

عناوین

۱- مقایسه تراوایی مغناطیسی مواد مغناطیسی مختلف

۲- تئوری کلاسیکی دیامغناطیسی لانژوین

۳- آهنرباها

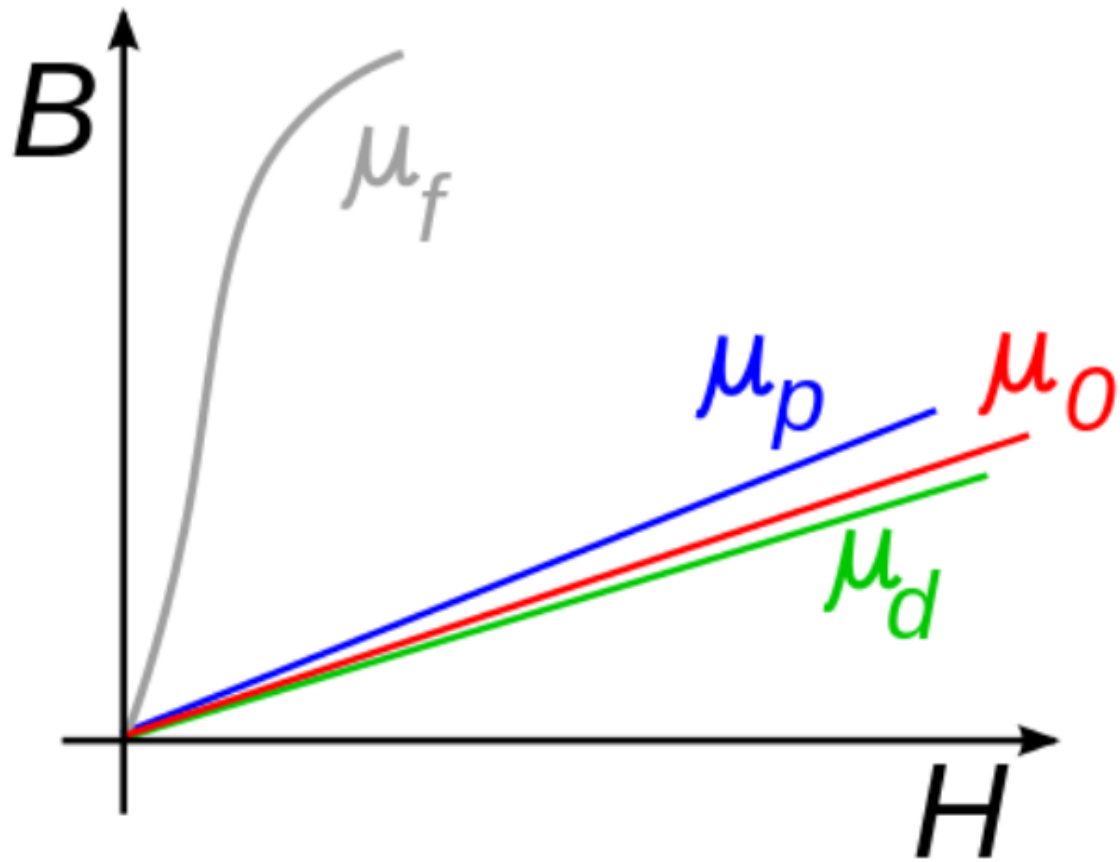
۴- مغناطیس و الکترونها

۵- مواد پارامغناطیس

Diamagnetic materials are those that laypeople generally think of as non-magnetic, and include water, wood, most organic compounds such as petroleum and some plastics, and many metals including copper, particularly the heavy ones with many core electrons, such as mercury, gold and bismuth.

مقایسه تراوایی مغناطیسی مواد مغناطیسی مختلف

تراوایی مغناطیسی عددی بین صفر و حدود یک می باشد که برای آهن ۰/۲۵ و برای ابررساناها صفر است



Simplified comparison of permeabilities for: ferromagnets (μ_f), paramagnets (μ_p), free space (μ_0) and diamagnets (μ_d)

جدول تراوایی مغناطیسی مواد مختلف

Medium	Permeability, μ (H/m)	Relative permeability, max., μ/μ_0
Metglas 2714A (annealed)	1.26×10^0	1 000 000 ^[10]
Iron (99.95% pure Fe annealed in H)	2.5×10^{-1}	200 000 ^[11]
Wood	$1.256\,637\,60 \times 10^{-6}$	1.000 000 43 ^[19]
Air	$1.256\,637\,53 \times 10^{-6}$	1.000 000 37 ^[20]
Vacuum	$4\pi \times 10^{-7} (\mu_0)$	1, exactly ^[22]
Hydrogen	$1.256\,6371 \times 10^{-6}$	1.000 0000
Teflon	1.2567×10^{-6} ^[13]	1.0000
Copper	$1.256\,629 \times 10^{-6}$	0.999 994
Water	$1.256\,627 \times 10^{-6}$	0.999 992
Bismuth	$1.256\,43 \times 10^{-6}$	0.999 834
Pyrolytic carbon	1.256×10^{-6}	0.9996
Superconductors	0	0

