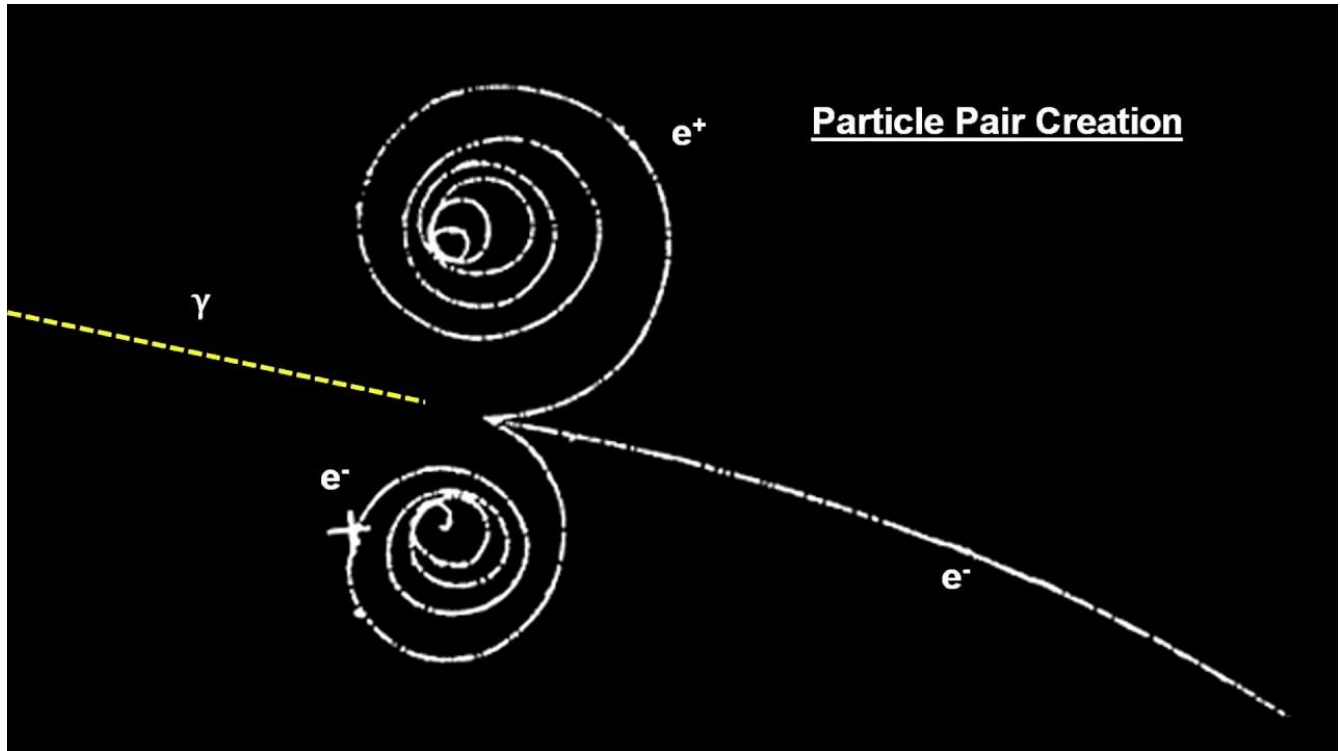


## از سرن تا بیولوژی



پاد ماده موجودی است که جرمی دقیقاً برابر همتای ماده خود، اما بار فیزیکی (همانند بار الکتریکی) مخالف دارد. ایده وجود پاد ماده به صورت مدرن اولین بار در سال ۱۹۲۸ توسط دیراک مطرح شد. او وقتی میخواست ورژن نسبیتی معادله شرودینگر را برای الکترون حل کند، وجود آنتی الکترون (پوزیترون) را پیشنهاد کرد. سپس آقای کارل اندرسون هنگامی که در حال مطالعه اثر ذرات در اتاقک ابر بود به متوجه وجود ذراتی شد که ردی دقیقاً شبیه رد الکترون اما مسیری شبیه مسیری آینه ای ذرات الکترون شد. این ذره اولین آنتی الکترونی بود که بشر مشاهده کرد



آنتی پروتون در سرن:

سرن ( مرکز مطالعات هسته ای اروپا، بزرگترین آزمایشگاه فیزیک ذرات در جهان است که در مرز بین سوئیس و فرانسه واقع شده و دارای شتاب دهنده ای به طول ۲۷ کیلومتر است (LHC). در این مرکز مطالعات روی پاد ماده در آزمایشگاهی با نام جذاب antimatter factory انجام میشود.

