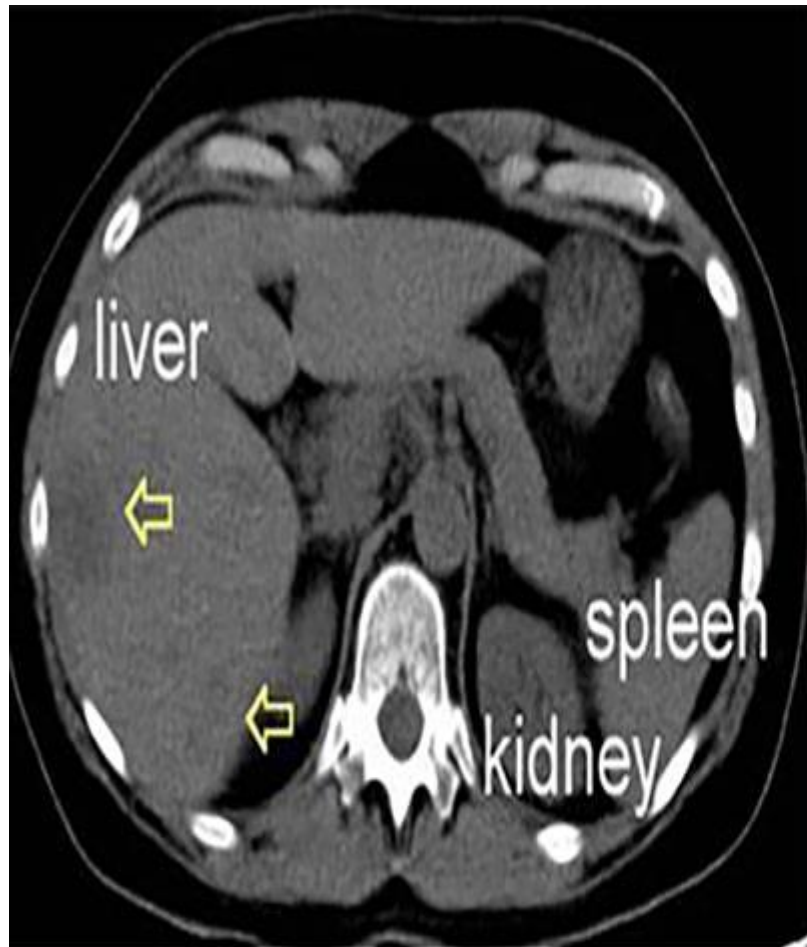


اسکنر PET

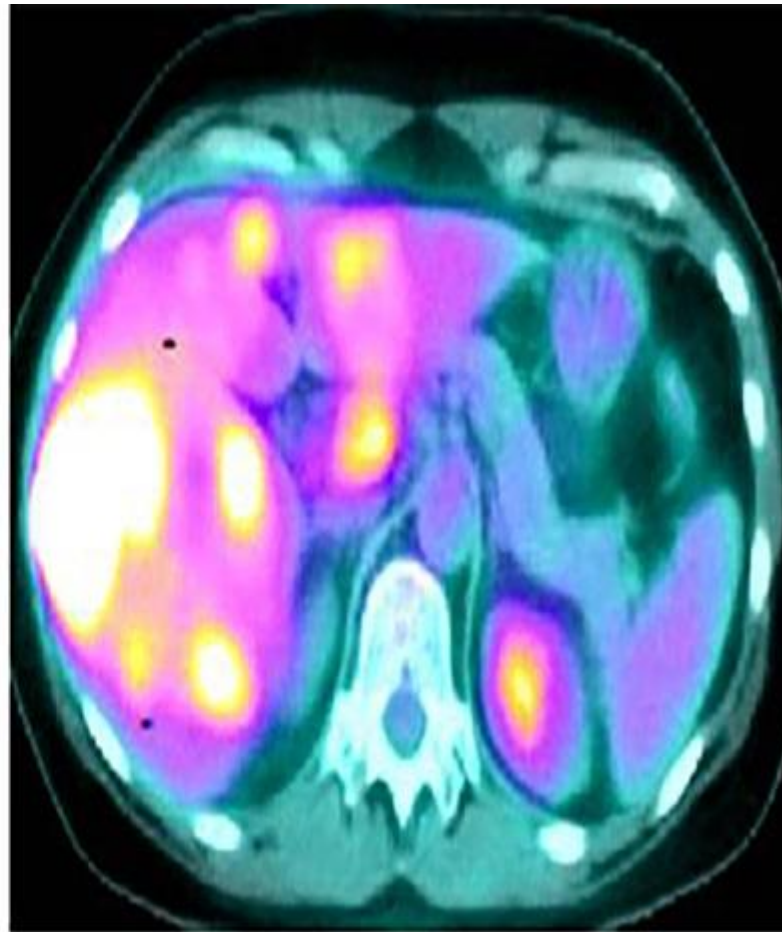
در این روش از رادیوداروهایی استفاده می‌شود که با گسیل پوزیترون به پایداری می‌رسند. هسته‌های گسیلنده پوزیترون منجر به گسیل دو فوتون نابودی با انرژی 511 keV به صورت پشت به پشت (با زاویه 180° درجه) می‌شوند. اسکنرهای PET، اسکنرهای سطح بالایی هستند که تصاویر بیولوژیکی بسیار حساسی از توزیع سه بعدی هسته‌های پرتوزا را در داخل بدن تولید می‌کنند.

در این روش از رادیاب پرتوزا استفاده می‌شود که نیمه عمر پایینی دارند. در تصویربرداری پت برای تشخیص جهت و مکان فوتون‌های نابودی از تکنیک رویداد همزمانی یا همفروندی پدیده نابودی (ACD) استفاده می‌شود. اسکنر پت از آشکارسازهایی تشکیل شده است تا بتواند این فوتون‌های پرانرژی را آشکار و مکان‌یابی کند.

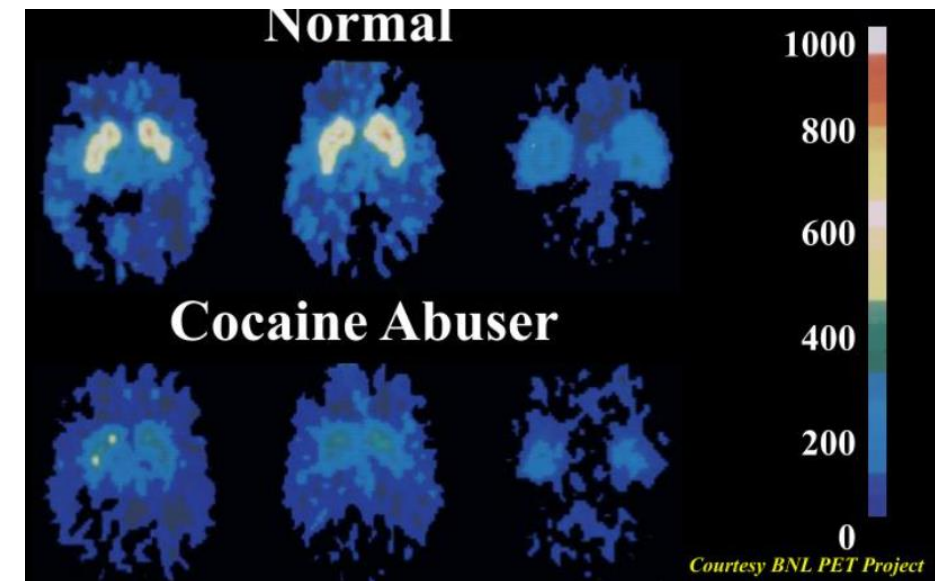
قابلیت اسکنر PET



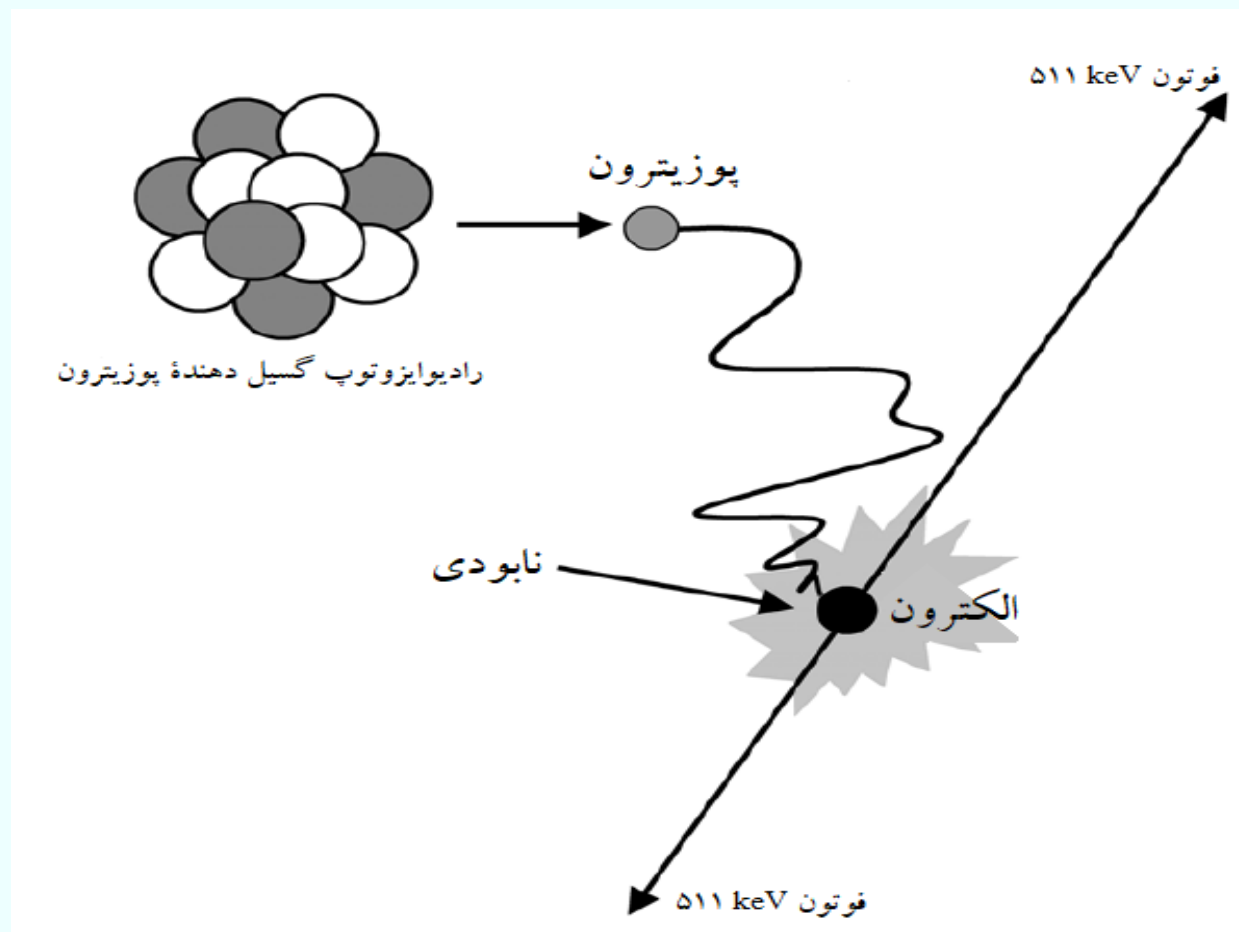
اسکن CT از کبد
با وجود تومور



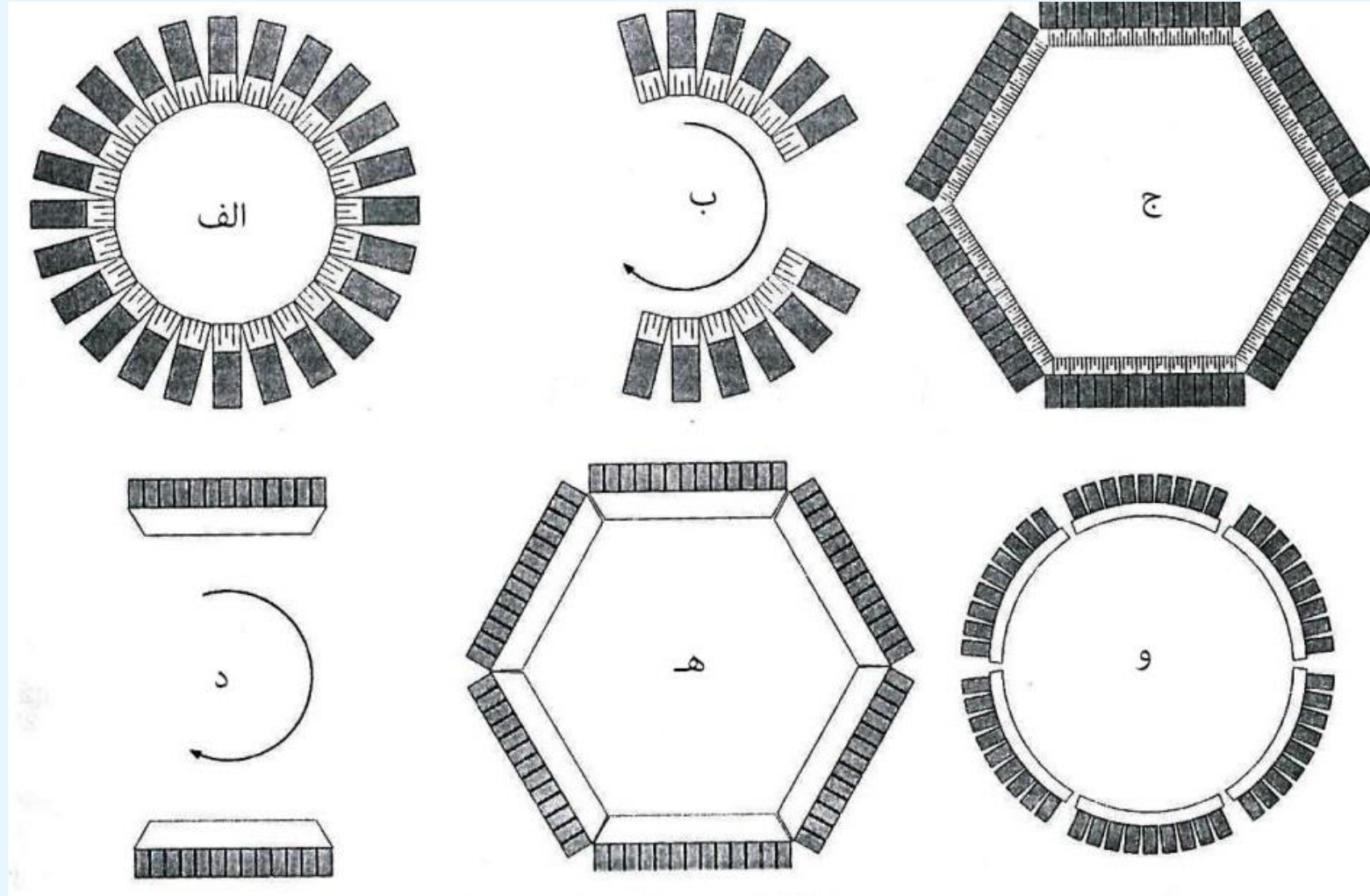
اسکن PET از کبد
با وجود تومور



اسکنر PET



گسیل پوزیترون و نابودی الکترون-پوزیترون، پس از آن منجر به گسیل دو فوتون گاما با انرژی 511 keV ، به صورت پشت به پشت می‌شود.

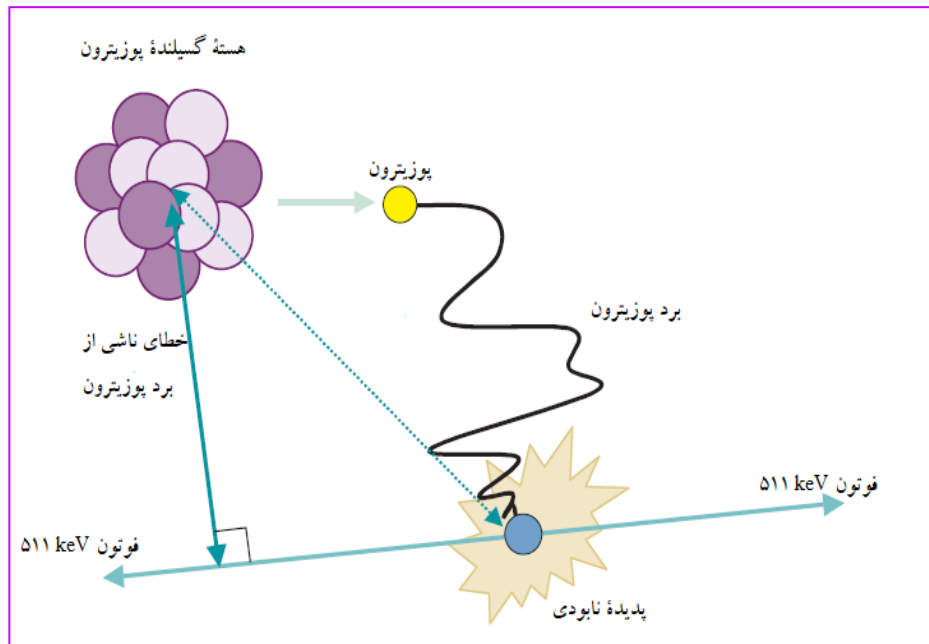
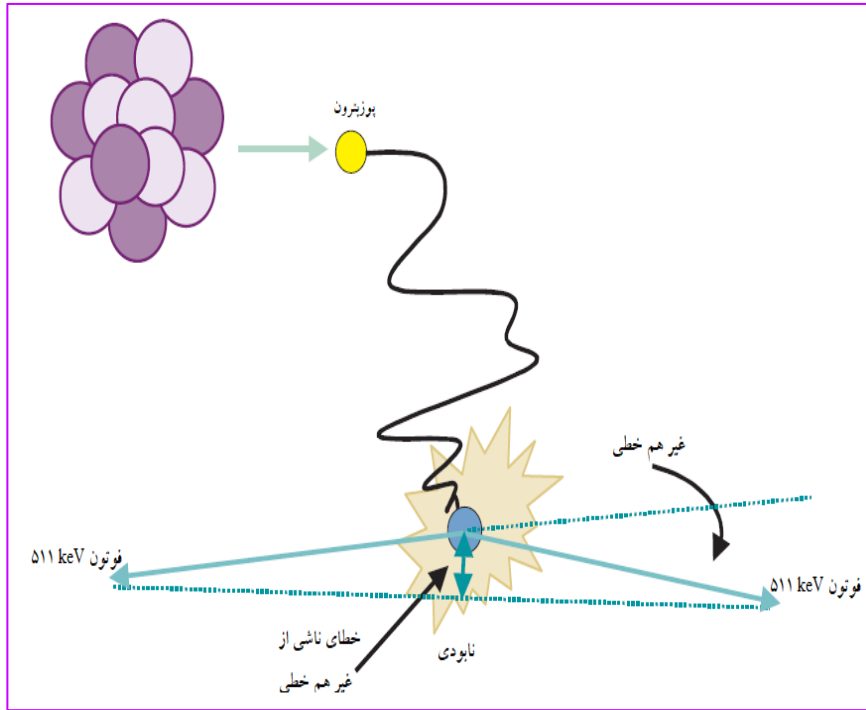


چیدمان اشکارسازها

$\text{Lu}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}$
 $\text{LuYSiO}_5:\text{Ce}$
 $\text{Y}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}$
 $\text{Gd}_2\text{SiO}_5:\text{Zr}$
 $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$
 NaI(Tl)
 CsI(Tl)

Siemens			Philips		GE healthcare			شرکت سازنده
Biograph mCT	Biograph vision	Biograph Horizon	Ingenuity TF PET/CT	Vereos digital PET/CT	discovery IQ PET/CT	DMI-DR	discovery MI PET/CT	نام دستگاه
LSO	LSO	LSO	LYSO	LYSO	BGO	LYSO	LYSO	نوع کریستال
۴×۴×۲۰	۳/۲×۳/۲×۲۰	۴×۴×۲۰	۴×۴×۲۲	۴×۴×۱۹	۶/۳×۶/۳×۳۰	۴/۲×۶/۳×۲۵	۳/۹۵×/۳×۲۵	ابعاد کریستال (mm)
۳۲۴۴۸	۶۰۸۰۰	-	۲۸۳۳۶	۲۳۰۴۰	۱۱۵۲۰	۱۳۸۲۴	۲۴۴۸۰	تعداد کل کریستال
PMT	SIPM	PMT	SIPM	SIPM	PMT	PMT	SIPM	نوع اتصال
۲۲/۱	۲۶/۱	۱۶/۴	۱۸	۲۰	۲۶	۱۵/۶	۲۵	Axial FOV (cm)
۱۰	۱۶/۴	-	۷/۳	۵/۲	۲۲/۸	۶/۳	۲۰/۸۴	حساسیت (cps/kBq)
۵۴۰	۲۱۴	۵۴۰	۵۰۲	۳۱۰	non	۵۵۰	۳۸۰	TOF (ps)