سؤال: تفاوت تراوایی مغناطیسی و پذیرفتاری مغناطیسی و همچنین وابستگی آنها به یکدیگر چیست؟

<https://www.differencebetween.com/difference-between-magnetic-permeability-and-vs-susceptibility/>

همچنین اسلاید ۱۵ جلسه ۱۳ و اسلاید ما قبل این صفحه

سؤال: تفاوت و تشابه تراوایی مغناطیسی و گشتاور دوقطبی مغناطیسی چیست؟

تئوری کلاسیکی دیامغناطیسی لائتروین

حال به این واقعیت می پردازیم که اثر اعمال یک میدان مغناطیسی بر حرکت مداری یک الکترون به گونه ای است که یک پذیرفتاری دیامغناطیسی ایجاد می کند. الکترونی را در نظر می گیریم که در یک مدار دایروی بدور هسته ی خود می چرخد. همان گونه که در شکل ۶-۹ (الف) نشان داده شده است یک میدان مغناطیسی عمود بر صفحه ی کاغذ بر آن اعمال می شود. قبل از اعمال میدان، بر طبق قانون دوم نیوتن داریم:

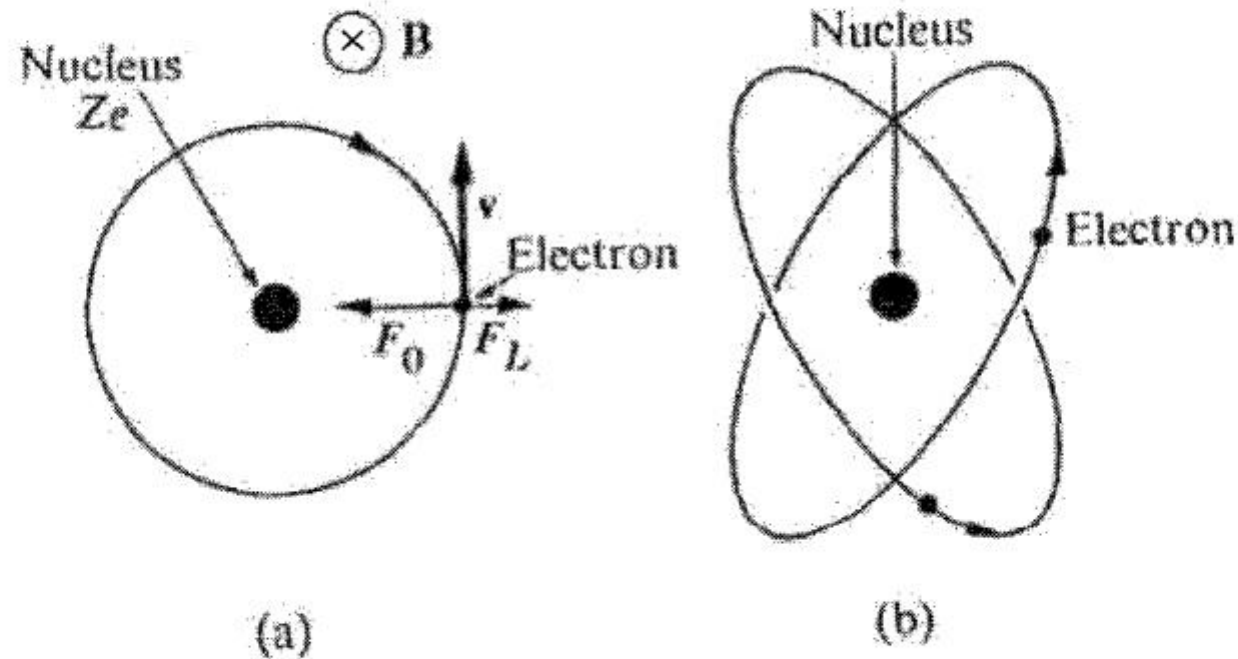
$$F_0 = m\omega_0^2 r \quad (9-23)$$

که F_0 نیروی جاذبه ی کولنی بین هسته و الکترون و ω_0 سرعت زاویه ای است. گشتاور مغناطیسی الکترون برابر است با

$$\mu_0 = IA = \frac{e}{2} \omega_0 r^2 \quad (9-24)$$

که r شعاع مدار الکترون است. این گشتاور موازی با میدان است و جهت چرخش آن در شکل نشان داده شده است.

هنگامی که یک میدان مغناطیسی اعمال می‌شود یک نیروی اضافی بر الکترون عمل می‌کند که نیروی لورنتس $-e(\mathbf{V} \times \mathbf{B})$ است. برای حالتی که در شکل ۹-۶ نشان داده شده است، تأثیر این نیرو، ایجاد یک نیروی شعاعی بطرف خارج است که با رابطه‌ی $eB r \omega$ بیان می‌شود.