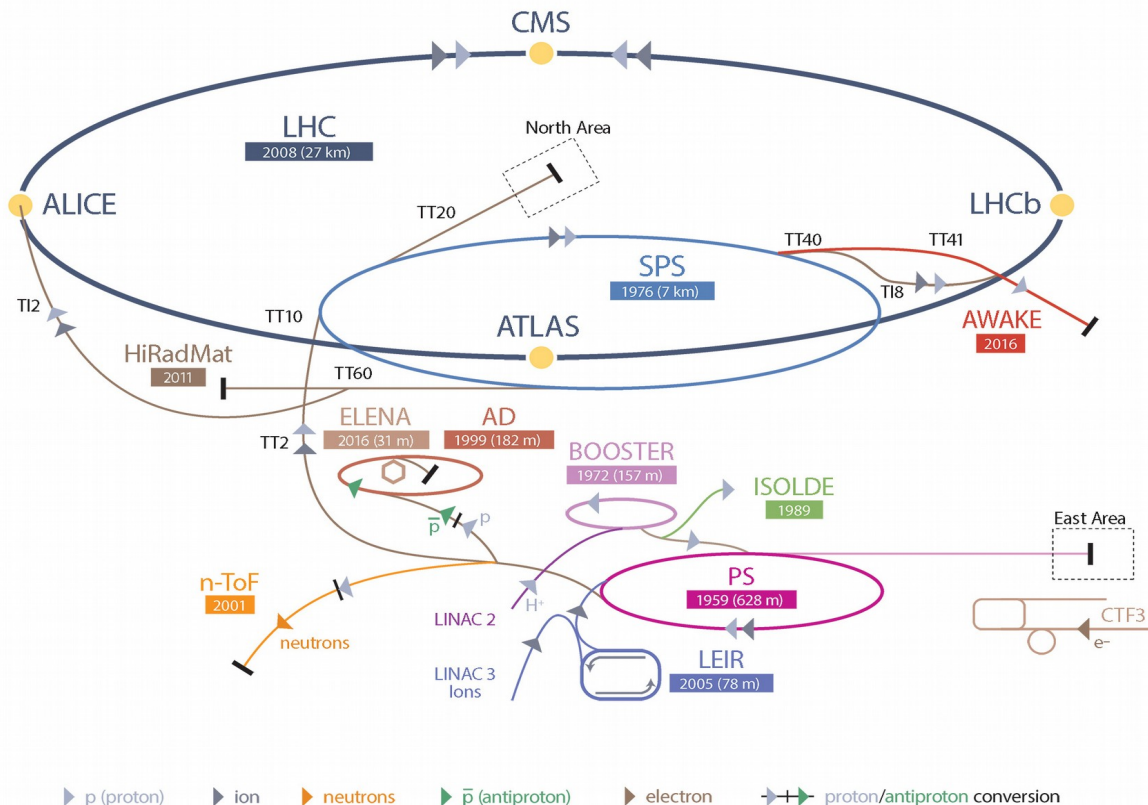




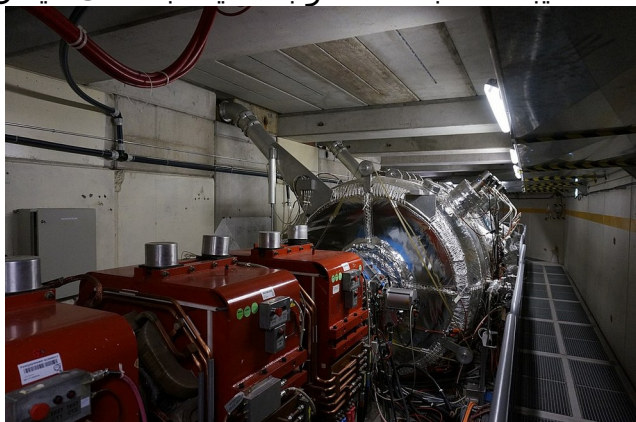
گروه‌های زیادی در این آزمایشگاه در حال انجام آزمایش‌های مختلفی روی بررسی خواص مختلف پادماده هستند که از بین آن‌ها میتوان به موارد زیر اشاره کرد.

