

## دانشگاه زنجان دانشکده فنی و مهندسی

### گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش : مخابرات

عنوان

### معلق سازی اجسام در میدان مغناطیسی

استاد راهنما

دکتر زلفخانی

نگارش

هادی نصیری

تیرماه ۹۲

## تقدیر و تشکر

شایسته است که از زحمات استاد گرامی دکتر حبیب الله زلفخانی که در تمام مراحل انجام این پروژه بنده را یاری نموده و راهنمایی های ایشان تاثیر بسزایی در گرد آوری این مجموعه داشته است صمیمانه تشکر

نمایم. بی شک از مهم ترین عوامل انگیزه بخش در این کار پی گیری های دقیق و تلاش های مستمر ایشان در این مسیر بوده است.



## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل ۱- کلیات

- ۱-۱- تاریخچه ..... ۲
- ۲-۱- آهنربا ..... ۶
- نظریه اول آهنربایی ..... ۱۲
- نظریه دوم آهنربایی ..... ۱۲
- انواع آهنربای دائم ..... ۱۲
- آهنربای آلنیکو ..... ۱۳
- آهنربای فریت ..... ۱۳
- آهنربای سارماریوم - کبالت ..... ۱۳
- ۳-۱- پدیده القای الکترومغناطیسی ..... ۱۴
- نیروی لورنتس ..... ۱۵
- میدان الکتریکی 'E' ..... ۱۵
- اختلاف پتانسیل الکتریکی ..... ۱۶

### فصل ۲- تحلیل پرواز مغناطیسی

- ۱-۲- پرواز مغناطیسی ..... ۱۹
- مزایای پرواز مغناطیسی ..... ۱۹
- اساس کار پرواز مغناطیسی ..... ۱۹
- آزمایش ..... ۲۰
- بالابر مغناطیسی ..... ۲۰
- تشریح جریان گردابی ..... ۲۱
- اثر سطحی ..... ۲۳
- ابرساناهای مرسوم ..... ۲۶
- کاربردها ..... ۲۹
- ۳-۲- معلق نگهداشتن اجسام در حضور جاذبه ..... ۲۹
- آهنربای الکتریکی ..... ۳۱
- ساخت آهنربای الکتریکی ساده ..... ۳۲
- ساختار آهنربای الکتریکی ..... ۳۲

ژیروسکوپ ..... ۳۲

خاصیت صلب بودن ژيروسکوپ : ..... ۳۴

### فصل ۳- کنترل جسم معلق

۳-۱- مگنتیک لوییشن و مگنتیک سوپینژن ..... ۳۹

اثر مایسنر و ابرساناها ..... ۴۳

الکترومگنتیک سوپینژن ..... ۴۴

۳-۲- سنسور اثر هال ..... ۴۶

سنسورهای مجاورتی ..... ۵۲

سنسور ماشین های اداری ..... ۵۳

ضریب هال ..... ۵۴

تئوری ..... ۵۴

اثر هال در نیمه هادی ها ..... ۵۶

۳-۳- قطارهای شناور مغناطیسی ..... ۵۷

پیش رانش الکترومغناطیسی ..... ۵۷

قطار برقی ..... ۵۹

نگاهی به مزایا و معایب تکنولوژی مگلو EMS ( سیستم تعلیق الکترو مغناطیسی ) : ..... ۶۰

سیستم مغناطیسی پایدار EDS : ..... ۶۱

مقایسه ماگلو با قطارهای مرسوم ..... ۶۲

منابع و مآخذ ..... ۶۳

## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۲- نمایش اثر مایسنر ..... ۲۴
- شکل ۲-۲: آهنربای معلق بالای ابررسانا ..... ۲۴
- شکل ۳-۲: مقایسه رسانش در دو حالت ..... ۲۵
- شکل ۴-۲: نمایش خطوط شار مغناطیسی در حالت ابررسانایی ..... ۲۷
- شکل ۵-۲: آهنربای دائمی بین دو قطعه دیا مغناطیس ..... ۳۰
- شکل ۶-۲- آهنربا بر فراز یک ماده دیا مغناطیس ..... ۳۰
- شکل ۸-۲: تعلیق بر اثر خاصیت دافعه ..... ۳۱
- شکل ۹-۲: نمایش ژيروسکوپ ..... ۳۴
- شکل ۱-۳ لویترون ..... ۴۲
- شکل ۲-۳ دیسک معلق ..... ۴۴
- شکل ۳-۳: نمایش بلوک دیاگرامی کنترل جسم معلق با فیدبک ..... ۴۵
- شکل ۴-۳: جسم معلق بوسیله آهنربای الکترومغناطیسی ..... ۴۵
- شکل ۵-۳: سنسور اثر هال ..... ۴۸
- شکل ۶-۳: طرز کار سنسور هال ..... ۴۹
- شکل ۷-۳: نمایش مداری سنسور هال ..... ۴۹
- شکل ۸-۳: نمایش مداری سیستم حسگر ..... ۵۰
- شکل ۹-۳: قرار گرفتن حسگر در مدار کاربردی ..... ۵۱
- شکل ۱۰-۳: نمایش حسگر ترتیبی ..... ۵۲
- شکل ۱۱-۳: نمایش حسگر ترتیبی سلکتوری ..... ۵۲
- شکل ۱۲-۳: حسگرهای مجاورتی ..... ۵۳
- شکل ۱۳-۳: نمایش حسگر اداری ..... ۵۳
- شکل ۱۴-۳: ولتاژ اعمال شده به حسگر ..... ۵۴
- شکل ۱۶-۳: نمای داخلی قطار مگلیو ..... ۶۲