شکل ۹-۶ منشأ اتمی دیامغناطیس. (الف) نیروی لورنتس F_L در خلاف جهت نیروی کولنی F_0 است؛ v سرعت الکترون است. (ب) طبیعت سه بعدی مدارهای الکترونی

بنابراین به جای معادله‌ی (۹-۲۳) می‌توان نوشت:

$$F_0 - eBr\omega = m\omega^2 r \quad (9-25)$$

$$m\omega_0^2 r - eBr\omega = m\omega^2 r$$

حالا فرکانس زاویه‌ای با ω_0 متفاوت است و مقدار آن را می‌توان از این رابطه تعیین کرد. حل این معادله درجه دوم از ω ، در محدوده‌ی میدان‌های کوچک با رابطه‌ی زیر بیان می‌شود.

$$\omega = \omega_0 - \frac{eB}{2m} \quad (9-26)$$

$$\Delta\omega = -\frac{eB}{2m}$$

سؤال: رابطه ۹-۲۶ را بدست آورید.

که نشان می‌دهد دوران الکترون آهسته شده است. این کاهش فرکانس باعث تغییری در گشتاور مغناطیسی می‌شود که بر طبق رابطه (۹-۲۴) برابر است با:

$$\left(\begin{aligned} \mu_0 = IA = \frac{e}{2} \omega_0 r^2 \quad \mu = IA = \frac{e}{2} \omega r^2 \quad \Delta\mu = \frac{e}{2} \Delta\omega r^2 \\ \Delta\mu = -\left(\frac{e^2 r^2}{4m}\right) B \end{aligned} \right) \quad (9-27)$$

از آن جا که گشتاور موازی با میدان کاهش یافته است، گشتاور القا شده در خلاف جهت میدان است یعنی پاسخ الکترون دیامغناطیس است. به سادگی می توان دریافت که اگر در ابتدا الکترونی انتخاب کرده بودیم که در جهت پادساعت گرد می چرخید، گشتاور اولیه در خلاف جهت محور Z ها یعنی منفی بود. میدان باعث افزایش سرعت الکترون می شد که نتیجه ی آن یک گشتاور منفی تر می شد. یعنی گشتاور القا شده باز هم منفی و دیامغناطیس است؛ و با رابطه (۹-۲۷) بیان می گردد. بنابراین در حالت کلی پاسخ یک الکترون مداری، پاسخ دیامغناطیسی است و در واقع می توان نشان داد که دیامغناطیس از قانون لنز پیروی می کند.

حال با استفاده از روابط (۹-۲۱) و (۹-۲۷) این ادعا که پذیرفتاری مغناطیسی مواد دیامغناطیس منفی است

کاملاً آشکار می شود

$$\mu = \mu_0 (1 + \chi) \quad (9-21)$$

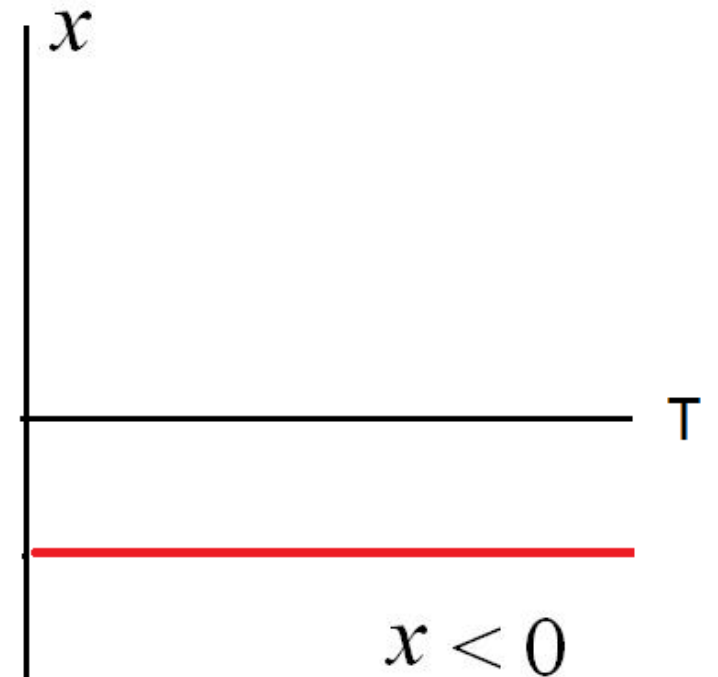
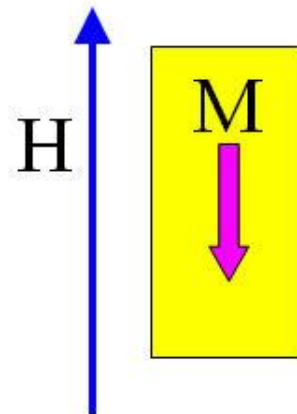
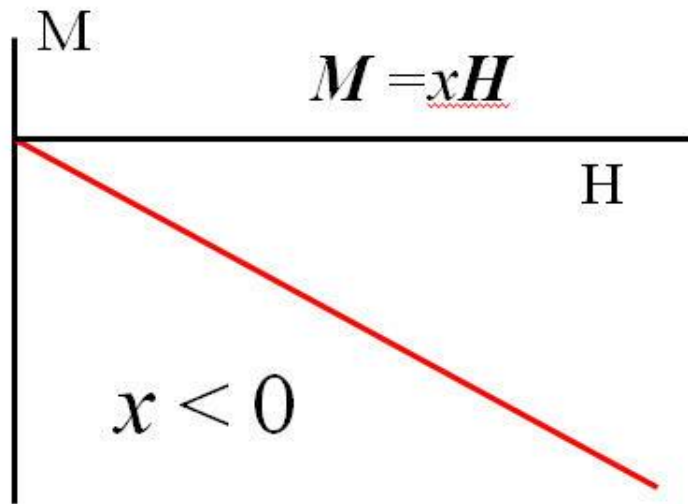
$$\mu - \mu_0 = \mu_0 \chi$$