- ASACUSA: Atomic spectroscopy and collisions using slow antiprotons
- ALPHA: Antihydrogen laser physics apparatus
- AegIS: Antihydrogen experiment gravity interferometry spectroscopy
- GBAR: Gravitational Behaviour of Anti-Hydrogen at Rest
- BASE: Baryon Antibaryon Symmetry Experiment

CERN's Accelerator Complex

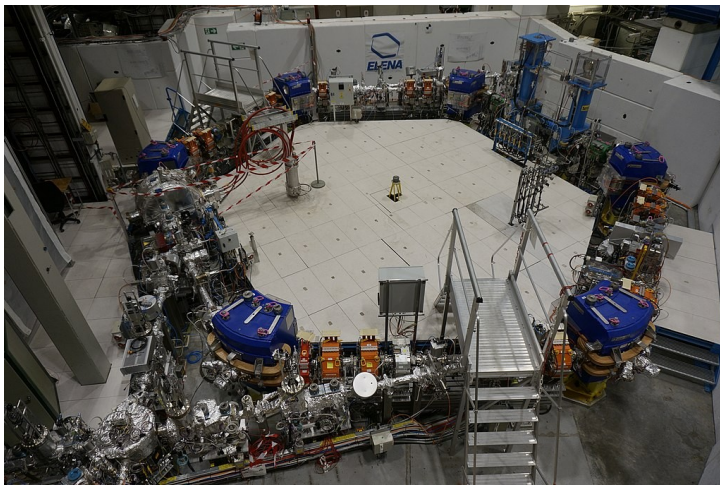


به طور کلی ابتدا در این آزمایشگاه خلاف کاری که سرن در جهت انجام است، انجام میشود. یعنی کم کردن سرعت و انرژی آنتی پروتون‌ها! به همین سبب به این آزمایشگاه AD یا همان Antiproton Decelerator نیز گفته میشود. روش کار نیز به این صورت است که بخشی از باریکه پروتون‌های پرانرژی که در حال انتقال از شتاب دهنده ی PS به SPS میباشند، جدا شده و با هدایت به کمک میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی راهی آزمایشگاه پادماده میشود. در این مسیر، یک هدف فلزی را با پروتون‌ها بمباران میکنند و نتیجه این کار به وجود آمدن آنتی پروتون‌ها میباشد. این آنتی پروتون‌های به وجود آمده وارد AD می‌شوند و در طی فرآیندی انرژی آن‌ها گرفته شده و خنک‌تر میشوند. انرژی آنتی پروتون‌ها در این فرآیند تا 5.3 MeV کاهش پیدا میکند و از این پرتو نسبتاً خنک در آزمایش‌های مختلفی که پیش تر نام بردیم استفاده میشود.



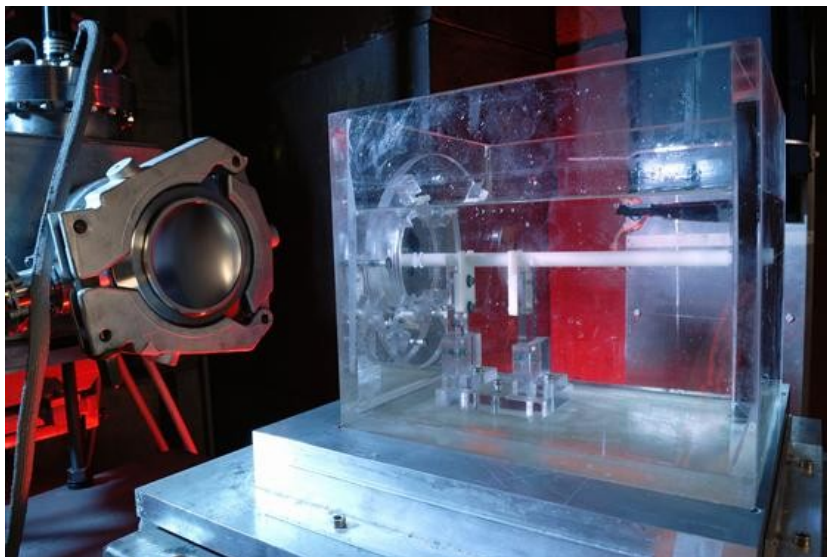
### ELENA Ring : Extra Low ENergy Antiproton