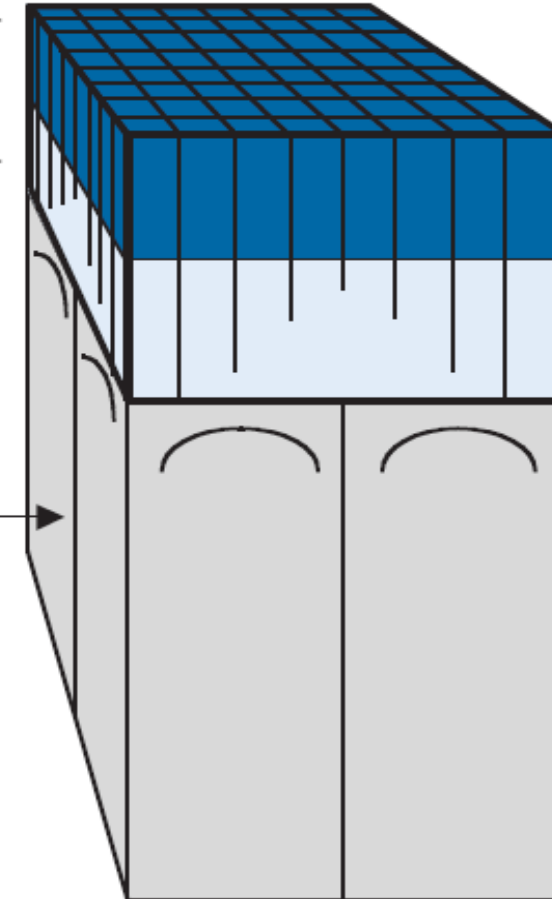
اسکنر PET



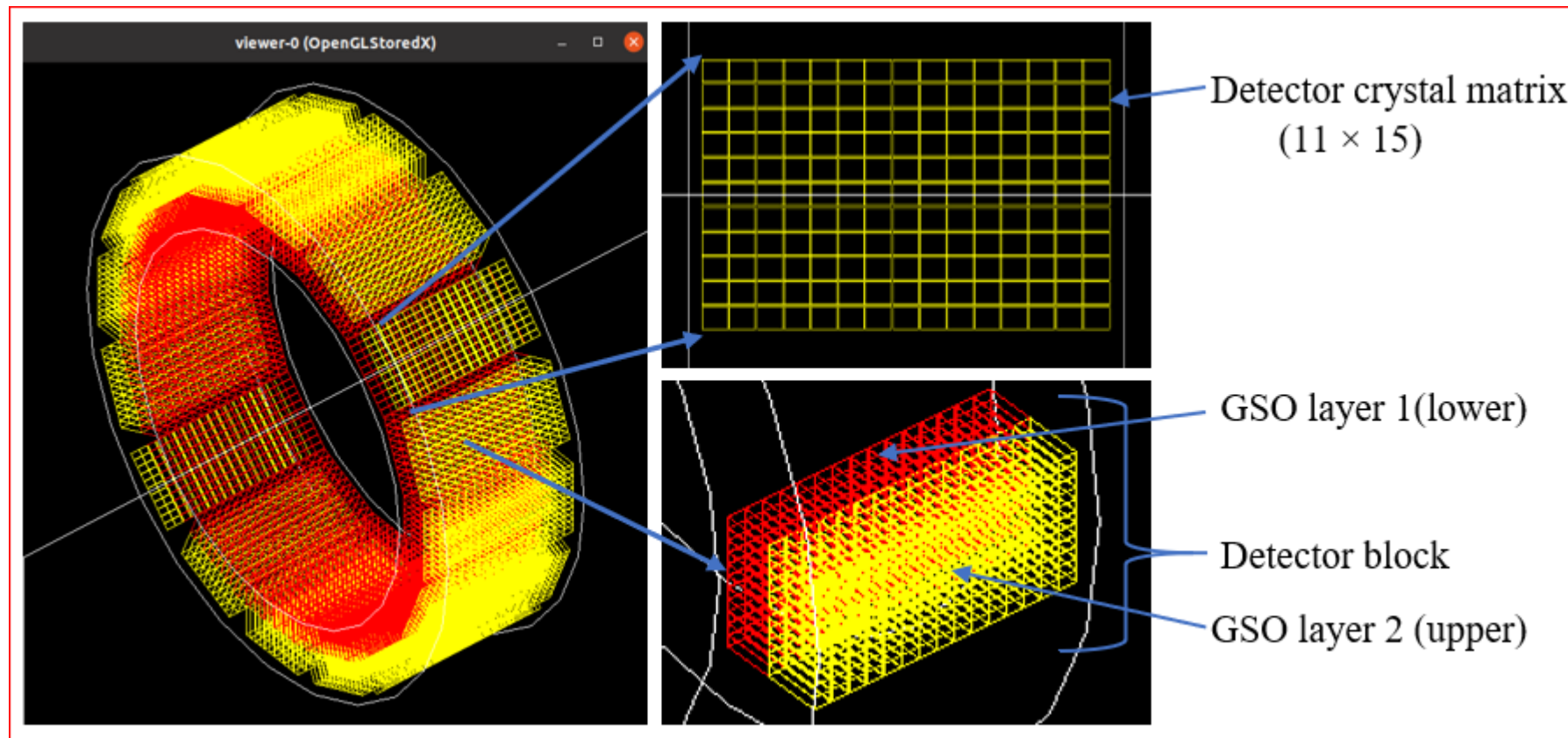
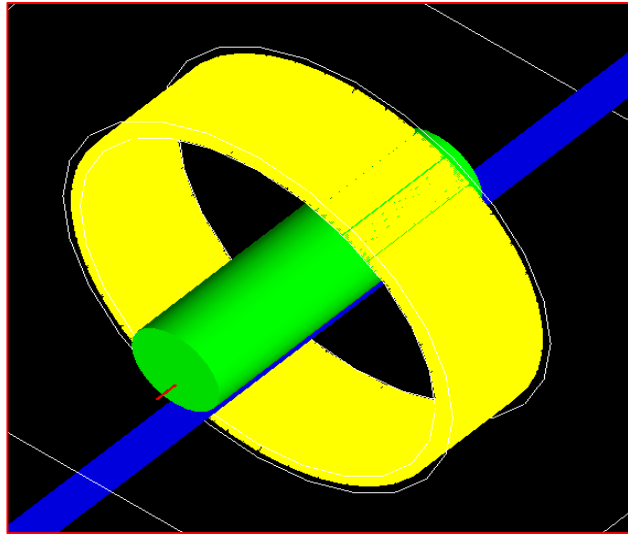
ماده سوسوزنی ۱

ماده سوسوزنی ۲

لامپ PMT



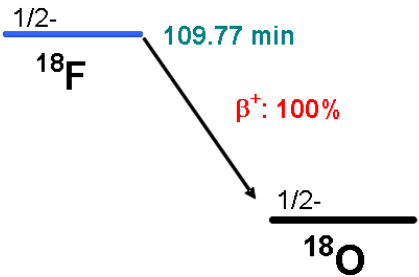
اسکنر PET



اسکنر PET

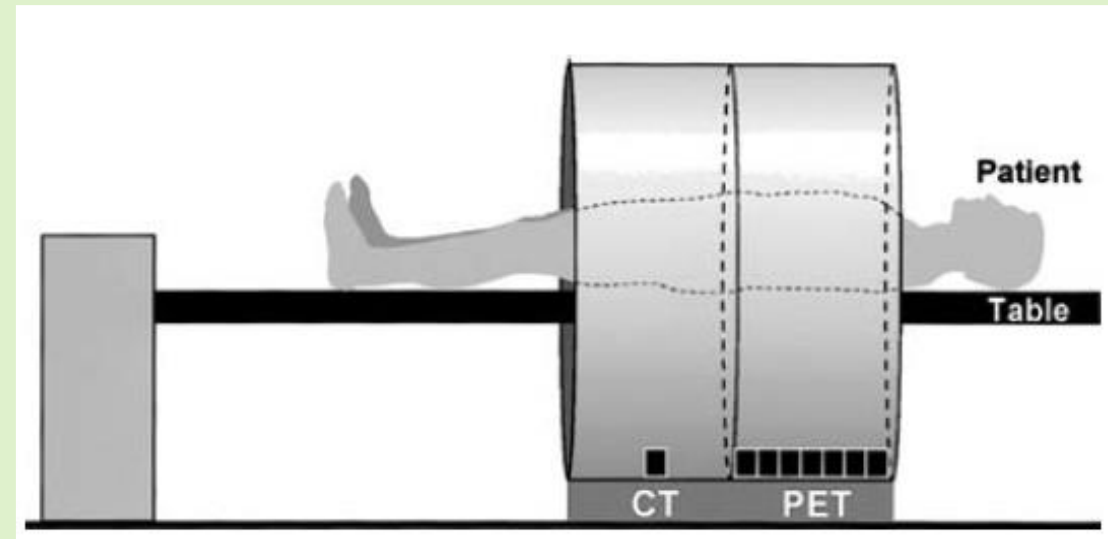
برخی از هسته‌های پرتوزا که پوزیترون گسیل می‌کنند

هسته پرتوزا	نیمه عمر	$E_{\max}$ (Mev)	کسر واپاشی β^+
^{11}C	۲۰/۴ دقیقه	۰/۹۶	۱/۰۰
^{13}N	۹/۹۷ دقیقه	۱/۲۰	۱/۰۰
^{15}O	۱۲۲ ثانیه	۱/۷۳	۱/۰۰
^{18}F	۱۰۹/۸ دقیقه	۰/۶۳	۰/۹۷
^{22}Na	۲/۶۰ سال	۰/۵۵	۰/۹۰
^{62}Cu	۹/۷۴ دقیقه	۲/۹۳	۰/۹۷
^{64}Cu	۱۲/۷ ساعت	۰/۶۵	۰/۲۹
^{68}Ga	۶۷/۶ دقیقه	۱/۸۹	۰/۸۹
^{76}Br	۱۶/۲ ساعت	مختلف	۰/۵۶
^{82}Rb	۱/۲۷ دقیقه	۲/۶۰ ، ۳/۳۸	۰/۹۶
^{124}I	۴/۱۷ روز	۲/۱۴ ، ۱/۵۳	۰/۲۳



اسکنر PET

داروی رادیواکتیو از پیش در **سیکلوترون** که یک نوع شتاب دهنده ذرات باردار است، تولید شده است. این دارو به یک ماده شیمیایی طبیعی بدن پیوند می یابد که این ماده می تواند گلوکز، آب، آمونیاک و یا . . . باشد. رادیو دارو به بدن بیمار تزریق می شود و یک ردیاب پرتوزا به وجود می آید.

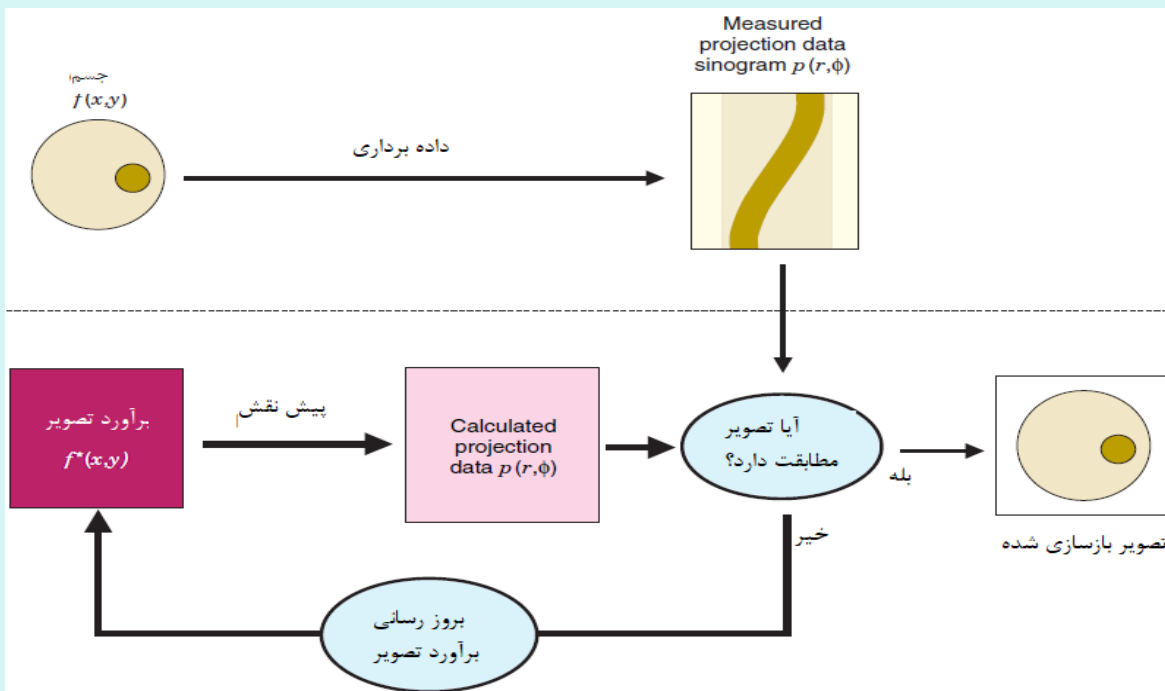


این ردیاب به سمت محل هایی حرکت می کند که در حالت طبیعی در آن ها یافته می شود. به عنوان مثال، **fluorodeoxyglucose FDG** داروی رادیواکتیوی است که جهت ایجاد ردیاب پرتوزا به گلوکز متصل می شود. گلوکز به سمت بخش هایی از بدن می رود که جهت تامین انرژی نیازمند قند هستند

اسکنر PET

از سویی مصرف انرژی در بافت های طبیعی با بافت های سرطانی متفاوت است و تراکم FDG در یک بافت، نشانه سرطانی بودن آن بافت خواهد بود. شکسته شدن ردیاب رادیویی درون بدن منجر به ایجاد پوزیترون می شود و دستگاه با آشکارسازی انرژی گسیل شده از این ذرات بار مثبت (پوزیترون ها) تصویر را به وجود می آورد.

این انرژی به صورت یک تصویر سه بعدی بر روی نمایشگر کامپیوتر ظاهر نشان داده می شود. تصویر PET چگونگی عملکرد بخش های مختلف بدن بیمار را با در نظر گیری نحوه واپاشی ردیاب پرتوزا مشخص می سازد و وجود سطوح مختلف پوزیترون را بر اساس درخشندگی و رنگ نمایش می دهد.



شتاب دهنده های ذرات

شتاب دهنده، دستگاهی است که در آن ذرات باردار (مانند ذرات بنیادی، اتم های یونیزه شده، مولکولها یا قسمت های مولکول) به وسیله میدان های الکتریکی یا مغناطیسی تا سرعت های بسیار زیادی شتاب داده می شوند. به طوری که سرعت بسیاری از آنها، حتی تا نزدیکی های سرعت نور می رسد.

گسیل باریکه ای از ذرات با انرژی خاص به سمت یک هدف خاص

روش های مختلف شتاب دهی ← ناشی از آرایش های گوناگون میدان های الکتریکی و مغناطیسی

شتاب دهنده‌ها (از نظر ساختمان هندسی) به دو دسته تقسیم می‌شوند:

○ خطی

○ دایره‌ای

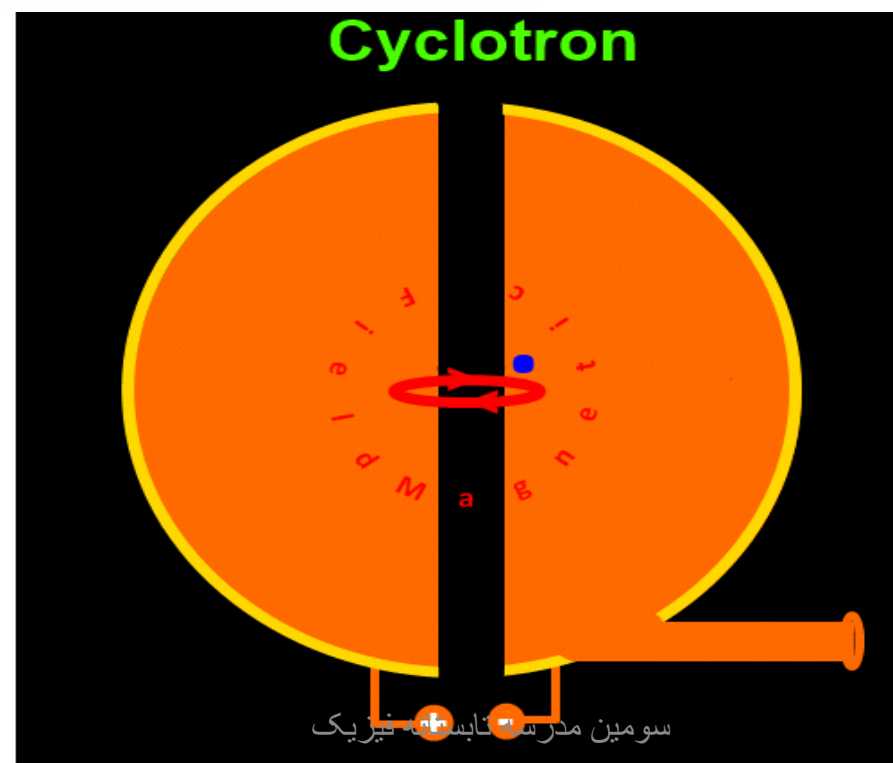
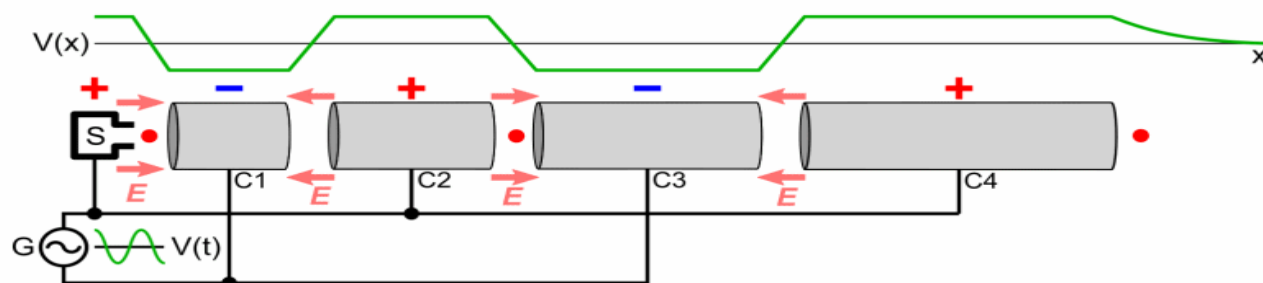
شتاب دهنده‌های دایره‌ای عبارت هستند از:

• بتاترون،

• سیکلوترون (Dها)،

• مایکروترون،

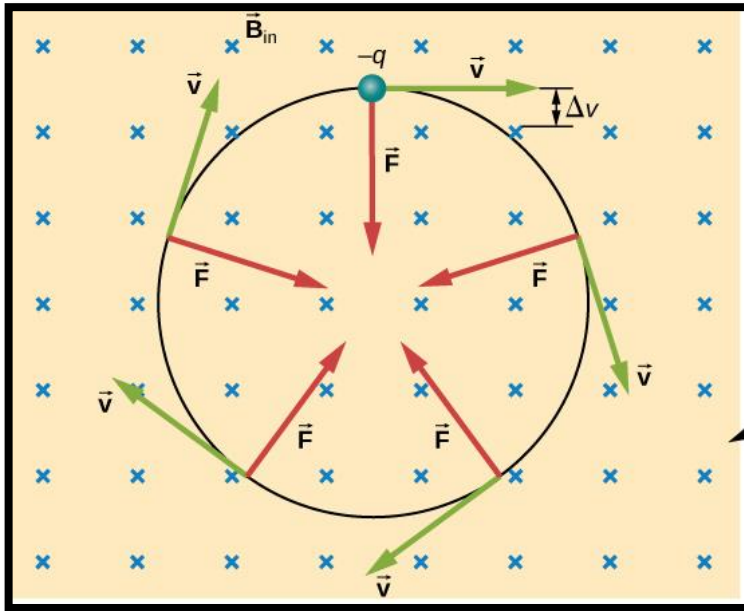
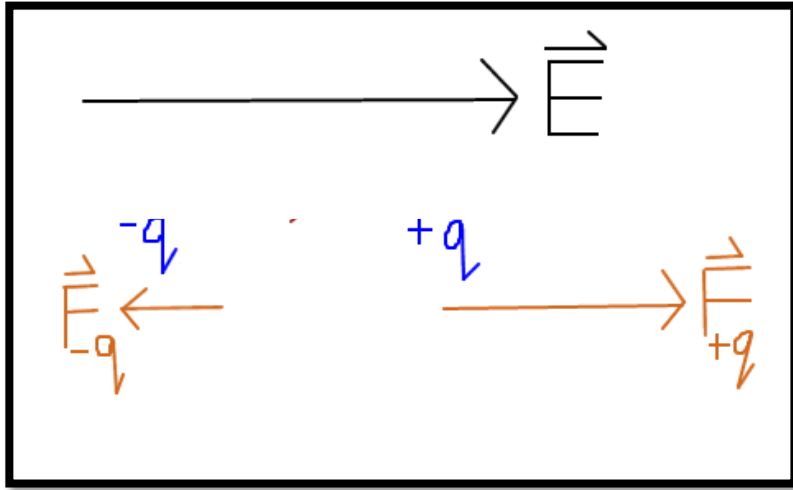
• سنکروترون

