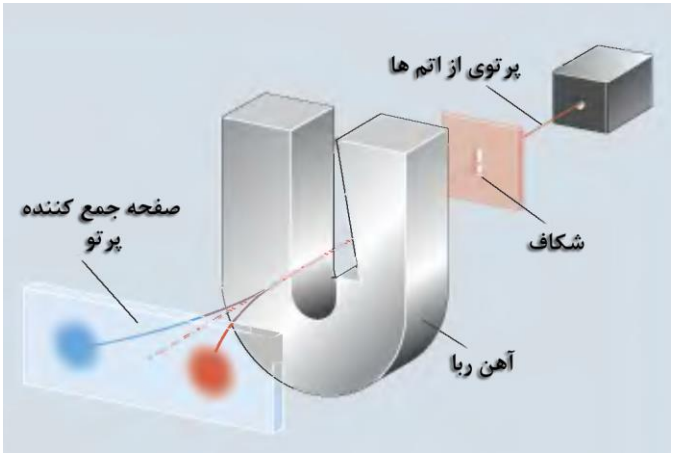
شاهد تجربی اسپین الکترون

قبل از آن که اسپین الکترون پیشنهاد شود شواهدی تجربی وجود داشت که نشان می داد الکترون ها خاصیتی دارند که لازم است بررسی شود.

در سال ۱۹۲۱ اوتواشترن و والترگرلاخ موفق شدند با عبور پرتوی از اتم های خنثی از داخل یک میدان مغناطیسی ناهمگن آنها را به دو دسته مجزا کنند. آزمایش آنها در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل نمایشی از آزمایش اشترن گرلاخ است که در آن اتم هایی که عدد کوانتمی اسپین الکترون (m_s) الکترون های جفت نشده ۱/۲ + است در یک جهت و اتم های با $m_s = -1/2$ در جهت دیگر منحرف شده است.

فرض کنید که آنها پرتوی از اتم های هیدروژن را به کار بردند (در واقع آنها اتم های نقره را به کار بردند که یک الکترون جفت نشده دارد). به طور معمول انتظار می رود که اتم های خنثی تحت تاثیر میدان مغناطیسی قرار نگیرد.

میدان مغناطیسی حاصل از اسپین الکترون با میدان مغناطیسی آهن ربایی بر هم کنش کرده و اتم را از مسیر مستقیم منحرف می سازد. همانگونه که در شکل نشان داده شده است میدان مغناطیسی آهن ربایی پرتو را به دو قسمت جدا می کند و نشان می دهد که فقط (و فقط دو) مقدار یکسان برای میدان مغناطیسی الکترون وجود دارد.

آزمایش اشترن- گرلاخ ثابت می کند که فقط دو مقدار برای اسپین الکترون وجود دارد و این مقادیر میدان مغناطیسی یکسان در جهت مخالف روی الکترون ایجاد می کند.

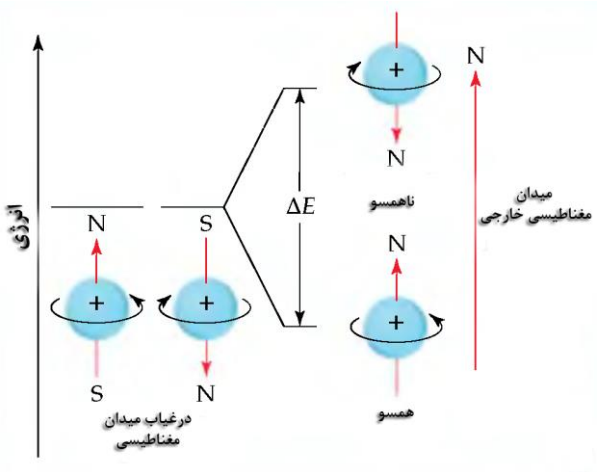
اسپین هسته و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI)

چالش اصلی تشخیص پزشکی، دیدن درون بدن انسان از بیرون است. تاکنون این مسئله با استفاده از اشعه x برای تصویر برداری از استخوان ها، ماهیچه ها و ارگانیسم های بشر انجام شده است. به کارگیری اشعه x زیان هایی دارد. نخست آن که اشعه x تصاویر خوبی از ساختارهای فیزیولوژی همپوشانی کننده نمی دهد. همچنین چون بافت تخریب شده یا بیمار تصویری همانند بافت سالم می دهد، اشعه x اغلب در تشخیص بیماری یا آسیب ناتوان است و سرانجام آن که اشعه x تابشی پر انرژی است و می تواند حتی در دز پایین سبب آسیب فیزیولوژی شود.