## چکیده

این پروژه روش های معلق کردن اجسام را بررسی می کند. در این مجموعه تلاش شده است که روش های مختلفی از معلق کردن اجسام بوسیله میدان مغناطیسی بررسی شود. برای آشنایی بیشتر با هر فصل خلاصه از هر فصل بیان می شود. **فصل ۱** مقدماتی از آهنربا و مغناطیس و تاریخچه پیدایش این پدیده بیان می کند. در این فصل پدیده الکترومغناطیس توضیح داده می شود و اثرات ناشی از این پدیده بر روی اجسام توضیح داده می شود و در حقیقت پایه ای برای فصول بعد است.

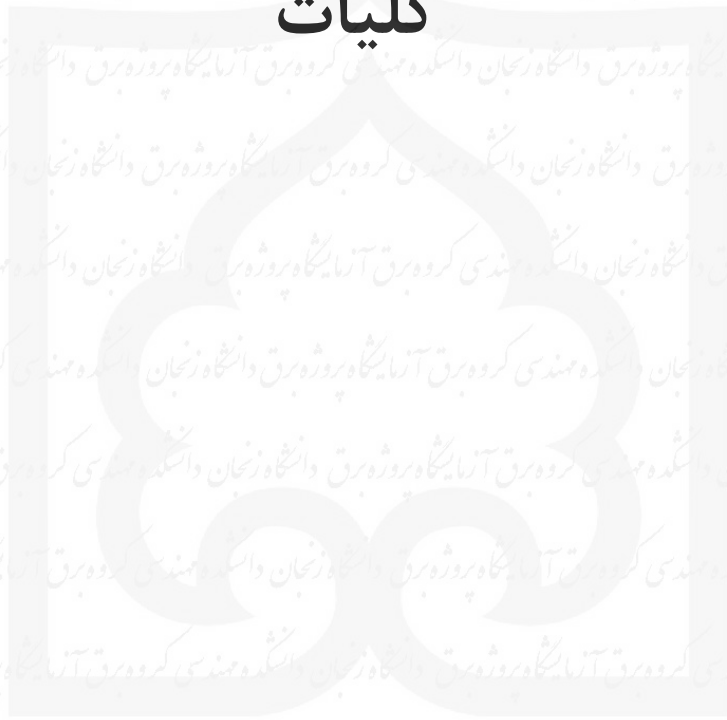
**فصل ۲** به موضوع پرواز مغناطیسی می پردازد و در ادامه ابررساناها را توضیح می دهد و از این مفهوم به روش های معلق کردن اجسام در میدان های مغناطیسی می پردازد و حالت های مختلف معلق شدن جسم در میدان مغناطیسی را نشان می دهد.

**فصل ۳** در این فصل ابتدا مفهوم کنترل بررسی می شود و نشان می دهد که چگونه با استفاده از حسگر حال می توان موقعیت جسم معلق را بررسی کرد. در این فصل کاربرد فیدبک در سیستم مغناطیسی بررسی می شود و چگونگی بدست آمدن یک سیستم معلق پایدار نشان داده می شود.

# پایان نامه کارشناسی

## فصل ۱

### کلیات



## ۱-۱- تاریخچه

از زمانی که پدیده مغناطیس شناخته شد و انسان از آن استفاده نمود، قرن‌ها می‌گذرد. اولین ماده مغناطیسی که مورد استفاده قرار گرفت مگنتیت بود که به طور طبیعی دارای خاصیت مغناطیسی است. در گذشته‌های دور، آهنربا از معادن غنی از مگنتیت در ناحیه مگنیزیا واقع در ترکیه امروزی بدست می‌آمد و به همین دلیل امروزه این مواد را مگنت می‌نامند. نوشته‌های سقراط و تالس نشان می‌دهد که یونانیها ۶۰۰ سال پیش از میلاد مسیح آهنربا را می‌شناختند و دریافته بودند که با مالش آهن بر روی مگنتیت، می‌توان خاصیت آهنربایی را به آن القا کرد. چندی بعد مشخص شد که اگر یک تکه سوزنی شکل آهنربا بر روی آب شناور شود و یا با نخ آویزان شود، جهت خاصی را نشان می‌دهد و این در واقع کشف قطب نما بود. چینی‌ها ۵۰۰ سال پیش از میلاد مسیح از قطب نما استفاده می‌کردند.

