به نام خدا

درس فیزیک هسته ای ۲

دانشگاه صنعتی اصفهان

مفاهیم اساسی هسته

- **1-1مقدمه:**
- مطالعات فیزیک هسته‌ای در اطراف **دو مسئله اساسی** دور می‌زند: نخست سعی می‌شود به **خصوصیات نیرویی** که اجزای‌یک هسته را متصل بهم نگه می‌دارد پی‌برده شود. سپس سعی می‌شود **رفتار سیستم‌های چند ذره‌ای**، مانند چندین هسته، توجیه شوند. این دو مسئله به هم مربوطند، زیرا خواص سیستم‌های چند ذره‌ای، تا حد زیادی توسط نیرویی که ذرات را به هم متصل می‌کند تعیین می‌شود. از طرفی چون ذرات بسیاری در بر هم کنش هستند، به سادگی سایر جنبه‌های سیستمی‌از این نوع آشکار می‌شوند.

مفاهیم اساسی هسته

- فیزیک دانها می‌توانند سیستم‌های چند ذره‌ای را فقط در محدوده‌ی رشته تقریب های معینی توضیح دهند که توسط واقعیت تجربی خاصی، که آنها در پی‌توجیه آن هستند، تعیین می‌شود. مثلاً اغلب برای توضیح **رفتار** یک مقدار از **گاز** کافی است از **قوانین گازها**(قانون بویل، چارلز...) استفاده کرد، ولی‌این قوانین تفصیلات جنبش مولکولی را که برای توصیف رسانایی گرمایی گاز لازم است شامل نمی‌شود. در مورد هسته‌ها، این توصیف‌های تقریبی را **"مدل "** می‌نامیم. بیشتر بحث ما دراین کتاب مبتنی بر چنین مدل‌هایی است، که هر کدام فقط برای گستره‌ی محدودی از شرایط تجربی مناسب است.
- گرچه پیشرفت تاریخی فیزیک هسته‌ای را دراینجا مطرح نخواهیم کرد، معذالک بعضی از درخشان ترین وقایع را در جدول 1-1 عرضه می‌کنیم.

جدول1-1: برخی از وقایع درخشان در پیشرفت فیزیک هسته‌ای

- 1896 کشف پرتوزایی توسط بکرل
- 1911 مدل اتمی‌راترفورد
- 1912 کشف‌ایزوتوپها توسط تامسون
- 1919 تبدیلات هسته‌ای القایی(راترفورد)
- کاربرد مکانیک کوانتومی‌در پرتوزایی :
- واپاشی آلفا(گاموف، گرنی و کندن)
- 1934 واپاشی بتا(فرمی)

بقیه وقایع در پیشرفت فیزیک هسته ای

- 1932 کشف نوترون توسط چادویک
- 1932 هایزنبرگ(n-p) فرضیه
- 1932 کشف پوزیترون توسط آندرسن
- 1935 نقش مزونها در نیروهای هسته‌ای(یوکاوا)
- 1936 کشف مزون (مو) آندرسن و ندرمی‌یر
- 1946 کشف مزون(اتا) پاول
- 1956 ناپایستگی پاریته در واپاشی بتا(لی ویانگ)