$$\frac{\Delta\mu}{\mu_0} = \chi$$

✓ اتم‌های دیامغناطیس دارای هیچ گشتاور مغناطیسی نمی‌باشند و با قرار گرفتن در میدان مغناطیسی خارجی دارای گشتاور مغناطیسی القایی در خلاف جهت میدان خارجی می‌شوند و آن را تضعیف می‌کنند.

✓ پذیرفتاری مغناطیس این مواد بسیار کوچک، منفی و مستقل از دما می‌باشد.

✓ مواد آلی، عناصر سبک عناصر قلیایی خاک، مس، کوارتز و SiO_2 نمونه‌هایی از مواد دیامغناطیس می‌باشند.



آهنرباها

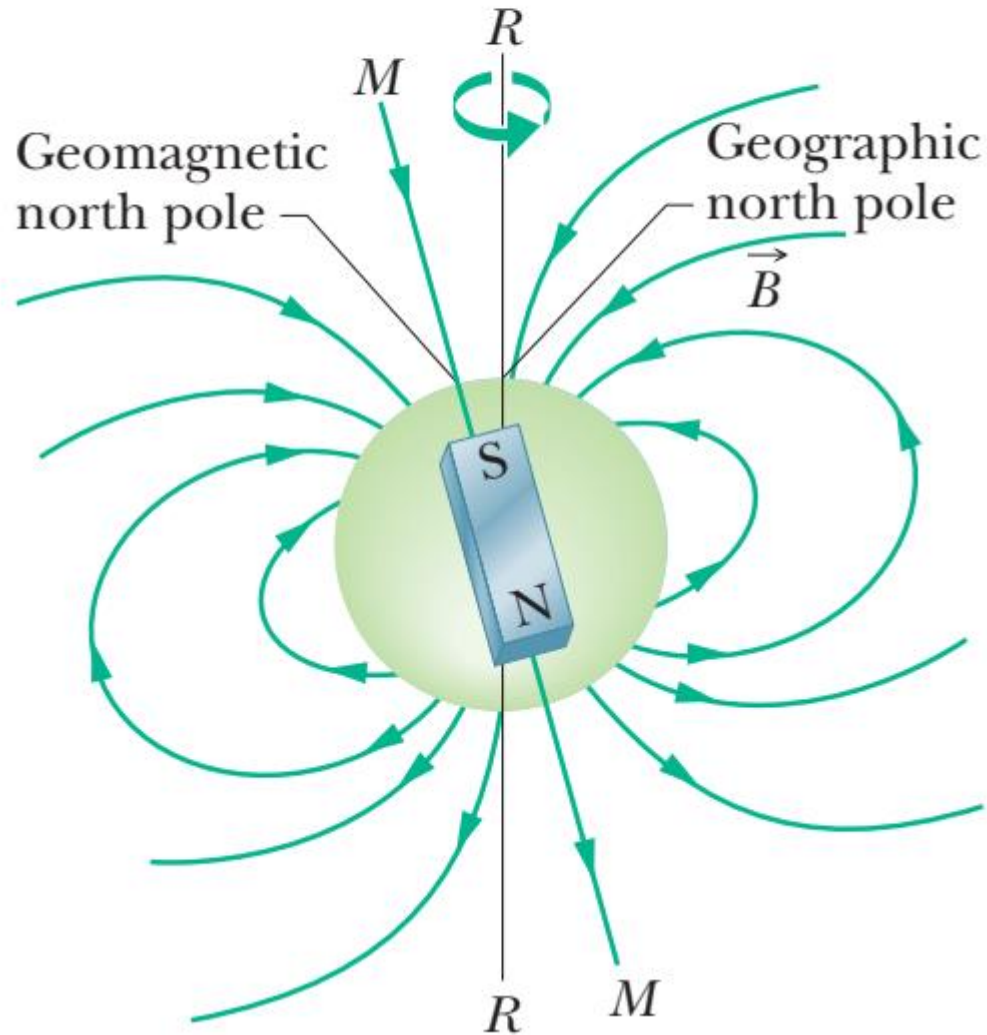
مغناطیس زمین

زمین یک آهنربای بسیار بزرگ است؛ برای نقطه‌های نزدیک زمین، میدان مغناطیسی آن می‌تواند همانند میدان مغناطیسی یک آهنربای میله‌ای عظیم بیان شود - یک دو قطبی مغناطیسی - که در مرکز سیاره قرار دارد. شکل ۲۸-۸ یک نقش متقارن آرمانی از میدان این دو قطبی است، بدون اینکه ذره‌های باردار ارسالی از خورشید اعوجاجی ایجاد کنند.

چون میدان مغناطیسی زمین همانند میدان مغناطیسی یک دو قطبی است، یک گشتاور دو قطبی مغناطیسی $\vec{\mu}$ به میدان وابسته است. برای میدان آرمانی شکل ۲۸-۸ بزرگی μ برابر $8.0 \times 10^{22} \text{ J/T}$ و جهت $\vec{\mu}$ با محور چرخشی (RR) زمین زاویه 11.5° می‌سازد. محور دو قطبی (MM) در شکل ۲۸-۸ در راستای $\vec{\mu}$ واقع است که سطح زمین را در قطب شمال ژئومغناطیسی در شمال غربی گرینلند و قطب جنوب ژئومغناطیسی را در جنوبگان قطع می‌کند. خطهای میدان مغناطیسی \vec{B} به طور کلی از نیمکره جنوبی بیرون می‌آیند و در

اولین آهنرباهای شناخته شده سنگهای آهنربا بودند که سنگهایی هستند که به طور طبیعی مغناطیده شده‌اند. وقتی یونانیها و چینیهای باستان این سنگهای کمیاب را کشف کردند از اینکه این سنگها مثل کاری سحرآمیز، توانایی جذب فلزات را در فاصله‌های کوتاه دارند، با آنها سرگرم می‌شدند. مدتها بعد توانستند این سنگها را (و