سالها بعد پرگنیز در قرن ۱۳ میلادی کشف کرد که آهنربا دارای دو قطب می‌باشد که قدرت آهنربایی در این دو نقطه از سایر جاهای آن بیشتر است. این کشف، مسأله جذب یا دفع دو آهنربا، با توجه به جهت گیری نسبی آنها را توجیه می‌کرد. در اواسط قرن هیجدهم کولمب موفق به اندازه‌گیری نیروی بین دو آهنربا شد و چند سال بعد اولین آهنربای ساخت انسان از جنس فولاد تهیه گردید. در سال ۱۸۲۰ میلادی هانس کریستین اورستد مشاهده کرد که قطب نما در نزدیکی سیم حامل جریان الکتریکی، درست مانند حالتی که در نزدیکی یک آهنربا قرار می‌گیرد، منحرف می‌شود و به این ترتیب ارتباط مستقیم بین الکتریسیته و مغناطیس کشف شد و تفسیر برخی پدیده‌های مغناطیسی امکان پذیر گردید.

در یک تعریف کلی، اگر دو جسم با توجه به جهت گیری نسبی همدیگر را دفع یا جذب کنند، آهنربا نامیده می‌شوند. اجسام دیگری هم وجود دارند که همواره جذب آهنربا می‌شوند، اما هیچگاه دفع نمی‌شوند. این اجسام، مواد مغناطیسی نامیده می‌شوند. با این تعریف ملاحظه می‌گردد که بیشتر اجسام غیرمغناطیسی هستند. امروزه مواد مغناطیسی کاربرد بسیار زیادی پیدا کرده‌اند. اما از آنجا که بیشتر در داخل تجهیزات مورد استفاده قرار می‌گیرند، وسعت کاربرد آنها به چشم نمی‌آید. هسته ترانسفورماتورها، بسیاری از قطعات و تجهیزات کامپیوترها نظیر دیسکهای نرم، سخت و فشرده، برخی قطعات اتومبیل نظیر استارت، حس گر پمپ‌های سوخت الکتریکی، تجهیزات پزشکی، رادیوها، نوارها، دوربین‌های عکاسی، بسیاری از تجهیزات موتوری و... همگی نیازمند مواد مغناطیسی هستند. حتی کاربرد Si در صنعت آهنربا بیشتر از مصرف آن در صنعت نیمه هادیها می‌باشد. با توجه به توسعه فناوریهای تولید انواع آهنربا و همچنین ابداع ترکیبات جدید مواد مغناطیسی، آینده بسیار روشنی در انتظار صنعت آهنرباست و سرمایه‌گذاری قابل توجهی در این زمینه در سراسر جهان صورت می‌گیرد.



دموکریتوس، که یکی از فلاسفه بزرگ باستان و بنیانگذار تئوری اتمی است، معتقد است که میان سنگ مغناطیسی جریانی از ذرات بسیار ریز به نام اتم وجود دارد. و در این جریان هنگامی که اتم به آهن یا سنگ مغناطیسی دیگر برخورد می کند، در برگشت به سوی سنگ منطیس، سبب می شود که آهن را به دنبال خود بکشاند. ویلیام گیلبرت یکی از نخستین دانشمندانی است که در زمینه مغناطیس دست به آزمایش ها و بررسی های اساسی کرد. او مشاهده کرد که براده های آهن در اطراف سنگ مغناطیس در راستای منظمی قرار می گیرند. و همچنین سنگ مغناطیس در حالت آویزان یا حتی سوزن های آهنی در حالت شناور در راستای شمال-جنوب قرار می گیرند. او چنین پنداشت که علت این امر آنست که زمین یک سنگ مغناطیس بسیار بزرگیست که اینگونه عمل می کند. او برای اثبات نظریه خود، یک سنگ مغناطیس را به صورت یک کره بزرگ در آورد و سپس در اطراف و بر روی سطح این کره، سنگ های مغناطیسی کوچک و براده های آهنی قرار داد و مشاهده کرد که این براده ها در راستای شمال-جنوب قرار می گیرند.

مغناطیس و الکتریسیته تاریخی طولانی و درازی دارند. الکتریسیته و مغناطیس ابتدا در قرن هشتم قبل از میلاد مورد توجه یونانیان باستان قرار گرفتند. مهمترین عاملی که موجب جذب و توجه مردم به الکتریسیته و مغناطیس شد، دو ماده طبیعی کهربا و کانی مگنتیت (سنگ مغناطیس) بود. کهربا، شیره برخی از درختانی است که چوب نرمی دارند؛ هنگامی که این شیره از درخت بیرون می آید، پس از مدتی سفت می شود. این جامد سفت که رنگی بین قهوه ای و زرد دارد، کهرباست. و اگر کهربا را به پارچه ای بمالیم، باردار شده و می تواند تکه های برگ یا کاغذ را جذب کند.

سنگ مغناطیس، همان اکسید آهن است؛ که براده های آهن را جذب می کند. سنگ های مغناطیسی می توانند یکدیگر را جذب کنند. و علت این نامگذاری آنست که این سنگ در منطقه ای به نام "مگنزی" یا "مغناطیس" برای نخستین بار کشف شد. که به ماهیت این سنگ، مغناطیس گفته می شود. اگر یک تکه از این سنگ ها را بر روی آب شناور کنیم، جهت آن در راستای شمال-جنوب قرار می گیرد. همین خاصیت سنگ مغناطیسی سبب شد که در قرون گذشته دریانوردان از آن بعنوان جهت یاب استفاده کنند.