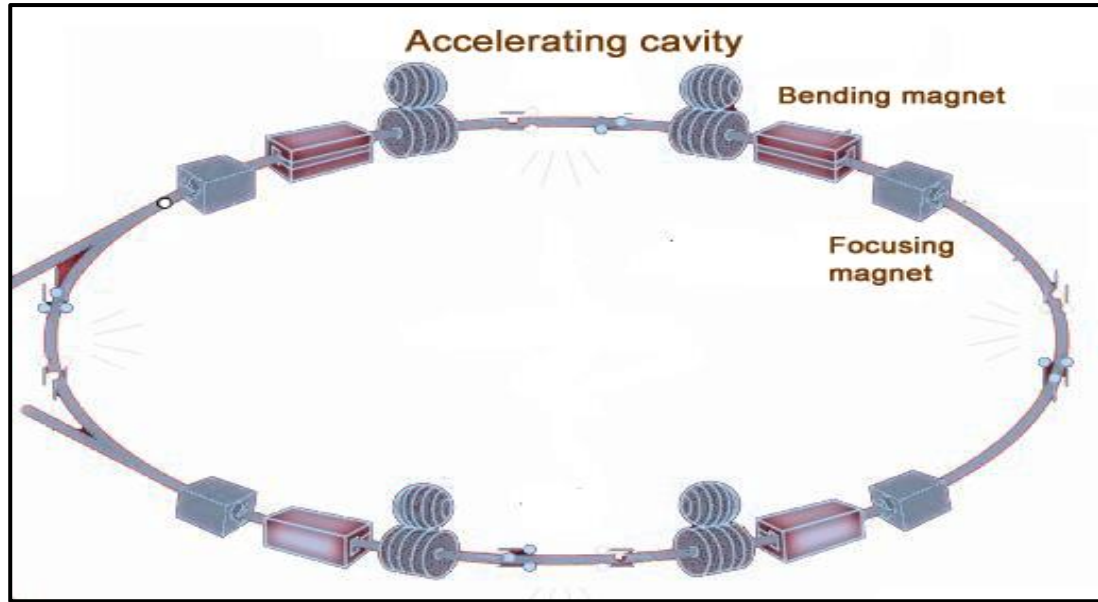


مکانیزم شتاب دهی ذرات

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{V} \times \mathbf{B})$$

که در این معادله F بردار نیروی بر یک ذره باردار با بار q و دارای سرعت V ، در حضور میدان الکتریکی E و میدان مغناطیسی B تعیین می شود در حضور فقط میدان الکتریکی ذره در یک مسیر خطی شتاب می گیرد ولی اگر یک میدان مغناطیسی عمود بر مسیر حرکت ذره اعمال شود، در این حالت مسیر حرکت ذره بدون تغییر در انرژی کسب شده در میدان الکتریکی به یک مسیر منحنی شکل تبدیل میشود.





سینکروترون

(سنکروترون: همزمانی تغییر انرژی و میدان مغناطیسی)



شتاب دهنده خطی پزشکی

استفاده از سیکلوترون و سنکروترون برای شتاب دادن به ذرات باردار در بیمارستان جهت درمان سرطان در حال افزایش است. در نتیجه ، تقاضای فزاینده ای از فیزیکدانان پزشکی ، رادیوگرافی ، پزشکان و انکولوژیست ها برای مقالاتی که مفاهیم اساسی این فناوری ها را توضیح می دهند، وجود دارد.

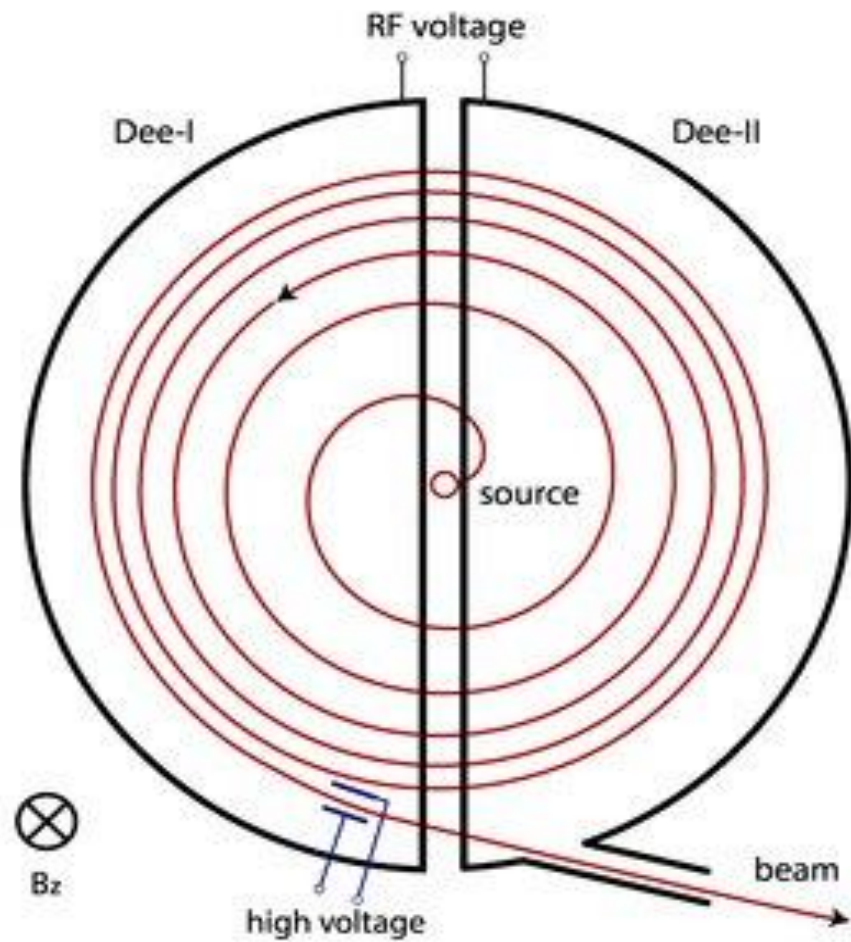
حدود ۳۰٪ شتاب دهنده های جهان برای پرتودرمانی و حدود ۳٪ برای پزشکی هسته ای اختصاص داده شده اند.

CPT در فیزیک پزشکی یعنی درمان با ذرات باردار الکتریکی

که از الکترون ها، پروتون ها و یون های سبک برای معالجه سرطان استفاده می کند.

خطی ← الکترون و گاما	} شتابدهنده ها
سیکلوترون ← تولید رادیو دارو	
سنکروترون ← پروتون و کربن	

سیکلوٹرون (Cyclotron)

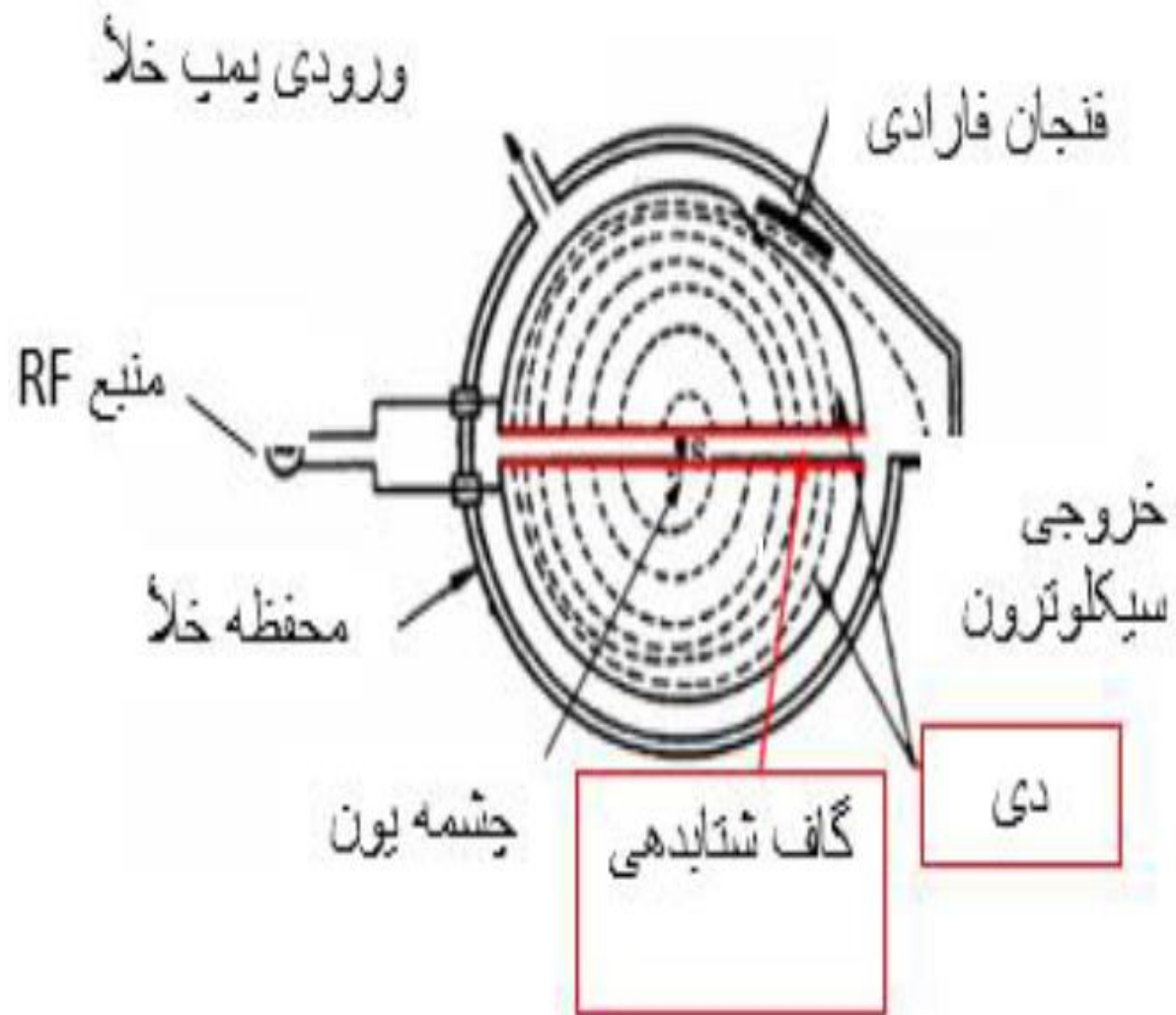


قسمت های مختلف سیکلوترون

اجزای اصلی سیکلوترون:

- چشمه یون : تولید یون
- سیستم مغناطیسی : چرخش باریکه
- کاواک : شتاب دهی
- سامانه RF: تولید و تنظیم سیگنال RF
- هدف (Target)

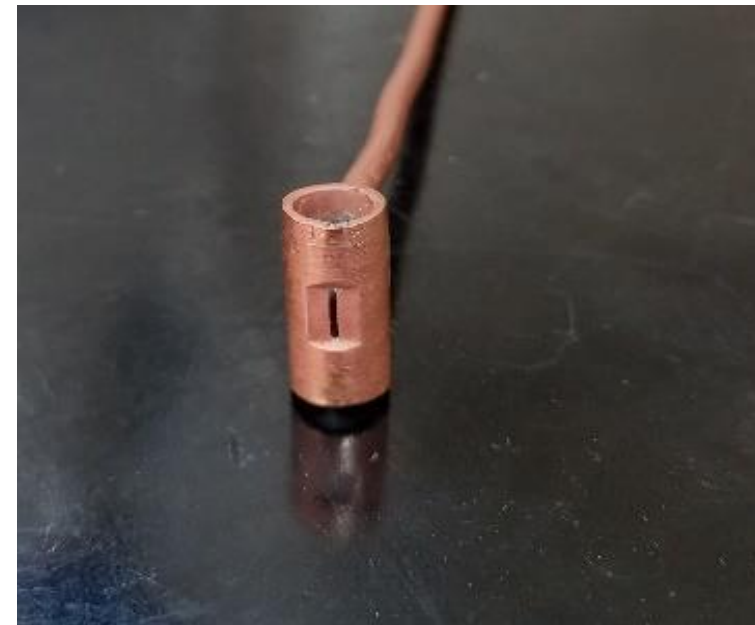
قسمت های مختلف سیکلوترون



سومین مدرسه تابستانه فیزیک

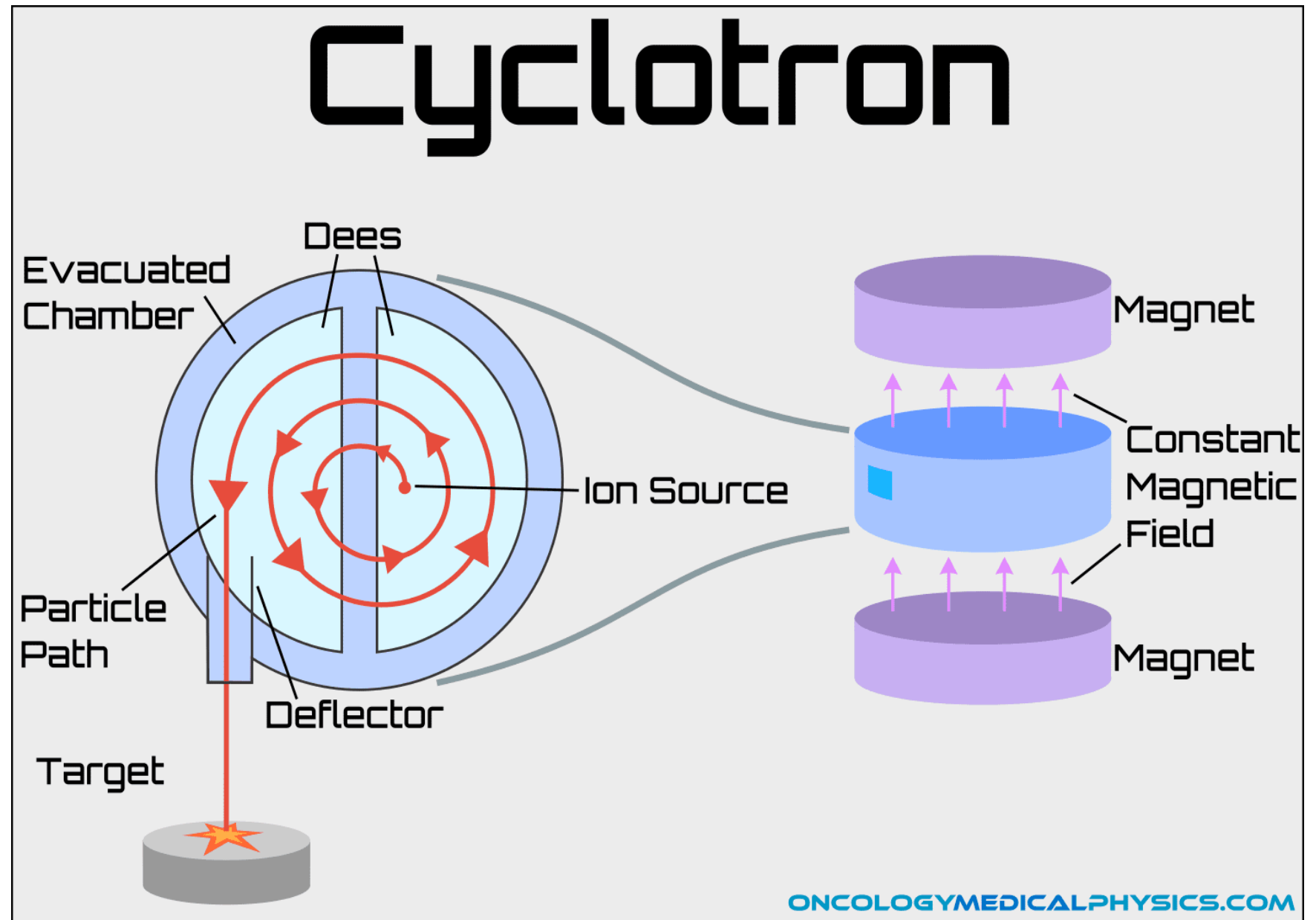


تصویر کاتد ساخته شده چشمه یونی سیکلوترون کلاسیک

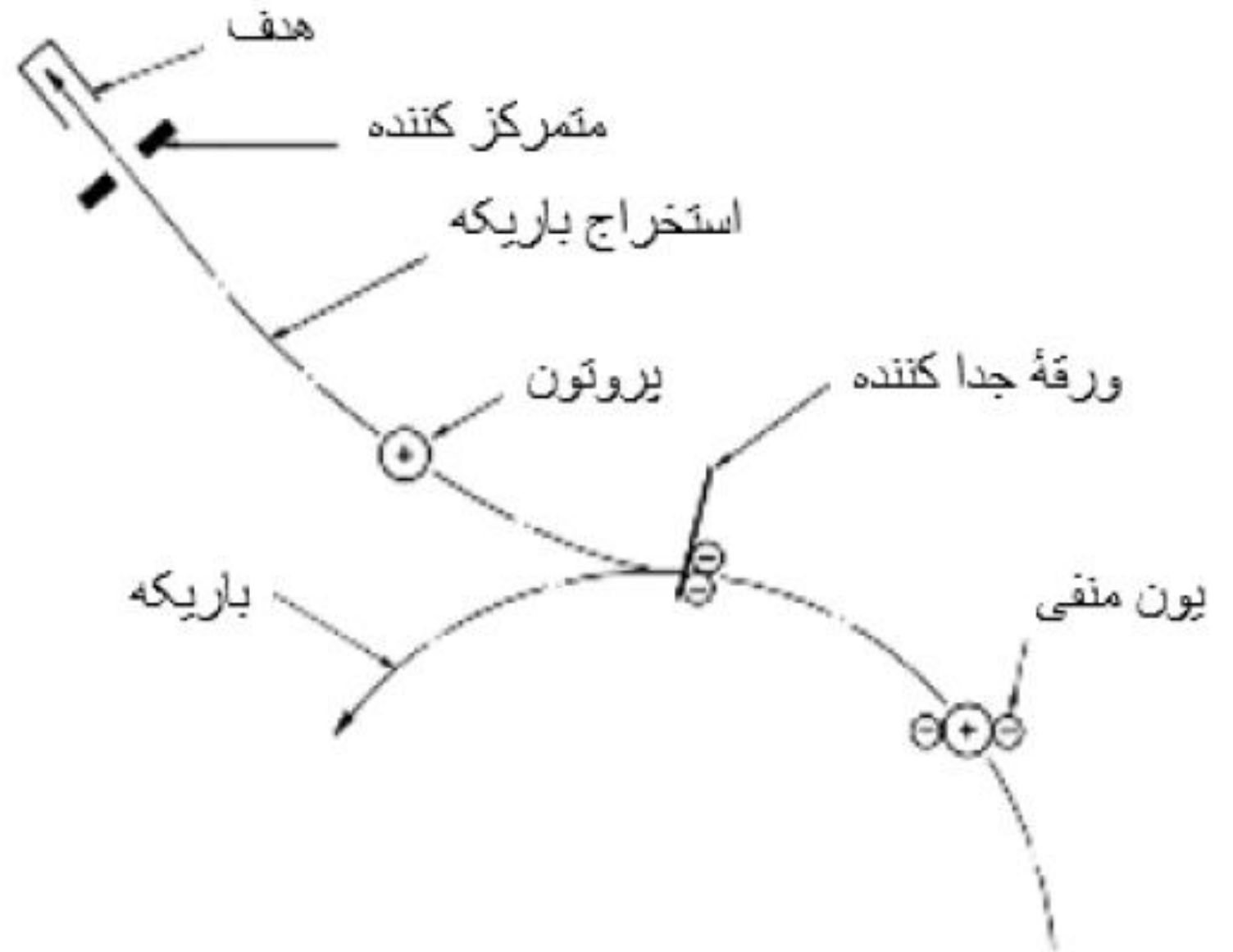


تصویر آند ساخته شده چشمه یونی سیکلوترون کلاسیک

شتابدهی ذرات باردار



شتابدهی ذرات باردار



فرکانس

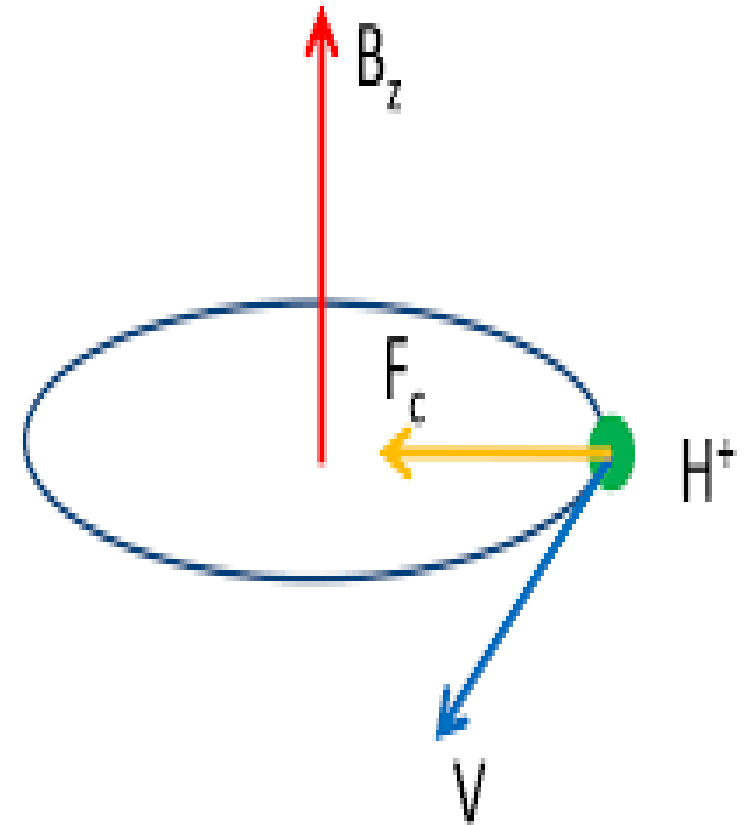
$$Z = R + i\omega L - \frac{i}{\omega C}$$