تاریخچه

- در سال 1896 **بکرل** توانست کشف پرتوزایی را به نام خود ثبت کند .این کشف به این صورت بود که او به طور تصادفی مشاهده کرد که صفحه عکاسی در مجاورت برخی مواد معدنی ، سیاه می شوند.
- **پی یر و ماری کوری** (1898) موفق شدند ماده‌ی پرتوزایی(**رادیوم**) را به طور **شیمیایی** از سنگ معدن آن (پشبلند,Pitch-blende) جدا کنند.
- بزرگترین شناخت از پرتوزایی توسط **راترفورد** و همکارانش به عمل آمد. آنها پیشنهاد کردند که پرتوزایی باید سبب تغییر در مواد شیمایی شود(1903) و به تفصیل در طبیعت تابشها تحقیق کردند.
- دراین بررسی‌ها، به وجود **سه نوع تابش** پی‌بردند که آنها را آلفا، بتا و گاما نامیدند. وقتی معلوم شد که تابش آلفا از اتمهای‌یونیده‌ی **هلیوم** تشکیل شده است، زمینه برای راترفورد آماده شد تا آزمایشهای مربوط به **پراکندگی ذرات آلفا**، را که توسط **گایگرومارسدن** در(1909) انجام شده بود، تفسیر کند.
- **راترفورد** نشان داد(1911) که توجیه آزمایشهای پراکندگی فقط با این فرض میسر است که اتم دارای یک **هسته‌ی** سنگین با بار مثبت و **قطری(10^{-12}cm≈)**خیلی کوچکتر از **قطر اتم (10^{-8}cm≈)**باشد، و الکترون‌ها هسته اتم را احاطه کرده باشند.
- (دریک **اتم خنثی** تعداد الکترون‌ها برابر تعداد بارهای مثبت هسته است).
- **اولین مدل** سازگار با حرکت الکترون‌های اتم توسط **بوهر**(1913) ابداع شد.

ماری کوری

- متولد ۷ نوامبر ۱۸۶۷ ورشو , لهستان
- مرگ ۵ ژوئیه ۱۹۳۴ (۶۶ سال) پاسی , اوت سووآ , فرانسه
  سرطان خون
  ملیت لهستانی-فرانسوی تبار لهستانی
- رشته فعالیت فیزیک , شیمی
- محل کار دانشگاه پاریس
- فارغ‌التحصیل دانشگاه پاریس ESPCI ParisTech
- استاد راهنما آندره-لوئی دبیرن اوسکار مورنو مارگوریت پری
- دلیل شهرت واپاشی هسته‌ای , پولونیم , رادیم
- جوایز جایزه نوبل فیزیک (۱۹۰۳) جایزه نوبل شیمی (۱۹۱۱)
  مدال دیوی

تاریخچه

- بعد از آنکه **نوترون** توسط **چاد و یک(1932)** کشف شد، جزئیات اجزاء تشکیل دهنده‌ی هسته روشن‌تر شد و بالاخره منجر به **فرض هایزنبرگ** مبنی بر تشکیل هسته از نوترون و پروتون گردید(1932).
- در آن زمان، نیزکوشش‌هایی جهت **درک نیروی هسته‌ای** به عمل آمد.
- بطور تجربی معلوم شد که نیروی هسته‌ای خیلی قویتر از هر نیروی شناخته شده‌ای در آن زمان، نظیر نیروی الکتریکی یا گرانشی، است و **برد** آن نیز بسیار کوتاهتر است. با در نظر گرفتن پیشنهاد **هایزنبرگ** مبنی براینکه نیروی هسته‌ای ناشی از **تبادل ذراتی بین اجزاء هسته** است،**یوکاوا** نشان داد(1935) که اگر ذرات تبادلی به قدر کافی **سنگین** باشند، می‌توان **ویژگیهای اصلی نیروی هسته‌ای** را توضیح داد.
- این **ذرات تبادلی**، که اکنون **مزون** نامیده می‌شوند، بعدها در **تابشهای کیهانی** کشف شدند.
- - تاریخچه‌ی مفصل‌تری در مورد گسترش فیزیک هسته‌ای را می‌توانید در کتاب Burcham 1963 قسمت 1-1 پیدا کنید.

مفاهیم اساسی هسته

- در حال حاضر **مسائل اساسی فیزیک هسته‌ای**، که در آغاز این بخش بدانها اشاره کردیم، به طور اصولی، هر چند نه به طور مشروح و دقیق ، حل شده‌اند.
- ما اکنون می‌دانیم که **نیروی هسته‌ای** دارای چه ویژگیهایی است. دریک کلام، این نیرو خیلی **پیچیده** است.
- همچنین ارتباط **خصوصیات مدلهای هسته‌ای** توضیح داده شده‌اند.
- معذالک مسائل نظری زیادی بدون جواب مانده است. از لحاظ تجربی، به تدریج که ابزار تحقیق دقیق‌ترمی‌شوند، خصوصیات غیر منتظره‌ای از هسته‌ها کشف می‌شود.

