



Journal of Alzahra Physics Society  
No.24 Sep.2017



Alzahra University

φ χ ψ ω α β γ δ ε ζ η θ ι κ λ μ ν ξ ο π ρ σ τ υ φ χ ψ ω α β γ δ ε



« نقاشی بالا با استفاده از تصاویر ارسالی از سیاره مشتری توسط فضاییمای جونو، توسط دیوید انگلند کشیده شده است. اصل تصویر در روز دهم جولای، هنگامیکه فضاییما در ۱۶۵۳۵ کیلومتری و برفراز ابرهای این سیاره قرار داشت، گرفته شده است. توضیحات بیشتر در مورد فضاییماها در صفحه ۲۰



# یادداشت

#کنکور #دانشگاه

## علاقه، شانس یا اجبار

■ انیس میسمی - سردبیر و مدیرمسئول سای

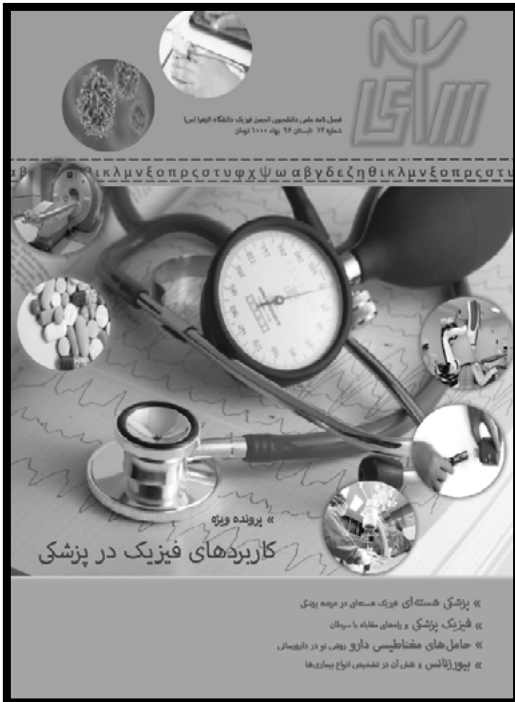
نمی دانم شما که این یادداشت را می خوانید با چه معیاری رشته‌ی تحصیلتان را انتخاب کرده‌اید اما در اینجا روی سخن من بیشتر متوجه افرادی است که در رشته فیزیک مشغول به تحصیلند. واقعیت این است که بخش کثیری از دانشجویان این رشته در ایران نه از روی علاقه به علم بلکه به دلیل انتخاب شدن توسط سازمان سنجش و یا اجبار والدین وارد این رشته شده‌اند. همین عوامل باعث شده فضای کلاس‌ها به خصوص در ترم‌های پائین بسیار دلسردکننده باشد. شاید منظورم را متوجه شده باشید یا خود این تجربه را داشته باشید؛ بیشتر دانشجویان از این که وارد این رشته شده‌اند ناراضی‌اند و مدام غرغر می‌کنند. شاید این، یکی از عواملی است که باعث شده در جامعه شاهد افراد زیادی باشیم که شغل و مدرک تحصیلیشان باهم مرتبط نیست. من روان‌شناس یا جامعه‌شناس نیستم اما انگار ما در شناخت شخصیت، علائق و استعدادهایمان مشکل داریم یا نمی‌توانیم با آنچه که در درونمان است، کنار بیاییم.

بگذارید کمی به عقب برگردیم. وقتی وارد دبیرستان می‌شویم دیگر دوران شیرین بچگی تمام می‌شود و وارد مرحله‌ای از زندگی می‌شویم که پراسم از تصمیم‌گیری. مهم‌ترین زمان تحصیلات آکادمیک ما، زمانی است که رشته تحصیلیمان را انتخاب می‌کنیم. کشمکش‌های درونی و بیرونی آغاز می‌شود؛ بعضی از پدر و مادرها از فرزند توقع دارند که فلان رشته را انتخاب کند تا در آینده پزشک، مهندس و یا وکیل شود. از طرفی خود دانش‌آموز در درون خود دچار جدال است و به این فکر می‌کند که «در آینده چه کاره می‌شوم؟»، «آیا می‌توانم در این رشته دوام بیاورم؟»، «آیا.....»

این مرحله که تمام شده، باید خود را برای مواجهه با غول کنکور آماده کنیم. شمارا نمی‌دانم اما من هنوز با مفهوم کنکور مشکل دارم. به نظر شما کنکور یک آزمون علمی است که برای سنجش علم افراد برگزار می‌شود؟ پس چرا نفرات اول کنکور که شایسته‌ترین افراد برای علم تشخیص داده شده‌اند به دنبال علوم پایه نمی‌روند؟ آیا کنکور آزمونی است که باعث می‌شود افراد در محیطی عادلانه به رقابت پردازند؟ به نظر شما فردی که تمام دوران تحصیلش را در بهترین مدارس سپری کرده و از بهترین معلمان و امکانات آموزشی برخوردار بوده و خود را همه‌جانبه برای کنکور آماده کرده با دانش‌آموزی که در یک مدرسه عادی دولتی درس خوانده و از این امکانات برخوردار نبوده، شرایط برابری دارند؟

در مورد کنکور بسیار سخن سرایی کردم. از سد کنکور که رد شدیم، دوباره وارد مرحله تصمیم‌گیری می‌شویم. دوره‌ای از زندگی ما که با دانشگاه همراه می‌شود یکی از مهم‌ترین برهه‌های زندگی ماست. در این دوره باید انسان باور کند که بزرگ شده و باید تا دیر نشده تکلیف خود را با زندگی مشخص کند. (نصیحتی که یکی از اساتید عزیز به ما کرد و بس به دلمان نشست.)

ادامه دارد.....



پرونده این شماره

کاربردهای فیزیک در پزشکی

ما را در شبکه‌های اجتماعی دنبال کنید



@saimagazine



saijournal

ارتباط با ما



saijournalalzahra@gmail.com

پرونده ویژه:

# کاربردهای فیزیک در پزشکی

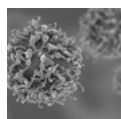
۳

پزشکی هسته ای  
فیزیک هسته ای در عرصه پزشکی



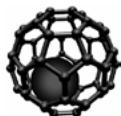
۷

فیزیک پزشکی  
و راه های مقابله با سرطان



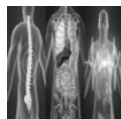
۱۰

حامل های مغناطیسی دارو  
روشی نو در دارورسانی



۱۴

بیورنانس  
و نقش آن در تشخیص انواع بیماری ها



# پزشکی هسته ای

## فیزیک هسته‌ای در عرصه پزشکی

فاطمه صدر

فیزیک مهندسی ۹۳

بود. در حالی که رادیواکتیویته طبیعی منبعی ثابت از ذرات پرانرژی را برای مدت زمان نامحدود بدون نیاز به انرژی تأمین می‌کند. مادام کوری یکی از پیشگامان برجسته در این زمینه است. وی که از سال ۱۸۹۸ تا ۱۹۰۴ با همسرش پی‌یر کار می‌کرد به جداسازی یک عنصر بسیار قدرتمند رادیواکتیو، یعنی رادیم از چندین سنگ کانی اورانیم پرداخت. این عنصر نقشی بزرگ در درمان سرطان ایفا کرد و امروزه هنوز هم کاربرد دارد.

رادیواکتیویته طبیعی کمک بزرگی به دانش ما درباره هسته اتم کرده و پاره‌ای از پژوهش‌های اولیه «ردیابی» در پزشکی با به کارگیری عناصر رادیواکتیو طبیعی انجام گرفته است. با این وجود، نقطه عطف در کاربرد رادیواکتیویته در پزشکی، ساخت راکتور هسته ای هنگام جنگ جهانی دوم در پروژه بمب اتمی بود. راکتور هسته ای تولید بسیاری از رادیونوکلیدهای مصنوعی را به مقدار زیاد ممکن ساخت. از این عناصر رادیواکتیو در پزشکی برای پژوهش، تشخیص و درمان استفاده می‌شود. در پایان دهه ۴۰ میلادی رادیواکتیویته به دست آمده از راکتورها بیشتر در پژوهش‌های پزشکی کاربرد

با وجود اینکه نقش شیمی و زیست‌شناسی در پزشکی به‌خوبی پذیرفته شده است نقش فیزیک در پزشکی به همان اندازه روشن نیست، چراکه اکثر کسانی که در رشته پزشکی در حال تحصیل هستند دوره مقدماتی فیزیک را می‌گذرانند اما آنان غالباً یا هیچ‌گونه ارتباطی میان فیزیک و پزشکی نمی‌بینند یا این ارتباط را بسیار ناچیز می‌دانند.

استفاده از پرتو در تشخیص و درمان بیماری و نیز استفاده از رادیونوکلیدها در پزشکی (پزشکی هسته ای) بخشی از کاربردهای فیزیک از جمله فیزیک هسته ای در عرصه پزشکی است. پیشرفت تکنیک‌های فیزیک هسته ای تجربی به طور موازی تصویربرداری پزشکی را هم گسترش داده است: دوربین‌های پرتوگاما، شتاب دهنده‌های مخصوص برای تولید ایزوتوپ‌های پزشکی و تکنیک‌های اعجاب‌انگیز برای به دست آوردن تصاویر اعماق مشخص بدن. این شاخه تحقیقی را پزشکی هسته ای می‌گویند که مسئولان آن معمولاً متخصصان فیزیک هسته ای تجربی هستند که در همکاری تنگاتنگ با پزشکان برای توسعه و کاربرد این تکنیک‌ها کار می‌کنند.

حتماً شما هم تصویر یا عکس پرتو رونتگن (پرتو ایکس) تشخیص از دندان‌ها یا سایر بخش‌های بدن را گرفته‌اید. پرتو رونتگن در تشخیص بیماری‌ها کاربرد بسیار دارد. به گونه‌ای که بیش از نیمی از مردم در سال حداقل یک تصویر پرتو رونتگن می‌گیرند. کشف این پرتوها مانند بسیاری از دستاوردهای مهم علمی، اتفاقی بود. در سال ۱۸۹۵ وی.سی. رونتگن فیزیکدان آلمانی در دانشگاه ورزبورگ در هنگام آزمایش با پرتوهای کاتودی متوجه پرتوهای ایکس شد. او پس از چند روز اولین تصویر پرتو رونتگن (X) را از دست همسرش گرفت.

از آنجا که پرتو X به سادگی از بافت‌های نرم بدن عبور می‌کند ولی در استخوان به طور قوی تضعیف می‌شود، عکاسی با پرتو X اطلاعات جامعی از ساختمان اسکلت بدن به انسان به دست می‌دهد و در نتیجه در روش تشخیص پزشکی که منجر به ترمیم استخوان‌های شکسته می‌شود ارزش بسیار دارد چراکه پرتوهای (X) ایکس به طور یکسان جذب همه مواد نمی‌شوند. اگر چنین بود کاربرد مفیدی در تشخیص نداشتند.

رادیواکتیویته طبیعی برای فیزیکدانان شگفت‌انگیزتر از پرتوهای رونتگن بود زیرا برای تولید پرتوهای رونتگن انرژی الکتریکی لازم



تصویری از دست همسر رونتگن در سال ۱۸۹۶ یکی از نخستین تصاویر به دست آمده از پرتو X

داشت تا تشخیص. مثلاً رادیواکتیو برای بررسی چگونگی کار بسیاری از اندام‌ها و نیز تغییرات شیمیایی که در بدن رخ می‌دهد، به کار رفته است.

مفیدترین رادیونوکلیدها در پزشکی هسته ای آنهایی هستند که پرتوهای گاماگسیل می‌کنند چراکه پرتوهای گاما قابلیت نفوذ بیشتری دارند. یک عنصر رادیواکتیو گسیل‌کننده گاما را که درون بدن است می‌توان از بیرون بدن شناسایی کرد. به عنوان نمونه

اکنون تکنیکی را بررسی می‌کنیم که برای ایجاد تصویر از قسمت‌های خاص بدن از ایزوتوپ‌های گاماگسیل استفاده می‌کنند. در این روش با به کار بردن نقش پرتو گامای گسیل شده می‌توان تصویری از آن قسمت از بدن تهیه کرد.

یک کاربرد ساده و سریع این تکنیک در اندازه‌گیری مقدار جذب ید در غده تیروئید است. ید رادیواکتیو بلعیده می‌شود و شمارشگر پرتو گاما در نزدیکی گردن ازدیاد فعالیت را برحسب زمان، در حالی که ید در غده تیروئید متمرکز می‌شود، نشان می‌دهد. در ابتدا ید ۱۳۱ برای این منظور به کار می‌رفت که یک محصول شکافت با نیمه عمر ۸ روز است ولی از آنجا که معمولاً زمان لازم برای مشاهده غده تیروئید از مرتبه ساعت‌ها است، چنین طول عمری خیلی زیاد است و در نتیجه فعالیت در بدن به درازا می‌کشد و بیمار دز زیادی دریافت می‌کند. اما اکنون ید ۱۳۲ با نیمه عمر ۱۳ ساعت به طور گسترده‌ای به کار گرفته شده است و نیمه عمر این ایزوتوپ نیز ایده‌آل است زیرا برای آزمایش ۲۴ ساعته کافی است. در ضمن به آن اندازه کم است که بعد از آزمایش دز زیادی در بیمار باقی نمی‌ماند.

کار کلیه نیز با استفاده از ترکیبی با ایزوتوپ ید ۱۳۱ نشان داده شده است. سدیم ید و هیپوریت از طریق تزریق وریدی وارد بدن می‌شود. آشکار ساز گاما هر کلیه را زیر نظر می‌گیرد و با مقایسه آهنگ پذیرش ید ۱۳۱ و اختلاف آن در دو کلیه چگونگی اختلال آنها را مشخص می‌سازد. تازه بیمار دز نسبتاً کمی را دریافت می‌کنند و ترکیب رادیواکتیو بعد از یک دوره گردش کاملاً از خون خارج و از کلیه دفع می‌شود.

#### « پزشکی هسته‌ای بهتر از رادیو درمانی

تصویربرداری به طریق هسته‌ای و تزریق و خوردن داروهای هسته‌ای به هیچ وجه برای بدن مضر نیست. مواد رادیواکتیوی که

در ایران استفاده از مواد پرتوزا در پزشکی در سال ۱۳۳۹ و با استفاده از یک شمارشگر گایگر در دانشکده علوم پزشکی تهران آغاز شد. در سال ۱۳۶۶ مرکز پزشکی هسته‌ای و تحقیقات غده متشرحه داخلی دانشگاه تهران تأسیس شد که در واقع اولین و قدیمی ترین مرکز پزشکی ایران محسوب می‌شود. امروزه ۱۵۰ مرکز پزشکی هسته‌ای در سراسر کشور مشغول فعالیتند.

در پزشکی هسته‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند نیمه عمر خیلی کوتاهی دارند و خیلی زود از بین می‌روند. میزان پرتو تابش شده از این مواد پائین تر از اشعه X معمول و یا اشعه CT اسکن است و به راحتی از طریق ادرار یا کیسه صفرا حذف و دفع می‌شود. در مقایسه رادیو درمانی (Radio Therapy)، که با پزشکی هسته‌ای متفاوت است، با تابش پرتوهای مختلف یونیزه مثل آلفا، بتا و گاما و اشعه X تمام سلول‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

پزشکی هسته‌ای شاخه‌ای از علم پزشکی است که در آن از مواد رادیواکتیو برای تشخیص و درمان بیماری استفاده می‌شود. مواد رادیواکتیو مورد استفاده یا رادیو ایزوتوپ هستند و یا داروهایی که با مواد رادیو ایزوتوپ نشاندار شده‌اند. در روش‌های تشخیصی مواد رادیواکتیو به بیمار تزریق می‌شود و میزان اشعه تابید شده،

از بیمار اندازه‌گیری می‌شود. اکثر روش‌های تشخیصی به کمک یک دوربین اشعه گاما، توانایی تشکیل تصویر را دارند. در موارد استفاده درمانی، مواد رادیواکتیو برای درمان مورد استفاده قرار می‌گیرند مثل استفاده از ید (۱۳۱) که در درمان سمی شدن تیروئید و سرطان تیروئید مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### « روش‌های مختلف استفاده از داروهای رادیواکتیو

- تزریق درون رگی که در اسکن‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- تزریق زیر جلدی که معمولاً برای مطالعه سیستم لنفاوی کاربرد دارد.

- تنفسی، که معمولاً برای مطالعه شش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش از گاز کریپتون و یا ذرات هوای حاوی تکنیوم استفاده می‌شود.

- خوراکی که معمولاً برای شفاف کردن و متمایز کردن سیستم گوارشی به کار برده می‌شود.