$$X_L = X_c$$

$$i\omega L - \frac{i}{\omega C} = 0$$

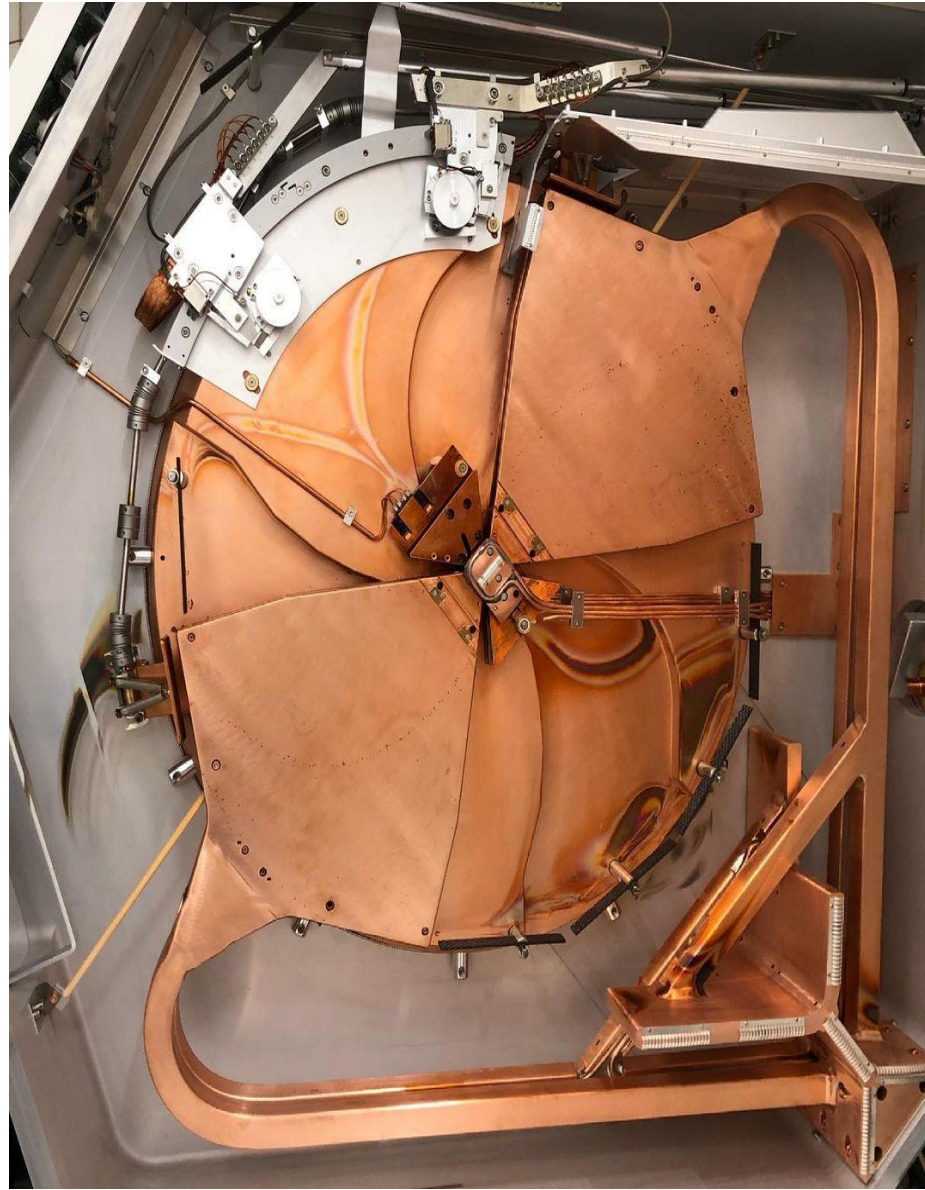
$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ (Hz)}$$



$$\boxed{\frac{mv^2}{r} = qvB} \Rightarrow \boxed{\omega = \frac{v}{r} = \frac{qB}{m}}$$

سیکلوترون General Electric



1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26

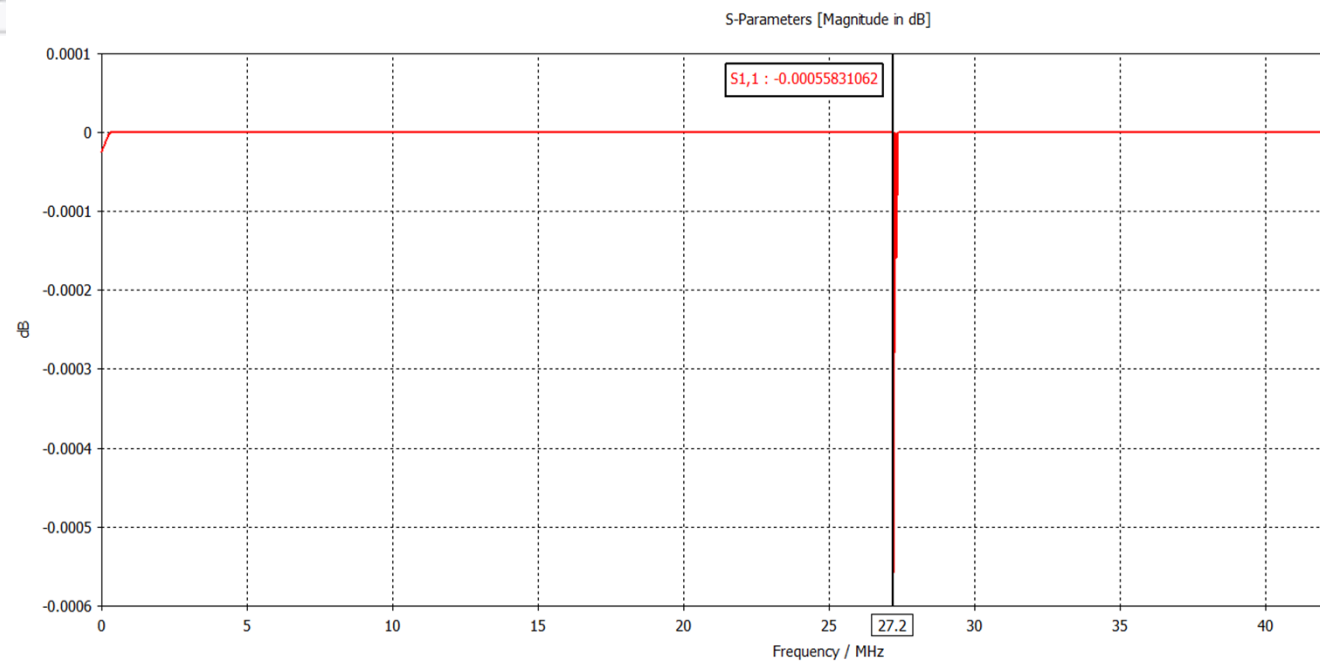
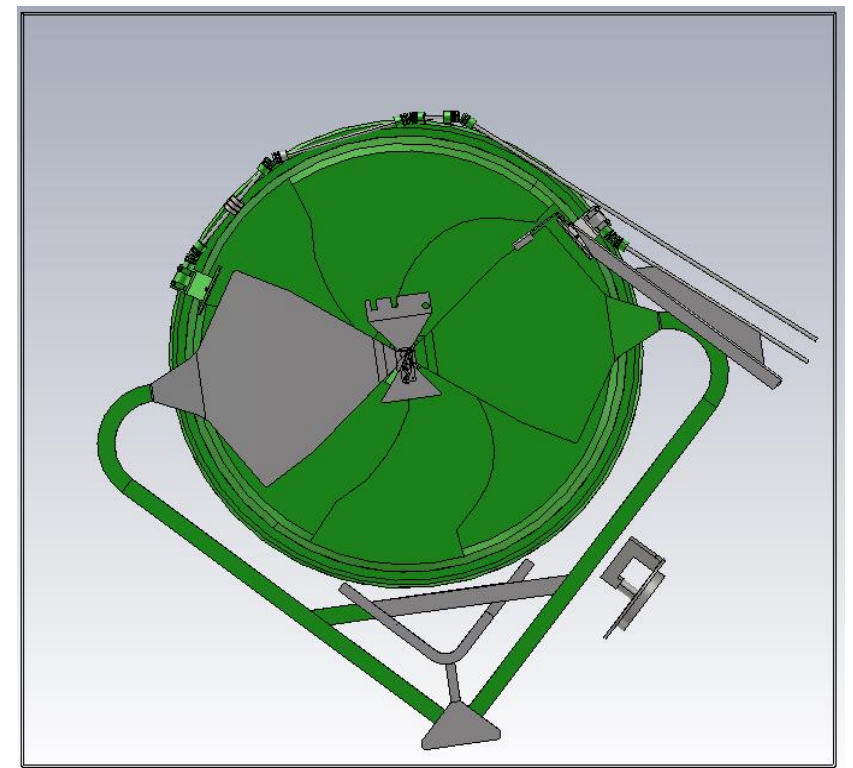
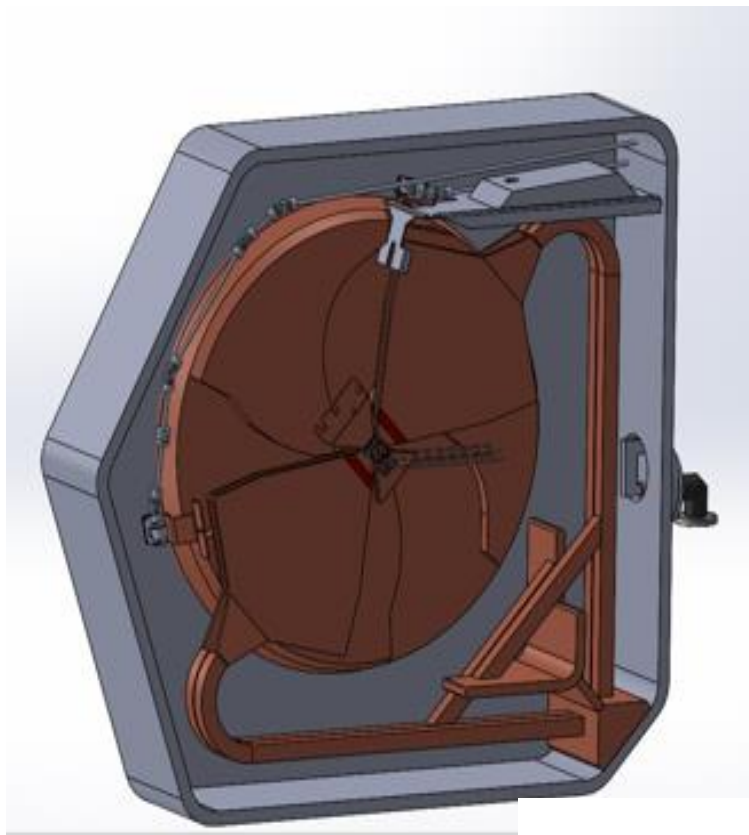


سیکلوترون شرکت General Electric

Pet trace	
۲	تعداد Dee
۷۶ درجه	زاویه ی Dee
۴	تعداد گاف شتاب دهی
35 KV	ولتاژ Dee
۲۷/۲MHz	فرکانس RF (پروتونها)
27.8MHz	فرکانس RF (دوترونها)
11 KW	توان RF

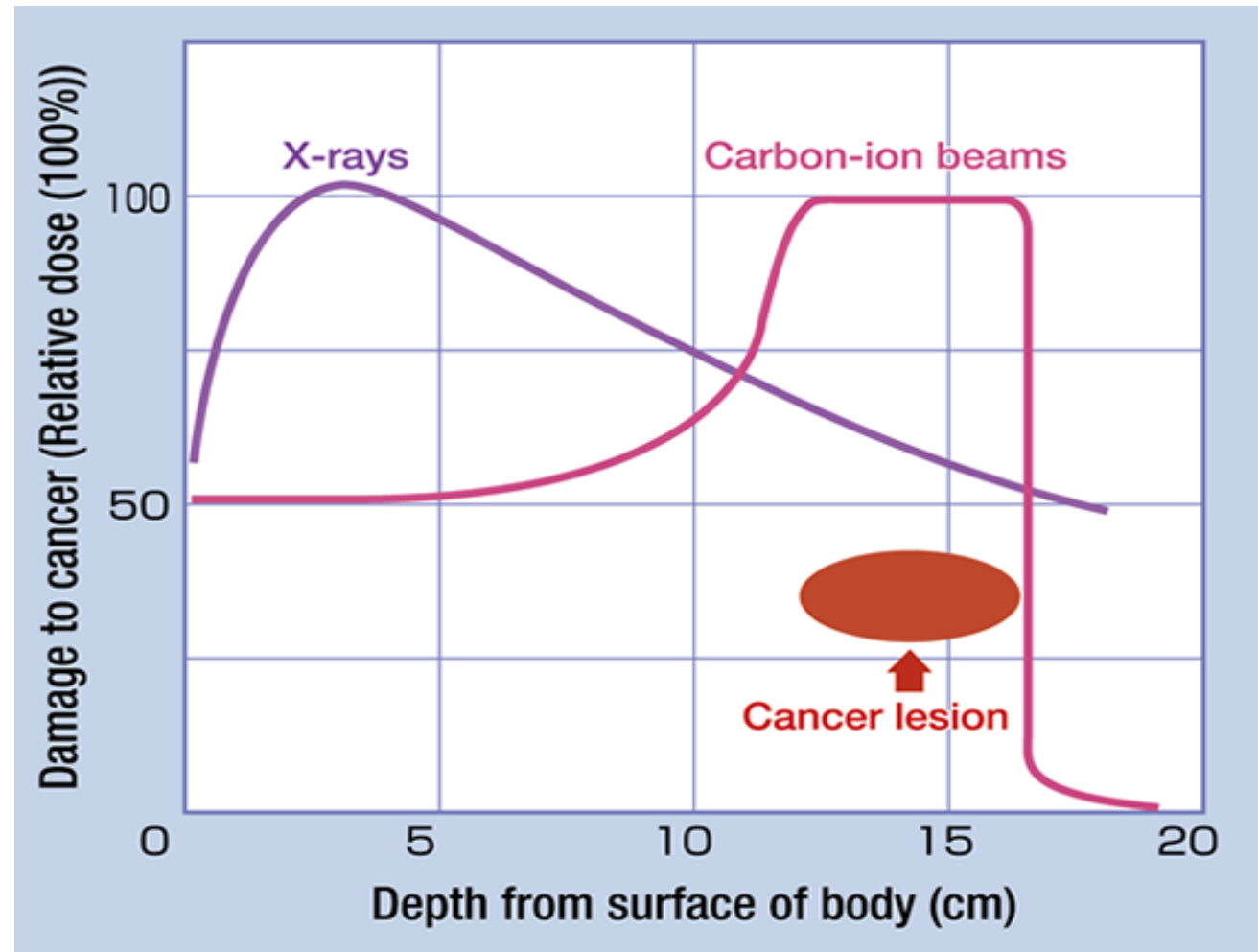
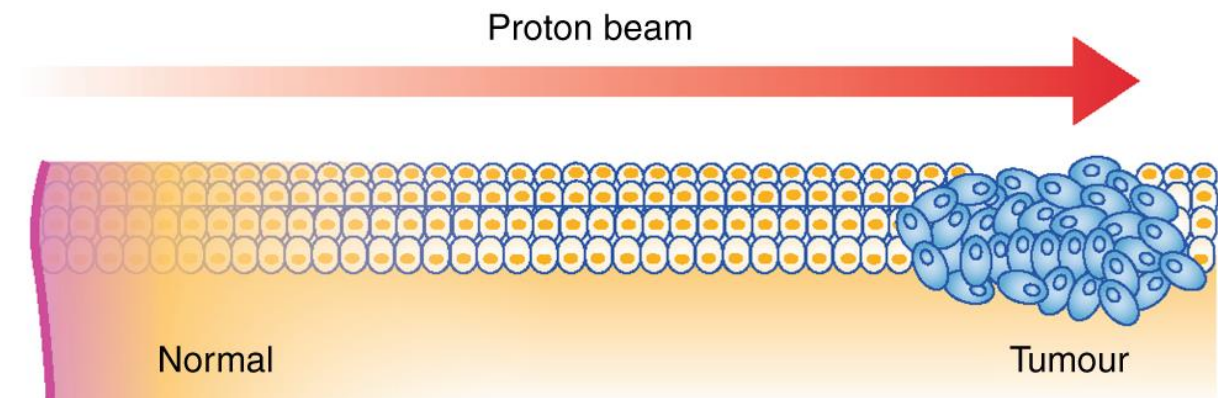
	protons	deuteron s
Rf cycles for one particle revolution	1	2
Dee voltage phase relation ship	180 degrees	0 degrees
Final particle energy	17MeV	8.5MeV
Number of revolution for final energy	200	63

شبه سازی ها

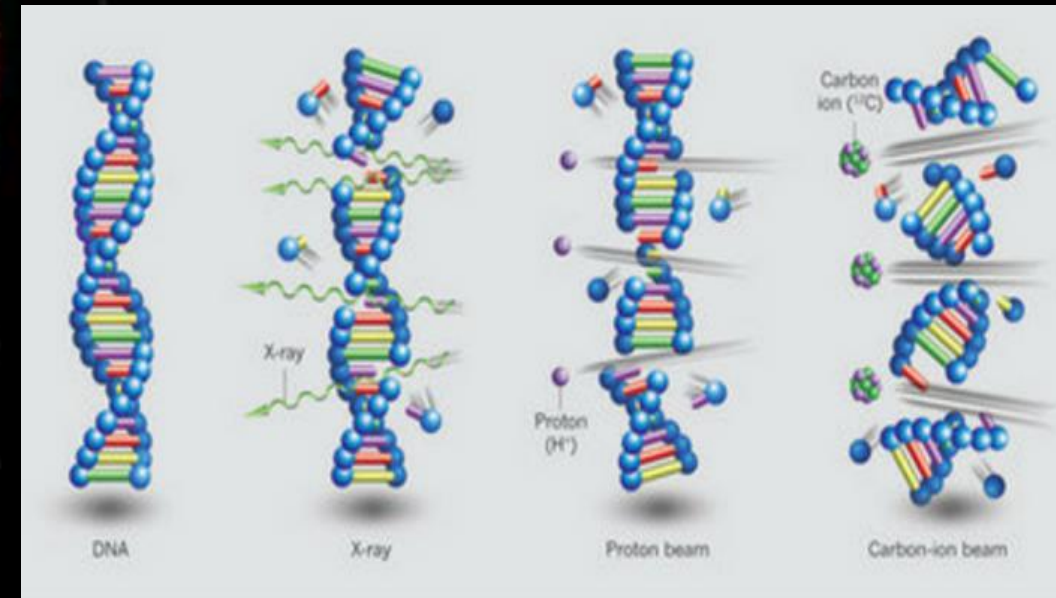
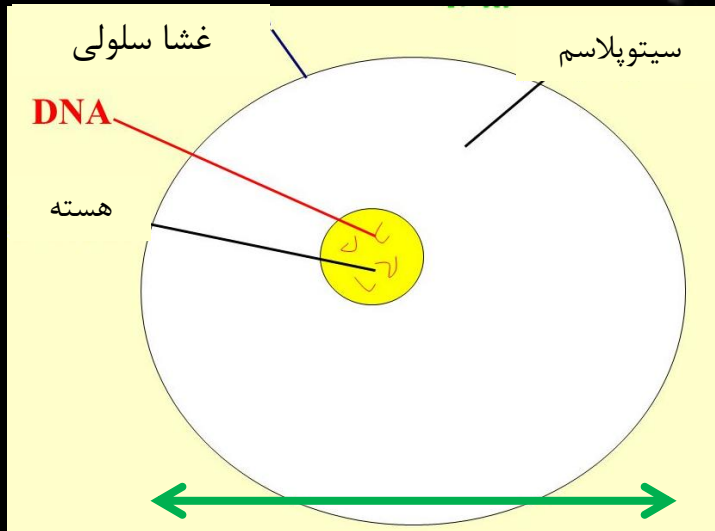


الکترون، گاما یا یون سنگین ؟

میزان انرژی به جا مانده از پرتو در هنگام عبور از بافت کمیتهی مهم است. با جذب انرژی بیشتر سلولهای بیشتری از بین می روند. این کمیت برای پرتوهای مختلف، متفاوت است: برای پرتوهای X، گاما و الکترون ها پایین و برای پروتونها، نوترونها و یونهای سنگین بالا می باشد.