قطعه آهنهایی را که به طور مصنوعی مغناطیده شده بودند) در قطب‌نما برای تعیین جهت به کار برند. امروزه، آهنرباها و مواد مغناطیسی در همه جا موجودند. خواص مغناطیسی آنها را می‌توان با بررسی اتمها و الکترونها دریافت. در واقع، آهنربای ارزان قیمتی که برای نگهداری یادداشت روی در یخچال به کار می‌رود نتیجه مستقیم فیزیک کوانتومی است که در مواد اتمی و زیر اتمی در آهنربا رخ می‌دهد. پیش از آنکه درباره بخشی از این فیزیک بحث کنیم، به طور مختصر بزرگترین آهنربایی را که به طور معمول به کار می‌بریم، بررسی می‌کنیم - یعنی خود زمین.

For Earth, the south pole of the dipole is actually in the north.



شکل ۲۸-۸ میدان مغناطیسی زمین به صورت یک دو قطبی مغناطیسی نمایش داده شده است. محور دو قطبی MM با محور چرخشی زمین RR زاویه $11/5^\circ$ می‌سازد. قطب جنوب این دو قطبی در نیمکره شمالی زمین قرار دارد.

نیمکره شمالی دوباره به زمین وارد می‌شوند. به این ترتیب، قطب مغناطیسی واقع در نیمکره شمالی که به عنوان «قطب مغناطیسی شمال» نامیده می‌شود در واقع قطب جنوب دو قطبی مغناطیسی زمین است.

مغناطیس و الکترونها

مواد مغناطیسی، از سنگ آهنربا گرفته تا نوارهای ویدیویی به خاطر الکترونهايي که در آنها وجود دارد، مغناطیسی‌اند. قبلاً روشی را دیدیم که الکترونها میدان مغناطیسی ایجاد می‌کنند، آنها از یک سیم به صورت جریان الکتریکی عبور می‌کنند و حرکت آنها، در دور سیم یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. دو روش دیگر نیز وجود دارد، که هر کدام به یک دو قطبی مغناطیسی مربوط است که در فضای اطراف خود یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. اما، توضیح آنها به فیزیک کوانتومی نیاز دارد که خارج از فیزیک ارائه شده در این کتاب است. بنابراین، در اینجا فقط نتیجه آنها را مطرح می‌کنیم.