#### « کاربردهای تشخیصی پزشکی هسته‌ای

در کلیه روش‌های تشخیصی، نحوه عملکرد صحیح اندام‌های بدن در مقایسه با یک فرد سالم مقایسه می‌شود. اتصال رادیو ایزوتوپها به ماده یا عضو مورد نظر به تشخیص و شناسایی پرتوهای تابش شده و اندازه‌گیری آنها کمک می‌کند. در پزشکی هسته‌ای برای تشخیص معمولاً از یک سری از مواد رادیواکتیو استفاده می‌شود که یا به صورت گاز، نظیر زنون و کریپتون، هستند و یا مایع به بدن تزریق می‌شوند.

#### « پزشکی هسته‌ای و تصویربرداری پزشکی

معمولاً پرتوهای ساطع شده از ماده رادیواکتیو داخل بدن، توسط دوربین‌های گاما تشخیص داده می‌شوند. به طور معمول، دوربین‌های گاما از آشکار ساز گاما مثل یک کریستال فعال یدید سدیم که با یک سیستم تصویری همراه است، تشکیل شده‌اند.

دوربین‌های گاما از نحوه پراکنش تابش رادیواکتیو بر روی آشکار ساز گاما، تصویر را به وجود می‌آورند. وضوح دوربین‌های گاما بین ۴ تا ۶ میلی‌متر است که می‌تواند هزاران اشعه گاما را در ثانیه آشکار کند. دوربین گاما هر پرتو گامای ساطع شده را در دو جهت محور X و Y آشکار می‌کند و به این ترتیب تصویر را به وجود می‌آورد. در پزشکی هسته‌ای معمولاً وضوح (dpi) هر تصویر به تعداد پرتوهای گامای آشکار شده در آن پیکسل، در واحد زمان گفته می‌شود. اساس کار دستگاه‌های مختلف که از فیزیک هسته‌ای برای تصویربرداری استفاده می‌کنند، ایجاد یک سری تصویر از برش‌های مختلف بدن و از زاویه‌های متفاوت است که این تصاویر با یکدیگر ادغام شده و یک تصویر سه بعدی از محل مورد نظر ایجاد می‌کنند.

#### « MRI (Magnetic Resonance Imaging)

MRI روشی است که با استفاده از میزان آب معدنی متصل به مولکول‌ها، تصویری از داخل بدن ایجاد می‌کند. این روش معمولاً برای تشخیص هرگونه بیماری یا اختلال در عملکرد ارگانها مورد استفاده قرار می‌گیرد. اسم اصلی این روش nuclear MRI است که کلمه هسته‌ای به علت بار منفی که روی بیمار ایجاد



نمایی از  
دستگاه  
MRI

روشی است که از طریق آن اشکالات عروقی بررسی می شود. اصلی ترین مورد استفاده از MRA بررسی عروق گردن و نابجایی آنورت و عروق کلیوی است. یک مورد استفاده دیگر از MRI در تصویربرداری از بافت های نرم، تعیین دقیق محل تومور در بدن است که با تعیین دقیق محل آن می توان رادیوتراپی را آغاز کرد. محل دقیق و اندازه تومور به این ترتیب مشخص می شود و محل آن خالکوبی یا نشانه گذاری می شود و درمان در آن محل به طور خاص آغاز می شود.

با توجه به اینکه MRI روشی بسیار دقیق برای تشخیص بیماری است، در سال ۲۰۰۳ آقای پل لاورتور و سرپیتر منزفیلد برنده جایزه نوبل پزشکی شدند. لاورتور متوجه شد که میدان مغناطیسی می تواند تصویر دوبعدی ایجاد کند و منزفیلد محاسبات ریاضی شیب های مغناطیسی را انجام داد. کمیته نوبل ریموند \_ وی \_ دامادیان را نادیده گرفت. دامادیان در سال ۱۹۷۴ استفاده از NMR را برای تشخیص سرطان ثبت کرده است. او در سال ۱۹۹۷ از جنرال الکتریک بابت استفاده بدون اجازه از اختراعش به دادگاه شکایت کرد و ۱۲۹ میلیون دلار از جنرال الکتریک دریافت کرد. در سال ۱۹۸۰ اولین دستگاه اسکن MRI را ساخت که هیچ وقت به بازار عرضه نشد. در سال ۲۰۰۱ جایزه lifetime achivment award MIT به دامادیان اهدا شد.

#### • PET Scan

روش تشخیص دیگر (Positron Emission Tomography) PET است که با آشکار کردن پرتوهای رادیواکتیو تابش شده، تصویر را به وجود می آورد. مواد رادیواکتیو به بدن تزریق می شوند. این مواد رادیواکتیو مثل کربن-۱۱، فلور-۱۸ و اکسیژن-۱۵ نیمه عمر کوتاهی دارند. این مواد با بمباران کردن حالت معمول اتمها با نوترون، ایجاد شده اند. در روش PET اشعه های گامای تابش شده از جسم تشخیص داده می شوند. پس از اینکه مواد رادیواکتیو به بیمار تزریق شدند، بیمار روی تختی که یک محفظه دونات مانند دارد، قرار می گیرد. داخل محفظه آشکارسازهای گاما قرار دارند که از یک سری کریستال های فعال که هر یک به یک تشدید کننده نوری متصل هستند، تشکیل شده اند. کریستال ها اشعه گاما را به فوتون های نوری تبدیل می کنند و تشدید کننده نوری نور را به پیام های الکتریکی تبدیل می کنند.

سیگنال های الکتریکی با استفاده از برنامه های کامپیوتری به تصویر تبدیل می شوند. بسته به ماده رادیواکتیوی که به بیمار تزریق شده است، با استفاده از PET می توان تصاویری از گردش خون یا بعضی واکنش های بیوشیمیایی به دست آورد. به طور مثال با PET می توان متابولیسم گلوکز در مغز و یا تغییرات سریع

می کند، به طور کلی حذف شده است. در علوم دیگر واژه NMR که استفاده از همین دستگاه در علوم غیر پزشکی است، هنوز استفاده می شود. اساس کار MRI معمولاً براساس خصوصیات آزاد شدن اتم برانگیخته هیدروژن در مولکول آب است. وقتی جسم مورد نظر در یک میدان خاص و پر قدرت مغناطیسی قرار می گیرد، تمام اسپین های اتمی هسته های بدون اسپین صفر در دو حالت مخالف یکدیگر قرار می گیرند یا به صورت موازی با میدان مغناطیسی یا غیر موازی. اختلاف میان اتم های موازی و غیر موازی یک در میلیون است، در هر صورت این اختلاف باعث تغییری در میدان می شود. به هر حال هسته ها در حالتی زاویه دار با میدان الکترومغناطیسی قرار می گیرند. دوقطبی هسته در امتداد میدان مغناطیسی قرار می گیرد، در لحظه ای که نسبت ها تقریباً مساوی هستند، بیشتر هسته ها در حالت کم انرژی قرار می گیرند. وقتی که بافت در معرض انرژی الکترومغناطیسی قرار میگیرد، (RF PULS)، تعدادی از هیدروژن ها که در حالت موازی با میدان مغناطیسی بودند به حالت پرنرژی و پاد موازی درمی آیند. برای انتخاب زاویه تصویر مورد نظر از سه محور عمود برهم شیب مغناطیسی استفاده می شود. شیب اول مربوط به برش است که هنگام RF ADS اعمال می شود. بعدی شیب رمز کننده فاز است و در نهایت شیب رمز کننده سرعت تکرار که در حین عکسبرداری از بافت اعمال می شوند. این عمل به عکسبرداری از برش هایی از هر زاویه کمک می کند.

زمانی که هسته برانگیخته شده به حالت پایه برگشت، از خود انرژی آزاد می کند. زمان برگشت به حالت پایه و موازی شدن با میدان مغناطیسی که در حد هزارم ثانیه است، با T1 نشان داده می شود. T2 زمانی است که برگشتن به حالت عادی با استفاده از انرژی معکوس اتفاق می افتد.

برای تشکیل تصویر، ثبت اطلاعات فضایی مولکول های بافت بعد از بازگشت به حالت عادی لازم است. به همین جهت یک میدان مغناطیسی متراکم برای ثبت موقعیت هسته ها به کار گرفته میشود. MRI برای تشخیص هرگونه آسیب در بافت های مختلف مورد استفاده دارد. یکی از نکات مثبت در مورد آن نداشتن اثر منفی بر روی بیمار است.

MRI با استفاده از میدان مغناطیسی و تابش غیریونیزه انجام میگیرد. در حالی که CT اسکن با اشعه X معمولی که واجد تابش های یونیزه است، انجام می شود و تابش های یونیزه می توانند احتمال ایجاد بدخیمی را افزایش دهند به خصوص در بچه ها. عکسهای حاصل از MRI معمولاً بین ۵ تا ۲۰ عدد هستند که هر یک اطلاعات خاصی را از بافت مورد نظر نشان می دهند و باید توسط پزشک بررسی و مطالعه شوند.

#### « انواع MRI

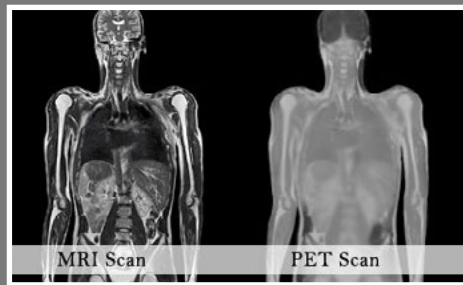
##### • MRI انتشاری

این نوع از MRI میزان انتشار آب را در بافت های بدن مشخص میکند. از این طریق می توان انتشار مولکول های مختلف را در ارگان ها و سلول های مختلف بررسی کرد. نوع جدید MRI انتشاری (DTI) می تواند میزان انتشار را در جهات مختلف مشخص کند و این روش در تشخیص بیماری هایی مثل MS که نورون ها طی آن از بین می رود، به کار گرفته می شود.

##### • MRA (Magnetic Resonance angiography)



نمایی از دستگاه  
PET scan



تفاوت تصویر  
حاصل از  
MRI  
و PET اسکن

درمان سرطان هستند دچار ریزش مو و کم خونی می شوند.

فعالیت در نقاط مختلف بدن را تشخیص داد.

### SPECT

#### (Single Photon Emission Computed Tomography)

این روش مشابه PET است با این تفاوت که ماده رادیواکتیو مورد استفاده Xenon-133، Technetium-99m و Iodine-123 است که نیمه عمر طولانی تری دارند. با استفاده از SPECT می توان اطلاعاتی در مورد گردش خون و نحوه پخش ماده رادیواکتیو در بدن به دست آورد. تصاویر حاصل وضوح کمتری نسبت به PET دارند.

### اسکن استخوان

در این اسکن مواد رادیواکتیو که (Technetium-99m Methylenediphosphonate) است در استخوان تجمع پیدا می کنند. این مواد در نقاطی که فعالیت بالا است تجمع بیشتری پیدا می کنند که به این نقاط نقاط شفاف می گویند و در تصویر نقاط تیره بیانگر مناطقی با فعالیت متابولیک کمتر هستند. اسکن استخوان در تشخیص تومورها که معمولاً نقاطی با فعالیت بالا هستند، بسیار کاربرد دارد.

### درمان به کمک پزشکی هسته ای

مواد هسته ای که برای نشانگر به بدن بیمار تزریق می شوند معمولاً برای تشخیص به کار گرفته می شوند. برخی از اعضای بدن، انواع خاصی از مواد شیمیایی را در خود نگه می دارند. به عنوان مثال غده تیروئید توانایی جمع کردن ید را دارد. با وارد کردن ید رادیواکتیو به بدن -تزریقی یا خوراکی- بعضی تومورهای تیروئیدی قابل تشخیص و درمان می شوند. همانند این مطلب در مورد تومورهای سرطانی که توانایی تجمع فسفات را دارند صادق است. با تزریق فسفر رادیواکتیو در خون می توان با افزایش میزان رادیواکتیو در آنها محل تومور را مشخص کرد. تصویربرداری به طریق هسته ای و تزریق و خوردن داروهای هسته ای به هیچ وجه برای بدن مضر نیست. مواد رادیواکتیوی که در پزشکی هسته ای مورد استفاده قرار می گیرند نیمه عمر خیلی کوتاهی دارند و خیلی زود از بین می روند. میزان پرتو تابش شده از این مواد پائین تر از اشعه X معمول و یا اشعه CT اسکن است و به راحتی از طریق ادرار یا کیسه صفرا حذف و دفع می شود. سلول های مختلف سرعت تقسیم متفاوتی دارند و سلول هایی که سریع تر تقسیم می شوند، بیشتر تحت تاثیر قرار می گیرند. به این ترتیب سلول های خونی، پوست، مو و سلول های پوششی معده نیز تحت تاثیر قرار می گیرند. به همین جهت است که اکثر بیمارانی که در حال

- Cerebromente.org
- brain Lab. com
- ismrm.org
- Wikipedia.org

« منابع



حدود ۷۵ رادیودارو در ایران تولید می شود. به گفته رئیس سازمان انرژی اتمی بعضی از این داروها به کشورهای مانند مصر، عراق و کشورهای اطراف ایران صادر می شود.



نقشه بالا پراکنده گی بیمارستان های هسته ای کشور را نشان می دهد. تهران بیشترین تعداد را دارا می باشد.

# راه های مقابله با سرطان

الهه مقدمی

فیزیک مهندسی ۹۳

## «پرتودرمانی و شیوه های نوین درمان سرطان»

سرطان، یکی از مشکلات بشر است که انسانها در طی سالیان دراز با استفاده از همه حوزه های مختلف دانش و فناوری - و نه فقط پزشکی - سعی کرده اند به تدریج شناخت خود را از آن بیشتر کرده، تا درمانهایی برای آن پیدا کنند و اگرچه در مورد برخی از انواع آن، درمان قطعی یافت نشده، دست کم این روش ها توانسته بر طول عمر و یا کیفیت زندگی بیماران در روزها و ماهها و سالهای باقیمانده عمر اضافه کند. در مواجهه با سرطان، غالباً بعد از نمونه برداری از توده و انجام آزمایشات آسیب شناسی، بر اساس مرحله سرطان، راهبردهای مختلفی در درمان پیش گرفته میشود. در مواردی که سیر تهاجمی ندارد یا به اعضای اطراف دست اندازی نکرده، برداشتن کل توده با حاشیه مناسب، گاه اصلی ترین شکل درمان است. ولی در بعضی از موارد هم شیمی درمانی یا پرتودرمانی به عنوان درمان مکمل یا تنها درمان، پیشنهاد میشوند. پرتودرمانی یکی از درمانهای سرطان است که در آن با تابانیدن

اشعه بر توده سرطانی، سلولهای سرطانی کشته میشوند. پرتودرمانی با اهداف و شیوه های متنوع و متفاوتی، انجام میشود. انجام پرتودرمانی نیاز به امکانات و محاسبات دقیق دارد، باید دقیقاً محاسبه شود که چه میزان اشعه به بدن تابانیده شود، این میزان اشعه باید دقیقاً بر هدف متمرکز شود. از آنجا که توده ای که اشعه میگیرد در عمق بدن قرار دارد، باید اشعه طوری تابانیده شود که اعضای سر راه تحت تأثیر قرار نگیرند به همین منظور گاهی اشعه کل مورد نیاز را محاسبه می کنند و از چند مسیر اشعه را به بدن می تابانند، طوری که نهایتاً میزان کلی پرتو دریافتی برای کشتن سلولهای سرطانی کافی باشد، اما از آنجا که اشعه به چند باریکه تقسیم شده و از چند زاویه به بدن تابانیده

شده، اعضای سر راه آسیب نمی بینند.

## «پرتودرمانی چیست؟»

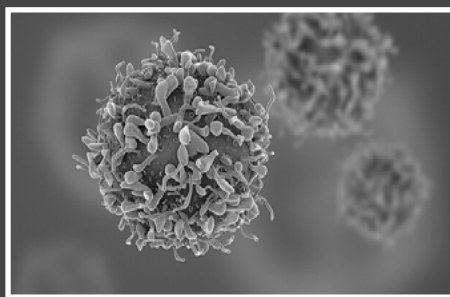
پرتودرمانی یا رادیوتراپی یکی از مهمترین شاخه های فیزیک پزشکی است. پرتودرمانی به درمان بیماری با استفاده از «پرتوهای نافذ» مانند پرتوهای ایکس، آلفا، بتا و گاما که یا از دستگاه تابیده می شوند یا از «داروهای حاوی مواد نشاندار شده» ساطع می شوند، گویند. در ادامه به توضیح قسمت کوچکی از این دو روش میپردازیم.