همگی ما داستانهایی از ایکاروس و پدرش دیدالوس و روایت های جدیدتر از تجربیات لئوناردو داوینچی و دیگر مردان پرنده را شنیده ایم. اما قهرمان واقعی به عنوان انسان پرنده همانا اوتو لیلینتال می باشد. کسی که دهه ۱۸۸۰ در آلمان بالهای خفاهی شکل را ساخت. وی قریب به ۱۰۰۰ پرواز انجام داد، که شباهت زیادی به پروازهای امروزی داشت. وی به طور مستقیم تاثیر بسیاری بر روی آزمایش کننده های بعد از خود از جمله برادران رایت داشت. برادرانی که دو دهه بعد از او هواپیمای واقعی را ساختند.

اولین بار که چتر نجات به عنوان وسیله ای غیر از ابزاری برای فرود استفاده شد، در جنگ جهانی اول بود. ارتش دسته ای از سربازان شجاع را به کار گرفت که با چترهایشان به انتهای زیر دریاییها ببنند تا بتوانند از بالا آنچه لازم است بینند و گزارش دهند. طبق گزارشات این سربازان از این تجربه بسیار لذت می بردند.

البته به جز در مواقع خطرناکی که زیر دریایی مجبور می شد پیش از آنکه آنها را پایین بکشد در آب فرو رود. این عمل وحشتناک و هراس آور خیلی باید ظالمانه بوده باشد.

این تجربه اولیه از آنجا که نشان داد چتر نجات می تواند مانند یک هواپیما عمل کند دارای اهمیت زیادی است هر چند چترهای گرد با قدرت مانور کم مورد استفاده قرار می گرفت. بعد از جنگ جهانی اول، در آلمان و هلند با استفاده از یدک کشی زمینی، پیشرفتهایی در این زمینه صورت گرفت.

اما جنگ جهانی دوم به این تفریح پایان داد. بعد از فروکش کردن آتش جنگ هزاران پایگاه هوایی متروکه در اروپا و آمریکا به جا ماند که محلهای مناسبی برای چتر بازی شدند. بدین ترتیب فعالیتها در این زمینه گسترش یافت.

امکانات هنوز با وضعیت مطلوب خیلی فاصله داشت. با این حال برای استفاده از چترهای مدور نیروی زیادی برای برخاستن لازم بود. علاوه بر این خیلی قابل کنترل نبودند. محل و وضعیت فرود بعد از رها شدن از

طناب کششی خیلی قابل پیش بینی نبود. تا اینکه پاراکامندر پا به عرصه وجود گذاشت. شکل جدیدی از چترهای نجات به شکل مستطیل و دوکی شکل با تکه ها و منافذ بزرگتر برای پیشروی به سمت جلو و

امکان هدایت بهتر. این نوع چتر توسط شرکت سازنده چترهای نجات در اواخر ۱۹۵۰ تولید و موجب انقلابی در وضعیت چتر بازی و عملیات یدک کشی شد. بر خلاف نوع مرسوم که حرکتی نزولی و تقریباً عمودی

داشتند این چترها در اثنای کاهش ارتفاع پیشروی کمی نیز داشتند. پاراکامندر به دلیل سرعت کمتر و نیاز به نیروی بکسل کمتر ایمن تر بود. گردشگران خیلی زود راه جدیدی

برای خرج کردن پولهای خود پیدا کردند. پرواز بر فراز سواحل زیبای دنیا زیر چترهای قابل کنترل! گام بعدی در تکامل این وسیله توسط سازمان ناسا برداشته شد. آزمایشات آنان در غالب ساخت موشک،

راهگشای طراحی چترهای گوناگون در زمینه چترهای قابل هدایت از جمله بالهای روگالو شد که خیلی زود منجر به ساخت **gliders hang** و **ram air parachute** گردید که اینها هم به نوبه خود انقلابی در

ورزشهای چتر بازی بود. که در آخر منتهی به **paragliding** شد. فرانسویس روگالو به دلیل انقلاب عظیم در ساخت ابتدایی **hang gliders** و **paraglider** به شهرت فراوانی رسید.

سرانجام یدک کشی با چتر عامل تحریک گروهی شد که اتحادیه هوانوردی انگلستان را اوایل دهه ۱۹۷۰ در کوتاهترین مدت تشکیل دهند. به هر حال روحیه رقابت، خود را نشان داد و آنهایی که زمانی مسافر بودند

تبدیل به خلبانانی شدند که از **Towline** رها می شدند و در آسمان به سمت زمین شناور گشته تا مهارتهای خود را در فرود بروی یک نقطه مشخص شده امتحان کنند.

مشکل این چترهای **ram air** نرخ نزول بالا و تکنیک بسیار ضعیف فرود آمدن بود به طوری که غالباً منجر به آسیب دیدن قوزک پا میشد این مشکل زمینه ساز تحقیقات بیشتر برای دستیابی به کارکرد بهتر و ویژگیهای ایمن تر شد.