به تازگی ستاپ جدیدی در این آزمایشگاه در حال آماده سازی است که میتواند باریکه آنتی پروتون را بیش از پیش خنک سازد. این ستاپ یک شش ضلعی به اندازه سی متر است که اولین پرتوی که در آن جریان پیدا کرد در سال ۲۰۱۶ بود و استفاده کامل از آن در اواخر سال ۲۰۱۹ میسر خواهد بود. کمتر کردن انرژی آنتی پروتون ها امکان اندازه گیری دقیقتر و محبوس سازی ذرات پاد ماده بیشتری در درون تله های الکتریکی و مغناطیسی را ممکن میسازد.



همانطور که گفته شد در این آزمایشگاه آزمایش های بسیار مهمی روی بررسی خواص پاد ماده انجام شده و می شود. اما همانطور که در عنوان مقاله ذکر شده است، ما در طی این مقاله میخواهیم ببینیم که این مطالعات عمیق فیزیکی چه کاربردی در دنیای بیرون و به طور خاص در دنیای بیولوژی و پزشکی و درمان دارند. بنابراین در ادامه مقاله به بررسی یکی از آزمایش های انجام شده مرتبط با این موضوع در این مرکز (آزمایش ACE) میپردازیم. سپس یک مثال بسیار مهم از کاربرد پادماده در بحث تصویر برداری را بررسی خواهیم کرد.

### آزمایش ACE : Antiproton Cell Experiment



این آزمایش یکی از زیباترین آزمایش هایی بود که در سرن با همکاری گروهی از زیست شناسان و پزشکان و فیزیک دانان انجام شد. این آزمایش به منظور بررسی مناسب بودن ذرات پاد پروتون به عنوان سلاحی برای از بین بردن بافت های سرطانی در سال ۲۰۰۳ شروع و در سال ۲۰۱۳ به اتمام رسید. این آزمایش مثالی بسیار عالی از کاربرد تحقیقات در سطح عمیق فیزیکی در کاربرد های بالینی و پزشکی است. در زمان انجام این آزمایش مرسوم بود که باریکه پروتونی برای از بین بردن

غده های سرطانی استفاده شود. به این صورت که باریکه ای از ذرات پروتون با انرژی کافی را برای رسیدن به لایه ای خاص از بافت سرطانی به صورت کنترل شده به درون بدن میفرستادند. هنگامی که چنین پرتویی متشکل از ذرات سنگین و باردار وارد بدن انسان می شود، در ابتدا آسیب کمی به بافت بدن میرساند. اما وقتی انرژی این ذرات به خاطر نفوذ در داخل بدن کم میشود، بعد از مقداری نفوذ در بافت متوقف می شوند و بیشترین حد آسیب در این مرحله شکل میگیرد. باریکه ی پروتونی با اینکه در از بین بردن سلول های سرطانی مؤثر بود اما متأسفانه به سلول های سالم زیادی نیز در طول این فرایند آسیب میرسد. این آسیب در صورت انجام چندین باره پرتودرمانی بیشتر و بیشتر نیز میشود.

گروه ACE ایده تست مؤثر بودن آنتی پروتون ها بجای پروتون ها برای از بین بردن سلول های سرطانی را مطرح کرد. همانطور که توضیح داده شد وقتی ماده (که در این مثال همان ذرات تشکیل دهنده ی توده ی سرطانی است) به پاد ماده (همان باریکه ای که به سمت توده سرطانی شلیک میکنیم) برخورد میکند، هردو نابود می شوند و جرم آنها تبدیل به پرتو پراثری گاما میشود. این پرتو گاما سلول های سرطانی اطراف را نیز از هم میپاشد.