## «روش اول: استفاده از پرتوها»

پرتو درمانی استفاده از پرتوهای یونساز برای از بین بردن یا کوچک کردن بافتهای سرطانی است. در این روش در اثر آسیب DNA، سلول های ناحیه درمان (بافت هدف) تخریب و ادامه رشد و تقسیم غیر ممکن میشود، اگرچه پرتو علاوه بر سلول های

سرطانی به سلول های سالم نیز آسیب میرساند ولی اکثر سلول های سالم بهبودی خود را دوباره بدست می آورند. هدف از پرتو درمانی از بین بردن حداکثر سلولهای سرطانی با حداقل آسیب به بافت های سالم است. کاربرد اصلی پرتو درمانی در معالجه و یا تقلیل امراض سرطانی میباشد. فیزیكدانی که در بخش رادیوتراپی کار می کند، سه وظیفه مهم بر عهده دارند:

- ۱) تعیین میزان تابش تولید شده با یک ماشین درمانی در شرایط استاندارد، یعنی واسنجی ماشین (Calibration).
- ۲) محاسبه دزی که باید به تومور و هر بافت طبیعی در بیمار داده شود.
- ۳) تأیید اینکه مقدار صحیح تابش،



طبق اعلام رئیس مرکز تحقیقات سرطان دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی سرعت ابتلا به سرطان در کشور سریع و میزان بروز آن ۱۴۰ تا ۱۰۰ هزار نفر است که در مردان و زنان اندکی متفاوت است.



به درستی در نواحی مناسب به بیمار داده شده است.

برخی تصور می کنند که پرتودرمانی روشی موقت در درمان سرطان است که سرانجام روش دیگری جایگزین آن خواهد شد. اما در حال حاضر به کارگیری مناسب پرتو درمانی بهترین راه برای زنده ماندن مبتلایان به سرطان است. پرتودرمانی اگر در آغاز بیماری صورت گیرد، احتمال درمان بیش از ۹۰ درصد است. این شیوه درمانی به اندازه جراحی شکل ظاهری بیمار را تغییر نمیدهد و از این رو برای درمان سرطان های سر و گردن انتخاب می شود. از دستگاه های پیشرفته پرتو درمانی می توان به گاما نایف و سایبر نایف اشاره کرد.

### « گامانایف »

گاما نایف یا چاقوی گاما: نوعی تکنیک پرتودرمانی در فیزیک پزشکی است. سیستم های گامانایف از پرتوهای ایزوتوپ کوبالت-۶۰ بهره می برند، و برای مداوای معضلاتی همانند غددسرطان ناحیه سر استفاده میشوند. این سیستم ها (که به فرم امروزشان) توسط لارس لکسل سوئدی در سال ۱۹۶۷ ابداع گردیدند به ۲۰۱ چشمه ۳۰ کوری برای عملیات پرتوزایی مجهزند. پیشتر از آن نیز هارولد جانز کانادایی نیز از چشمه ای کوبالت-۶۰ برای مداوای بیماران استفاده کرده بود. از سازندگان اصلی این سیستم ها می توان شرکت سوئدی الکترا را نام برد. گاما نایف حداکثر میتواند غدد ۵/۳ سانتی متر را درمان کند.

در گذشته تومورهای مغزی به کمک جراحی یا رادیوتراپی درمان می شدند. در سال ۱۹۵۰ چندین پروفیسور در مؤسسه ورنر گوستاف و دانشگاه استکهلم شروع به بررسی ترکیب پروتون با ابزارهای نقشه برداری مغز (از طریق اتصال فلزات کوچک به مغز) کردند ولی در نهایت این کار به نتیجه نرسید چون بسیار پیچیده و گران قیمت بود. به جای آن در سال ۱۹۶۷، دانشمندان مقدمات ساخت اولین ابزار جراحی گاما که از کوبالت ۶۰ به عنوان منبع انرژی استفاده میکرد را فراهم کردند. گاما نایف امکان انجام جراحی های مغز را بدون کاربرد تیغ جراحی و فقط با استفاده از پرتو به جراح مغز و اعصاب می دهد. اشعه مورد استفاده در گاما نایف از ۲۰۱ چشمه از هم جدای کوبالت ۶۰ که هر کدام تقریباً ۳۰ کوری اشعه دارند، تولید شده و با استفاده از برنامه ی رایانه ای به نام Dose Plan-ning به یک باریکه اشعه بسیار کنترل شده به هدف مورد نظر در مغز تابیده می شود. این کار توسط رایانه های بسیار سریع محاسبه میشود. دز تابشی دقیقاً بر اساس موقعیت اندازه و شکل هدف محاسبه می شود؛ بطوریکه هدف را کاملاً نابود کرده و بر روی بافت سالم اطراف آن کمترین اثر را داشته باشد.

گاما نایف ما را در استفاده از دز بالای کانون اشعه برای درمان زخم ها و ناهنجاری های مغز رهایی داد. سلولهای هدف در زمان عمل کشته می شوند و سپس بوسیله سیستم ایمنی پاکسازی می شوند. درمان نواقص عروق که منجر به تکثیر بیش از حد اندوتلیوم (لایه نازکی از سلول ها که لایه داخلی عروق خونی را پوشانده است) می شوند، در نهایت منجر به پاکسازی بیش از یک تا دو ساله می شود. چند لوله متحدالمرکز برای مطابقت اشعه با هدف استفاده شده و حداقل تشعشع به بافت مغز نزدیک هدف می رسد. این یک روش برای بیماران سرپایی است که هیچ زخم یا احتمال عفونت در طی دسترسی به زخم ایجاد نمی کند.

نرم افزار پیچیده ای برای مشخص کردن اندازه موقعیت و شکل ناحیه مورد تابش استفاده می شود و تنها نقطه ای که تجمع ۲۰۱ منبع

به هم می رسند، اشعه کافی برای اثر روی بافت بیمار وجود دارد و بافتهای اطراف مصون می مانند.

### « سایبر نایف »

پرتوجراحی سایبرنایف سیستمی غیرتهاجمی و جایگزینی مناسب برای عمل های جراحی است و برای تومورهای خوش خیم و بدخیم به کار می رود. تومورهایی که با استفاده از این سیستم درمان می شود عبارتند از: تومورهای مغزی، ستون فقرات، سر و گردن، پروستات، شش، کبد، پانکراس و کلیه. این نوع درمان از طریق تشعشع با دز بالا و با دقتی فوق العاده بر روی تومور صورت می گیرد و امیدهای تازه ای را برای بیماران ایجاد کرده است. تاکنون بیش از صد هزار نفر از این راه درمان شده اند و در حال حاضر سیصد سیستم از این دستگاه در سراسر جهان نصب شده است. از نوامبر ۲۰۰۹ بیش از



سایبرنایف امیدوی نو برای تومورهای غیرقابل جراحی، غیرقابل درمان با پرتودرمانی سنتی و یا نیازمند جراحی های پیچیده می باشد.

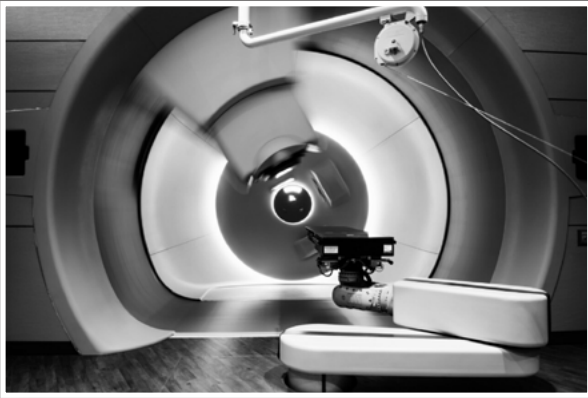
ششصد نفر از این بیماران در بیمارستان "آجی بادام مسلک" تحت درمان قرار گرفته و معالجه شده اند. گرچه نام این سیستم تداعی کننده عمل جراحی و چاقوی جراحی است اما در روش درمانی سایبرنایف خبری از چاقو و خونریزی نیست. سیستم سایبرنایف تنها سیستم تشعشعی و رباتیک جهان است که تشخیص و درمان بیماری در آن غیرتهاجمی است. بیمارانی که به دنبال جایگزینی مناسب برای عمل جراحی هستند یا مداوای آنها با عمل جراحی ممکن نیست یا نیازمند جراحی های پیچیده هستند، این سیستم عملی بدون درد و بدون جراحی را برای آنها به ارمغان آورده است.

### « فواید سیستم سایبرنایف برای بیماران »

امتیازهایی که این سیستم را نسبت به سایر عمل های جراحی و پرتودرمانی های سنتی برتری می بخشد عبارت است از: عدم استفاده از برش و بی هوشی، بدون درد بودن، بدون نیازمندی به بستری شدن در بیمارستان، کوتاه بودن مدت طول درمان.

### « پرتوجراحی سایبرنایف چه تفاوتی با پرتوافکنی دارد؟ »

در پرتودرمانی قدیمی و کلاسیک پرتوها به تومور و به قسمت بزرگی از بافت های سالم اطراف تومور تابیده می شود. در نتیجه ی تابش پرتو به قسمت های بزرگی از بدن احتمال آسیب دیدگی بافت های سالم و خطرات عوارض جانبی افزایش می یافت. برای کاهش عوارض جانبی، پزشکان بالینی مجبور به ارائه ی راهکاری نو در روش قدیمی پرتودرمانی بودند. پیامد این تصمیم کاهش



درمان پروتون پروتونی ده ها سال است که برای درمان سرطان مورد استفاده قرار می گیرد. در اواخر دهه ۸۰ میلادی مرکز پزشکی لومالیندا (واقع در کالیفرنیا) با نصب شتاب دهنده پروتون به اولین بیمارستان در جهان تبدیل شد که قادر به درمان سرطان از طریق تابش پروتون بود. در حال حاضر تنها ۲۵ تا ۳۰ مرکز تابش پروتون در جهان وجود دارد که به دلیل هزینه بالای ساخت و نگهداری و در نهایت درمان، پزشکان به آسانی استفاده از آن را برای بیماران خود تجویز نمی کنند.

در مقدار دز تابش و تقسیم جلسه های درمان به ۳۰ تا ۴۰ جلسه با دوره های هفتگی شد. دستگاه های پرتوجراحی و سیستم رباتیکی سایرینایف به گونه ای طراحی شده اند که با نهایت دقت عمل می کنند. این سیستم با هدف قرار دادن خود تومور، کمترین آسیب را به بافت های سالم اطراف وارد می کند. دقت عمل سیستم سایرینایف پزشکان را مجاز به استفاده از پرتوهایی با دز بالا و ایمن می کند؛ زیرا محل تابش از نظر اندازه فقط به خود تومور محدود شده و منطقه ی کوچکی از بافت های اطراف را دربر می گیرد. این دقت عمل باعث می شود تقریباً آسیبی به بافت های سالم اطراف تومور نرسد. این سیستم پزشکان را قادر به تکمیل دوره ی درمان در طول یک دوره ی یک تا پنج روزه کرده است؛ کاری که در پرتودرمانی های قدیمی هفته ها به طول می انجامید.

### ← عوارض جانبی بعد از درمان

بعد از درمان با سایرینایف بیشتر بیماران کمترین یا حتی هیچ عوارض جانبی کوتاه مدتی را تجربه نمی کنند و اغلب بهبودی کامل بلافاصله بعد از درمان حاصل می شود. برخی از بیماران ممکن است با توجه به نوع درمان، عوارض جانبی متفاوتی از قبیل خستگی خفیف یا احساس تهوع داشته باشند.

### ← مدت زمانی که طول می کشد تا تومور یا ضایعه ی بیماری

#### بعد از درمان از بین برود

تأثیرات پرتوجراحی متفاوت بوده و ممکن است تأثیرات خود را تدریجاً و در طول زمان نشان دهد. این چارچوب زمانی می تواند بسته به شرایط پزشکی بیمار از روزها به ماه ها و سال ها متغیر باشد. بعضی از تومورها نسبت به بقیه آهسته تر از بین می روند و در بعضی دیگر ممکن است بعد از سایرینایف روند رشد تومور متوقف شده و تومور فعالیت سلولی نداشته باشد. بعد از درمان از بیماران خواسته می شود برای عکس برداری های دوره ای (سی. ای. تی. اسکن یا ام. آر. آی) از تومور و آزمایش های تکمیلی مورد نیاز اقدام کنند. بنابراین پزشکان می توانند اثربخشی درمان را تحت نظر داشته باشند.

### « پروتون تراپی فناوری منحصر بفرد درمان سرطان

پروتون درمانی یک روش درمان با استفاده از پرتو خارجی است که از یک تابش یونیزه کننده استفاده می کند. در این روش، پرسنل درمان از یک شتاب دهنده ذرات با هدف قرار دادن تومور با استفاده از پروتون ها استفاده می کنند. این ذرات باردار به دی ان ای (DNA) سلول های هدف آسیب می زنند که بلافاصله آنها را از بین می برد و یا از تکثیر آنها جلوگیری می کند. سلول های سرطانی به طور ویژه نسبت به حمله به DNA آسیب پذیر هستند. به خاطر جرم زیاد پروتون ها، پروتون ها پراکندگی جانبی کمتری در بافت دارند؛ پرتو زیاد منتشر نمی شود، و روی شکل تومور متمرکز باقی می ماند و اثرات جانبی کمتری روی بافت های مجاور می گذارد. همه پروتون ها با یک انرژی مشخص یک برد مشخص دارند؛ تعداد خیلی کمی از پروتون ها بیشتر از این مقدار نفوذ می کنند. بنابراین دز منتقل شده به بافت در چند میلیمتر آخر برد پروتون بیشینه می شود. این بیشینه قله براگ نام دارد و اغلب با نام SOBP شناخته می شود.

برای درمان تومور در عمق های بیشتر، شتاب دهنده باید پروتون های با انرژی بیشتر و در حد الکترون ولت تولید کند.

پروتون درمانی تومورهای نزدیک تر به سطح بدن را با انرژی کمتری درمان می کنند. شتاب دهنده هایی که برای پروتون درمانی استفاده می شود معمولاً پروتون ها را با انرژی بین ۷۰ تا ۲۵۰ مگا الکترون ولت تولید می کنند. تعیین کردن مقدار انرژی پروتون در طول درمان باعث می شود که بیشترین آسیب به سلول های سرطانی وارد شود. بافت هایی که نزدیک تر به سطح بدن نسبت به تومور هستند مقدار تابش کمتری دریافت می کنند لذا آسیب کمتری هم می بینند. بافت هایی که در عمق بیشتری نسبت به تومور هستند تعداد بسیار کمی پروتون به آنها می رسد و دز دریافتی آنها بسیار کم است. در بیشتر موارد درمانی، پروتون ها با انرژی های مختلف در عمق های مختلف برای از بین بردن همه تومور استفاده می شود.

### « روش دوم: استفاده از رادیو داروها در پروتو درمانی

در حال حاضر از رادیو ایزوتوپ ها در پزشکی هسته ای به صورت گسترده ای استفاده می شود در سه دهه اخیر استفاده تشخیصی از رادیو داروها بویژه تکنسیوم-۹۹، تالیوم-۲۰۱ و ید-۱۲۳ از موفقیت بالایی برخوردار بوده است. در سال های اخیر، استفاده درمانی از رادیو داروها نیز مورد توجه قرار گرفته است. این ترکیبات به گونه ای طراحی و ساخته می شوند که بتوانند به ارگان مورد نظر در بدن رسیده و حداکثر دز ممکن را به بافت هدف که معمولاً تومورهای سرطانی هستند، منتقل کنند. در این روش باید بافت سالم از پرتو دمی در امان بوده و حداقل دز را دریافت کند تا باعث آسیب دیدن آن نشود. برای استفاده از اثر درمانی رادیو ایزوتوپها از موادی استفاده میشود که گسیلنده  $\alpha$ ، آلفا یا الکترونهای اوژه باشند. در حال حاضر رادیو ایزوتوپ های گسیلنده  $\alpha$  به علت برد انرژی مناسب در بافت و قدرت تخریب بالای تومور از

# حامل های مغناطیسی دارو

• فاضله فقهی - کارشناسی ارشد نانوفناوری

هر چند کلمه "دارو" قرص ها، کپسول ها و آمپول ها را در ذهن تداعی می کند، این روش ها برای رساندن مواد دارویی به سلولهای هدف روش های چندان جالبی نیستند! در واقع مصرف قرص ها مستلزم ورود آنها به دستگاه گوارش و پس از آن گردش خون و سیستم لنفاوی و پخش شدن آن در تمام بدن است تا بخشی از داروی مصرف شده به بخش هدف برسد، این روش هر چند ساده و مؤثر است اما مقدار زیادی از ماده دارویی را در سیستم گوارش و سایر اعضای بدن هدر می دهد، حتی آمپول ها که با حذف مرحله گوارش وارد سیستم گردش خون می شوند، مشکل پخش شدن با خون در تمام بدن را دارند، در مواردیکه دارو بسیار گران قیمت باشد، یا بر قسمت های سالم بدن بیمار تأثیر مخرب داشته باشد، پخش شدن آن در بدن نه تنها موجب کاهش اثر مفید آن بلکه باعث درگیر شدن بخش های سالم بدن نیز می شود.

چالش دیگری که در انتقال دارو به سلول های هدف وجود دارد محدودیت عبور مواد دارویی از غشای سلول است، در واقع غشای سلول از ورود مولکولهای خارجی جلوگیری میکند و این موضوع مقدار ماده ی مؤثر راه یافته به سلول را شدیداً کاهش میدهد و باید به نحوی بر آن غلبه کرد. در این نوشته ابتدا معرفی مختصری از روش های هدفمند سازی انتقال دارو را مرور میکنیم و سپس انتقال دارو با ذرات مغناطیسی را کمی دقیق تر بررسی میکنیم.