گشتاور دو قطبی مغناطیسی اسپینی

هر الکترون به طور ذاتی دارای اندازه حرکت زاویه‌ای است که آن را اندازه حرکت زاویه‌ای اسپینی (یا فقط اسپین) \vec{S} می‌نامند؛ وابسته به این اسپین یک گشتاور دو قطبی مغناطیسی اسپینی $\vec{\mu}_s$ ذاتی وجود دارد. (منظور از ذاتی این است که \vec{S} و $\vec{\mu}_s$ مشخصه‌های پایه‌ای الکترون هستند؛ مثل جرم و بار الکتریکی.) \vec{S} و $\vec{\mu}_s$ با رابطه زیر به هم مربوط‌اند

$$\vec{\mu}_s = -\frac{e}{m} \vec{S} \quad (22-21)$$

که در آن e بار بنیادی ($1/60 \times 10^{-19} \text{C}$) و m جرم الکترون ($9/11 \times 10^{-31} \text{kg}$) است. علامت منفی بدان معناست که جهت‌های \vec{S} و $\vec{\mu}_s$ مخالف یکدیگر است.

اسپین \vec{S} از دو نظر کاملاً با اندازه حرکت زاویه‌ای متفاوت است:

۱- خود اسپین \vec{S} را نمی‌توان اندازه گرفت. ولی، فقط مؤلفه آن را در راستای هر محوری می‌توان اندازه‌گیری کرد.

۲- مؤلفه اندازه گیری شده \vec{S} کوانتیده است که به طور کلی به این معناست که محدود به مقادیرهای معینی است. مؤلفه اندازه گیری شده S_z می تواند فقط دو مقدار داشته باشد که تنها از نظر علامت متفاوت اند.

حال فرض می کنیم که مؤلفه اسپین \vec{S} در راستای محور z دستگاه مختصات اندازه گیری شده باشد. آنگاه، مؤلفه اندازه گیری شده S_z می تواند فقط دو مقدار زیر را داشته باشد

$$S_z = m_s \frac{h}{2\pi} \quad , \quad m_s = \pm \frac{1}{2} \quad (23-28)$$

که در آن m_s عدد کوانتومی مغناطیسی اسپینی است و $h (= 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})$ ثابت پلانک است، ثابتی که در فیزیک کوانتومی فراگیر است. علامتهای مثبت و منفی در معادله ۲۳-۲۸ جهت S_z در راستای z را نشان می دهند. وقتی S_z موازی محور z باشد، m برابر $+\frac{1}{2}$ است و می گویند الکترون اسپین بالا دارد. وقتی S_z پاد موازی با محور z باشد، m برابر $-\frac{1}{2}$ است و می گویند الکترون اسپین پایین دارد.

گشتاور دو قطبی مغناطیسی اسپینی $\vec{\mu}_s$ الکترون را نیز نمی توان اندازه گیری کرد: فقط مؤلفه آن را می توان در راستای هر محوری اندازه گرفت و این مؤلفه نیز کوانتیده است و دو مقدار ممکن با بزرگی یکسان ولی علامت متفاوت دارد. می توانیم مؤلفه $\mu_{s,z}$ اندازه گیری شده در راستای محور z را با بازنویسی معادله ۲۲-۲۸ به شکل مؤلفه ای برای محور z با رابطه زیر بنویسیم

$$\mu_{s,z} = -\frac{e}{m} S_z$$

با قراردادن S_z از معادله ۲۳-۲۸، داریم

$$\mu_{s,z} = \pm \frac{eh}{4\pi m} \quad (24-28)$$

که علامت مثبت و منفی برای وقتی است که $\mu_{s,z}$ به ترتیب موازی و پاد موازی با محور z باشد.

کمیت سمت راست معادله ۲۴-۲۸، مگنتون بور μ_B نامیده می شود

$$U = -\vec{\mu}_s \cdot \vec{B}_{\text{ext}} = -\mu_{s,z} B_{\text{ext}} \quad (27-28)$$

که محور z در جهت B_{ext} انتخاب شده است. اگر فرض کنیم الکترون یک کره میکروسکوپی است (که چنین نیست) می‌توانیم اسپین \vec{S} ، گشتاور دو قطبی مغناطیسی اسپینی $\vec{\mu}_s$ و میدان دو قطبی مغناطیسی وابسته به آن را مطابق شکل ۲۸-۱۰ نشان دهیم. اگر چه در اینجا واژه «اسپین» را به کار می‌بریم، ولی الکترون مانند فرفره چرخش نمی‌کند، آن وقت، چطور چیزی بدون اینکه واقعاً بچرخد، اندازه حرکت زاویه‌ای دارد؟ باز هم فیزیک کوانتومی به این مسئله پاسخ می‌دهد. پروتونها و نوترونها نیز اندازه حرکت زاویه‌ای ذاتی به نام اسپین و یک گشتاور دو قطبی مغناطیسی اسپینی ذاتی دارند. برای پروتون این دو بردار یک جهت دارند و برای نوترون آنها متقابل‌اند. ماسهم این گشتاورهای دو قطبی را در میدان مغناطیسی اتم در نظر نمی‌گیریم چون اثر آنها هزاران مرتبه کمتر از اثر الکترون است.

$$\mu_B = \frac{eh}{4\pi m} = 9/28 \times 10^{-24} \text{ J/T} \quad (\text{مگنتون بور}) \quad (25-28)$$