گری یاربنِت (Grey yarbenet) یک چتر باز مجرب از شهر Erie ایالت پنسلوانیا ایالات متحده در سال ۱۹۶۸ مدل تغییر یافته ای از وسیله حمل Towline و Slope را عرضه کرد. چتری که وی استفاده کرد شباهت زیادی به پاراگلایدرهای سالهای میانه دهه ۱۹۸۰ داشت. عکسی که از وی باقی مانده با تاریخی که در حاشیه آن به چشم می خورد هیچ شکی باقی نمی گذارد که ادعای وی به عنوان آغازگر ورزش کنونی درست است. احتمالاً افراد دیگری در زمان مشابه کارهایی کرده اند ولی پیشرفت ناگهانی glider hang اوایل دهه ۷۰ توجه ها را از Parachout به سوی خود منحرف کرد هر چند تمایل برای اجرای بهتر hang glider موجب نشده بود تا در دهه ۷۰ وسایلی که خلبانان برپشت خود به بالای کوه می بردند سنگین شوند چترها ظاهر بهتری پیدا کردند.

سال ۱۹۷۸ چتربازان فرانسوی betemps, andre bohn, Gerard boson jean cloude تکنیک دوییدن و اوج گرفتن از slope در mieussy فرانسه اصلاح کردند. تلاشهای آنان خیلی زود توجه ها را به خود جلب کرد و mieussy تبدیل به کعبه آمال پرواز با پاراگلایدر شد. مدت زیادی نگذشته بود که کوهنوردان وارد صحنه شدند و سراسر آسمان رشته کوههای آلپ آراسته به بالهای رنگارنگ درخشان شد. وقتی صحبتها درباره چتربازی در انگلستان به گوش جان هاربت و اندره کرلی دو سازنده چتر نجات رسید آنها سرشوق آمدند خیلی زود متوجه شدند که هر چه قدر ابعاد چتر بزرگتر باشد و دارای منافذ کمتری، عملکرد بهتری خواهد داشت. این تجربه باعث شد جان هابت اولین test pilot سازنده و مربی paragliding شد.

یکی دیگر از اولین سازنده های Isurent kalbermatten فرانسوی بود که شرکت Ailes dek را راه اندازی کرد.

طراحی و ساخت پاراگلایدر به سرعت رو به رشد بود و دیگر کار بجایی رسیده بود که عدم وجود مواد اولیه ساخت مناسب عامل کندی در طراحیها می گردید. امروزه تهیه یک پاراگلایدر خوب و مطمئن با هزینه کمی امکان پذیر است و اغلب علاقه مندان به آسمان به سادگی میتوانند پرواز کردن را بیاموزند و دل به آسمان بسپارند.

تلاشهای بسیاری که بشر برای پرندگی آسا شدن خویش به خرج داده است تاریخ پرفرازونشینی به قدمت زندگی بشر دارد. ایکاروس - دادالیوس - کیکاووس پادشاه ایران و..... همه شیفتگان اسطوره ای پرواز بوده اند. اما آنچه بدیهی بنظر میرسد تلاش عملی لئوناردو داوینچی مهندس نابغه ایتالیایی برای اختراع یک ماشین پرواز است گرچه بخاطر پرواز نافرجام شاگردش کنار گذاشته شد. یکی از پیشگامان اصلی و اساسی پرواز " اتو لیلینتال " مهندس ممتاز رشته مکانیک از آلمان ( ۱۸۹۶ - ۱۸۴۸ ) میباشد که قبل از برادران "رایت " پروازی واقعی با استفاده از دو بال پرندگی را در تاریخ به ثبت رساند که بعدها ایده اصلی ساخت کایت یا هواسر توسط دکتر فرانسیس روگالو مهندس سازمان فضایی ناسا قرار گرفت هرچند که وی این بال را به

عنوان چترنجات عملیاتی برای وسایل نقلیه فضایی سرنشین دار ( ونه ورزشی و تفریحی ) ابداع نمود ولی بسیاری از شیفتگان پرواز بواسطه شایستگی پرواز قابل کنترل و سادگی ساختمان این وسیله شیفته آن شدند و با پیشرفتهای بعدی در دهه ۱۹۶۰ و کسب تجربیات و اصلاح اشکالات و خطاها رویای باستانی بشر (پرواز آزاد) محقق گردید و اکنون این ورزش بابالهای متنوع و مختلف در سراسر دنیا عمومیت یافته و هرروزه با پیشرفت تکنولوژی ساخت آنها و افزایش هرچه بیشتر ایمنی آن و کاهش قیمت با مقبولیت عامه مردم روبرو شده و در سراسر جهان همه ساله مسابقات و جشنواره های متنوعی با شور و هیجان خاصی برگزار میشود که این خود باعث رونق صنعت جهانگردی و گردشگری و آشنایی با مناطق زیبا و بکر منطقه گشته و متعاقب آن افزایش درآمد برای ساکنین آن میگردد.