توجه ویژه ای برخوردارند. رنیوم-۱۸۶ و ۱۸۸ با نیمه عمر ۳ روز و ۱۶/۸ ساعت از رادیوایزوتوپهای گسیلنده هستند که همزمان گاما نیز منتشر میکنند. متخصصین پزشکی هسته ای از پرتو گاما جهت تصویربرداری از نحوه توزیع رادیوداروی رنیوم در بدن و دزیمتری بافت هدف استفاده می کنند. از این دو رادیوایزوتوپ استفاده گسترده ای در پزشکی هسته ای می شود. مهمترین کاربرد آنها کاهش دردهای استخوانی در متاستازهای سرطانی می باشد که با نشاندار کردن ترکیباتی که جذب استخوان میشوند نظیر فسفوناتها و دیفسفوناتها صورت می گیرد.

استفاده دیگر این رادیوداروها در آنژیوپلاستی عروق قلبی است که تحقیقات نشان داده است استفاده از رنیوم-۱۸۸ در آنژیوپلاستی عروق قلبی باعث کاهش احتمال بازگشت گرفتگی عروق قلبی میشود. همچنین در رادیوایمونوتراپی با نشاندار کردن آنتی بادیهای بدن توانسته اند تومورهای سرطانی را به طور اختصاصی مورد هدف قرار دهند و در عین حال کمترین میزان آسیب به سلول های سالم برسد. در حال حاضر یکی از ترکیبات مورد استفاده در نشاندار کردن توسط رنیوم-۱۸۶ و ۱۸۸، پتیدسوماتوستاتین می باشد که میتواند با رنیوم کمپلکس پایدار تشکیل دهد، این کمپلکس میزان جذب بالایی توسط تومورهای سرطانی دارا می باشد. یکی از مزایای مهم رنیوم-۱۸۶ و ۱۸۸، گسیل فوتون گاما علاوه بر  $\beta$  می باشد. فوتون گاما امکان تصویر برداری از محل جذب رادیودارو را نیز می دهد و به وسیله آن میتوان مقدار دقیق دز جذب شده توسط تومورها را به دست آورد.

## « منابع

- مجله علوم و فنون هسته ای شماره ۴۶
- پروژۀ دستگاه های پرتودرمانی گامانایف و سایر نایف از دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد
- ویرایش دوم کتاب «ضروریات فیزیک تصویربرداری پزشکی» نوشته «جرولد بوشبرگ»

<https://fa.wikipedia.org>

<http://www.acibademinternational.com/ir/treatment/cancer-treatment/treatment-methods/radiotherapy/what-is-cyberknife>

با سایر ترکیبات دیده می‌شوند. لیپیدها در ساختمان غشاهای سلولی شرکت می‌کنند. ترکیب اصلی و مشترک انواع مختلف لیپیدها اسیدهای چرب است. لیپوپروتئین‌ها، گلیکولیپیدها و فسفولیپیدها از دیگر انواع لیپیدها هستند که در غشای سلولی ظاهر می‌شوند. لیپیدها می‌توانند با DNA ترکیب شوند. این برهمکنش به دلیل جاذبه بار مثبت لیپیدها و بار منفی DNA منجر به تشکیل لیپوپلکس می‌شود. کاربردهای مختلف این ترکیب در ژن‌رسانی بررسی شده و در حال حاضر در سطح بالینی در مرحله تحقیق و بررسی است. این ترکیبات باید به اندازه‌ای کوچک باشند که بتوانند در رگ‌های خونی حرکت کنند و به اندازه‌ای بزرگ باشند که DNA را توسط یک لیپید محافظت کنند.

انتقال دارو با لیپوپلکس به درون سلول به دلیل لیپیدی بودن غشاء سلول شانس بیشتری برای ورود موفق دارو به درون سلول فراهم می‌آورد.

#### « میسل

هر فسفولیپید همانطور که در شکل قابل مشاهده است از دو بخش آب‌دوست و آب‌گریز تشکیل شده است. به این گونه مواد آمفی‌فیل گفته می‌شود. از اجتماع این ذرات آمفی‌فیل به طوری که سرهای آب‌دوست در اطراف و دم‌های آب‌گریز به سمت داخل باشد میسل‌ها تشکیل می‌شوند. به فرآیند تشکیل میسل، میسلاسیون گفته می‌شود. میسل‌ها براساس مولکول‌های سازنده، نوع فاز، شکل و اندازه آنها به انواع گوناگونی تقسیم‌بندی می‌شوند.

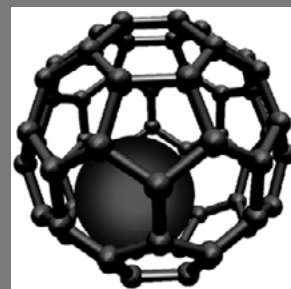
میسل‌ها برحسب نوع فاز می‌توانند به حالت نرمال و معکوس باشند. در فاز معکوس سرهای آب‌دوست در مرکز متمرکز می‌شوند و دم‌های آب‌گریز در طرف بیرون قرار می‌گیرند. بر حسب شکل و اندازه هم به حالت‌های کروی، بیضوی، میله‌ای و استوانه‌ای دیده می‌شوند.

دو مورد از کاربردهای میسل‌ها، استفاده آنها به عنوان حامل برای رسانش دارو و رسانش عوامل تمایز دهنده در تصویربرداری‌های پزشکی هستند. استفاده از حامل‌های متشکل از پلیمرها و لیپیدها، جایگزین مناسبی از لحاظ ایمنی و تهیه در حجم زیاد، نسبت به حامل‌های ویروسی (وکتور) هستند. نتایج نشان می‌دهد که میسل‌های پلیمری حامل‌های ژن‌رسانی بسیار خوبی در دارورسانی نوین می‌باشند. روش‌های جدیدتری با مواد پیشرفته تر هم وجود دارند که علاقه مندان جهت مطالعه بیشتر می‌توانند در مورد فرآیند

رهایش کنترل شده‌ی دارو فرآیندی است که در آن یک حامل پلیمری، سرامیکی و یا فلزی به طور حساب شده‌ای با دارو یا عامل فعال ترکیب شود تا عامل فعال در بدن به شکلی از پیش تعیین شده و دلخواه رها شود. مهم‌ترین نانوساختارهایی که به عنوان حامل دارو در رهایش کنترل شده دارو استفاده می‌شوند عبارتند از: فولرن‌ها، نانولوله‌های کربنی، نانوذرات، مایسل‌ها، لیپوزوم‌ها، نانوپوسته‌ها، کریستال‌های مایع و دندریمرها. مهم‌ترین ویژگی‌ای که باید در طراحی و ساخت این حامل‌ها در نظر گرفت استفاده از مواد و یا پوشش‌های زیست‌سازگار است که سامانه بتواند در داخل بدن از سدهای مهم دفاعی تا بافت هدف بدون آسیب و کاملاً کنترل شده عبور کند.

#### « فولرن

باکی‌بال‌ها که عمدتاً با عنوان فولرین هم شناخته می‌شوند، مولکول‌هایی از اتم‌های کربن می‌باشند که به شکل کروی توخالی با قطر حدود ۱ نانومتر هستند. C60 یکی از مهم‌ترین فولرین‌ها می‌باشد که دارای ۶۰ اتم کربن است. به دلیل ساختار متقارن و غیرسمی بودن نسبی، این مولکول‌ها و مشتقات محلول آنها از قابلیت خوبی برای استفاده به عنوان حامل دارویی برخوردار هستند. ساختار قفس مانند فولرین‌ها که می‌تواند واکنش، دارو و سایر مولکول‌ها را در خود جای بدهد، آن را به سامانه دارویی منحصر به فردی تبدیل کرده است. علاوه بر این، فولرین‌ها می‌توانند به آنتی‌بادی‌ها و سایر مواد جهت رسیدن به اهداف متصل شوند. در شکل زیر مولکول‌های کوچک داروی به دام افتاده در حفره فولرین به طور شماتیک قابل مشاهده است.



#### « نانولوله‌های کربنی

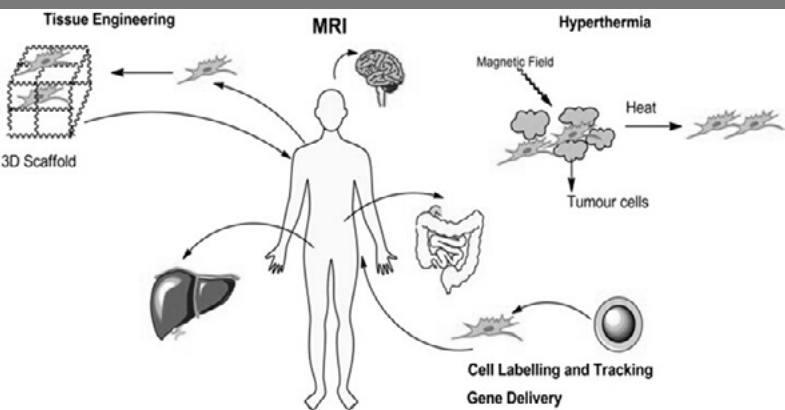
مولکول‌های لوله‌ای شکل متشکل از کربن که قطر آنها در محدوده نانومتر قرار دارد را نانولوله‌های کربنی می‌نامند که خواص منحصر به فردی دارند. نانولوله‌های کربنی به صورت تک دیواره و یا چند دیواره وجود دارند. داروها را می‌توان در بخش داخلی نانولوله‌ها و یا در سطح آنها بارگذاری نمود. نانولوله‌هایی که به صورت چگال و متراکم در هم قرار گرفته‌اند، غشاهای چندلایه‌ای ایجاد می‌کنند که در دارورسانی هدفمند کاربردهای فراوانی دارند. ذرات، آنتی‌بادی‌ها و .. نیز می‌توانند به سطح نانولوله‌ها متصل شوند تا در آشکارسازی و نابودسازی سلول‌های سرطانی به کار روند.

#### « نانوذرات لیپیدی

لیپیدها یا چربی‌ها ترکیبات ناهمگون و نامحلول در آب و محلول در حلال‌های آلی هستند و کم‌تر بصورت آزاد و بیشتر بصورت ترکیب

آنتی‌بادی یا پادتن نوعی مولکول دفاعی بدن از جنس پروتئین است که توسط گلبول‌های سفید ساخته و ترشح می‌شود. به دلیل شکل خاصی که هر نوع پادتن دارد به طور اختصاصی فقط مکمل فضای شکلی یک نوع آنتیژن بیماری‌زا و یا غیربیماری‌زا می‌باشد. پادتن آنتی‌ژن را از بین نمی‌برد بلکه با متصل شدن به آن مانع اتصال آنتی‌ژن به سلول میزبان می‌شود. علاوه بر آن در این حالت احتمال ذره‌خواری سلول‌های دفاعی دیگر را جهت از بین بردن آنتی‌ژن‌ها افزایش می‌دهد.

دارورسانی با لیپوزوم‌ها، نانو پوسته‌ها، کریستال‌های مایع، دندریمرها و تکنودندریمرها جستجو و مطالعه کنند.



شکل بالا به طور شماتیک عمده کاربردهای درمانی نانوذرات مغناطیسی را نشان می‌دهد. این کاربردها عبارتند از:  
 = انتقال هدفمند ترکیب مورد نظر از جمله ژن، دارو، سلول پیچیدی، پروتئین و آنتی بادی به بافت و سلول هدف  
 = تصویربرداری بر پایه رزونانس مغناطیسی  
 = درمان سرطان با روش هایپرترمی  
 = جداسازی سلول ها و ماکرومولکول ها و تخلیص سلولی  
 = کاربرد در زیست حسگرها  
 = امکان ردیابی ذرات در شرایط پروتئین (in vitro) و درون تن (in vivo) از طریق تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)  
 = آزمایش های ایمنی پیش از شیمیایی

### « پارامترهای مؤثر در طراحی نانوذره مغناطیسی

طراحی و سنتز نانو ذرات نیازمند دانستن اصولی از طبیعت نانو ساختارهاست. این ذرات به عنوان یک دارویی که به طرف بافت خاصی حرکت می کنند و ضروری برای بیمار ندارند و یا به عنوان عوامل کنتراست در تصویر برداری های پزشکی استفاده میشوند. در این بخش موانع فیزیولوژیکی که MNP ها با آنها مواجه هستند و تغییرات فیزیکی که برای بهبود عملکرد MNP ها در شرایط درون تن اعمال می شود. پارامترهای مهم فیزیکی و فیزیولوژیکی در طراحی نانوذرات با کاربردهای زیستی را بررسی می کنیم.

### « موانع فیزیولوژیکی

موانع خارج سلولی

• یکی از موانع سیستم ایمنی بدن است که در مقابل عوامل بیگانه که تزریق شده اند قرار می گیرد و از رسیدن آنها به محل مورد نظر ممانعت می کنند و یا موجب تغییر خواص فیزیکی ذرات می شود.

• نانو ذرات وقتی وارد خون می شوند قدرت یونی بالا و هتروژنیتهی محلول، موجب تجمع نانوذرات در خون می شود که در نهایت موجب تغییر خواص مغناطیسی و توقف آنها می شود.

• نانوذرات به شکل غیر اختصاصی با پروتئین های پلاسما بر هم کنش دارند که ممکن است موجب برانگیختگی سیستم ایمنی شود و یا با ماتریکس خارج سلولی و سطح سلول که در سرم خونی موجود است برهم کنشی غیر اختصاصی داشته باشد که علی الخصوص برای MNP ها امکان اتصال زود رس به سلول های دیگر قبل از رسیدن به بافت هدف وجود دارد.

• علاوه بر موارد مذکور در شرایط محیطی عروق، نانوذرات با محدودیت هایی از جمله تناسب اندازه ذره با آناتومی بافت هدف مواجه هستند. این محدودیت در هدف یابی به اندام هایی مثل مغز

نانوذرات مغناطیسی یکی از مهمترین و پرکاربردترین انواع نانو مواد می باشند که ویژگی های منحصر به فردشان موجب ایجاد کارایی های خاص آنها نسبت به سایر نانو ساختارها می شود. این ذرات در شاخه های مختلف قابل کاربرد هستند. اما نقش آنها در زیست - پزشکی به ویژه در زمینه دارورسانی قابل توجه است به آن جهت که مغناطیس ذاتی آنها بسیاری از کارها از جمله هدف یابی را تسهیل می کند که مشکلات بسیاری در دارورسانی هدفمند را تسهیل می کند.

MNP ها (Magnetic Nano Particles) با تکیه بر فناوری نانو محدوده گسترده ای از کاربردهای تشخیصی و درمانی در بیماری هایی از جمله سرطان، بیماری های قلبی و عصبی را تسهیل کرده اند. نانوذرات مغناطیسی به فراوانی در تحویل هدفمند عوامل درمانی استفاده میشود و بر اساس هدف یابی دارویی مغناطیسی (MDT= Magnetic drug targeting) که شامل تمایل قوی بین لیگاند و گیرنده می باشد یا از طریق جذب مغناطیسی بافت خاص عمل می کنند.

MNP ها به سبب امکان کنترل از راه دور عوامل درمانی در انتقال ذرات به بافت مورد نظر بسیار قابل توجه هستند، و به همین سبب آنها را حامل های هدفمند مغناطیسی می نامند (MTC= magnetic targeted carriers).

خواص منحصر به فرد این نوع از نانوذرات شامل سوپر پارامغناطیسی، فوق اشباعیت و پذیرفتاری مغناطیسی می باشد که از خصوصیات مغناطیسی ذاتی آنها منشاء می گیرد. از سویی دیگر با استفاده از پوشش های سطحی مختلف می توان خواص زیست - پزشکی مطلوب و پایداری را برای این ذرات ایجاد کرد و از اثرات پارتیکولنتیک و سمیت نانوذرات مغناطیسی ناشی از برهم کنش های آنها با سلول یا پروتئین های بیولوژیکی ممانعت کرد که منجر به افزایش زیست سازگاری نانوذرات مغناطیسی می شود.

ذرات مغناطیسی تحت یک میدان مغناطیسی خارجی می چرخند و به منظور جابجایی ذرات در یک جهت خاص از فضا باید از یک میدان ناهمگن استفاده شود. اثر نیروی مغناطیسی بر روی این ذرات در یک سوسپانسیون مایع با مغناطش ذرات، چگالی جریان مغناطیسی و گرادیان میدان مغناطیسی متناسب است. اندازه آنها در محدوده یک سلول کوچک (۱۰ تا ۱۰۰ میکرون)، ویروس (۲۰ تا ۴۵ نانومتر)، پروتئین (۵ تا ۵۰ نانومتر) یا ژن (با پهنا ۲ نانومتر و طول ۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر) می تواند باشد. بنابراین امکان نزدیک شدن و یا وارد شدن به ساختارهای زیستی را ممکن می سازد و چنانچه ذرات با ملکولهای بیولوژیکی مناسب پوشانده شوند توانایی برهم کنش با این ساختارها را پیدا می کنند و یا به آنها متصل می شوند. به همین دلیل یک تکنیک قابل کنترل و دقیق در نشاندار کردن ساختارهای زیستی می باشد.