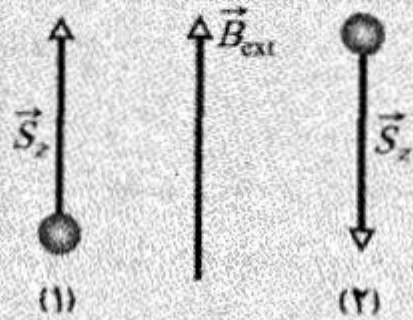
گشتاورهای دو قطبی مغناطیسی اسپینی الکترونها و سایر ذره‌های بنیادی را می‌توان برحسب μ_B بیان کرد. برای الکترون، بزرگی مؤلفه z اندازه‌گیری شده μ_s برابر است با

$$|\mu_{s,z}| = 1\mu_B \quad (26-28)$$

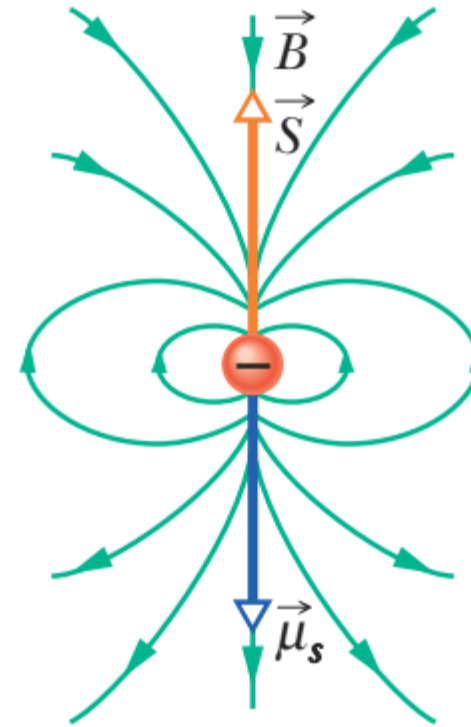
(فیزیک کوانتومی الکترون که الکترودینامیک کوانتومی یا QED نامیده می‌شود حاکی از آن است که $\mu_{s,z}$ در واقع کمی بیشتر از $1\mu_B$ است، اما از این واقعیت چشمپوشی می‌کنیم.)

وقتی الکترون در یک میدان مغناطیسی خارجی \vec{B}_{ext} قرار گیرد، می‌توان انرژی پتانسیلی مثل U وابسته به سمتگیری دو قطبی مغناطیسی اسپینی الکترون $\vec{\mu}_s$ به آن نسبت داد، درست مانند انرژی پتانسیلی که می‌توان به سمتگیری گشتاور دو قطبی مغناطیسی $\vec{\mu}$ یک حلقه جریان واقع در \vec{B}_{ext} به آن نسبت داد. از معادله ۲۴-۳۸، انرژی پتانسیل الکترون برابر است با

✓ نکته و ارسى ۴ شکل زیر سمتگیری اسپین دو ذره را در میدان مغناطیسی خارجی \vec{B}_{ext} نشان می دهد. (الف) اگر ذره ها الکترون باشند، کدام سمتگیری اسپین در انرژی پتانسیل پایتتری است؟ (ب) اگر ذره ها پروتون باشند، کدام سمتگیری در انرژی پتانسیل پایتتری است؟



For an electron, the spin is opposite the magnetic dipole moment.



شکل ۲۸-۱۰ اسپین \vec{S} ، گشتاور دو قطبی مغناطیسی اسپینی $\vec{\mu}_s$ ، و میدان مغناطیسی \vec{B} الکترون به صورت یک کره میکروسکوپی نشان داده شده است.

گشتاور دوقطبی مغناطیسی مداری

وقتی الکترون را در اتم در نظر بگیریم، الکترون دارای یک اندازه حرکت زاویه‌ای اضافی است که آن را اندازه حرکت زاویه‌ای مداری \vec{L}_{orb} می‌نامند. وابسته به \vec{L}_{orb} یک گشتاور دو قطبی مغناطیسی مداری $\vec{\mu}_{orb}$ وجود دارد؛ این دو با رابطه زیر به هم مربوط‌اند

$$\vec{\mu}_{orb} = -\frac{e}{2m} \vec{L}_{orb} \quad (28-28)$$

این رابطه جلسه قبل ثابت شده است

علامت منفی به این معنی است که $\vec{\mu}_{orb}$ و \vec{L}_{orb} در جهت‌های مخالف‌اند.

اندازه حرکت زاویه‌ای مداری \vec{L}_{orb} را نمی‌توان اندازه گرفت؛ فقط مؤلفه آن را در راستای یک محور می‌توان اندازه‌گیری کرد و این مؤلفه کوانتیده است. این مؤلفه‌ها مثلاً در راستای محور z فقط می‌توانند مقداری را که با رابطه زیر داده می‌شود، داشته باشند

$$L_{orb,z} = m_l \frac{h}{2\pi} \quad m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \pm \quad (28-29) \quad (\text{مقدار حدی})$$

که در آن m_l عدد کوانتومی مغناطیسی مداری است و «مقدار حدی» بیانگر بزرگترین عدد صحیح مجاز برای m_l است. علامتها در معادله ۲۸-۲۹ به جهت $L_{orb,z}$ در راستای محور z بستگی دارند.