در سال ۱۹۸۰ تکنیک جدیدی که تصویربرداری رزونانسی مغناطیسی (MRI) نامیده می شود، طلایه دار تکنیک های تصویربرداری پزشکی شد. اساس MRI پدیده ای است که رزونانس مغناطیسی هسته(NMR) نامیده می شود و در سال ۱۹۴۰ کشف شد.

امروزه NMR یکی از مهم ترین روش های طیف بینی است که در شیمی استفاده می شود. این تکنیک مبتنی است بر شواهدی که همانند اسپین الکترون، هسته بسیاری از اتم ها نیز اسپین دارد. همانند اسپین الکترون، اسپین هسته کوانتیده است. به عنوان مثال هسته های ^{1}H دو عدد کوانتمی اسپین مغناطیسی هسته ای ممکن 1/2+ و - 1/2 دارد.

هسته هیدروژن رایج ترین هسته ای است که توسط NMR مطالعه شده است. هسته هیدروژن چرخان مانند یک آهن ربای کوچک عمل می کند. در غیاب میدان خارجی دو حالت اسپین انرژی یکسان دارد. وقتی هسته های هیدروژن در میدان مغناطیسی خارجی قرار می گیرد، هسته ها بسته به اسپین خود در جهت همسو یا ناهمسو با میدان قرار می گیرد. جهت همسو به میزان ΔE انرژی کمتری نسبت به جهت ناهمسو دارد.



شکل۱: همانند اسپین الکترون، اسپین هسته میدان مغناطیسی کوچکی ایجاد می کند و دو مقدار مجاز دارد. در غیاب میدان خارجی دو حالت اسپین انرژی یکسان دارند. اگر میدان خارجی اعمال شود جهت گیری همسو با میدان انرژی پایین تری از جهت گیری ناهمسو دارد. اختلاف انرژی ΔE در ناحیه فرکانس رادیویی طیف الکترومغناطیس است.

اگر هسته ها با فوتون هایی که دارای انرژی معادل با ΔE است تابش شوند، اسپین هسته ها شکافته شده و به شکل تحریک شده همسو و ناهمسو تبدیل می شود. آشکار سازی شکافت هسته ها بین دو حالت اسپین منجر به طیف NMR می شود. تابش استفاده شده در آزمایش NMR در گستره فرکانس رادیویی از ۱۰۰ تا 500MHz است.

چون هیدروژن جزء اصلی سیال های آبی بدن و بافت چربی است هسته هیدروژن مناسب ترین هسته برای مطالعه توسط MRI است. در MRI بدن فرد در یک میدان مغناطیسی قوی قرار می گیرد و با تابش دهی بدن توسط پالس هایی از تابش فرکانس رادیویی و با به کارگیری تکنیک های آشکارسازی پیشرفته تصویربرداری از بافت در اعماق بدن انجام می شود. توانایی تصویر برداری از اعماق مختلف به تکنسین ها اجازه می دهد تصاویری سه بعدی از بدن بسازند.

MRI هیچ یک از معایب اشعه x را ندارد. بافت آسیب دیده خیلی متفاوت از بافت سالم به نظر می رسد و جداسازی ساختارهای همپوشانی کننده آسانتر است و همچنین تابش فرکانس رادیویی با دزهای استفاده شده برای انسان مضر نیست. عیب اصلی MRI گران بودن آن است.

شکل۲ : تصویر MRI سر انسان که ساختارهای مغز سالم، راههای تنفسی و بافت های حلق را نشان می دهد.