به علاوه نانوذرات مغناطیسی بواسطه گرادیان میدان مغناطیسی خارجی که همراه با نفوذ پذیری ذاتی میدان مغناطیسی در داخل بافت های انسانی است قابل دستکاری و کنترل می باشند. این عملکرد و کنترل از راه دور در انتقال و تجمع نانوذرات مغناطیسی، نشاندار کردن اختصاصی ساختارهای زیستی و به طور خاص در انتقال داروهای ضد سرطان به بافت توموری هدف استفاده می شود. این ذرات می توانند به صورت رزونانسی به تغییرات وابسته به زمان میدان پاسخ دهند و امکان انتقال انرژی از میدان تهییج شده به نانوذرات را فراهم کنند و به این سبب نانوذرات می توانند منجر به افزایش دما شده که از این خاصیت در هایپرترمی برای درمان و یا به عنوان عوامل تقویت کننده شیمی درمانی و رادیو درمانی استفاده می شود.

و کلیه چشمگیر تر است به عنوان نمونه در مغز، سلول های اندوتلیال و استروسیت میزان پینوسیتوز را محدود می کنند و اتصال محکم بین سلول ها در سد خونی - مغزی ایجاد مانع می کند و فقط به ذرات با اندازه کوچک و خواص فیزیکوشیمیایی متناسب اجازه عبور از سد خونی - مغزی داده می شود.

#### موانع داخل سلولی

• موانع بیولوژیکی فقط به فضای خارج سلولی محدود نمی شوند بلکه موانع داخل سلولی نیز به عنوان سدی در رسیدن ذرات حامل دارو مطرح می باشند. در همه نانو ذرات وقتی به غشا هدف متصل می شوند به طور معمول توسط اندوسیتوز وابسته به لیگاند برداشته می شوند و در داخل سلول بوسیله برهم کنش های اسیدفیکاسیون در محفظه اندوزومال از حامل جدا می شوند که البته بیشتر این اندوزوم ها به سمت لیزوزوم حرکت می کنند. پس یکی از مشکلات داخل سلولی فرار از تجزیه لیزوزومی و اندوزومی می باشد. بسیاری از عوامل درمانی از جمله DNA، siRNA که به تجزیه لیزوزومی حساس هستند، با تسهیل فرایند گریز از اندوزوم از رسیدن به لیزوزوم در امان می مانند.

#### « مراحل فعالیت حامل های مغناطیسی

- بارگذاری دارو

اتصال دارو از روش کوالانسی - با قابلیت شکافت و اتصال مجدد - و یا از طریق روش های فیزیکی از جمله برهم کنش های هیدروفوبیک می باشد که این برهم کنش ها اختصاصیت در دارورسانی را افزایش می دهند. طراحی مناسب نانو ذرات وقتی با داروی خاصی بارگذاری می - شوند می توانند به عنوان سیستم دارو رسانی مطلوب به کار گرفته شوند، این امر موجب کاهش برهم کنش های غیر اختصاصی سلولی، کنترل ترشح عامل درمانی، قابلیت پذیرش تنوع در دارو های بارگذاری شده و یا استفاده از نانو ذرات در تصویربرداری و ردیابی سلولی رامکن می سازد. نانو ذرات حامل دارو نیز همچون نانو ذرات توسعه یافته در امور تصویربرداری نیاز به طراحی دقیق فیزیکوشیمیایی برای هدف یابی دارند. در مرحله نخست نانو ذرات باید قادر به حفاظت از مقدار چشمگیری از دارو باشند که عموماً بوسیله نوع پوشش و روش بارگذاری مشخص می شود. در بخش دوم می توان برای غلبه بر مقاومت های دارویی سلولی از داروهای چند گانه بارگذاری شده استفاده کرد که البته نیاز به طراحی دقیق بر روی نانو ذرات در جهت تجمع عوامل درمانی متفاوت دارد. و سوم اینکه ترشح عامل درمانی و میزان احتیاس عامل بارگذاری شده به منظور اثر درمانی مطلوب باید متعادل شده باشد. عموماً آزادسازی دارو در پاسخ به چرخه سلولی در یک زمان بهینه آغاز می شود و می توان غلظت و مدت زمان ترشح دارو بعد از برداشت درون سلولی را تعیین کرد.

• مسئله درون سلولی دیگر، قدرت شکافت موانع بیولوژیکی به عنوان مثال شکافت غشا هسته در موارد ژن رسانی می باشد. از دیگر فاکتور های مهم فیزیکوشیمیایی برای طراحی نانو ذرات عمق بافت هدف، میزان و سرعت جریان خون در بافت هدف، منابع عروقی، وزن بدن، مسیر تزریق، فاصله از منبع میدان و حجم تومور می باشد. عدم توجه به این فاکتور ها در هنگام طراحی نانو ذرات مشکلات عظیمی در انتقال و شبیه سازی این فناوری از حیوان به نمونه های کلینیکی به همراه دارد.

#### « پارامترهای فیزیکی

پارامتر های فیزیکی شامل خصوصیات مغناطیسی و اندازه ذرات حامل، قدرت و گرا دیان میدان، هندسه میدان و ظرفیت انتقال ژن و دارو می باشد. هدف یابی مغناطیسی بر پایه جذب MNP به سمت یک میدان مغناطیسی خارجی می باشد. در صورت وجود گرا دیان مغناطیسی مناسب، نیروی جابجایی روی مجموعه دارو/ ذره اعمال شده و منجر به حرکت ذره به سمت بافت هدف می شود. با کاهش قدرت میدان، توانایی هدایت نانو ذره به بافت هدف کاهش می یابد به همین دلیل با افزایش ثابت میدان مغناطیسی در نمونه های انسانی، هدف یابی از حیوانات کوچک به انسان مشکل شده است. به طور کلی تحقیقات نشان می دهد که هدف یابی میدان مغناطیسی برای بافت های نزدیک به سطح و دارای جریان خون آهسته موثرتر است.

#### « پوشش دار کردن نانو ذرات مغناطیسی

تغییر سطحی نانو ذرات مغناطیسی دارای مزایای بسیاری است: • پوشاندن سطح MNP با ملکول های آلی و غیر آلی موجب افزایش نیمه عمر با تعویق انداختن پاکسازی (CLEARANCE) می شوند. سیستم رتیکولواندوتلیال در کبد، طحال و مغز استخوان فعال است و بسته به اندازه ذرات منجر به کلیرانس آنها می شود. نانو ذرات مغناطیسی بدون پوشش به سرعت توسط سلول های فاگوسیتی تک هسته ای (مونونوکلئیر) حذف می شوند. پوشش دادن، هیدروفوبیستی سطح، بار سطحی و PH این ذرات را تحت الشعاع قرار می دهد و به این وسیله پاکسازی ذرات را به تعویق می اندازد.

• ایجاد پوشش آلی و غیر آلی در سطح نانو ذرات از

MNP های درمانی و یا تصویر برداری با عملکردی چند گانه برای درمان سرطان طراحی شده اند. MNP هایی که با این کاربرد دارای دو گانه توسعه یافته اند، لیگاند های هدف یابی را بر پلیمر پوشاننده سطح نانو ذره مثل PEG قرار می دهند که این عوامل می توانند نشانگر های چند گانه (نوری، رادیویی و مغناطیسی) برای تصویر برداری باشند و یا عوامل درمانی از نوع زیست درمانی، شیمی درمانی و یا رادیو درمانی (رادیو تروکلئید) باشند.

# بیورزنانس

## و نقش آن در تشخیص انواع بیماری ها

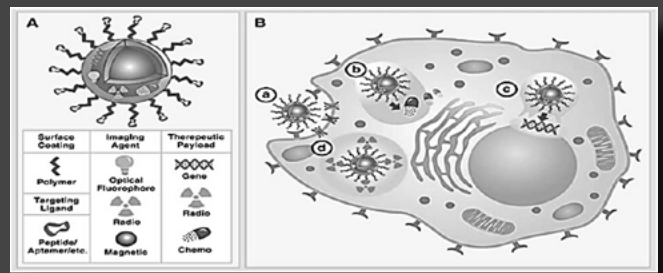
فائزه میرافضلی

فیزیک مهندسی ۹۳

### درمان بیماری خود را به مهندس ها بسپارید!!!

دانش رزنانس روشی است که در آن از توانایی های امواج استفاده می شود و علم فیزیک در اینجا برای رشته های مختلف می تواند خدمات شایانی انجام دهد و عجیب این است که اساس آن از لحاظ فیزیک بسیار ساده می باشد. به این ترتیب که دو ارتعاش هم فرکانس وقتی بهم می رسند یکدیگر را تشدید می کنند، مانند دو موج دریا که وقتی در یک جهت بهم برخورد می کنند بزرگتر می شوند. استفاده از امواج، دانشی است که امروزه توجه دانشمندان زیادی را به خود جلب کرده است.

از خاصیت رزنانس، در صنعت برای پیدا کردن ترکهای لوله های گاز و نفت استفاده می کنند. در اینجا با ارسال فرکانسهای ویژه و دریافت رزنانس آنها می توانند تشخیص بدهند که آیا در طول لوله ترکهای بزرگ و کوچک وجود دارد یا نه! همچنین از همین خاصیت برای تمیز کردن درون لوله های کارخانه ها استفاده میشود، یعنی با ارسال امواج به درون لوله ها، شرایطی ایجاد می شود که باعث تخریب و تخلیه رسوبات می گردند و البته شما میتوانید تصور کنید که استفاده از تکنولوژی امواج در این موارد چقدر کار را ساده کرده است، چرا که پیدا کردن یک ترک کوچک در طول صدها کیلومتر لوله، اگر از ارسال امواج استفاده نشود بسیار کار طاقت فرسا و وقت گیری خواهد بود و یا اگر قرار باشد درون لوله ها را تمیز کنند باید چه هزینه گزافی را برای تعطیل کردن کارخانه و در آوردن لوله ها پردازند!



ساختار MNP با عملکرد چندگانه در سطح سلول

ورود به بدن و نزدیک کردن به بافت کمپلکس دارو- حامل ایجاد شده به شکل فروفلوئید از طریق تزریق وریدی یا سرخرگی به بدن وارد می شود و با کمک میدان مغناطیسی خارجی (تولید شده از مگنت های دائمی) و گرادیان بالای میدان، امکان هدایت و تغلیظ دارو در محل تومور یا سایر بافت های هدف را فراهم می شود.

### هدف یابی

هدف یابی این ذرات به صورت اختصاصی نیست و غالباً از طریق روش های غیر اختصاصی مثل اندازه منافذ خاص بافت یا اثر تقویت شده نفوذ و احتباس (EPR= Enhanced permeability and retention) در بافت های توموری انجام می شود. روش غیر اختصاصی دیگر برای انتقال نانوذره مغناطیسی به بافت هدف بر پایه نیروهای الکتروستاتیک میباشد که یک پپتید با بار مثبت را به مجموعه عوامل رادیواکتیو و آهن اکسید سوپر پارامغناطیس اضافه می کنند که به این مجموعه tat-CLIO نیز می گویند tat به آهن اکسید متصل شده است.

### « بحث و نتیجه گیری

هر جسم خارجی در بدن ورود به بدن با ممانتهایی مواجه میشود مگر که از قبل به نحوی خود را با محیط بدن سازگار کرده باشد. نانوذرات مغناطیسی نیز با ممانعت هایی برای ورود به بدن مواجه می شوند که در این مقاله به آنها اشاره شده است. در زمینه سازگاری این ذرات می توان اصلاح سطح را برگزید به طوریکه با استفاده از پوشش های سطحی مختلف می توان خواص زیست - پزشکی مطلوب و پایداری را برای این ذرات ایجاد کرد و از اثرات پارتیکوکنتیک و سمیت نانوذرات مغناطیسی ناشی از برهم کنش های آنها با سلول یا پروتئین های بیولوژیکی ممانعت کرد. براینکه این عمل افزایش زیست سازگاری نانوذرات مغناطیسی خواهد بود. پس از مناسب سازی نانوذرات برای ورود به بدن می توان از آنها برای حمل ترکیبات مختلف از جمله دارو استفاده نمود.

### « منابع

- سامانه ستاد فناوری نانو مقالات نانو ذرات مغناطیسی در دارو رسانی

هدفمند ۱۰۲ و ۳

- سامانه ستاد فناوری نانو دارورسانی با استفاده از فناوری نانو ۱۰۲ و ۳ -Tietze, Rainer, et al. "Magnetic nanoparticle-based drug delivery for cancer therapy." *Biochemical and biophysical research communications*:(2015) 468.3 470-463.

از دیگر موارد استفاده از رزونانس که برای ما ملموس است، دیاگناتوموبیل و هواپیما است! با وصل کردن یک دستگاه کوچک و با ارسال امواج گوناگون و تشخیص رزونانس، به راحتی مشکلاتی که در موتور وجود دارد را مشخص مینماید. اما امواج و رزونانس در زمینه محیطهای بیولوژیکی هم استفاده زیادی دارند، مانند پزشکی، کشاورزی و دامداری.

## « بیورزونانس

بیورزونانس یک علم مهندسی است. در جراحی ساختارها و اعضای بدن درگیر می شود و در داروسازی و بیوشیمی سلولها مطرح است اما بیورزونانس با اجزای الکترومغناطیس بدن سروکار دارد. بیو به معنای یک وجود زنده و رزونانس به معنای "ارتعاش کردن هماهنگ با هم" می باشد.

در سالهای بین ۱۹۳۰-۱۹۲۰ میلادی دانشمندان آلمانی و روس دریافتند که تمام سلولهای بدن بنا به ساختار فیزیکی خود دارای ارتعاشات ویژه ای هستند که این ارتعاشها در هر سلول منحصر به فرد می باشد (مانند اثر انگشت دست) و دانستند که هیچ سلول زنده ای از این قانون مستثنی نیست. جنس این ارتعاشات از جنس بیوالکترومغناطیس است، یعنی می تواند تحت تاثیر جریانهای الکتریکی و مغناطیسی قرار گیرد.

با کشف این اصل حیات که سلولهای سالم دارای ارتعاشات خاصی هستند و زمانی که بیمار می شوند با توجه به نوع و عامل بیماری این ارتعاشات تغییر می کند، ابزار جدیدی در اختیار پزشکان قرار گرفته است که نوع و عامل بسیاری از بیماریها را با دقت خارقالعاده حتی قبل از بروز علائم بیماری شناسایی و بصورت گزارش در اختیار پزشک و بیمار قرار می دهد و در مراحل بعدی درمانهایی ارائه می شود که بدون بهره گیری از کوچکترین داروهای شیمیایی است و بدین لحاظ می توان گفت دیدگاه جدیدی از تشخیص و درمان به روی علم پزشکی گشوده شده است.

ارتعاشات سلول سالم با سلول بیمار متفاوت می باشد و میزان این تفاوت دقیقا به نوع بیماری و عامل بیماری بستگی دارد. سلولهای بدن ما ایمپالسهای کوچک الکتریکی تولید می کنند و از طریق آنها با سلولهای همسایه ارتباط برقرار می کنند. اگر سلول سالم باشد سیگنال آن هارمونی دارد و با دیگر سلولهای بدن رزونانس دارد. سلولها پیوسته این ایمپالسها را تابش می کنند و به آنها پاسخ می دهند. این سیگنالها به شکل نوسان و ارتعاش هستند و الگوهای نوسان بین شخص سالم و بیمار متفاوت هستند. در واقع سلولها عملکردی مانند رادیو دارند و با ارسال و دریافت امواج الکترومغناطیس با هم ارتباط برقرار می کنند.

جهت روشن تر شدن مطلب مثالی میزنیم: اگر ما پس از ارسال فرکانس طبیعی کبد سالم، رزونانسی را روی صفحه مانیتور دستگاه مشاهده کردیم یعنی کبد سالم بوده است که رزونانس داده است! و اگر بیمار باشد نمی تواند با فرکانس طبیعی به رزونانس درآید چون طول موج کبد بیمار با طول موج کبد سالم فرق میکند. به همین ترتیب وجود و یا عدم وجود میکروبها را هم می توانیم در بدن دریابیم.