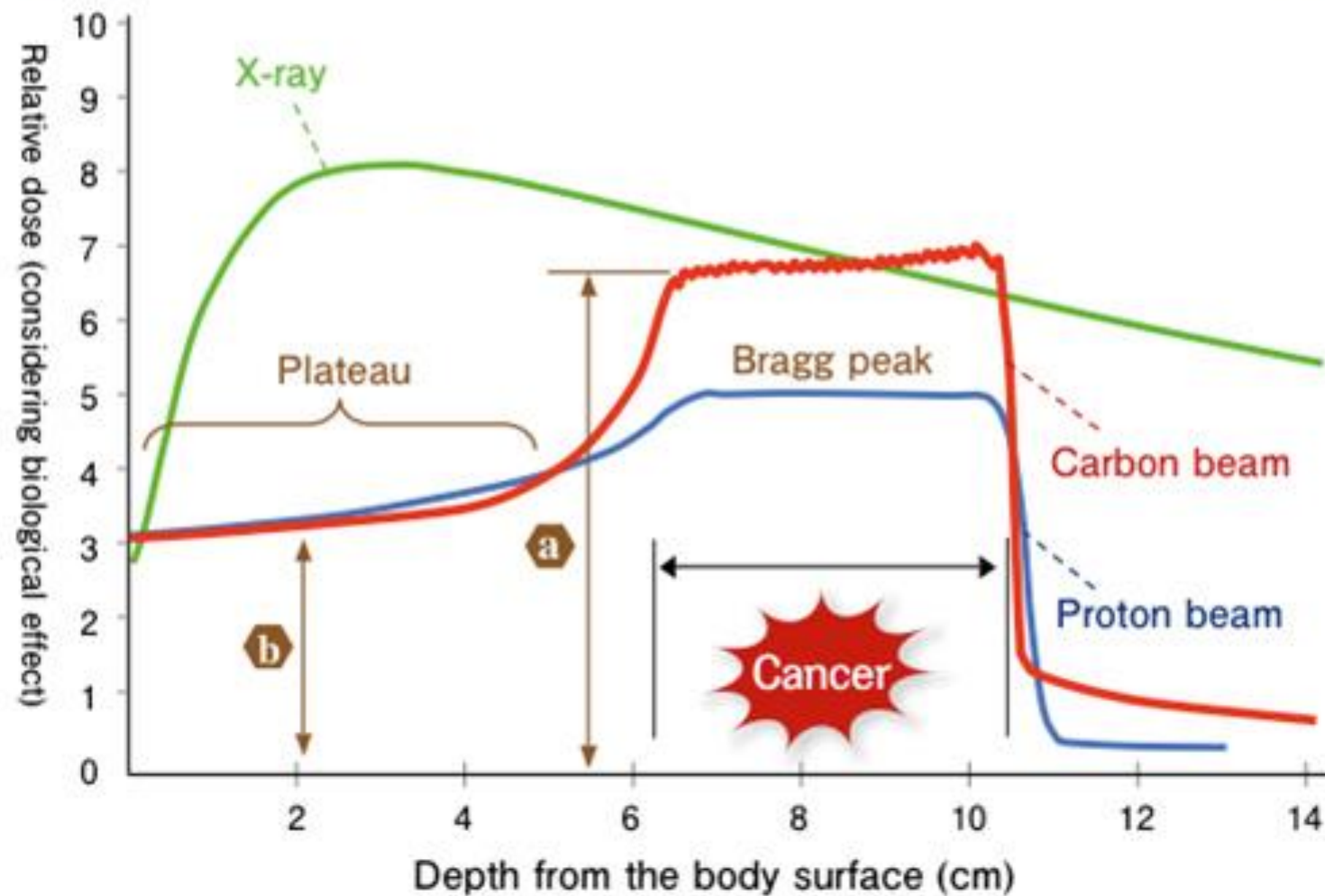


تابش چگونه باعث مرگ سلولهای سرطانی می شود؟



Radiation types and their damage to DNA; Photo Source: Nature

When the ratios of peak to plateau (a/b) are compared while considering biological effect, the carbon beam has the largest value.

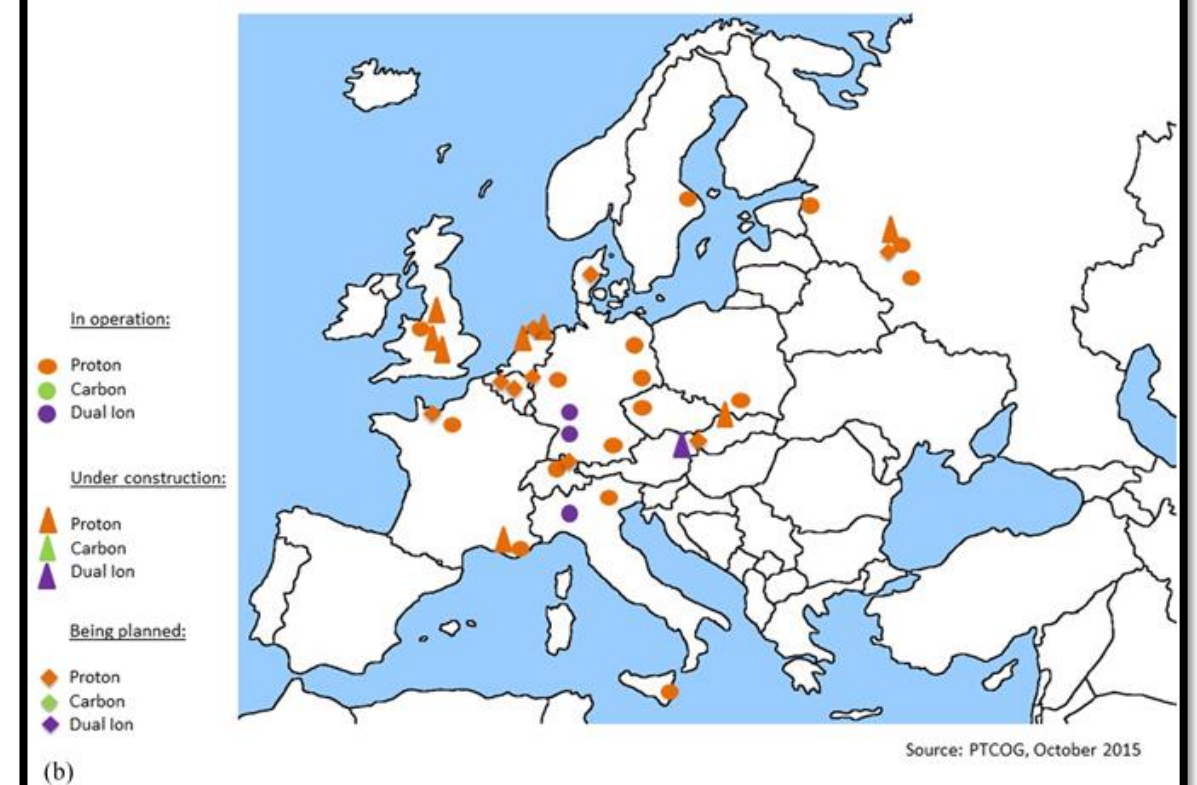


تولید تجاری سیکلوترون ها و سنکروترون ها برای رادیوتراپی توسط چندین شرکت طی یک دهه گذشته باعث شده است تا مراکز کلیدی در مراکز سرطان بیمارستان نصب شود. در نتیجه نیاز است که فیزیکدانان پزشکی و انکولوژیست ها از اصول اساسی سیستم های شتاب دهنده CPT، نحوه عملکرد تجهیزات و تأثیر بالقوه فن آوری های جدید در این منطقه آگاهی داشته باشند.

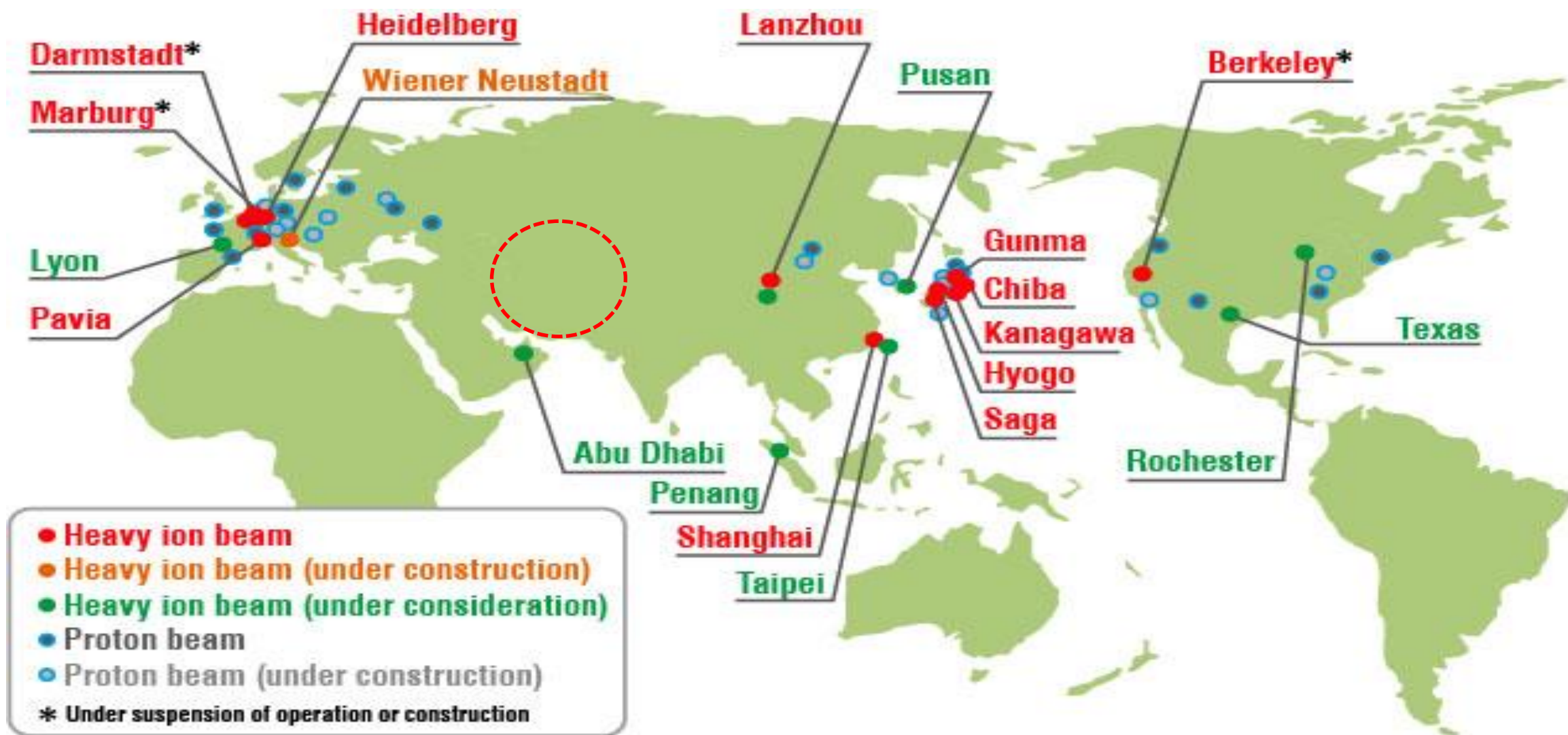
مراکز پرتودرمانی در اروپا تا ۲۰۰۲



مراکز پرتودرمانی در اروپا تا ۲۰۱۵



توزیع شتاب دهنده های ذرات باردار (پروتون و کربن) برای درمان در سراسر دنیا



آسیب تابشی

آسیب تابشی (نقص شبکه)

توصیف اثر تابش در مواد در گستره انواع مواد و انواع تابش در علم آسیب تابش بررسی می شود.

در قلب راکتورهای هسته ای که اتمهای ساختار ماده در عمر مفید راکتور بارها و بارها از محل خود جابه جا می شوند آسیب تابش بر اثر برخورد نوترون از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

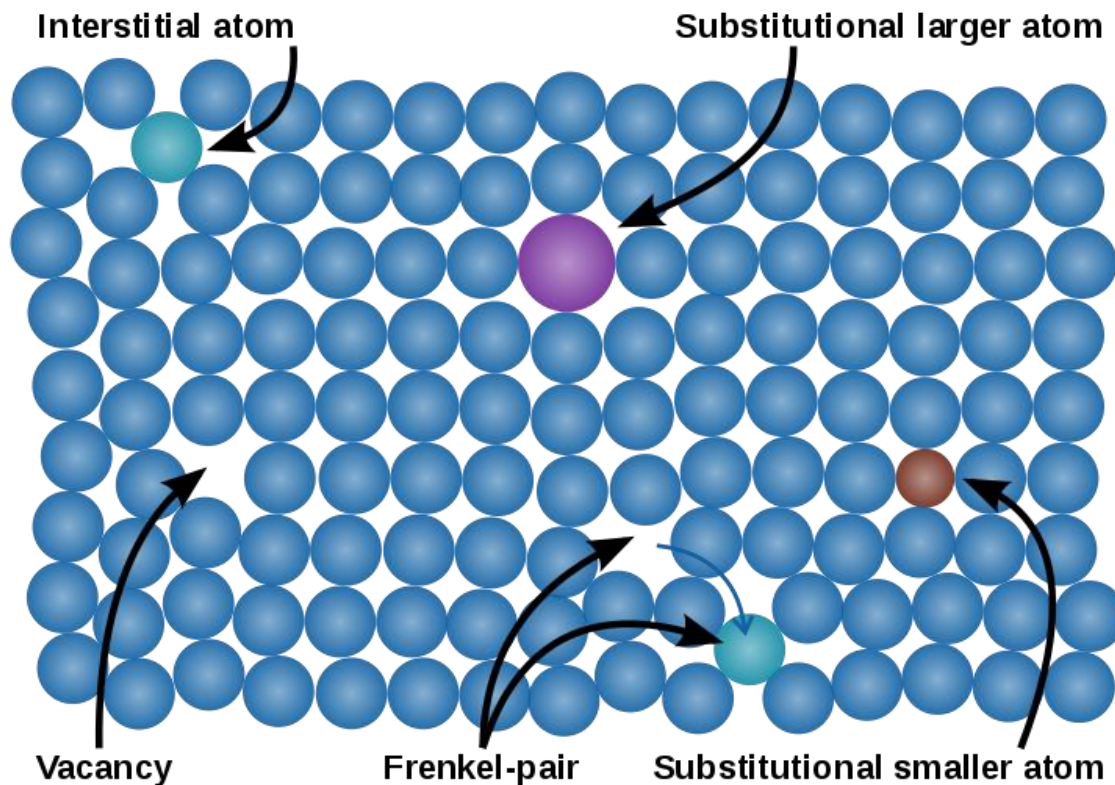
نتیجه تابش بر اجزاء قلب راکتور (قرص سوخت، غلاف سوخت ظرف فشار راکتور، ...) تغییر در ابعاد و مشخصات فیزیکی و مکانیکی مواد است که ناشی از تغییر در ساختار میکروسکوپی مواد است.

به منظور طراحی راکتور و همچنین مدیریت بهتر راکتورهای هسته ای باید فهم عمیقی از اثرات تابش در مواد، برای محاسبه این آثار در طراحی و همچنین تولید مواد هسته ای جدید مقاوم در برابر تابش وجود داشته باشد .

انواع تابشها نوترون الکترون گاما ... قابلیت جابه جایی اتمها را از محل خود در شبکه دارند. جابه جایی اتمها دلیل فرایندی است که به تغییرات بیان شده در ساختار مواد می انجامد.

نقص شبکه بلوری:

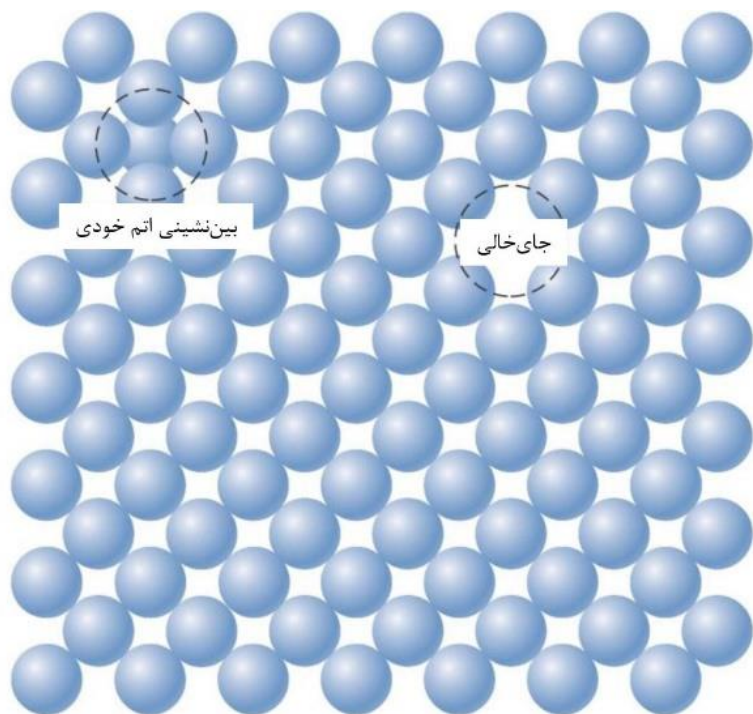
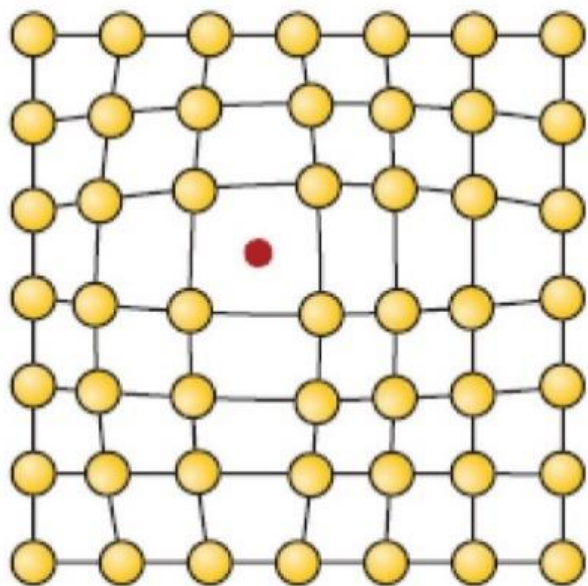
در درون یک شبکه بلوری نقص‌های مختلفی می‌تواند وجود داشته باشد. این نقص‌ها باتوجه به اندازه و هندسه‌شان به نقص‌های صفربعدی، یک‌بعدی، دوبعدی و سه‌بعدی تقسیم می‌شوند. حضور هر یک از این نقص‌ها در بلور، تاثیر خاص خود را بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی می‌تواند بگذارد.