2-1 خواص اساسي هسته

- هسته‌ها دارای بعضی خواص:
- مستقل از زمان مانند **جرم**،**اندازه**، **بار**، **تکانه‌ی زاویه‌ای ذاتی** (که اغلب **اسپین** خوانده می‌شود)، و
- بعضی از خواص وابسته به زمان مانند **واپاشی پرتوزا** و تبدیلات هسته‌ای مصنوعی(**واکنشهای** هسته‌ای) هستند.
- هسته‌ها همچنین دارای حالتهای **برانگیخته** می‌باشند، که **انرژی** آنها معمولاً جزء اولین رده از خواص بررسی می‌شود، اما **واپاشی** آنها یکی از انواع واپاشی پرتوزاست.
- برای داشتن یک **دید کلی** ازاین موارد، **هریک از خواص** را به طور خلاصه ذکر می‌کنیم و در فصلهای بعد توضیحات بیشتری ارائه خواهیم کرد.

1-2–الف) جرم و بار هسته

- **روشهای شیمیایی** اولیه در مورد **مقایسه‌ی جرمی**، فرمول تقریبی زیر را به دست داده بود(پروت1815).
- (1-1)

$$M \approx \text{عدد صحیح} \times M_{\mathrm{H}}$$

- که در آن M_{H} = جرم‌یک اتم هیدروژن است
- اکنون "**عدد صحیح** " را **عدد جرمی** می‌نامند و آنرا با حرف**(A)** نشان می‌دهند. با استفاده از پراکندگی پرتو X، **بارکلا**(1911) نشان داد که تعداد **(Z)** الکترون‌های اتمی، و در نتیجه بارهای **مثبت** هسته، برابر**عدد جرمی** A نیست.(Z) را **عدد اتمی** می نامند..
- این مطلب، اولین فرضیه در مورد ساختار هسته را، مبنی براینکه هسته‌ها از A پروتون و(A-Z) الکترون مقید درست شده‌اند، معقول جلوه می‌داد.
- معذالک، همانطور که فوقاً اشاره شد، **کشف نوترون**(چادویک 1932)، **هایزنبرگ** را بر آن داشت(1932) که پیشنهاد کند **پروتون و نوترون**، اجزاء متشکله‌ی اساسی تمام هسته‌ها می‌باشند. امروزه دیگر در صحت‌این مطلب شکی وجود ندارد ولی فقط می‌توان آنرا بر اساس **مکانیک کوانتومی** درک کرد.
- **فیزیک هسته ای** همان **مکانیک کوانتومی تجربی** یا اثبات تجربی نظریات کوانتومی می باشد..

خواص اساسی هسته

- ذیلاً **مثال** بارزی دراین مورد ذکر خواهد شد.
- طبق **فرضیه‌ی«نوترون – پروتون»** انتظار می‌رود که جرم‌یک اتم برابر باشد با
- (2-1)

$$M \approx NM_n + ZM_H$$

- که در آن Z= تعداد پروتونها در هسته**(عدد اتمی)**
- N= تعداد نوترونها در هسته**(عدد نوترونی)**
- M_n= جرم نوترون
- کشف اتمهای مختلف با **خواص شیمیایی‌یکسان**، اما **جرمهای مختلف**، **ایزوتوپ‌ها** ، توسط **تامسون**(1912)، باعث شد که در تعیین دقیق جرم اتمها یا هسته‌ها کوششهای بیشتری به عمل‌آید.
- این شاخه‌ی تخصصی از فیزیک هسته‌ای،که **آستون**(1919)، پیشگام آن بود، به **طیف سنجی جرمی** معروف است.
- اهمیت آن دراین واقعیت نهفته است که **ازاندازه گیری‌های دقیق جرم** می‌توان **اطلاعات** زیادی درباره‌ی **نیروهای هسته‌ای و ساختار هسته** به دست آورد.
- این مطلب را در فصل دوم مورد بحث قرار خواهیم داد. در آنجا ملاحظه خواهیم کرد که **اختلافی** بین طرف چپ و راست معادله‌ی 1-2 وجود دارد، که معرف **انرژی بستگی هسته‌ای** است.