## ۱-۲- آهنربا

به اشیایی که میدان مغناطیسی تولید کنند، آهنربا گفته می شود. معنای لغوی آهنربا از دو بخش آهن و -ربا از فعل ربودن تشکیل شده. کاربرد واژه هایی مانند آهنربا و کهربا در فارسی پیشینه طولانی دارد. برابر اروپایی آن: اولین شرح مغناطش به یونانیان قدیم باز می گردد که این اسم را به مغناطیس دادند. این اسم از مگنیزیا که نام یک دهکده یونانی است، مشتق شده است. از لحاظ لغوی Magnet به معنی «سنگی از مگنیزیا» است. این سنگ حاوی مگنتیت بود و هنگام مالش آن به آهن، آن را آهنربا می کرد. تاریخچه تلاش جدی برای استفاده از قدرت پنهان مواد مغناطیسی بسیار پس از کشف آن انجام شد. به عنوان مثال در قرن ۱۱۸م با ادغام تکه های کوچک مواد مغناطیسی تکه ای بزرگتری بدست آمد که مشخص شد توانایی بلند کردن قابل توجهی دارد. پس از اینکه اورستد در سال ۱۸۲۰ کشف کرد که جریان الکتریکی می تواند میدان مغناطیسی به وجود آورد، پیشرفت های زیادی در این زمینه حاصل شد. استورگن دانش خودش را با موفقیت برای ساخت اولین آهنربای الکتریکی در سال ۱۸۲۵ بکار برد. با اینکه دانشمندان زیادی (از قبیل گاوس، ماکسول و فارادی) با این پدیده از دیدگاه تیوریک درگیر شدند، اما توصیف درست مواد مغناطیسی به فیزیکدانان قرن ۲۰ ام نسبت داده می شود. کیوری و ویس در شفاف سازی پدیده های مغناطش دائمی و وابستگی دمایی آن موفق بودند. ویس فرضیه ای وجود حوزه های مغناطیسی را مطرح کرد تا توضیح دهد که مواد چگونه می توانند آهنربا شده یا خاصیت مغناطیسی کل آنها صفر شود. جزییات خواص دیواره های این حوزه های مغناطیسی توسط بلوچ، لاندو و نیل بررسی شد. کاربرد مواد مغناطیسی جزء جدانشدنی فناوری مدرن هستند. آهنرباها یکی از اجزای مهم بسیاری از وسایل الکترونیکی و الکترومکانیکی هستند. کاربرد عمده ای آهنرباها در تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی و بالعکس است. (مانند موتورهای الکتریکی و ژنراتورها)

در آهنربا یا همان سنگ مغناطیسی، دو ناحیه وجود دارد که نسبت به سایر نقاط دیگر آهنربا، خاصیت جذب براده های آهن بیشتر و راستای این براده ها به سمت این نواحی است. که به این دو ناحیه، قطب های مغناطیسی می گویند. اگر آهنربا را شناور قرار دهیم، قطبی که به سمت شمال است را قطب شمال یا شمال یاب، و قطب مقابل آن را قطب جنوب یا جنوب یاب می گویند. پس هر ماده مغناطیسی از دو قطب شمال و جنوب تشکیل شده است. در مغناطیس مانند الکتریسیته، قطب های ناهمنام یکدیگر را جذب و قطب های همنام یکدیگر را دفع می کنند. در هر خاصیت مغناطیسی، نیروی دفع و جذب نیز وجود دارد. آزمایش ها نشان می دهد که اگر در اطراف یک آهنربا، قطب نما یا سنگ های مغناطیسی کوچک قرار دهیم، نیروی حاصله از مغناطیس بر قطب های آن ها اثر گذاشته، به طوری که قطب شمال قطب نما به سمت قطب جنوب آهنربا و بالعکس قرار می گیرد. و این نشان می دهد، که در نقاط اطراف آهنربا، نیرویی وجود دارد که بر قطب های قطب نما وارد می شود و آن را در راستای مشخصی قرار می دهد. که به مجموعه ای از این نیروها یا نقاط، میدان مغناطیسی می گویند. میدان مغناطیسی اطراف آهنربا را توسط خطوطی نشان می دهند. جهت این خطوط از شمال به جنوب است دارای ویژگیهای زیر می باشند :

۱) خطوط همانطور که قبلا گفته شد راستا و جهتشان از شمال به جنوب است

۲) خطوط یکدیگر را قطع نمی کنند

۳) تراکم خطوط در نزدیکی قطب ها بیشتر از نواحی دیگر است و این نشان دهنده آن است که نیروی مغناطیسی در این نواحی زیاد است

۴) برآیند نیروهای مماس بر خطوط میدان در یک نقطه برابر با نیروی مغناطیسی در آن نقطه است

اکنون به سراغ علت تاثیر نیروی مغناطیسی بر براده های آهن می رویم. می دانیم که الکترون در ساختار تمام اجسام وجود دارد که الکترون ها دارای دو قطب مغناطیسی می باشند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که تمام اجسام از ذراتی تشکیل شده اند که دارای دو قطب مغناطیسی هستند که به این ذرات، دو قطبی مغناطیسی می گویند و به موادی که دارای دو قطبی مغناطیسی هستند، مواد مغناطیسی می گویند. البته لزومی ندارد که بگوییم این دو قطبی ها همان الکترون ها هستند بلکه این دو قطبی ها ذرات بنیادی مغناطیس هستند همانطور که از الکترون بعنوان بار بنیادی در الکتریسیته یاد می کنیم. این دو قطبی های مغناطیسی مانند یک آهنربا عمل می کنند و در اطراف خود میدان مغناطیسی تولید می کنند. آهن نیز دارای این دو قطبی های مغناطیسی است اما در آهن دو قطبی های مغناطیسی به گونه ای رفتار می کنند، که خاصیت مغناطیسی یکدیگر را خنثی می کنند. و هنگامی که در یک میدان مغناطیسی قرار می گیرند، بر این دو قطبی ها نیروی مغناطیسی وارد می شود، به طوری که قطب شمال تمام این دو قطبی ها در جهت خطوط میدان قرار می گیرند. و آهن ساختار ساختمانی منظمی پیدا می کند و به یک آهنربا تبدیل می