این ارتعاشات طبیعی، از لحاظ علوم فیزیکی و ریاضی قابل ثبت شدن هستند؛ یعنی میتوان طول موج و فرکانس آنها را بدست آورد. ناگفته نماند که این امواج بسیار بسیار ظریف و ضعیف هستند و محاسبه و تشخیص آنها کاری بس دشوار است؛ اما خوشبختانه در

طول صد ساله گذشته دانشمندان بزرگی در این زمینه از آمریکا و آلمان و روسیه توانسته اند روشهایی را برای ثبت این امواج طراحی کنند. پس از بدست آمدن طول موجها، در دهه اخیر با استفاده از کامپیوترهای جدید و کریستالهای حافظه دار، دانشمندان قادر شدند که کتابخانه الکترونیکی بزرگی را از این امواج فراهم آورند که شامل تمام عضوهای بدن و تمام میکروبها و هورمونها و حتی تراوشات مغزی به صورت احساسات و استرسها، و... میشود. میزان تأثیر درمان بیورزونانسی، طبق داده های پژوهشگران روسی ۸۵-۹۵٪ است.

## « تشخیص بیماری با استفاده از بیورزونانس

برای تشخیص هیچ گونه حرکت تهاجمی انجام نمی دهیم یعنی نه خونی گرفته می شود و نه محلولی خورده می شود، فقط کافی است که بیمار یک میله را که به کامپیوتر وصل است، در دست بگیرد و پزشک بر روی یکی از انگشتان بیمار با فشار وسیله ای شبیه به اتود، میتواند وجود و یا عدم وجود رزونانس را با سرعت زیاد و دقت کافی، روی صفحه کامپیوتر بررسی نماید، یعنی به این ترتیب می توان وجود عفونتها و آلرژیها و یا موارد تستی دیگر را دریافت!

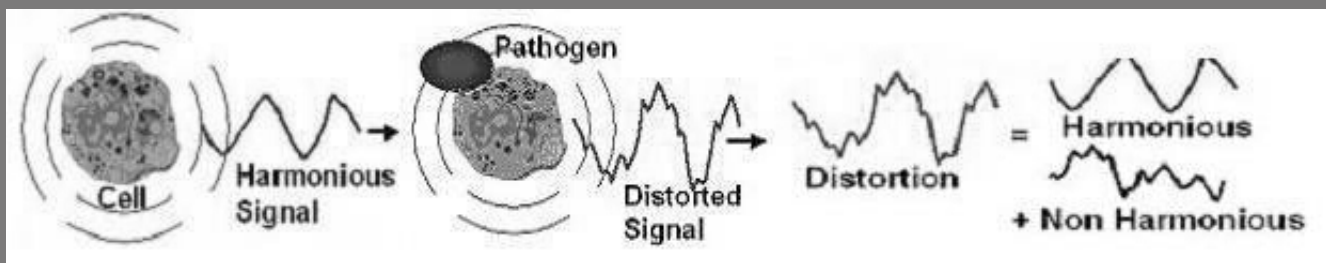
روش های تشخیصی کلاسیک آزمایشگاهی در این زمینه ها سر تسلیم فرود آورده اند. در بیورزونانس، ما قادر به کمکهای خوبی خواهیم بود، چرا که امواج از همه جا می توانند عبور کنند حتی جایی که خون وجود ندارد مانند استخوانها و غضروفها. البته این نکته قابل توجه است که روش های تشخیصی و درمانی بیورزونانس در موارد اورژانس و شکستگی استخوانها نمی تواند کمک جلدی بنماید.

بزرگترین دغدغه یک پزشک این است که بدون دستگاه های تشخیصی نمی تواند بطور دقیق دریابد که در بدن بیمار چه می گذرد، به همین دلیل است که دستگاه های مختلف اشعه ایکس، سونوگرافی، آندوسکوپ، ام آر آی، سی تی اسکن و... ساخته شده است. اما همه این دستگاهها عملا نمایش مختصری از اندام را بصورت مبهم در اختیار پزشک قرار می دهند و هیچ گاه ریشه بیماری و اینکه علت بیماری چیست را نشان نخواهند داد. بنابراین برای یک پزشک بسیار مهم است که بداند علت بیماری چیست. حتی بعنوان مثال وقتی آنتی بیوتیک می دهد نمی داند چه گروه از میکروبها را باید از بین ببرد و آیا اصولا علت بیماری باکتری است یا ویروس؟ که بعضا برای دریافت جواب بعضی از سوالات با مراجعه به آزمایشگاهها و صرف وقت زیاد، وضعیت بیماری در بدن بیمار تا زمانی که جواب آزمایش آماده شود تغییر می کند.

## « فواید تکنولوژی بیورزونانس در تشخیص بیماریها

- غیر تهاجمی و کاملاً بی درد بوده و هیچ گونه آسیبی به بدن بیمار نمی رساند.
- تا عمق بسیار زیادی از بافت عضوها را می توان مورد بررسی قرار داد حتی جاهایی که گردش خون محدود است، چون امواج همه جا می تواند نفوذ کند.
- قابل حمل بودن دستگاه به نقاط دوردست و حتی جاهایی که برق نیست. دستگاه بدون کامپیوتر و با باتری های معمولی هم قادر به تشخیص و درمان می باشد.





شکل بالا به طور شماتیک نحوه عمل بیورزونانس را در تشخیص سلول‌های معیوب نشان می‌دهد.

- تشخیص انواع اعتیاد، مواد مخدر، نیکوتین سیگار، الکل و اعتیاد به دارو
- تشخیص عفونت‌های باکتریایی و ویروسی، آلزایمر، شناسایی و وجود تومورهای خوش خیم و بد خیم و تشخیص امکان تشکیل سلول‌های سرطانی، علی‌الخصوص در مراحل اولیه و قبل از بروز کوچکترین علائم سرطان.
- تشخیص عوامل اضطراب، تشخیص استرس و انواع حالات دپرس و ضعف سیستم اعصاب، ناراحتی‌های روانی و تنش‌های روحی.
- تشخیص بی‌نظمی در ضربان قلب، تصلب شرایین، بسیاری از بیماری‌های قلبی و عروقی.
- تشخیص عوامل نفخ‌های شدید معده‌ای و روده‌ای، شناسایی دقیق علت بیماری‌هایی نظیر زخم معده، التهاب‌های گوارشی بخصوص روده‌ای، خارش و التهابات پوستی، آکنه و شناسایی بسیاری از عوامل بیماری‌های پوستی.
- تشخیص بزرگ‌شدگی‌های خوش خیم و بدخیم پروستات، بیماری‌های مربوط به پروستات و ناراحتی‌های کلیوی، مجاری ادراری و کبدی.
- تشخیص بسیاری از بیماری‌های غیر ژنتیکی که به ریزش موی سر در مردان و زنان منتهی می‌شود.
- شناسایی کمبود ویتامین‌ها و مواد معدنی و هورمون‌ها در بدن.
- شناسایی دقیق مرحله پیش‌دیابت و دیابت.
- تشخیص آسم، تنگی نفس، برونشیت‌های مزمن و تب ناشناخته.
- تشخیص بیماری‌های زنان و زایمان
- تشخیص فشار خون، کلسترول بالای خون، نارسایی‌های قلبی و سیستم عروقی و انواع سردرد
- انواع ضعف جنسی در مردان و زنان و شناسایی بسیاری از عوامل نازایی
- تشخیص درد‌ها، بیماری‌های استخوانی و مفاصل، کم‌خوابی و بد خوابی
- تشخیص صرع، بیماری‌های خونی، انواع سرطان

• سیستم تشخیصی دستگاه با ۵۴ هزار فرکانس مختلف از یک منطق کل‌نگر در زمینه‌های فیزیک بدن و انرژی و روح و روان استفاده کرده است که این امکان را برای پزشک فراهم می‌نماید تا بیماری‌ها را در بدن از زوایای مختلف رصد نماید و باید گفت که این تکنولوژی در تشخیص بیماری‌های نادر و صعب‌التشخیص بی‌نظیر می‌باشد.

• پایین آوردن هزینه‌های تشخیص به میزان بسیار زیاد  
 • دستگاه به گونه‌ای طراحی شده که پاسخ اسکن بدن به صورت فوری و در همان لحظه در اختیار پزشک و بیمار قرار می‌گیرد و زمان که در درمان بعضی از بیماری‌ها نقش حیاتی دارد تلف نمی‌گردد.

• تشخیص وجود و یا عدم وجود باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها و انگل‌های بیماری‌زا و محل استقرار آنها در بدن، و تشخیص آلرژن‌های آلرژی‌زا از توانایی‌های بارز این تکنولوژی می‌باشد.  
 • دستگاه جهت تشخیص بهترین پروتز برای بدن، این توانایی را دارد که قبل از کار گذاشتن پروتز در بدن تست آلرژی‌زایی را انجام دهد و در صورت تشخیص عدم بروز آلرژی، جراح و یا دندانپزشک می‌تواند پروتز را کار بگذارد. و از این رهگذر هم می‌توان بهترین داروی درمانی موثر را که پزشک به صورت گیاهی و یا شیمیایی حدس زده است را انتخاب نمود.  
 • دستگاه توان تشخیص کمبود ویتامین‌ها و مواد معدنی و وجود فلزات سنگینی مانند سرب و جیوه و کادمیوم را در بدن دارد. ضمن اینکه وجود اشعه‌های رادیواکتیو و میدان‌های مغناطیسی مضر را هم می‌تواند تشخیص دهد.

### « موارد تشخیص »

برخی از بیماری‌هایی که در متد تشخیصی بیورزونانس با درصد اعتماد بسیار خوبی قابل شناسایی بوده و این تکنولوژی قادر است در زمان بسیار کمی آن‌ها را به خوبی تشخیص دهد در زیر آمده است:

- انواع آلرژی، که عمدتاً با ضعف سیستم ایمنی بدن همراه است و شناسایی دقیق وضعیت سیستم ایمنی بدن، شناسایی آلرژی‌ها با علائم بالینی و حتی بدون علائم بالینی.
- وجود کلیه سموم شیمیایی، فلزات سنگین در سلول‌ها و بافت‌های آلوده بدن

کشورهای آلمان و روسیه در علم رزونانس پیشرو هستند. در ایران هم در مرکز تحقیق و توسعه بیورزونانس که زیرمجموعه پژوهشکده سلامت الکترونیک در دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد، تلاش‌هایی برای بهره‌وری از این علم صورت گرفته است.

### « منابع »

- <http://medvrt.com>
- <http://hekmatteb.ir>

# تولید انرژی و بیوگاز از دفع زباله

نسترن مظفری - کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست

نیلوفر مظفری - کارشناسی ارشد فیزیک حالت جامد

## « چکیده

می تواند دارای مزیت اقتصادی نسبت به فرایند هوازی باشد که یک مصرف کننده خالص انرژی است. دفن بی هوازی دارای تولید خالص انرژی ۵۰۰ - ۱۰۰۰ کیلووات در هر تن مواد زائد است در حالی که کمپوست کردن هوازی ۵۰۰ - ۷۵۰ کیلووات برای تصفیه هر تن مواد زائد انرژی مصرف می کند. بیشتر انرژی شیمیایی موجود در مواد مغذی در واقع بوسیله باکتریهای بی هوازی به متان تبدیل می گردد.

متان گازی است بیرنگ و بی بو که اگر یک فوت مکعب آن بسوزد ۲۵۲ کیلوکالری انرژی حرارتی تولید می کند که این رقم در مقایسه با سایر مواد سوختنی و به خصوص سایر گازهای حاصل از فعل و انفعالات بیولوژیکی در محل دفن، رقم قابل توجهی است و به خصوص اینکه بیشترین ترکیب گازی محل دفن درصد زیادی از کل گازهای حاصل در محل های دفن مربوط به متان می باشد. از مزیت مهم متان به دیگر سوختها این است که هنگام سوختن گاز سمی و خطرناک منو کسید کربن را ایجاد نمی کند به همین دلیل است که در صورت عدم دستیابی به تکنولوژی استفاده و کاربرد آن در محلهای دفن جهت خروج این گاز می توانیم از طریق مشعلهایی آن را بسوزانیم. همچنین گاز متان به عنوان یک گاز گلخانه ای در ارتباط مستقیم با مسأله گرم شدن جهانی است. بخشی از گرم شدن کره زمین به دلیل تجمع گازهای گلخانه ای مختلف در اتمسفر است که متان و دی اکسید کربن مشخص ترین و عمده ترین این گازها هستند. متان در یک دوره یکصد ساله ۲۳-۲۱ بار بیش از دی اکسید کربن پتانسیل گرمایشی زمین را دارد.

عوامل مؤثر بر تولید گاز (متان) در محلهای دفن شامل دو دسته عوامل غیرزیستی و عوامل ناشی از روشهای مختلف بهره برداری است که در زیر ارائه می شود:

- تأثیر عوامل غیر زیستی (abiotic) بر تولید گاز
- تأثیر اکسیژن بر تولید گاز
- تأثیر هیدروژن بر تولید گاز
- تأثیر pH و قلیائیت بر تولید گاز
- تأثیر رطوبت بر تولید گاز

در این مقاله، یافته ها و نتایج مطالعات تولید انرژی و بیوگاز از زباله ها ارائه شده است. هدف اصلی این مطالعه، امکان سنجی تولید انرژی و بیوگاز از دفع زباله و مزایای آن می باشد تا با استفاده از این روش، ضمن کاهش انتشار گاز متان به جو، انرژی مفید بدست آید. زیرا در محل های دفن زباله در اثر فرایند بیولوژیکی بی هوازی، گازی تولید می گردد که گاز دفن گاه یا LFG نام دارد و بدلیل داشتن حدود ۴۰ تا ۵۵٪ گاز متان در حجم خود، بعنوان یک گاز زیانبار گلخانه ای شناخته می شود. و همچنین با استفاده از روش مذکور، میتوان انتشار این گاز مضر و سمی را کاهش داد و گازی مفید و انرژی تولید کرد. همچنین بیوگاز نوعی گاز است که از مواد آلی تولید شده است. این گاز با شکست بیولوژیکی برای ایجاد برق ایجاد می شود. این گاز شکل معمول مورد استفاده از انرژی های تجدید پذیر است که به طور عمده در حوزه های صنعتی و خانگی استفاده می شود. بیوگاز مخلوطی از دی اکسید کربن و متان است، و توسط ضایعات گیاهی و همچنین ضایعات حیوانی ایجاد می شود. در خانه، از بیوگاز عمدتاً برای پخت و پز استفاده می شود و آلودگی کمتری نسبت به سایر اشکال انرژی دارد.

## « دفن بیولوژیکی زباله

تصفیه بیولوژیکی به عنوان بهترین انتخاب تصفیه برای مواد آلی دارای مقدار کالری پایین در مواد زائد جامد شهری پذیرفته شده است. روش تصفیه بیولوژیکی شامل کمپوست هوازی و هضم بی هوازی می باشد. در این مقاله هدف اصلی ما تولید انرژی و بیوگاز از روش بی هوازی میباشد، زیرا گاز خطرناک متان از این روش بدست می آید.

گوارش بی هوازی زیست توده بعنوان یکی از فناوری های تولید انرژی است. متان می تواند در گرمایش خانگی و تجاری در تامین انرژی حرارتی صنایع، در موتورهای احتراق داخلی، در موتورهای استیرلینگ، در توربین های گازی و بویلرهای نیروگاهی و همچنین در برخی از پیل های سوختی برای تولید برق بکار برده شود. این روش مزیت هایی از جمله بهره دهی واقعی بستگی به ترکیب خوراک و پارامترهای بهره برداری درون هاضم دارد. همچنین

• تأثیر مواد مغذی بر تولید گاز و .....

• مزایای این روش:  
هزینه نسبت به سایر روش های مدرن و جدید کمتر بوده و انجام آن آسان تر و نیازمند صرف زمان کمتری می باشد. بازدهی بالاتر بوده و تولیدات مفیدتری خواهیم داشت.

## « ۲- سوزاندن (تبدیل به خاکستر کردن)

سوزاندن یا احتراق مواد آلی مانند زباله به بازیافت انرژی، رایج ترین اجرای تبدیل زباله به انرژی است. همه کارخانه های جدید تبدیل زباله به انرژی در همه کشورهای سازمان همکاری اقتصادی و توسعه از طریق سوزاندن زباله (پسماند MSW، تجاری، صنعتی و یا RDF) باید کلیه استانداردهای در رابطه با گازهایی از جمله دی اکسیدهای نیتروژن (NOx)، دی اکسید گوگرد (SO<sub>2</sub>) فلزات سنگین و دیو کسپس که در این فرآیند تولید می شوند، را به طور دقیق مورد آزمایش قرار دهند؛ بنابراین سوزاندن زباله به منظور ایجاد انرژی به طور کلی از روش های قدیمی متمایز می باشد زیرا در روش های قدیمی نه انرژی و نه مواد بازیافت می شد. زباله سوزهای مدرن حجم زباله اصلی را به میزان ۹۵ تا درصد ۹۶ کاهش می دهد، بسته به ترکیب و درجه بازیافت موادی مانند فلزات از خاکستر برای بازیافت بهره می برند.