نقص‌های نقطه‌ای:

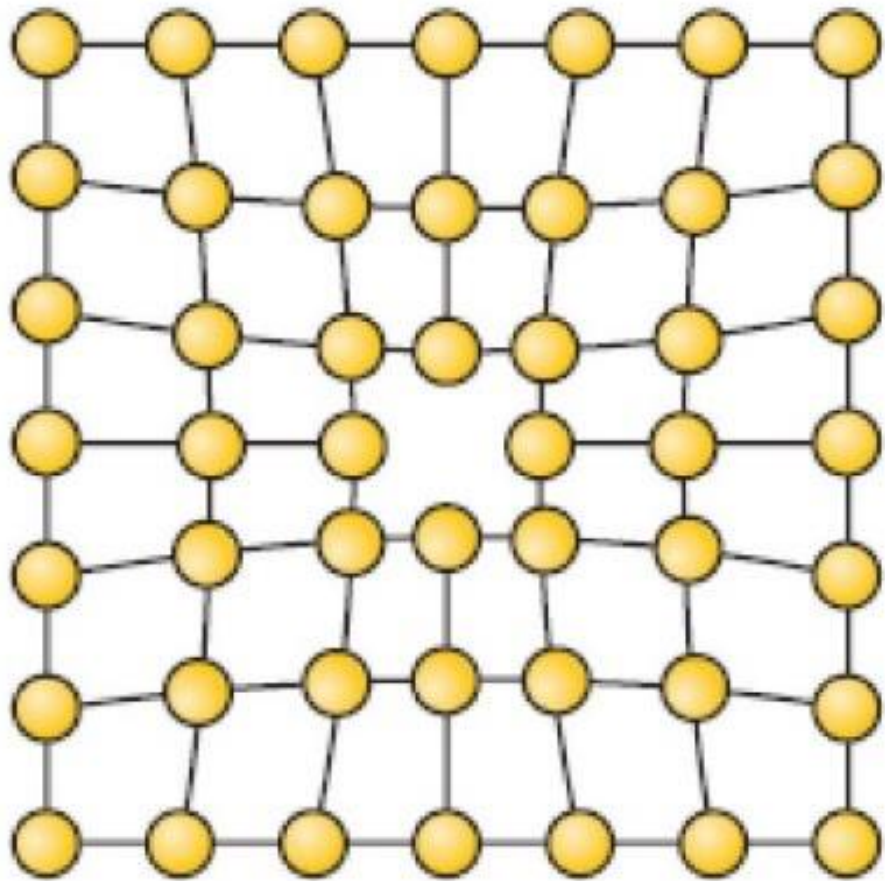
نقص بین‌نشین:

در این حالت اتم دیگری وارد شبکه بلوری شده است و در اثر وجود آن اعوجاجی در شبکه بلوری به وجود آمده است. با توجه به فضای خالی بسیار کم بین اتم‌ها، تنها اتم‌هایی که شعاع اتمی کوچکی دارند می‌توانند در شبکه کریستالی عنصر میزبان بین‌نشین شوند.



بین‌نشینی اتم خودی نیز می‌تواند اتفاق بیفتد. یعنی به جای اینکه اتم دیگری وارد شبکه بلوری بشود، یکی از اتم‌های موجود در ساختار بلوری از جایش جدا شود و یک جای خالی ایجاد کند و به صورت اتم بین‌نشین به جای دیگری از شبکه بلوری برود.

جای خالی - تهی جای:

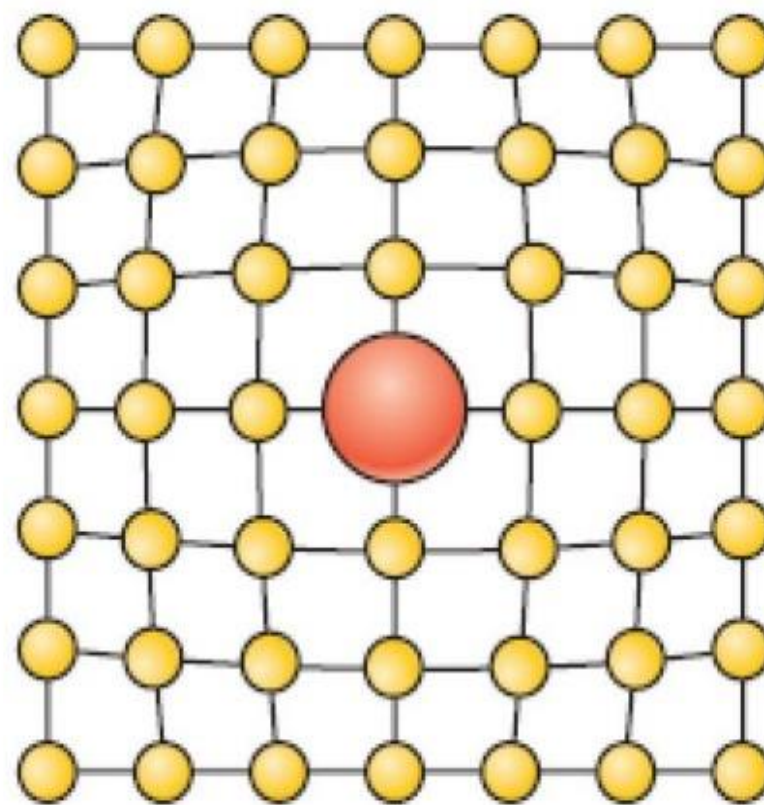
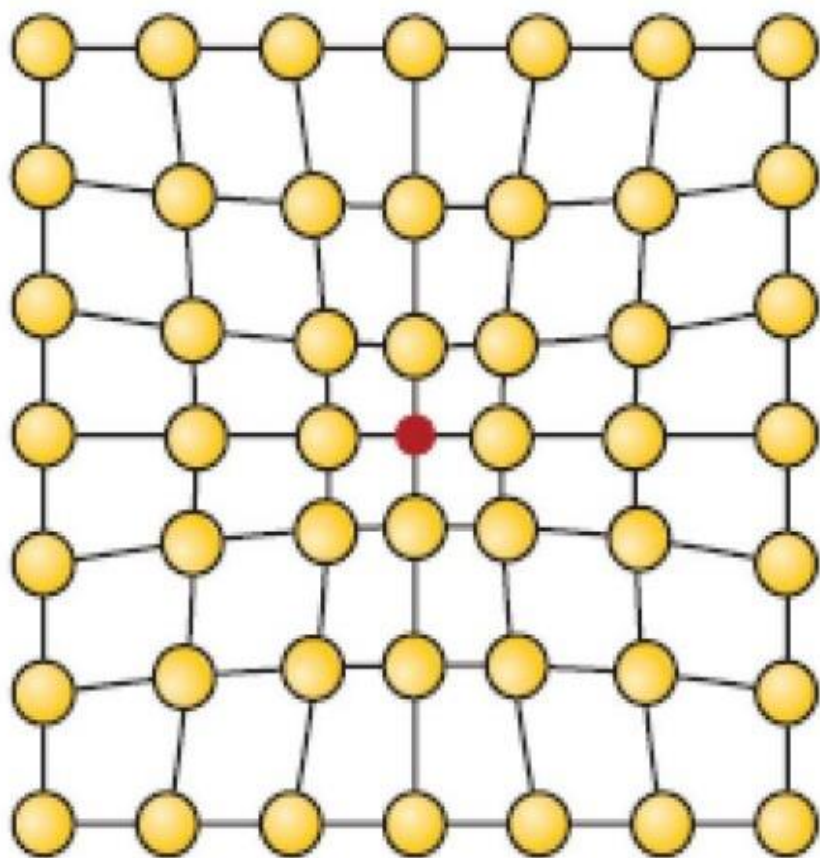


به صورت طبیعی در تمام جامدات بلوری نقص جای خالی وجود دارد. هرچه دما افزایش یابد میزان نقص جای خالی افزایش پیدا می کند؛ این افزایش تا نقطه ذوب ماده ادامه می یابد چرا که با رسیدن به نقطه ذوب کلاً ساختار بلوری ماده از بین می رود.

در واقع با کمک جاهای خالی است که اتم ها می توانند در ماده بلوری از جایی به جای دیگر نفوذ کنند، این اتم های نفوذ کننده می توانند از جنس اتم های ساختار بلوری باشند و یا از جنس اتم های ساختار بلوری نباشند.

نقص جانشینی

در این حالت اتمی از خارج در شبکه بلوری به جای یکی از اتم‌های شبکه بلور جانشین می‌شود.

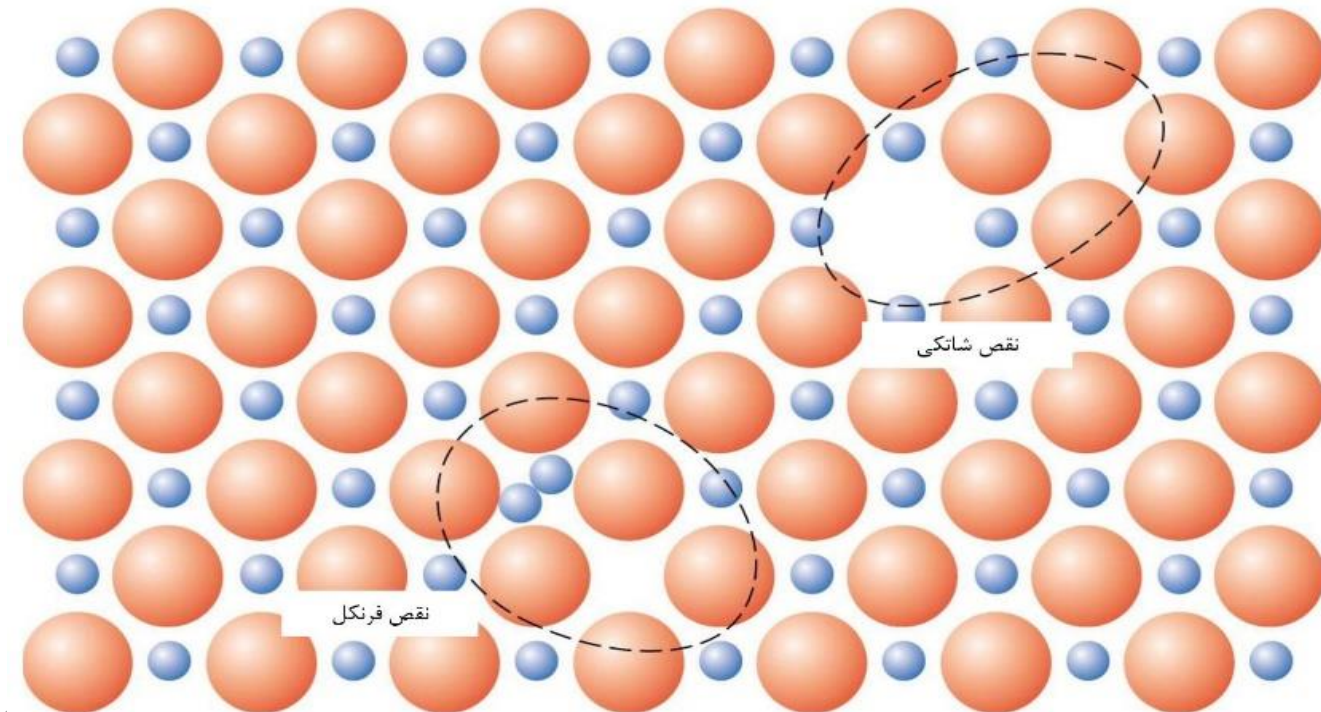


نقص شاتکی:

برای مثال فرض کنید در یک سیستم یونی یک جای خالی مربوط به کاتیون وجود دارد. در این حالت بار کلی منفی می‌شود و در نتیجه هنگامی تعادل الکتریکی برقرار می‌شود که یک جای خالی مربوط به آنیون نیز اطراف آن قرار بگیرد.

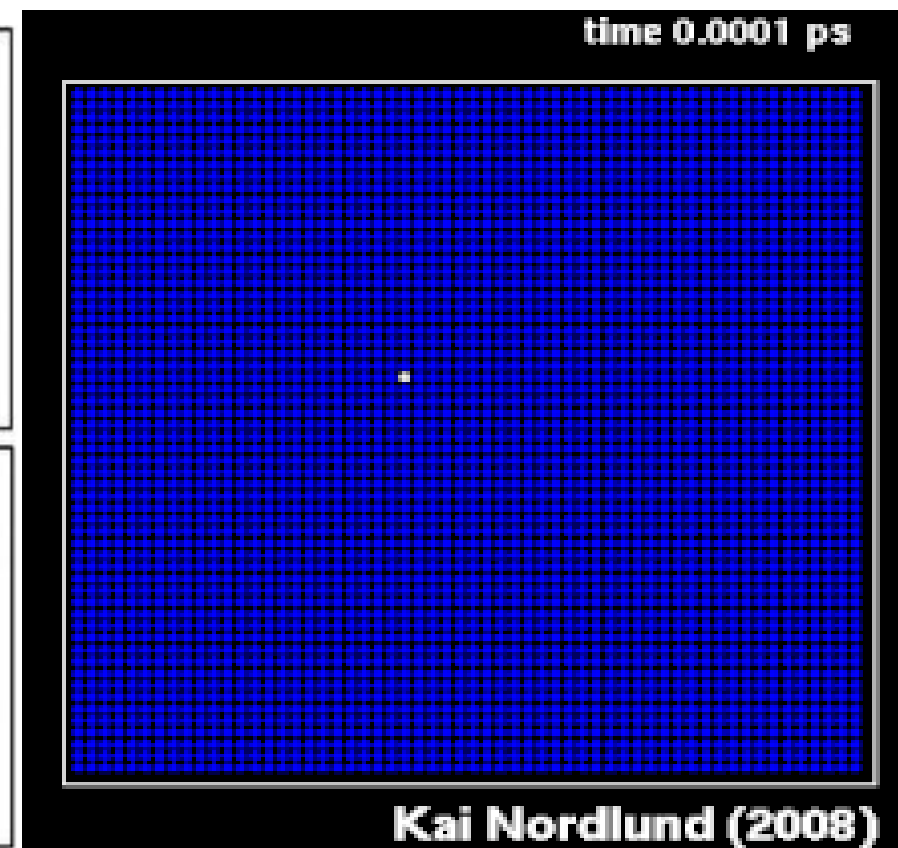
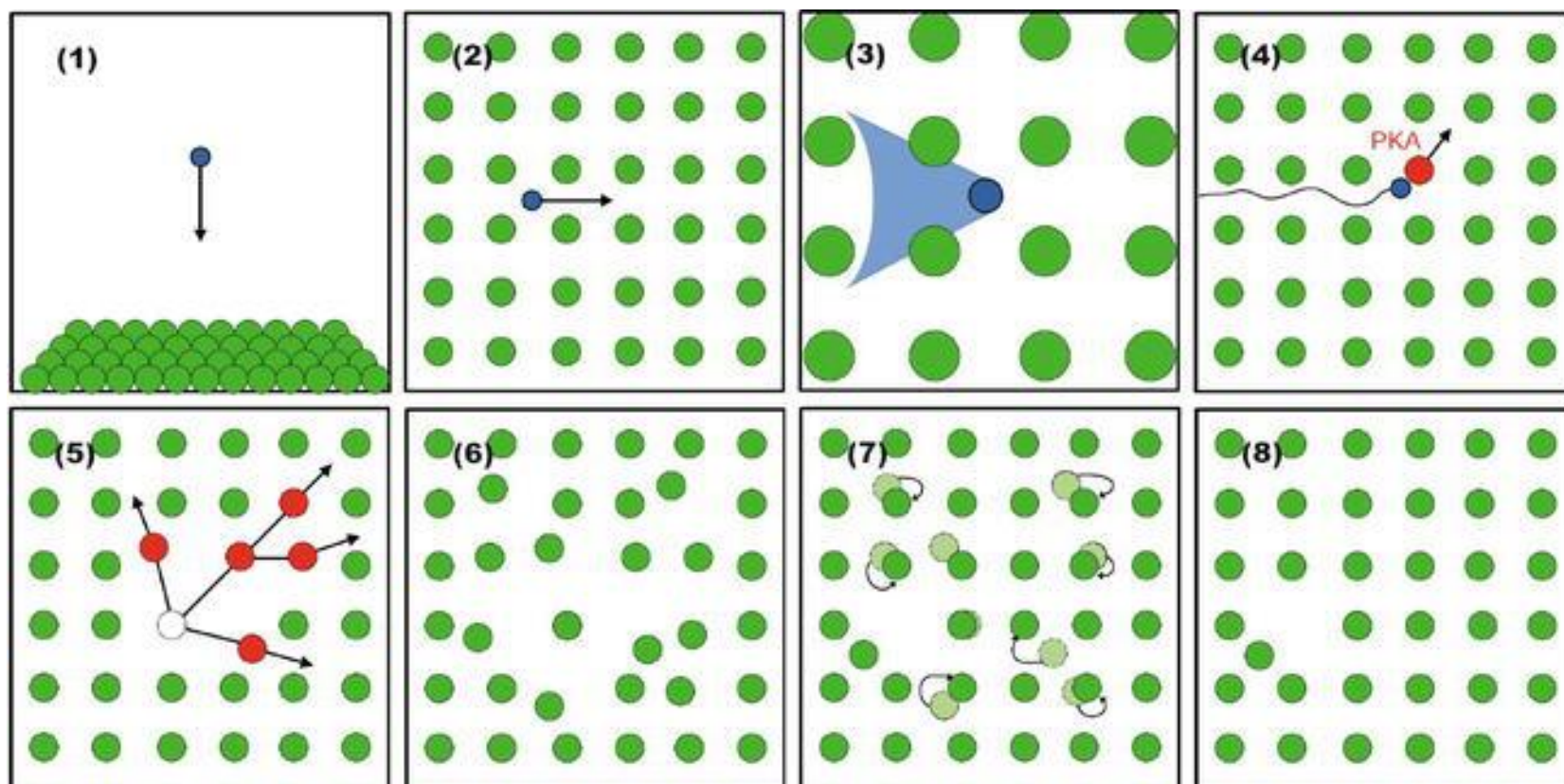
نقص فرنکل

در حالت دیگر مثلاً وقتی که یک جای خالی مربوط به کاتیون وجود داشته باشد، برای برقراری تعادل الکتریکی می‌تواند یک کاتیون به صورت بین‌نشین وارد شبکه بلوری شود تا بار الکتریکی نهایی خنثی شود.



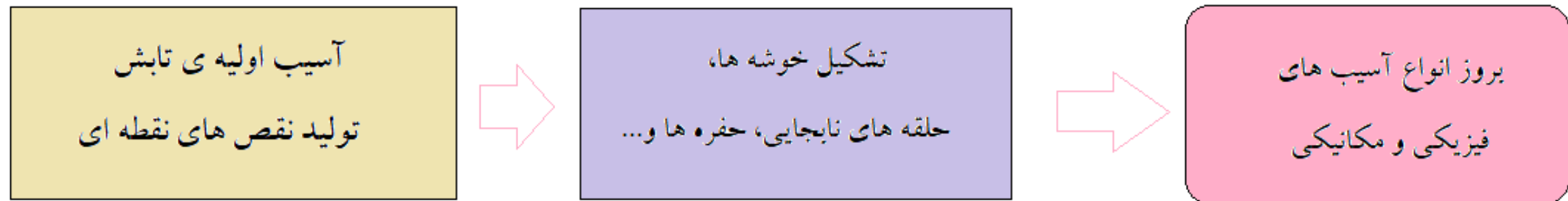
رویداد آسیب تابشی

به فرایند انتقال انرژی توسط یک ذره خارجی به یک جامد و در نتیجه توزیع فضایی اتم های آن جامد بعد از اتمام فرایند تابش یک رویداد آسیب تابشی می‌گوییم.