شود. که از آن می توان بعنوان یک قطب نما استفاده کرد. اگر این آهنربا را به دو قسمت تقسیم کنیم، این آهنربا باز هم خاصیت مغناطیسی خود را حفظ می کند، زیرا دو قطبی های مغناطیسی در یک جهت قرار دارند و این دو قطبی ها عامل ایجاد خاصیت مغناطیسی در آهنربا هستند.

مواد مغناطیسی از نظر رفتار دو قطبی های مغناطیسی به سه دسته تقسیم می کنند:

### الف) مواد پارامغناطیس      ب) مواد دیامغناطیس      پ) مواد فرومغناطیس

**الف) مواد پارامغناطیس:** موادی هستند که حرکت و جنبش دو قطبی هایشان راحت و آسان تر است. هنگامی که این مواد را در میدان مغناطیسی قرار دهیم، بر دو قطبی های آن نیرو وارد شده و تعداد زیادی از آن ها در خطوط میدان به طوری که قطب های شمال در جهت خطوط قرار می گیرند. و این امر سبب می شود که این مواد به یک آهنربای قوی تبدیل شود. اما چون حرکت و جنبش این دو قطبی ها سریع است، با برداشتن این مواد از میدان مغناطیسی، این دو قطبی ها به سرعت از مسیر خطوط خارج و به حالت کاتوره ای قبلی برمی گردند و این مواد در خارج از خطوط میدان به سرعت خاصیت مغناطیسی خود را از دست می دهند. مانند آلومینیوم.

**ب) مواد دیامغناطیس:** مواد دیامغناطیس موادی هستند که اگر در میدان مغناطیسی قرار بگیرند از آهنربا دفع می شوند. در این مواد برآیند گشتاور دو قطبی مغناطیسی صفر است و در واقع فاقد دو قطبی ذاتی هستند و هنگامی که در میدان مغناطیسی قرار می گیرند، گشتاور دو قطبی در آن ها القا می شود اما جهت این دو قطبی های القا شده بر خلاف جهت میدان مغناطیسی خارجی می باشد و این امر باعث می شود که ماده دیامغناطیس از میدان مغناطیسی دفع شود. البته این خاصیت در تمام مواد وجود دارد، و هنگامی این خاصیت در مواد ظاهر می شود که خاصیت پارامغناطیسی آن ها ضعیف باشد. مانند بیسموت.

**پ) مواد فرومغناطیس:** این مواد مانند مواد پارامغناطیس است اما با این تفاوت که در این مواد مجموعه ای از دو قطبی های مغناطیسی در یک جهت و راستا قرار دارند که این مجموعه ها در راستا و جهت های متفاوتی قرار دارند به طوری که اثر میدان یکدیگر را خنثی می کنند. که به این مجموعه از دو قطبی های مغناطیسی که در یک راستا قرار دارند، حوزه مغناطیسی می گویند. هنگامی که این مواد در میدان مغناطیسی قرار می گیرند، بر حوزه های مغناطیسی نیرو وارد می شود و آن ها را در جهت میدان قرار می دهند. خاصیت مغناطیسی این مواد به سرعت تغییر مسیر این حوزه ها و قرار گرفتن در جهت میدان بستگی دارد. که از این لحاظ مواد فرومغناطیس را به دو دسته تقسیم می کنند:

**۱) مواد فرومغناطیس نرم:** در این مواد سرعت تغییر حوزه ها بسیار آسان و سریع است و به همین خاطر در میدان مغناطیسی این حوزه ها به سرعت در جهت خطوط میدان قرار می گیرند و خاصیت مغناطیسی

بسیار قوی بدست می آورند. اما همینکه این مواد را از میدان دور کنیم، جهت این حوزه ها به سرعت تغییر و به حالت کاتوره ای قبلی بر می گردند. مانند آهن.

**۲) مواد فرومغناطیسی سخت:** در این مواد سرعت تغییر حوزه ها بسیار سخت و کند است و همین که در میدان قرار می گیرند، این حوزه ها به کندی در جهت خطوط قرار می گیرند و خاصیت مغناطیسی آن ها نسبت به مواد فرومغناطیس نرم ضعیفتر است همین که از میدان دور می شوند بر خلاف مواد فرومغناطیس نرم خاصیت مغناطیسی خود را حفظ می کنند. مانند نیکل

پس مواد پارامغناطیس و فرومغناطیس تحت تاثیر میدان مغناطیسی قرار می گیرند و به یک آهنربا تبدیل می شوند.