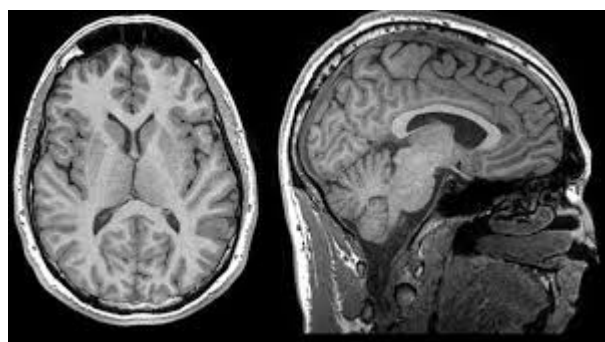
در این آزمایش سلول های زنده معلق در ژلاتین در درون لوله ای استوانه ای قرار گرفته بودند تا سطح مقطعی از بدن را شبیه سازی کنند. در طی این تحقیق ذرات پاد پروتون به درون این استوانه فرستاده می شود و میزان تغییرت در سلول ها با تغییر عمق مورد مطالعه قرار میگرفت. نتایج اولیه نشان داد که در صورت استفاده از پاد پروتون ها نیز به سلول های سالم آسیب میرسد اما مقدار این آسیب یک چهارم مقداری است که می خواهیم همان میزان از سلول های سرطانی را با ذرات پروتون از بین ببریم. برای مطالعه بیشتر روی این موضوع به مقاله ی زیر میتوانید مراجعه کنید:

Sellner, S., Boll, R., Caccia, M. et al. Hyperfine Interact (2012) 213: 159. <https://doi.org/10.1007/s10751-012-0638-z>

## تصویر برداری PET : positron emission tomography



این تکنولوژی نمونه بسیار خوبی از تبدیل آزمایش ها و تحقیقات آکادمی در سطح تئوری فیزیکی به ابزار بسیار پرکاربرد در حوزه پزشکی برای خدمت به بشریت است. PET یک روش تصویر برداری فانکشنال یا عملکردی است که برای مطالعه میزان متابولیسم ارگان های مختلف کاربرد دارد. پیش از پرداختن به توضیح جزئیات این تکنولوژی لازم است که در ابتدا توضیحی درباره تصاویر ساختاری یا استراکچرال و عملکردی با فانکشنال ارائه شود

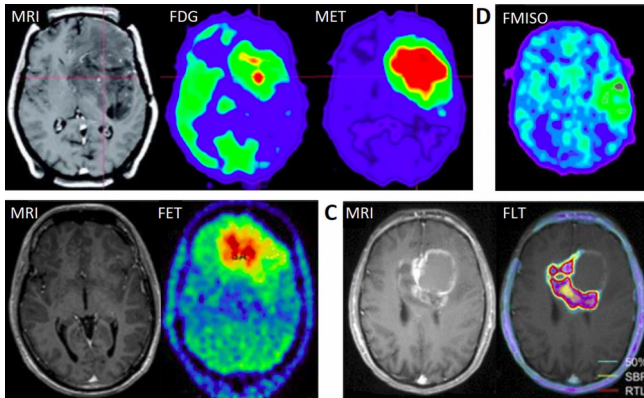


تصاویر ساختاری یا استراکچرال: این نوع تصاویر، تصویری از ارگان های داخلی بدن ارائه میدهند و زمانی مناسب هستند که می خواهیم تغییر ساختار ارگان های داخلی بدن (مثل مغز) را در اثر یکسری بیماری ها (مثل آلزایمر یا وجود غده مغزی) مطالعه کنیم. تکنیک هایی مثل MRI و CT-scan میتوانند تصاویری ساختاری از ارگان ها ارائه دهند.



برای مثال در عکس روبرو میتوانید مثالی از این نوع عکس ببینید.

تصاویر عمل‌کردی یا فانکشنال: این نوع تصاویر با تعقیب رد موادی که در طی متابولیسم ارگان‌های مختلف مصرف می‌شوند میتوانند تصویری از عمل‌کرد یا متابولیسم آن ارگان‌ها را بدهند. این نوع تصاویر مثل PET-scan، fMRI و سیگنال‌هایی مثل fNIRS در بسیاری از جاها که نیاز است که عمل‌کرد یک ارگان بررسی شود کاربرد دارد.