رویداد آسیب تابشی

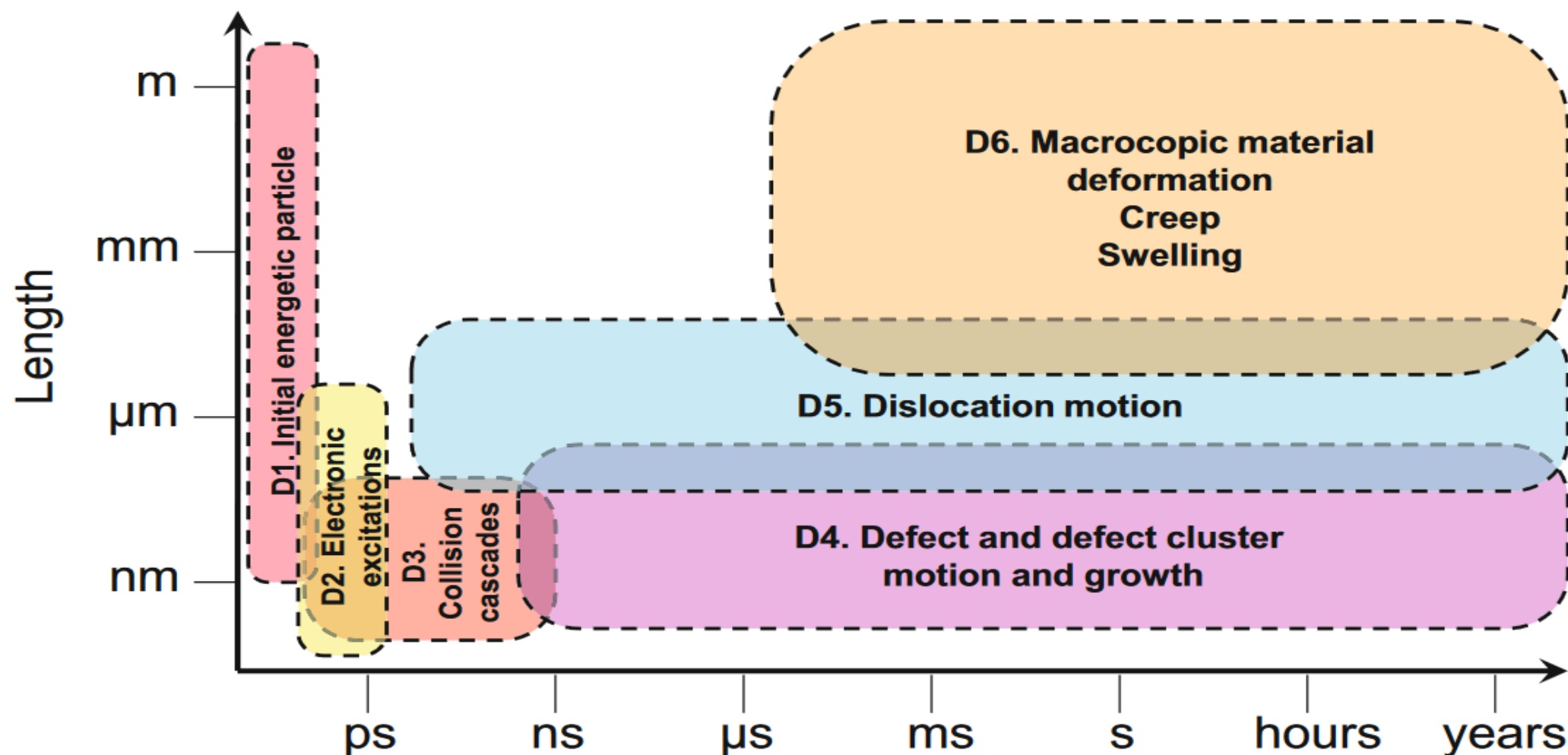
آسیب ماکروسکوپیک تابش



زمان (S)	رویداد	نتیجه
10^{-18}	انتقال انرژی از جزء برخوردی	تولید PKA
10^{-13}	جابجایی اتم های شبکه به وسیله ی PKA	آبشار جابه جایی
10^{-11}	اتلاف انرژی، بازترکیب سریع و دسته شدن	جفت های فرانکل پایدار و عیوب دسته ای
$>10^{-8}$	برهم کنش عیوب به وسیله ی مهاجرت گرمایی	باز ترکیب، دسته شدن مجموعه عیوب

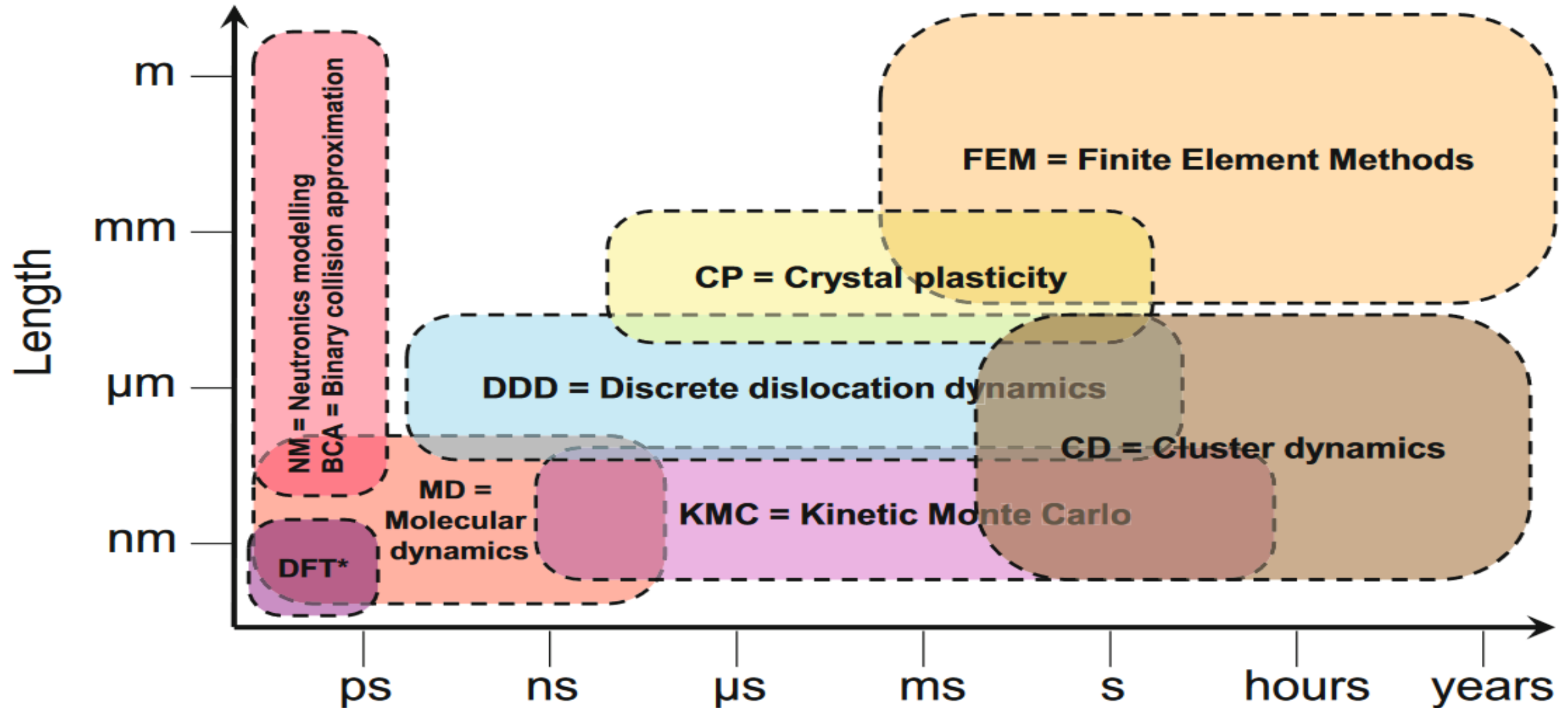
مدل سازی آسیب تابش

آسیب تابش یک مسئله چندمقیاسه زمانی و فضایی است.



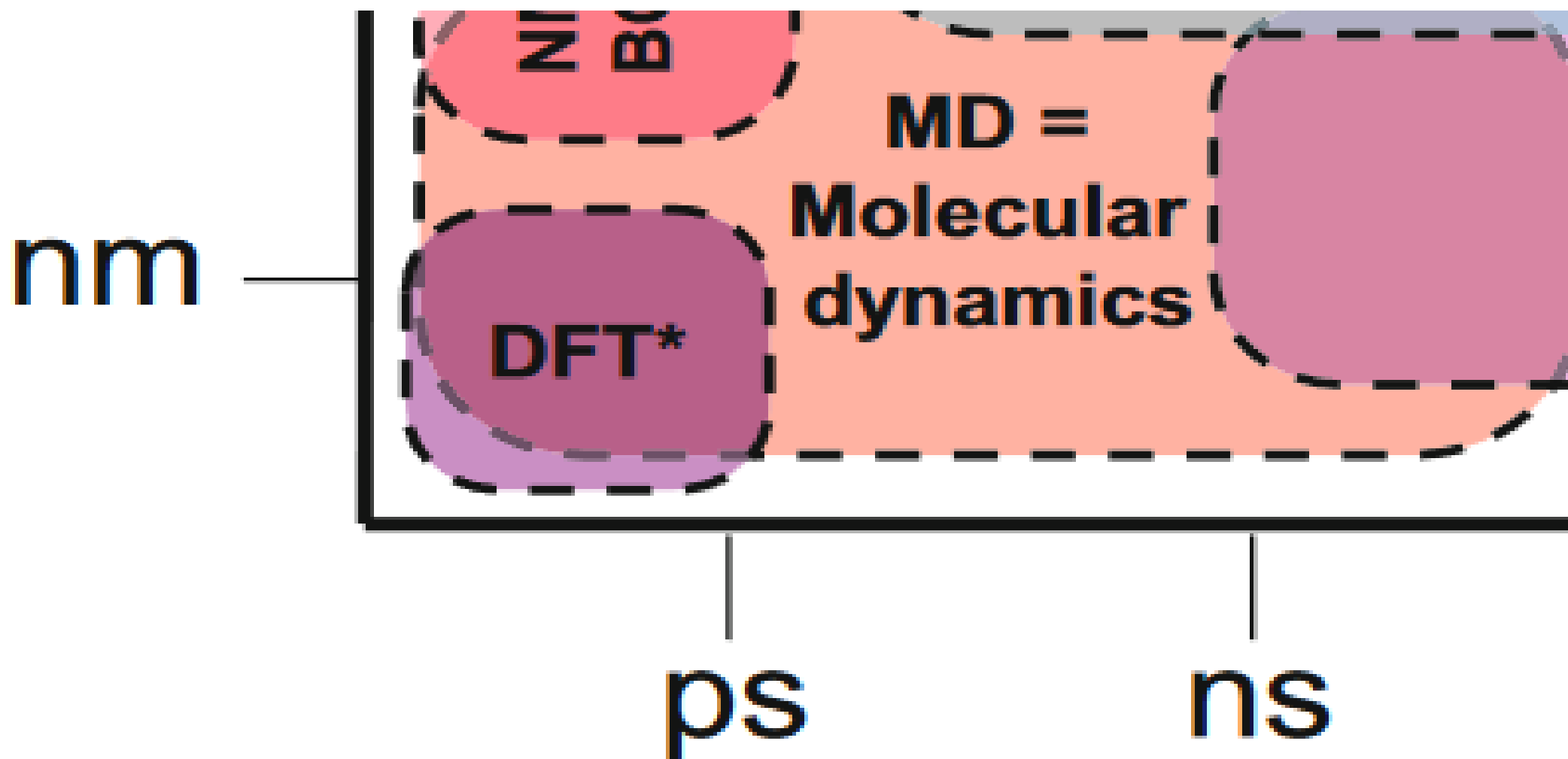
مدلسازی آسیب تابش

آسیب تابش یک مسئله چندمقیاسه زمانی و فضایی است.



مدلسازی آسیب تابش

شبیه‌سازی دقیق فرایند آغازین آسیب تابش بسیار حائز اهمیت است؛ چرا که تاثیر به‌سزایی در درک ما از فرایندهای آسیب تابش در مقیاس‌های بزرگتر خواهد داشت. درواقع، اگر دقیقا بدانیم در ابتدا چه اتفاقی افتاده، مراحل بعدی را دقیق‌تر بررسی خواهیم نمود.



مدل سازی آسیب تابش

شبیه سازی دقیق فرایند آغازین آسیب تابش بسیار حائز اهمیت است؛ چرا که تاثیر به سزایی در درک ما از فرایندهای آسیب تابش در مقیاس های بزرگتر خواهد داشت. درواقع، اگر دقیقا بدانیم در ابتدا چه اتفاقی افتاده، مراحل بعدی را دقیق تر بررسی خواهیم نمود.

با کمک نظریه های ابتدا به ساکن (اصول اولیه) می توانیم در خصوص موارد زیر اطلاعات دقیقی بدست آوریم:

- محاسبه خواص بلور خالص
- انرژی آستانه جابجایی
- شبیه سازی فرایند تشکیل عیوب نقطه ای در بلور و مشخص نمودن تشکیل نوع عیوب نقطه ای با کمک دینامیک مولکولی
- محاسبه اثر عیوب نقطه ای بر خواص کشسانی بلور
- انرژی تشکیل عیوب نقطه ای که در اثر آسیب تابش ایجاد شده اند
- محاسبه سد انرژی و یافتن محتمل ترین مسیر مهاجرت عیوب نقطه ای در بلور

مسائل مطرح شده:

- اثرات عیوب نقطه ای بر روی رسانایی حرارتی فونونی زیرکونیوم-نایوبیوم ۱ % تگ کریستال

با استفاده از دینامیک مولکولی

- مطالعه اثر هلیوم ناشی از آسیبهای تابشی بوسیله نظریه تابعی چگالی بر ساختارهای جاذب نوترون

- شبیه سازی کارایی پرتویی آلیاژهای مختلف اجزاء مختلف مجتمع سوخت تحت تابش هسته ای در راکتورهای تحقیقاتی و قدرت

- امکان سنجی سنتز مواد مختلف دارای ویژگیهای منحصر به فرد (مواد کوانتومی) تحت فرایند پرتودهی



زمینه های پژوهشی فعال در گروه هسته ای
و دانشجویان فعال در این زمینه



خانم فریبا گودرزی فر
فیزیک هسته ای نظری
اتمها و هسته های کائونی
هلیوم کائونی



آقای محمد رجبی
برهمکنش تابش با ماده
بررسی آسیب تابش
شبیه سازی با LAMPS



خانم ناهید رستماني
برهمکنش تابش با ماده
بررسی آسیب تابش
شبیه سازی با SRIM
IM3D



خانم الناز مصلحي
فیزیک شتاب دهنده ها
سیکلوترون کلاسیک
لیزر پراکندگی کامپتون



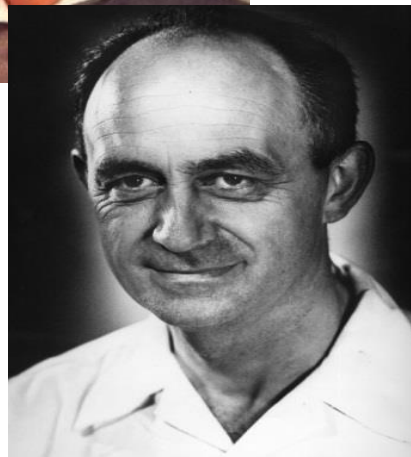
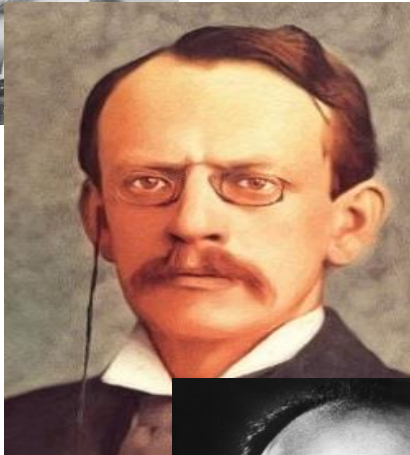
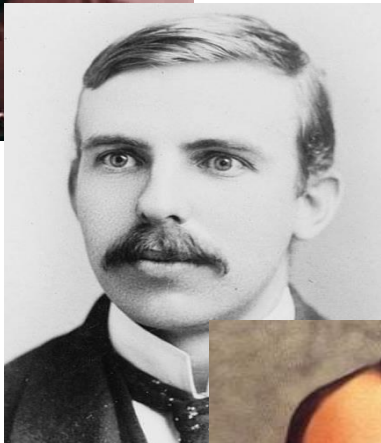
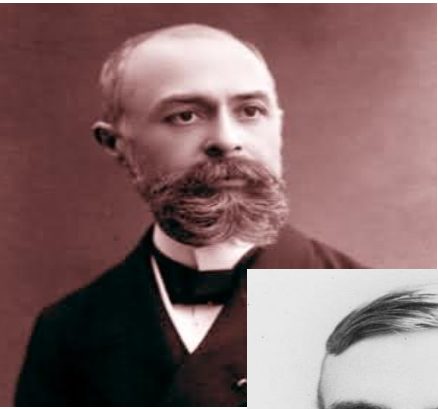
خانم فاطمه فخر زارع
فیزیک شتاب دهنده ها
سیکلوترون کلاسیک
سیکلوترون GE
چهار قطبیه های مغناطیسی

فاطمه سادات طباطبایی
آسیب تابش

خانم فرزانه رجبی
پزشکی هسته ای

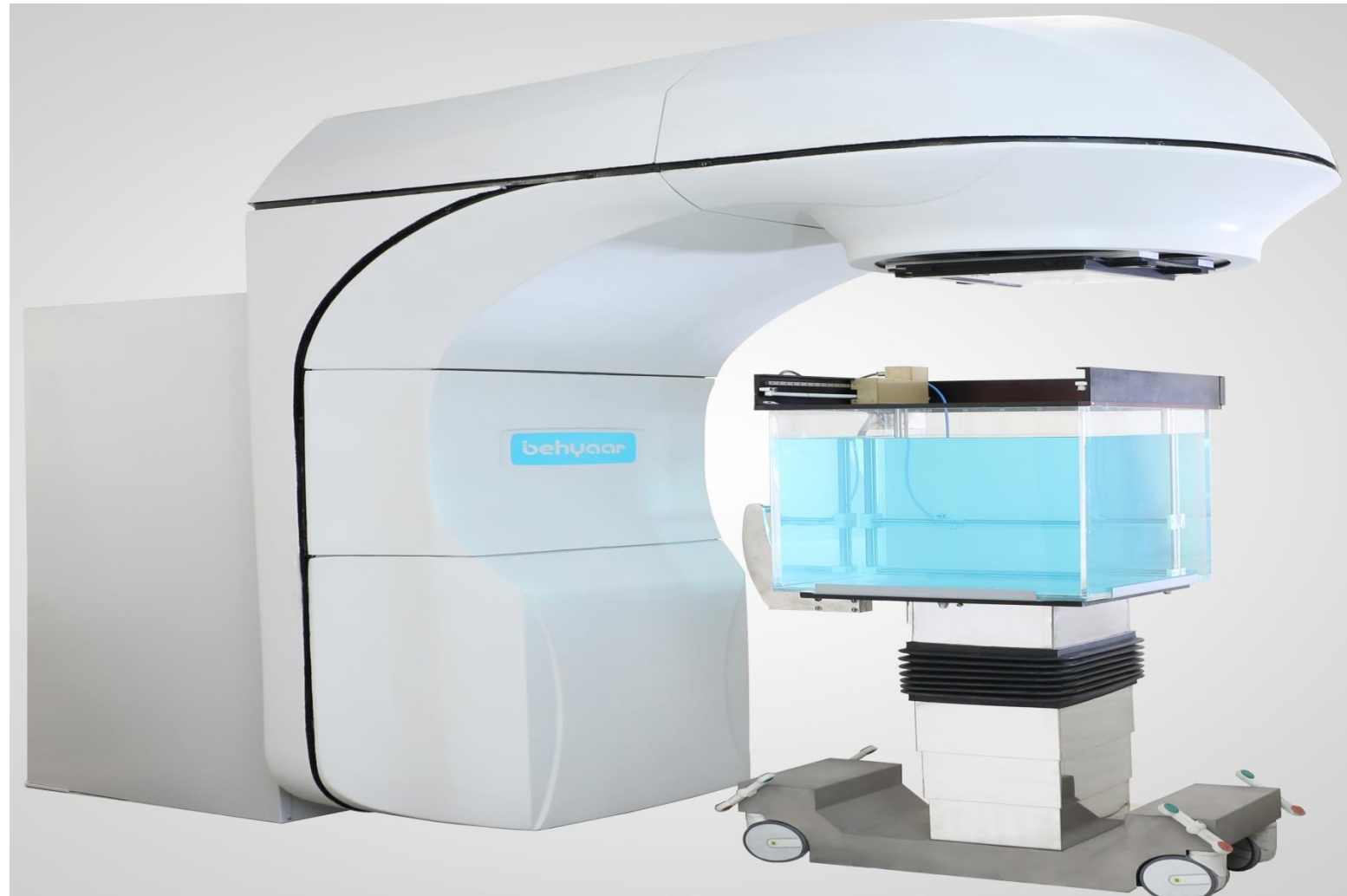
از توجه شما سپاسگزارم

برخی از وقایع درخشان در پیشرفت فیزیک هسته‌ای



- ۱۸۹۶ کشف پرتوزایی توسط بکرل
- ۱۹۱۱ مدل اتمی رادرفورد
- ۱۹۱۲ کشف ایزوتوپها توسط تامسون
- ۱۹۱۳ تبدیلات هسته‌ای القایی (راترفورد)
- کاربرد مکانیک کوانتومی در پرتوزایی:
- واپاشی آلفا (گاموف، گرنی و کندن)
- ۱۹۳۴ واپاشی بتا (فرمی)

شتاب دهنده خطی پزشکی ساخت بهیار صنعت سپاهان



فهرست مطالب:

الف) مقدمه

ب) قسمت های مختلف سیکلوترون

ج) شتابدهی ذرات باردار در سیکلوترون

د) فرکانس

ه) سیکلوترون شرکت GE (General Electric)

شتاب دهنده های پزشکی



انواع شتاب دهنده‌های مورد استفاده در پزشکی

شتاب دهنده	کاربرد	انرژی متداول (MeV)
خطی الکترون	درمان با الکترون	۴-۲۵
	درمان با پرتو X	
میکروترون-بتاترون	درمان با الکترون	۴-۲۰
	درمان با پرتو X	۴-۵۰
سینکروترون الکترون	آنژیوگرافی	۲۰۰۰-۳۰۰۰
	تولید رادیودارو	۱۰-۱۰۰ پروتون
سیکلوترون	درمان با نوترون سریع	۵۰-۷۰ پروتون یا دوترون
	پیون تراپی	۵۰۰-۶۰۰ پروتون
	پروتون تراپی	۷۰-۱۸۵ پروتون
سینکروترون پروتون	پروتون تراپی	۷۰-۲۵۰ پروتون
	درمان با یون سبک	۲۲۵-۶۷۰ (MeV/amu)
لینک RFQ	پروتون تراپی	۲ پروتون
	درمان با نوترون سریع	۶۶ پروتون
پروتون	تولید رادیودارو	۱۰-۸۰۰ پروتون
	پیون تراپی	۸۰۰ پروتون

توزیع شتاب دهنده های پروتون و کربن برای درمان در سراسر دنیا



Nature Reviews | Clinical Oncology

آغازگر راه برای استفاده از یون کربن در درمان بیماری ها ژاپن بوده است. از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۶ حدود ۱۵ هزار نفر درمان شده اند.