در قرن هیجدهم هانس اورستد نشان داد که در اطراف سیم حامل جریان میدان مغناطیسی ایجاد می شود و بعد ها آمپر و مایکل فارادی در این زمینه دست به فعالیت های گسترده ای زدند. آن ها نشان دادند که در اطراف یک سیم حامل جریان، میدان مغناطیسی تولید می شود و حتی موفق شدند که روابط کمی آن را محاسبه کنند. بنابراین منبع تولید میدان مغناطیسی عبارتند از: سنگ مغناطیس یا همان آهنربای طبیعی و جریان الکتریکی. البته بعدها ماکسول نتیجه گرفت که بر اثر تغییر جریان الکتریکی، میدان مغناطیسی در فضا منتشر می شود و همچنین بر اثر تغییر میدان مغناطیسی، جریان الکتریکی در فضا تولید می شود که نتیجه این، امواج الکترومغناطیسی است.

و از طرفی تغییر میزان عبور میدان مغناطیسی از یک رسانا، باعث تولید جریان الکتریکی در همان رسانا می شود. پس منبع تولید میدان الکتریکی عبارتند از: اختلاف پتانسیل بین دو سر رسانا و تغییر شار (میزان عبور میدان) مغناطیسی است پس می توان اینگونه نتیجه گرفت که الکتریسیته و مغناطیس باهم در ارتباطند و به جرأت می توان گفت که یکی بدون دیگری معنی ندارد. چون وجود یکی باعث پیدایش دیگری می شود. می دانیم که ذرات باردار تحت تاثیر میدان الکتریکی یا نیروی کولنی قرار می گیرند. اگر این ذرات وارد میدان مغناطیسی شوند تحت تاثیر نیروی دیگری که همان نیروی مغناطیسی است می شوند. آزمایش ها نشان می دهند که میزان انحراف ذره باردار به بزرگی میدان، اندازه بار، سرعت و زاویه حرکت ذره بستگی دارد. اگر این ذره در راستای خطوط میدان حرکت کند، هیچ نیروی مغناطیسی بر آن وارد نمی شود. نیروی مغناطیسی بر راستای حرکت ذره عمود است و بر سرعت آن تاثیری نمی گذارد و فقط جهت بردار حرکت آن را تغییر می دهد. به همین دلیل اگر ذره باردار وارد میدان مغناطیسی شود حرکت مارپیچی یا دایره ای خواهد داشت. اگر ذره به طور عمود بر راستای خطوط وارد میدان شود، چون اندازه سرعتش ثابت و نیروی وارده بر آن عمود بر جهت حرکت است، شتاب مرکز گرا خواهد گرفت و این امر موجب می شود که ذره در میدان یک مسیر دایره ای داشته باشد. البته ذره باردار بر اثر حرکتش مقداری از انرژی خود را به صورت امواج الکترومغناطیسی گسیل می کند و انرژی آن کاهش و سرعتش کم می شود و به همین خاطر شعاع

دانشجویان محترم:

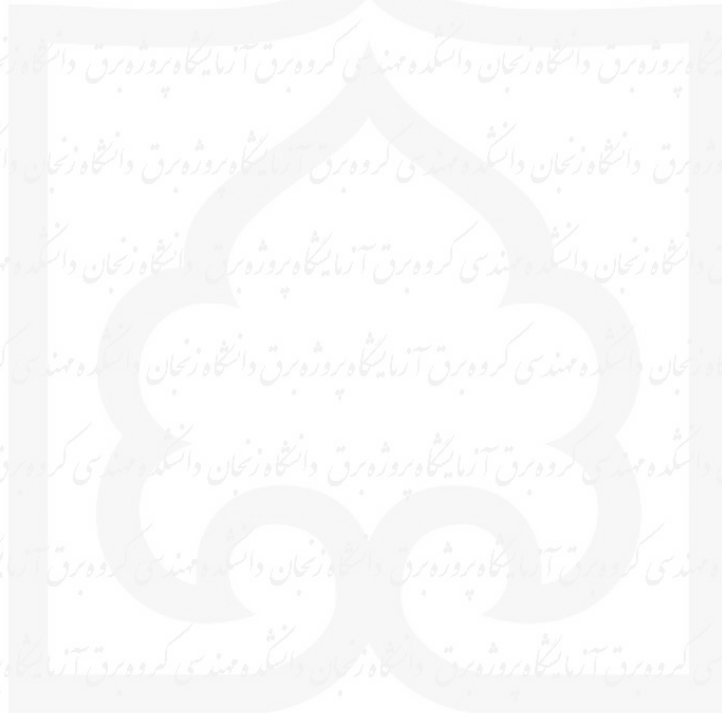
جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.



## منابع و مأخذ

- [1] Lance williams, "magnetic levitation", PHD thesis ,2005
- [2] Von Gabriel , " suspension " , PHD thesis , 2001
- [3] Beaty , "maglev magnetic levitation suspension device"
- [4] Philip gibbs, Andre geim , march1997 "magneticlevitation"
- [5] Martin D .simon, Lee O.Heflinger 1997 "magnetic levitation "

پایان نامه کارشناسی



آزمایشگاه پروانه برق