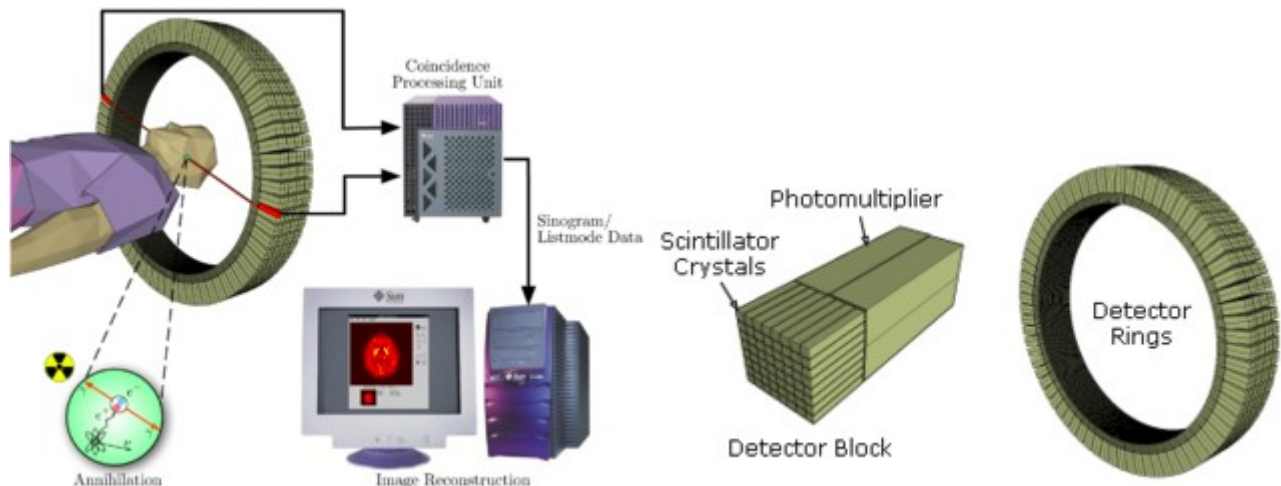
برای مثال در مواقعی که سلول‌های سرطانی با تصویر ساختاری مثل MRI قابل تشخیص نیستند میتوان از این روش استفاده کرد. برای مثال در شکل مقابل در عکس سمت چپ پایین میتوانید ببینید که در تصویر ساختاری اثری از تومور مغزی دیده نمیشود اما در تصویر عمل‌کردی میتوان دید که متابولیسم ناحیه‌ای از مغز به صورت عجیبی با سایر مناطق مغزی متفاوت است.

حال ببینیم این نوع تصویر بردای چگونه کار میکند.

مکانیزم عمل‌کرد PET-scan :

در تصویر برداری PET از واکنش ذره با پاد ماده استفاده میشود. میدانیم که در طول این واکنش دو پرتو گاما در جهت مخالف (به دلیل پایستگی تکانه) به وجود می‌آید. از این دو پرتو گامای به وجود آمده میتوان استفاده کرد و محل وقوع واکنش را با رزولوشن خوبی مشخص کرد. برای انجام تصویر برداری ابتدا ماده‌ای را که به آن ماده حاجب می‌گوئیم و دارای خاصیت رادیواکتیو است و بر اثر واپاشی ذرات پوزیترون تولید میکند از طریق تزریق وریدی وارد جریان خون میکنند. پوزیترون به وجود آمده از این مواد سر راه خود با الکترونی واکنش میدهد و دو پرتو گاما ساطع میشود. بسته به اینکه میخواهیم مصرف چه ماده‌ای طی متابولیسم ارگان مورد نظر را مطالعه کنیم از مواد مختلفی به عنوان ماده حاجب استفاده میکنیم که در ادامه بیشتر در این باره توضیح داده خواهد شد.