اجزای یک شتابدهنده

❖ چشمه ذرات باردار

❖ میدان الکتریکی برای شتابدهی ذرات

❖ ابزار کانونی کننده برای غلبه بر تمایل طبیعی باریکه به واگرا شدن

❖ منحرف کننده‌ها

❖ هدف برای برخورد باریکه به آن

❖ وسایل آشکارسازی و تحلیل کننده

ساختار شتابدهی

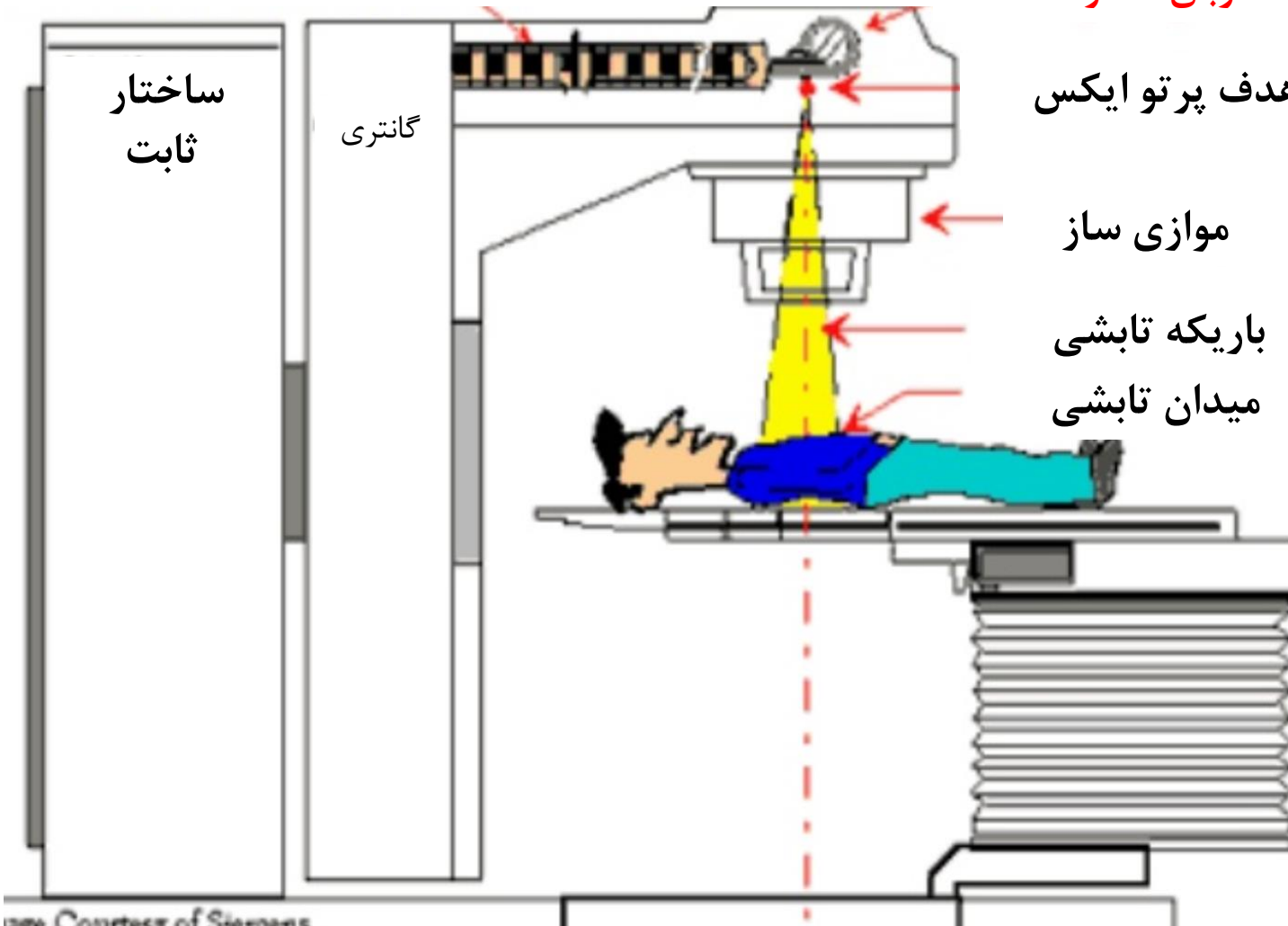
آهنربای منحرف کننده

هدف پرتو ایکس

موازی ساز

باریکه تابشی

میدان تابشی

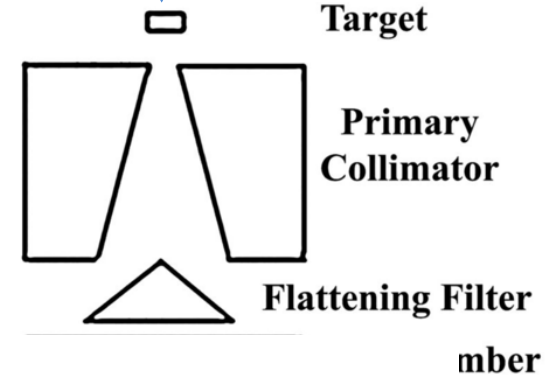


قیمت ۴ میلیون دلار

Height	Length	Width	Weight
260.4 cm	313.7 cm	143.0 cm	7,730 kg

اجزای سر شتابدهنده

باریکه ی الکترونی

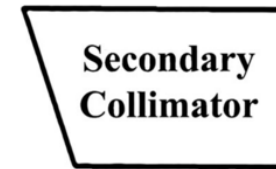


7.6cm

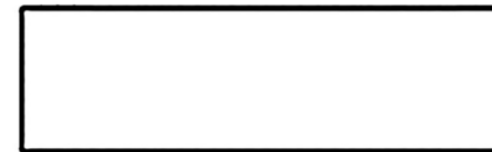
36.9cm

100cm

6.4cm



Secondary Collimator

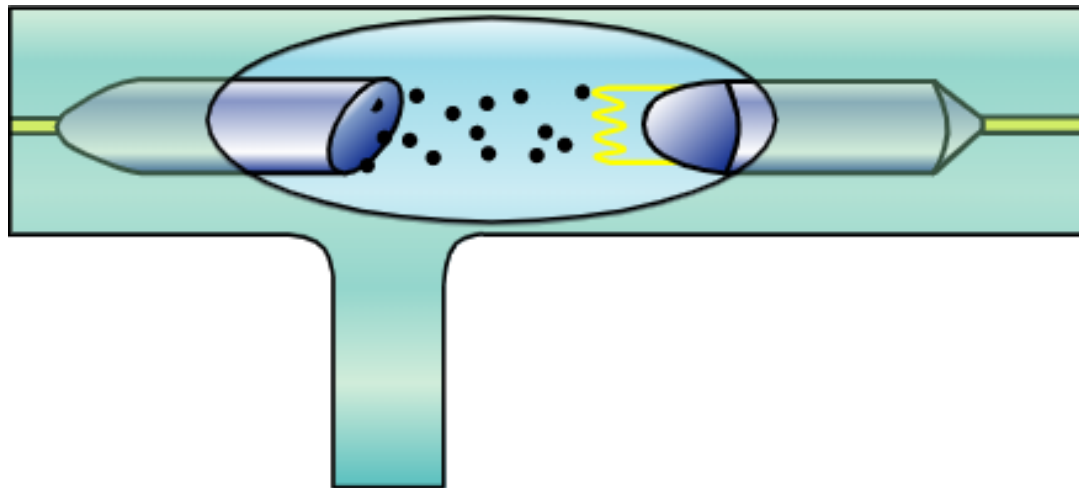
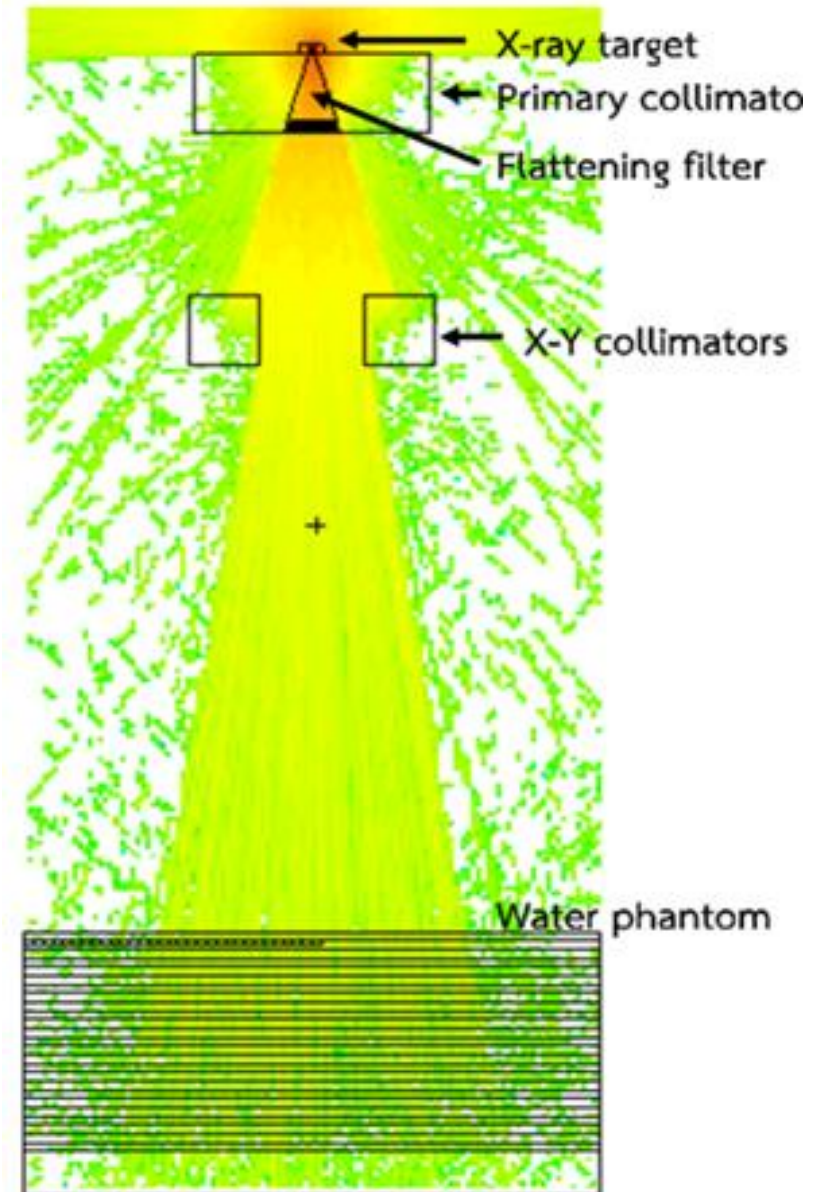
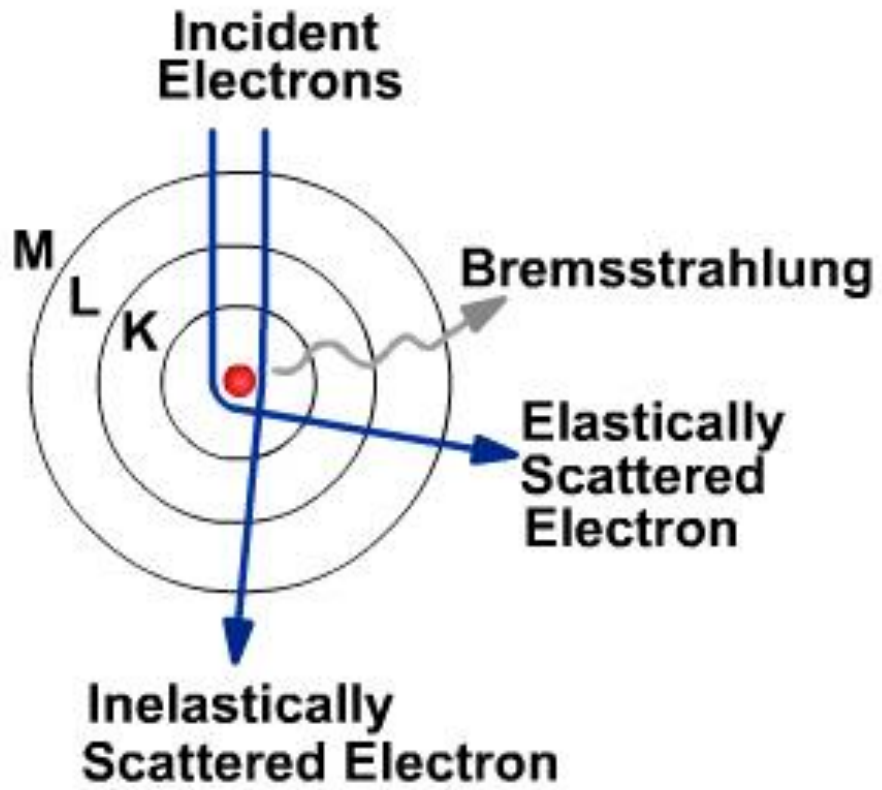


MLC



● Isocenter

تابش ترمزی



کاربردهای فیزیک هسته ای



هنر



آب و هوا



محیط زیست



تغذیه و
کشاورزی



اکتشافات
فضایی



معدن



کیهان شناسی



صنعت



برق

شناخته شده ترین کاربردها در پزشکی و تولید برق هستند، اما موارد دیگری نیز در زمینه های متنوعی مانند کشاورزی، صنعت و هنر وجود دارد.



اینفوگرافی ۱۰ کاربرد مهم فناوری هسته ای

در زمینه کشاورزی، تکنیک‌های ایزوتوپ پرتوزا و تشعشع برای بهبود کیفیت غذا از طریق القای جهش در گیاهان و دانه‌ها برای به دست آوردن ارقام محصول مورد نظر بدون نیاز به انتظار برای فرآیند طولانی جهش طبیعی استفاده می‌شود.

فناوری هسته ای همچنین در کنترل آفات، افزایش تولید مواد غذایی و کاهش میزان کودهای ضروری بسیار مفید است. در زمینه مواد غذایی، تابش مستقیم مواد غذایی باعث کاهش تلفات پس از برداشت و بهبود کیفیت غذا با افزایش دوره نگهداری آن می‌شود.

این تکنیک نسبت به روش‌های معمولی انرژی کمتری مصرف می‌کند و می‌تواند جایگزین یا کاهش شدید استفاده از مواد افزودنی ها شود و مواد غذایی تازه‌گی و شرایط فیزیکی خود را حفظ می‌کنند.

تابش مستقیم مواد غذایی روشی است که توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد FAO، سازمان بهداشت جهانی WHO و آژانس بین‌المللی انرژی اتمی IAEA پذیرفته و توصیه شده است.



یک کاربرد بسیار رایج رادیوگرافی اشعه ایکس است. نگاهی عمیق به یک اثر هنری برای تعیین تکنیک نویسنده، تغییر ترکیب معرفی شده توسط هنرمند، ترمیم های قبلی یا اصالت آن و بسیاری از جنبه های دیگر را ممکن می سازد.

این یک تکنیک غیر مخرب است که برای اولین بار در سال ۱۸۹۵ در دانشگاه مونیخ برای مطالعه یک نقاشی استفاده شد. پس از سال ۱۹۱۴ با کار فابر به طور سیستماتیک مورد استفاده قرار گرفت.

برای تعیین سن آثار هنری نیز از فناوری هسته ای استفاده می شود. در این مورد، این تکنیک از کربن ۱۴ استفاده می کند که شامل تعیین مقدار این ایزوتوپ موجود در یک جسم آلی برای یافتن سن نمونه است.

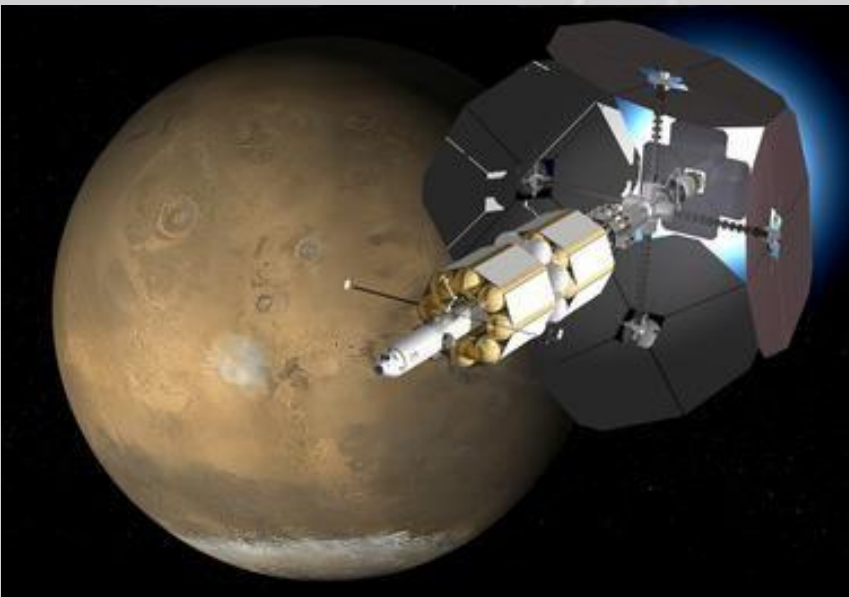
فناوری هسته ای امکان پی بردن به قدمت و اصالت آثار هنری را فراهم می کند.



- یکی از کاربردهای اصلی باتری های هسته ای ناوبری فضایی و تغذیه ابزار دقیق ماهواره های زمینی و کاوشگرهای سیاره ای با ژنراتورهای قوی تر است تا بتوانند به سیارات نزدیک برسند و اطلاعات را به زمین ارسال کنند.

- سفرهای بدون سرنشین به سیارات فراتر از منظومه شمسی از برق تولید شده توسط ایزوتوپ پرتوزای پلوتونیوم-۲۳۸ تغذیه می شود.

- نیمه عمر این ایزوتوپ ۸۷.۷۴ سال است و میتواند برای چندین سال به اندازه کافی فعال بماند تا مأموریت های فضایی را تامین کند.





- در کنار تولید انرژی الکتریکی، تکنیک های پزشکی هسته ای شاید به طور گسترده شناخته شده باشند.
- فناوری هسته ای در شاخه های مختلف پزشکی اعمال می شود: انکولوژی، قلب و عروق، نورولوژی و اطفال.
- متخصصان پزشکی از تکنیک های تشخیصی مانند رادیوداروها، اسکن ها یا ایزوتوپ های پرتوزا استفاده می کنند و از درمان های پرتودرمانی که شامل پرتوهای ایکس و همچنین تشعشعات از عناصر رادیواکتیو یا تجهیزات تولیدکننده تشعشع مانند شتاب دهنده ها است، استفاده می کنند.
- فراتر از تشخیص و درمان بیماری ها، فناوری هسته ای برای استریل کردن تجهیزات پزشکی، یادگیری در مورد فرآیندهای بیولوژیکی با استفاده از ردیاب ها یا مطالعه خواص سلول های تومور از جمله موارد دیگر استفاده می شود.