زباله سوز ممکن است ذرات ریز، فلزات سنگین، دیو کسپس ردیابی و گازهای اسیدی منتشر می کنند، البته این انتشار از زباله سوزهای مدرن به میزان بسیار کم می باشد. موارد دیگری که باید در نظر گرفته شود مدیریت مناسب باقی مانده های خاکسترهای سمی خطرناک است. منتقدان بر این باورند که زباله سوزها منابع با ارزش را نابود می کنند و همین عوامل باعث می شود که انگیزه برای بازیافت را کاهش دهد و سؤالی که در اینجا مطرح می شود این است که در کشورهای اروپایی که بیش از ۷۰٪ از زباله ها بازیافت می شود، زباله سوزها بازده الکتریکی بین ۱۴ تا ۲۸ درصد را تولید می کنند. به منظور جلوگیری از دست دادن بقیه انرژی، می توان از آن به عنوان مثال برای حرارت مرکزی تولید همزمان به کار گرفت.

روش استفاده از سوزاندن برای تبدیل ضایعات جامد شهری (MSW) به انرژی یک روش نسبتاً قدیمی تولید زباله به انرژی است. سوزاندن به طور کلی مستلزم سوزاندن زباله (پسماندهای MSW، تجاری صنعتی و RDF) برای جوشاندن آب که برای ژنراتورهای بخار که باعث ایجاد انرژی الکتریکی و حرارتی در خانه، کسب و کار، مؤسسات و صنایع استفاده می شود، می باشد. یکی از مشکلات مرتبط با سوزاندن MSW و تولید انرژی الکتریکی، پتانسیل آلاینده برای ورود به فضا با گازهای حاصل از دیگ بخار است. این آلاینده ها می تواند اسیدی باشند. از سال ۱۹۸۰ آسیب به محیط زیست به علت ترکیب این آلاینده ها با باران و ایجاد باران اسیدی گزارش شده است. از آن زمان، این مشکل با استفاده از ساییدن آهنی و رسوب الکترواستاتیک در دودکش حذف شده است. با گذشت دود از طریق ساییدن آهنی، هر اسیدی که ممکن است در دود باشد را جدا کرده و مانع از رسیدن اسید به جو و صدمه زدن به محیط زیست می شود. بسیاری از دستگاه های دیگر مانند فیلتر پارچه ای و رآکتورها، نیز در انجام این مهم تأثیر گذارند.

## « فرایند تولید انرژی و بیوگاز

برای تولید انرژی از چندین روش بهره می گیرند. این روش ها عبارتند از:

- فناوری غیر حرارتی (که فرآیند بی هوازی در این طبقه

قرار می گیرد).

- سوزاندن (تبدیل به خاکستر کردن)

- فناوری حرارتی

## « ۱- روش غیر حرارتی (بی هوازی)

تولید برق از زباله با استفاده از نیروگاه های مخصوص انجام میشود. هدف اصلی این نیروگاه ها کاستن از اثرات مخرب زباله ها بر روی کره زمین می باشد. یکی از موفق ترین نیروگاه هایی که اقدام به تولید برق از زباله می کند در کشور فرانسه و شهر پاریس قرار دارد. این نیروگاه ارزشمند در سال ۲۰۰۸ میلادی تاسیس شده است. خوراک این نیروگاه زباله های شهر پاریس می باشد. این نیروگاه میتواند سالانه برق مورد نیاز ۷۹۰۰ خانه مسکونی را در شهر پاریس تامین کند. به عبارت دیگر چراغ ۷۹۰۰ خانه با زباله روشن می شود !!

ابتدا در کارخانه پسماندها در سوله پردازش با مساحت تقریبی ۲۴۰۰ متر مربع تفکیک شده (این مساحت در هر کارخانه میتواند تغییر کند.) و مواد آلی و تجزیه پذیر جدا و سپس وارد دستگاه ریفاینر خرد کن و همگن ساز میشوند و پس از همگن سازی وارد مخزن



نیروگاه تولید برق از زباله در ضلع شمال شرقی تهران

پرچمبر شده و مواد افزودنی توسط واتر تانک به آن اضافه می شود. به مدت ۳ روز در پرچمبر، تجزیه میکروبی و ارگانیک شروع می شود و پس از تجزیه کامل، مواد وارد ۴ مخزن اصلی یعنی هاضم ها گردیده که دارای سقف های پلاستیکی مانند هستند و مواد به مدت ۲۰ روز در دو هاضم اولیه مرتباً توسط همزن زیر و رو شده و ۷۰٪ گاز متان متصاعده توسط لوله های تمام استیل به ژنراتور رسیده که تولید انرژی و برق می نماید و در ادامه وارد دو هاضم ثانویه می شود که باقیمانده گاز متان در آنجا تولید و بدست می آید و نهایتاً مواد وارد مخازن خشک کن شده و تبدیل به کود کمپوست برای مصارف کشاورزی می گردد.

## روش های تولید انرژی از زباله

### فناوری حرارتی

### احتراق

### فناوری غیرحرارتی

تبدیل  
کردن به گاز

تجزیه  
در اثر حرارت

تجزیه  
حرارتی پلیمرها

گازی  
سازی پلاسما

استفاده از  
زباله سوز

تجزیه  
به طریق بی هوازی

تخمیر  
تولیدات

### « ۳- فناوری حرارتی

• تجزیه حرارتی پلیمرها (تولید نفت خام مصنوعی)  
• پلاسما تبدیل به گاز قوس یا فرایند تبدیل به گاز پلاسما: پلاسما در واقع شکل چهارم ماده می باشد. حالت گاز یونیزه ماده را پلاسما می گویند. در روش پلاسما گرمای زیادی (نزدیک به ۱۰۰۰۰ درجه سانتی گراد) تولید می شود. که شبیه آن در خورشید روی می دهد. نکته جالب توجه این است که در این روش هیچ احتراقی صورت نمی گیرد و هیچ ماده سمی نیز تولید نمی شود چرا که در دمای ۱۰۰۰۰ درجه سانتی گراد تمام سموم از بین می رود. این روش تولید انرژی کاملاً دوستدار محیط زیست بوده و قابلیت حذف هر نوع پسماندی را دارد. افزون بر این در این روش نیازی به تفکیک زباله ها از یکدیگر نیست.

### « بحث و نتیجه گیری

انتخاب فناوری مناسب برای تولید انرژی از پسماند های جامد شهری همسو با استراتژی مدیریت آنها قابل انجام می باشد. دفن بهداشتی و تولید برق و حرارت و یا تزریق گاز به شبکه گازرسانی بعنوان پرکاربرد ترین و ارزانه ترین روش و همچنین سوزاندن و پلاسما بعنوان گرانترین فناوری های تولید انرژی هستند.

### « منابع

-<http://irtasisat.com/articles>

- مطالعه پتانسیل اقتصادی منابع زیست توده در جنوب آسیا، خاورمیانه و شرق اروپا، ۲۰۰۵

- بررسی و مقایسه فناوری های تولید برق از پسماندهای جامد شهری-جواد نصیری.

-[www.unep.or.jp/ietc/Publications/spc/Solid\\_Waste\\_Management/Vol\\_I/16-Chapter10.pdf](http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/spc/Solid_Waste_Management/Vol_I/16-Chapter10.pdf)

-[www.ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/rdf.pdf](http://www.ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/rdf.pdf)

در ایران هنوز هم تولید انرژی از سوخت های فسیلی نظیر نفت و گاز متداول تر است. در بسیاری از کشورها استفاده از انرژی هسته ای و انرژی های تجدیدپذیر و یا تبدیل زباله به انرژی، باعث شده که از سوخت های فسیلی به میزان کمتری استفاده شود. آمار استفاده از زباله برای تولید انرژی نظیر الکتریسیته در ایران کاملاً روشن نیست اما در برخی منابع آمده است که کمتر از ۱٪ برق در ایران به این روش تولید می گردد.

# فضاپیمای بدون سرنشین

کیما فلاح

فیزیک مهندسی ۹۳

انسان، موسیقی های مختلف از فرهنگ ها و نواحی گوناگون، سلام و خوش آمد گویی به ۵۵ زبان و پیامی که به زبان فارسی در آن قرار داده شده بود که حاوی شعر «بنی آدم اعضای یکدیگرند» سعدی بود. متن پیام فارسی از این قرار است:

«درود بر ساکنین ماورای آسمان ها، بنی آدم اعضای یکدیگرند، که در آفرینش ز یک گوهرند، چو عضوی به درد آورد روزگار، دگر عضوها را نماند قرار.»

ویجر ۱ اولین فضاپیمایی بود که به اورانوس و نپتون رسید. تقریباً دو سال بعد، در ۱۲ نوامبر سال ۱۹۸۰، ویجر ۱، ۱۲۴۰۰۰ کیلومتر در میان ابرهای زحل نفوذ کرد که معادل یک سوم فاصله زمین از ماه است. اطلاعات مخابره شده از این سیاره بیان می کرد که اتمسفر سیاره ی زحل بیشتر از هیدروژن و هلیوم تشکیل شده است و زحل کمترین چگالی را در میان سیارات منظومه ی شمسی دارد که حتی از آب هم کمتر است. یک سال زودتر pioneer یک جو غلیظ گازی بر روی تایتان، قمر بزرگ زحل، پیدا کرده بود بنابراین دانشمندان تصمیم گرفتند که ویجر ۱ را برای بررسی آن بفرستند. یافته های این فضا پیمای خبر از وجود یکی از اجرام آسمانی دلربای منظومه ی شمسی را به ما می داد، و ادعا می کرد علاوه بر زمین جرم دیگری با سطحی پوشیده از مایع و پایدار وجود دارد. این مایع آب نبود بلکه دریاچه های بزرگی از متان بود.

دانشمندان تصمیم گرفتند ویجر ۱ را به فضای شمالی صفحه ی منظومه ی خورشیدی بفرستند، ولی ویجر ۲ پنج سال بعد پس از طی بیش از یک و نیم میلیارد کیلومتر به اورانوس رسید. یافته های آن حاکی از چرخش عمودی این سیاره، وجود دو حلقه ی جدید نازک از ذرات گرد و غبار و یخ و ۱۰ قمر جدید این سیاره بود. این فضا پیمای توانست قمر میراندا را که یکی از عجیب

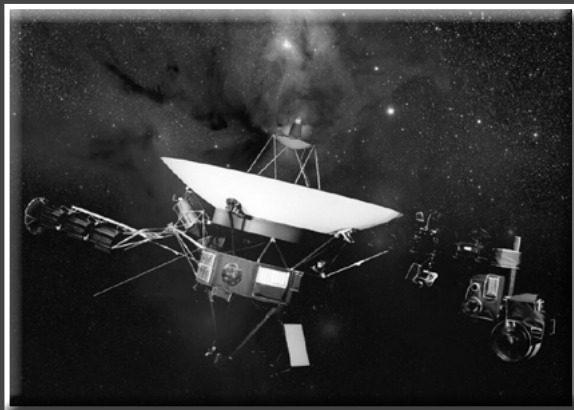
-ترین جرم ها در منظومه ی ماست شناسایی کند. این قمر دارای دره های باریک و عمیق به طول ۱۹ کیلومتر بود و احتمالاً در برخورد با یکی دیگر از ماه های این سیاره در هم شکسته و دوباره در اثر جاذبه به یکدیگر متصل شده است.

پس از گذشت ۱۲ سال از ماموریت ویجر ۲، این فضا پیمای به نپتون رسید. یافته ها نشان می دادند رنگ این سیاره آبی است. احتمالاً

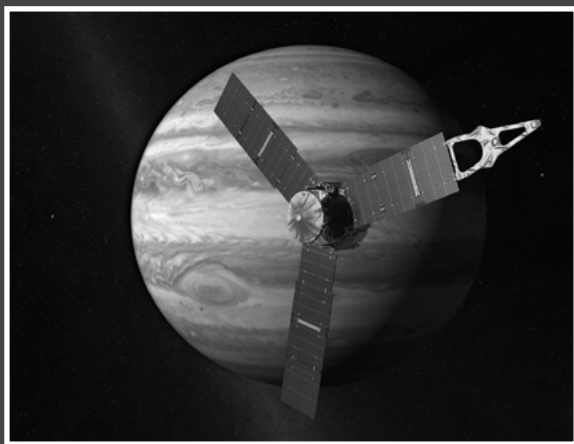
## «فضاپیمای بدون سرنشین سفیران میان ستاره ای»

در دسامبر ۱۹۷۲ فرود کپسول خدمه ی آپولو ۱۷ پایانی طلایی برای سفرهای فضایی سرنشین دار محسوب می شد. برنامه های عطارد (mercury) و برج جوزا (gemeni) و آپولو (Apollo) اثبات کردند که ما میتوانیم انسان را به فضا بفرستیم. بعد از این ماموریت ها دانشمندان دیدگاه تازه و عمیقی پیدا کردند که دوران دسترس نبود. آنها دریافتند که برای کشف حقایق فضا بهتر است به جای فرستادن انسان به فضا از فضاپیماها استفاده کنند که ایده ی جدیدی محسوب می شد.

در اواخر سال ۱۹۷۷ دو فضاپیمای بدون سرنشین ویجر ۱ و ۲ توسط راکت تایتان سنتارا (titan centerra) به فضا پرتاب شدند. ماموریت آنها زمانی آغاز شد که سیاره های خارجی در هم تراز نادری که هر ۱۷۶ سال یک بار روی م دیده قرار داشتند. مسیر این فضاپیماها به گونه ای بود که به نوبت از سیاره ای به سیاره ی دیگر عبور میکردند و برای افزایش سرعت خود و شتاب گرفتن از جاذبه ی هر سیاره استفاده میکردند که به این عمل flyby گفته می شود. Flyby یعنی فضا پیمای به گونه ای وارد میدان جاذبه ی سیاره شود که در مدار آن قرار نگیرد و تنها با استفاده از جاذبه ی آن شتاب گرفته و از کنار آن عبور کند. این فضاپیماها با خود مجموعه ای از تجهیزات علمی حمل می کردند تا اطلاعاتی از دنیای ناشناخته برای ما مخابره کنند. هر کدام مجهز به یک جفت دوربین تصویربرداری بودند که سرعت انتقال داده ی آن کمتر از یک مودم dial up بود. آن ها نسبت به استاندارد های امروزه بسیار ابتدایی بودند ولی این امر باعث توقف ماموریتشان نشد. دوربین ویجرها توانست در آیو، قمر مشتری، ۹ آتشفشان فعال را ثبت کند که از آنها گازهایی در ارتفاع ۳۰۰ کیلومتری با سرعتی معادل یک کیلومتر بر ثانیه خارج می شد. آنها برای رویارویی با موجودات هوشمند فضایی آماده شده بودند و هر کدام با خود یک لوح ۱۲ اینچی مسی با روکش طلا حمل میکردند که شامل چکیده ای از فرهنگ و آثاری از زندگی گونه های مختلف در زمین میشد: ۱۱۵ قطعه عکس آنالوگ، اصواتی از زمین، صدای رعد و برق، صدای گریه ی یک شیرخوار، صدای یک نهنگ وال، صدای برخورد امواج به ساحل، صدای قلب و گام برداشتن



ویجر ۱



جونو

ترکیبات این سیاره ازیخ آب و اتمسفر آن متشکل از هیدروژن، هلیوم و متان است. این سیاره برخلاف فاصله زیادش از خورشید دارای جوی فعال مانند سیاره ی مشتری است به همین دلیل در آن لکه های تیره و روشن دیده می شود. این سیاره نیز حلقه هایی با ضخامت ناچیز دارد.

ویجر ۲ اولین عکس های مربوط به نقطه ی آبی کمرنگ، یعنی جهانی که در آن زندگی میکنیم، در روز ولنتاین سال ۱۹۹۰ به زمین فرستاد و سرانجام پس از گذشت ۱۳ سال از پرتابش، مانند ویجر ۱ راهی فضای بیرون از سیاره های منظومه ی شمسی شد. هر کدام از این فضاپیماها از یک راکتور هسته ای پلوتونیم که توسط ناسا برای مأموریت های deep space طراحی شده بود استفاده می کنند. اکنون ویجر ۱ و ویجر ۲ به ترتیب در حال حرکت به سمت ستاره ی 79AC+ و صورت فلکی قوس (درخشان ترین ستاره ی آن یعنی شباهنگ) هستند.