بعد از مدتی که این مواد به صورت یکنواخت در بدن پخش شدند، دیتکتورهای پرتو گاما را روشن کرده و در محلی که قرار است عکس تولید شود قرار داده میشود. در این مقاله قصد پرداختن به جزئیات دستگاه مثل دیتکتورها و ... را نداریم اما اگر بخواهیم به توضیح مختصری بپردازیم، دیتکتورهای این دستگاه به صورت حلقه‌ای دور ارگانی که قصد تصویر برداری از آن را داریم قرار می‌گیرد. این حلقه‌ای آشکار ساز پرتوهای گاما از بلوک‌های کوچکی تشکیل شده است که دارای کریستال‌هایی است که هنگام رد شدن گاما از آن نور مرئی تولید می‌شود. این نور وارد PMT (یک نوع تقویت کننده‌ی نور که آشکاری سازی فوتون‌هایی با انرژی بسیار کم را میسر می‌سازد) شده و به این طریق میتوان فهمید که فوتونی وارد آشکار ساز شده است. حال به کمک یکسری محاسبات کامپیوتری میتوان محلی که زوج فوتون از آنجا خارج شده است را با رزولوشن خوبی تشخیص داد.



## کاربرد های پت اسکن:

همانطور که گفته شد در PET-scan مواد رادیو اکتیو مختلفی بسته به نوع مطالعه وارد بدن میکنیم. از این موارد میتوان به کربن ۱۱ (با نیمه عمر ۲۰ دقیقه)، نیتروژن ۱۳ (با نیمه عمر ۱۰ دقیقه)، اکسیژن ۱۵ (با نیمه عمر ۲ دقیقه)، فلور ۱۸ (با نیمه عمر ۱۱۰ دقیقه)، گالیوم ۶۸ (با نیمه عمر ۶۷ دقیقه)، زیرکونیم (با نیمه عمر ۷۸ ساعت) و یا روبیدیوم ۸۲ (با نیمه عمر ۱.۲۷ دقیقه) استفاده میشود. این مواد رادیو اکتیو یا با موادی که معمولاً توسط بدن مصرف می‌شوند (مثل گلوکز و آب و آمونیاک) و یا با مولکول هایی که با گیرنده های خاصی (کانال های روی سطح سلول یا کانال های موجود در فضای سیناپسی) پیوند برقرار میکنند و به این طریق میتوان رد این ترکیبات مختلف در بدن را گرفت. از این رد گیری میتوان در زمینه های مختلفی استفاده کرد که از آن جمله میتوان به سرطان شناسی یا آنکولوژی (oncology)، تصویر برداری از مغز، مطالعات مربوط به مغز (cardiology)، تصویر برداری از حیوانات کوچک و مطالعات ماهیچه ای استخوانی (برای مثال برای دیدن تغییرات متابولیسم قسمت های مختلف ماهیچه پا در هنگام انجام دادن عملی مشخص) استفاده می‌شود.

سخن آخر اینکه در این مقاله دیدیم که کشف عجیبی که کمتر از ۱۰۰ سال از عمر آن میگذرد و چیزی بسیار عجیب و غریب و افسانه ای به نظر میرسد، چگونه میتواند با همکاری بین فیزیکدانان و پزشکان و مهندسان در زمانی کم تبدیل به تکنولوژی ای برای خدمت به بشریت شود.

سایت های که عکس های بکار رفته در این مقاله از آن استخراج شده است:

- <https://www.universetoday.com/140769/the-large-hadron-collider-has-been-shut-down-and-will-stay-down-for-two-years-while-they-perform-major-upgrades/>
- <https://www.tn8.tv/ciencia/464068-usan-agua-para-revelar-los-secretos-de-las-neuronas/>
- <http://cds.cern.ch/record/989638>
- <https://videos.cern.ch/record/2289533>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Positron\\_emission\\_tomography](https://en.wikipedia.org/wiki/Positron_emission_tomography)
- <http://model31.pl/en/electron-and-positron-similarities-and-differences/>
- [https://www.researchgate.net/figure/Molecular-imaging-of-brain-tumors-with-PET-Typical-PET-tracers-used-for-molecular\\_fig7\\_264312973](https://www.researchgate.net/figure/Molecular-imaging-of-brain-tumors-with-PET-Typical-PET-tracers-used-for-molecular_fig7_264312973)
- <https://www.nzbri.org/Labs/mri/Images/>
- <https://www.nationalpetscan.com/>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Antiproton\\_Decelerator](https://en.wikipedia.org/wiki/Antiproton_Decelerator)
- <https://stfc.ukri.org/research/particle-physics-and-particle-astrophysics/large-hadron-collider/cern-accelerator-complex/>
- <https://www.extremetech.com/extreme/283928-cern-reveals-plans-for-particle-collider-four-times-larger-than-lhc>