فضایمای ویجر ۱ در سال ۲۰۰۴ به مرز منظومه ی شمسی، که هلیوپاز نامیده می شود رسیده بود. اینجا جایی است که پلاسمای خورشیدی با پلاسمای میان ستاره ای به تعادل رسیده و سرعت باد های خورشیدی در آن به شدت افت میکند. ویجر ۱ به ابزاری مجهز بود که میتواندست عبور از این منطقه را با دقت مشخص کند، اما این ابزار در سال ۱۹۸۰ از کار افتاد و به همین دلیل، کسی نمیدانست چه قدر طول میکشد تا ویجر ۱ از این منطقه عبور کند. اکنون دانشمندان اعلام کرده اند که این فضاپیما در آگوست ۲۰۱۲ از منظومه خورشیدی خارج و به فضای میان ستاره ای وارد شده است. با توجه به این که فضای بین ستاره ای تقریباً از هر گونه گاز عاری است و خلأ محسوب میشود، فضاپیماهایی مثل ویجر ۱ و ۲ که با سرعت مناسب در حرکت هستند در صورتی که به دام گرانش ستاره یا سیاره یا جرم آسمانی نیفتند، بدون آن که ماده- ای جلوی آن ها مقاومت کند به مسیر خود در فضای بیکران ادامه خواهند داد. و تصور این که این سفینه ها دارای موتور پیش ران هستند نادرست است، چون در فضای بین ستاره ای ماده ای وجود ندارد که موتور نسبت به آن نیروی پیش ران ایجاد کند. با عبور ویجرها از میان حباب های خورشیدی فقط دو یا سه دستگاه آنها سالم میماند و به خاطر عملکرد این دستگاه ها انرژی موجود به صورت تناوبی استفاده می شود. بنابراین سوخت کافی برای تامین عملکردشان فقط تا سال ۲۰۲۵ موجود خواهد بود. به همین خاطر مأموریت این فضاپیماها در این زمان به پایان می رسد.

از فضاپیماهای مهم دیگر میتوان فضاپیماهای جونو (Juno) را نام برد که یک فضاپیما ی رباتیک بدون سرنشین ناسا است که در چهارم ژوئن ۲۰۱۶ در مدار قطبی سیاره ی مشتری قرار گرفت. این کاوشگر فضایی در پنج اوت ۲۰۱۱ از فلوریدا به فضا پرتاب شده و شرکت لاکهید مارتین و موسسه تحقیقات جنوب غربی سازنده و پیمانکار هدایت آن است.

این فضاپیما در مدار قطبی این سیاره قرار گرفته تا ترکیب میدان گرانشی، میدان مغناطیسی و مگنتوسفر مشتری را بررسی کند. جونو همچنین تلاش هایی برای یافتن سرنخ هایی در مورد چگونگی تشکیل شدن این سیاره، از جمله احتمال داشتن یک هسته سنگی، مقدار آب موجود در ژرفای جو آن، توزیع انبوه جرمی و باد های عمیق آن که سرعت آن میتواند تا ۶۱۸ کیلومتر در ساعت برسد، خواهد داشت.

می گیرد، روشی که معمولاً توسط ماهواره های مستقر و مشغول به کار در مدار زمین و یا در منظومه ی شمسی درونی استفاده شده، در حالی که مولد گرما الکتریک رادیوایزوتوپی معمولاً برای مأموریت به بخش بیرونی منظومه شمسی و فراتر از آن استفاده میشود. با این حال برای جونو سه بال خورشیدی که بزرگترین پانلی است که تا کنون بر روی کاوشگرهای سیاره ای مستقر شده، نقش اساسی در ایجاد ثبات در فضاپیما و تولید قدرت بازی کنند. نام این فضاپیما از اساطیر یونانی- رومی برگرفته شده .

#### « منابع

-Nasa.gov  
-Space.com

- کتاب کاوش های فضایی به زبان آدمیزاد از (دکتر سینتیا فیلیس و شیانا پریور) ترجمه حامد خرمی  
- مستند پخش شده در مورد فضاپیماهای ویجر ۱ و ۲ در nasa TV

# نوبل نامه

نمین رستمی

کارشناسی فیزیک مهندسی

آشنایی با برندگان جایزه فیزیک نوبل

## 1921

**نیلز هنریک دیوید بور** در هفتم اکتبر سال ۱۸۸۵ میلادی در کپنهاگ دانمارک به دنیا آمد. پدر او کریستیان بور، استاد فیزیولوژی دانشگاه کپنهاگ و مادرش الن آلدور بور دختر یک خانواده یهودی دانمارکی و سرشناس در مراکز بانکی و پارلمانی بود.

بور در انگلستان پس از همکاری مختصری با جوزف جان تامسون در کمبریج رهسپار آزمایشگاه رادرفورد در منچستر شد. داشتن رابطه با رادرفورد سرمشق حیات علمی بعدی او شد. آن دو از همان نخستین ملاقات با یکدیگر دوست شدند و تا پایان عمر دوستانی نزدیک باقی ماندند. در واقع رادرفورد بود که بور را به بالاترین تراز پژوهش در زمینه ی فیزیک آورد. بور از الگوی هسته ای اتم که در سال ۱۹۱۰ توسط رادرفورد عرضه شده بود استفاده کرد تا نکات زیر را روشن سازد:

۱- خواص شیمیایی یک اتم از جمله جای آن در جدول تناوبی بستگی به آرایش الکترونیهای آن دارد.

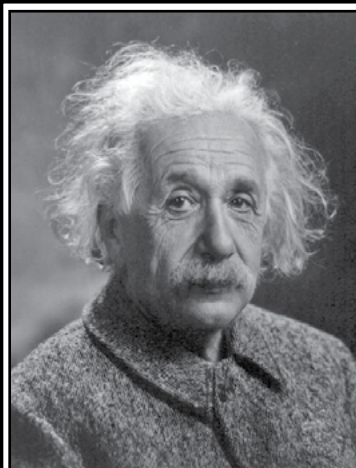
۲- خواص پرتوزایی با هسته مرتبط است.

۳- ایزوتوپها متناظرند با اتمهایی که دارای الکترونیهای یکسان اما هسته های جرمی متفاوت اند.



۴- فروپاشی پرتوزا، بار هسته و در نتیجه تعداد الکترون ها و هویت شیمیایی اتم را تغییر می دهد.

او تلاشهایی بنیادی در زمینه ی شناخت ساختار اتم و مکانیک کوانتوم داشت و برای همین تلاش هایش در سال ۱۹۲۲، به او جایزه ی نوبل فیزیک داده شد.



**آلبرت اینشتین** متولد ۱۴

مارس ۱۸۷۹ در آلمان ، او بیشتر به خاطر نظریه نسبیت و به ویژه هم ارزی جرم و انرژی ( $E=mc^2$ ) شهرت دارد. علاوه بر این، او در بسط تئوری کوانتوم و مکانیک آماری سهم عمده ای داشت. اینشتین جایزه نوبل فیزیک را در سال ۱۹۲۱ برای خدماتش به فیزیک نظری و به خصوص به خاطر کشف قانون اثر

فوتوالکتریک دریافت کرد. او به دلیل تأثیرات چشمگیرش، به عنوان یکی از بزرگ ترین فیزیک دانانی شناخته می شود که به این جهان پا گذاشته اند.

« نظریات

نسبیت خاص

نسبیت خاص یکی از نظریاتی است که اینشتین مطرح کرده و شامل سه پدیده در سرعت های بالا است:

• انقباض طول که کاهش طول جسم در طی حرکت است.

• اتساع زمان که کند شدن زمان است.

• هم ارزی جرم و انرژی یا همان  $E=mc^2$

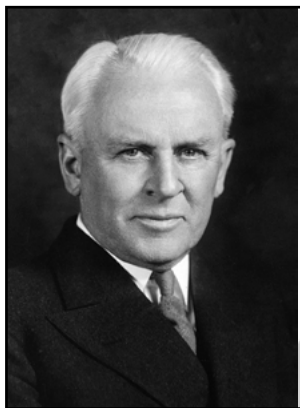
نسبیت عام

این نظریه تعمیمی بر نظریه ی نسبیت خاص و قانون جهانی گرانش نیوتون است که توصیف یکپارچه ای از گرانش به عنوان یک ویژگی هندسی فضا و زمان یا فضا - زمان ارائه می دهد.

در این نظریه فضا-زمان توسط هندسه ی ریمانی بررسی می شود. خمش فضا-زمان مستقیماً با انرژی و تکانه ی کل ماده و تابش موجود متناسب است. این رابطه توسط سیستمی از معادلات دیفرانسیل با مشتقات پاره ای به نام معادلات میدان اینشتین نمایش داده می شوند. پایه ی نظری گرانش در کیهان شناسی، این نظریه و تعمیم های آن است.

## 1922

# 1923



**رابرت اندروز میلیکان زاده ۲۲ مارس ۱۸۶۸** در آمریکا. میلیکان برای اولین بار توانست بار الکترون را توسط آزمایش قطره روغن اندازه گیری کند. او در سال ۱۹۲۳ موفق به دریافت جایزه نوبل برای اندازه گیری بار الکتریکی بنیادی و پژوهش بر اثر فتو الکتریک شد.

اثر فتوالکتریک پدیده‌ای الکترو کوانتومی است که در آن الکترون، بعد از جذب انرژی یک پرتوی الکترومغناطیسی مانند پرتوی ایکس یا انوار مرئی، از ماده گسیل می‌شود. در سال ۱۹۰۵ آلبرت اینشتین توصیفات ریاضی در خصوص پدیده فتوالکتریک، از اینکه چگونه اثر فتوالکتریک به وسیله جذب کوانتوم نور (چیزی که بعدها فوتون نام گرفت) پدید می‌آید، هر چند که نتوانست نظریه‌ی خود را در آزمایشات فیزیکی به اثبات برساند. کار ارزشمند رابرت میلیکان در واقع اثبات تفسیر اینشتین در خصوص پدیده‌ی فتوالکتریک بود. کارهای اینشتین پیش بینی کرد که انرژی یک الکترون جدا شده منفرد با فرکانس پرتوی ورودی یک رابطه خطی دارد که این موضوع را در توصیف‌های ریاضی خود تشریح کرده بود. یعنی با افزایش یکی، دیگری هم افزایش می‌یابد، این مفاهیم مورد قبول بسیاری از دانشمندان قرار گرفت اما کسی نتوانست آنها را در خلال آزمایش نشان دهد تا اینکه در سال ۱۹۱۵ رابرت میلیکان با مجموعه آزمایش‌هایی که طراحی کرد توانست نظریه‌ی اینشتین را اثبات کند.

# 1925



## جیمز فرانک

این فیزیکدان برجسته آلمانی در سال ۱۸۸۲ در هامبورگ متولد شد. وی در ۱۹۰۲ وارد دانشگاه هایدلبرگ شد. در آن سالها فیزیک علمی فراگیر و پرترفدار بود و استادان برجسته‌ای در این رشته به تحقیق و تدریس اشتغال داشتند. فرانک این بخت را داشت که در نزد تعدادی از مشهورترین آنها، دانش‌اندوزی کند و موفق به کسب درجه دکترا در فیزیک گردد.

او جایزه نوبل را در سال ۱۹۲۵ به خاطر کشف قوانین برخورد الکترون‌ها به اتم دریافت کرد.

فرانک کار پژوهشی خود را با نوشتن تزی درباره‌ی مویلیته یا خاصیت تحرک یون‌ها آغاز کرد و در حال انجام این کار بود که به کشف پتانسیل یونیزاسیون و این که مقدار این کمیت از شاخص‌های ویژه‌ی هر عنصر شیمیایی است، نائل آمد.

پژوهش بعدی فرانک روی خاصیت فلوروسانت بخار مولکول‌های دو اتمی بود، که به نوبه خود به کشف یک قاعده‌ی کلی برای توزیع انرژی ارتعاشی در طیف‌های مولکولی منجر گردید این قاعده‌ی کلی پس از آن که کاندون آن را بر اساس مکانیک موجی تفسیر کرد به اصل فرانک - کاندون معروف گردید.

## کارل مان گیورگ سیگن متولد

۳ دسامبر ۱۸۸۶

او جایزه نوبل را به خاطر کشفیات و پژوهش‌هایش درباره طیف سنجی پرتو ایکس در سال ۱۹۲۴ دریافت کرد.

او دستگاه طیف سنج را توسعه داد که به او اجازه اندازه گیری دقیق طول موج‌های اشعه ایکس را می‌داد. سیگن یک قرارداد برای نامگذاری خطوط طیفی مختلف برای عناصر در طیف سنجی اشعه ایکس را ایجاد کرده است.



# 1924



# « دانستنیها

■ ضحی عامری مهابادی - فیزیک مهندسی ۹۳

## « آنچه ما غیر ممکن تلقی می کنیم در حقیقت مشکلات مهندسی اند، هیچ قانون فیزیکی مانع آن ها نمی شود. » میچیو کاکو

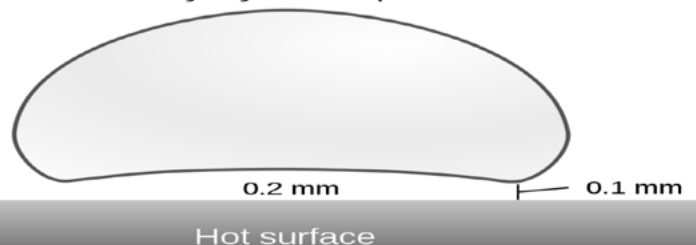
علم شگفت انگیز فیزیک دارای وسعت زیادی است. بسیاری از مواردی که روزمره با آن روبه رو می شویم براساس قوانین فیزیکی شکل گرفته اند و جالب تر از آن اینکه بسیاری از طرح های تخیلی با استفاده از فیزیک ممکن شده اند. در متن ذیل به دو پدیده ی جالب فیزیکی و یک پدیده ی تخیلی که با استفاده از فیزیک ممکن گشت پرداخته ایم.

### دستگاه های نامرئی کننده

پیشرفت سریع تکنولوژی موجب شده بسیاری از ایده های تخیلی به حقیقت مبدل شود. ما تنها هنگامی می توانیم اجسام را مشاهده کنیم که نور برخورد کننده به آن ها به چشم ما بازتاب کند. از گذشته این تئوری مطرح شده بود که مختل کردن مسیر حرکت نور در هنگام برخورد با اجسام می تواند موجب نامرئی شدن آن ها شود. اگر نور بتواند در نزدیکی یک جسم منحرف شود و در نتیجه به چشم انسان نرسد، می تواند از چشم انسان پنهان شود. به تازگی این تئوری با ایجاد منشور شش ضلعی شفاف که نور در اطراف هر جسم را به داخل آن منحرف می کند به حقیقت مبدل شد. برای ساخت این منشور محققان از فراماده ای استفاده کردند که می توانست تابش های الکترومغناطیسی همچون نور را حول جسم خم کند، به گونه ای که تصور شود آن جسم در آن جا حضور ندارد.



Drop of liquid held up by layer of vapor



## آب گرم سریع تر از آب سرد یخ می زند

این رفتار آب که به اثر امپمبا (Mpemba effect) معروف است پدیده ای است که در آن آب هرچه دمایش از دمای اتاق بیشتر باشد سریع تر یخ می زند. این اثر از نام دانش آموز تانزانیایی گرفته شده که دریافت مخلوط بستنی گرم سریع تر از مخلوط سرد یخ می زند. گرچه نام گذاری این پدیده به سال ۱۹۶۰ بر می گردد اما این پدیده قدمتی طولانی دارد و از روزگار قدیم ذهن دانشمندان معروفی همچون ارسطو و رنه دکارت را به خود مشغول کرده بود. دانشمندان عوامل مختلفی را در پدید آمدن این اثر همچون ۱. تبخیر، ۲. گازهای حل شده در آب، ۳. اثر سطح داغ و ۴. اثر محیط اطراف موثر دانستند اما نتوانستند دلیل واحدی برای آن پیدا کنند.

سرانجام در سال ۲۰۱۳ (۱۳۹۲) گروهی از دانشمندان سنگاپوری این معمای پیچیده را حل کردند. به گفته ی آنان اثر امپمبا در نتیجه ی رفتار منحصر به فرد پیوندهایی است که مولکول های آب رادر کنار یکدیگر نگه می دارد. پیوندهای هیدروژنی موجب می شوند تا مولکول های آب در تماس نزدیک با یکدیگر قرار گیرند که خود موجب دافعه ی طبیعی بین مولکول های آب می شود و در نتیجه پیوندهای بین اتم های اکسیژن و هیدروژن اتساع می یابند و در عین حال انرژی را در درون خود ذخیره می کنند. هنگامی که مایع گرم می شود پیوندهای هیدروژنی اتساع می یابند و مولکول ها در فواصل دورتری از یکدیگر قرار می گیرند. هنگامی که مولکول ها دوباره منقبض می شوند و انرژی خود را رها می کنند، آب شروع به خنک شدن می کند که به این معناست که آب گرم زودتر از آب سرد یخ می زند.



## فرو کردن دست در سرب داغ

قطعا انجام چنین عملی موجب آسیب دیدگی دست می شود اما اگر قبل از فرو کردن دست در داخل آن دست خود را با آب خیس کنید به طرز عجیب آمیزی دست شما از آسیب مصون می ماند. البته نباید مدت طولانی دست را در داخل آن قرار داد و باید فوراً دست را از آن خارج کرد. اما به چه علت مرطوب بودن دست مانع از آسیب دیدگی آن می گردد؟ علت آن اثر لیدن فراست است. لیدن فراست پدیده ای است که اگر مایع در نقطه ای قرار گیرد که بسیار بالاتر از دمای نقطه ی جوش آن است در این صورت لایه ای از بخار دور مایع ایجاد می شود و از آنجایی که رسانایی گرمایی گاز پایین است، مایع را از جوشش سریع محافظت می کند.