گشتاور دوقطبی مغناطیسی مداری $\vec{\mu}_{orb,z}$ الکترون را نیز نمی‌توان اندازه گرفت؛ فقط مؤلفه آن را می‌توان اندازه‌گیری کرد و این مؤلفه نیز کوانتیده است. با نوشتن معادله ۲۸-۲۸ به شکل مؤلفه‌ای در راستای محور z و سپس قرار دادن $L_{orb,z}$ از معادله ۲۸-۲۹، می‌توانیم مؤلفه z گشتاور دوقطبی مغناطیسی مداری،

$\vec{\mu}_{orb,z}$ ، را با رابطه زیر بنویسیم

$$\mu_{orb,z} = -m_l \frac{eh}{4\pi m} \quad (28-30)$$

و برحسب مگنتون بور عبارت است از

$$\mu_{orb,z} = -m_l \mu_B \quad (28-31)$$

وقتی اتم در میدان مغناطیسی خارجی \vec{B}_{ext} قرار گیرد، می‌توان به سمتگیری گشتاور دوقطبی مغناطیسی مداری هر الکترون در اتم، انرژی پتانسیل U را وابسته کرد که مقدار آن برابر است با

$$U = -\vec{\mu}_{\text{orb}} \cdot \vec{B}_{\text{ext}} = -\mu_{\text{orb},z} B_{\text{ext}} \quad (۳۲-۲۸)$$

که در آن محور z در جهت \vec{B}_{ext} در نظر گرفته شده است. اگر چه ما واژه‌های «مدار» و «مداری» را در اینجا به کار بردیم اما الکترون حرکت مداری دور هسته، مانند حرکت مداری سیاره‌ها به دور خورشید ندارد. پس چگونه است. که الکترون که حرکت مداری با مفهوم معمول آن را ندارد، می‌تواند اندازه حرکت زاویه‌ای مداری داشته باشد؟ یکبار دیگر برای پاسخ به فیزیک کوانتومی نیاز است.

مواد پارامغناطیس

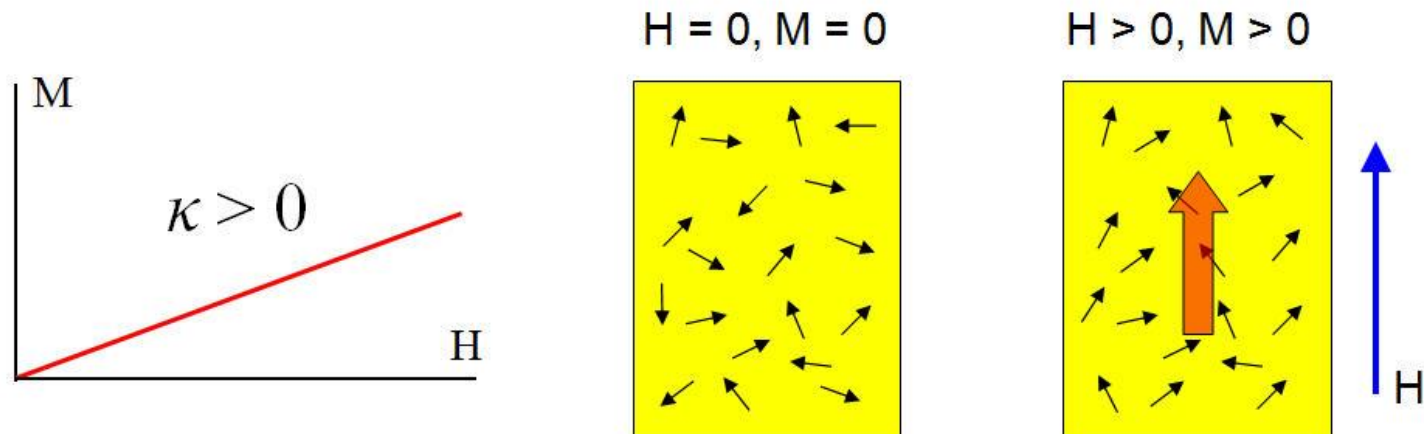
تقویت آن می‌شود.

❖ با این حال اغتشاشات حرارتی، مانع همخط‌شدگی کامل آنها در جهت میدان خارجی می‌شود که حاصل آن مغناطش و پذیرفتاری مغناطیسی جزئی می‌باشد.

❖ فلزات قلیایی خاکی، فلزات واسطه و لانتانیدها از این دسته هستند.

❖ جامد پارامغناطیس از اتم‌هایی تشکیل شده است که گشتاور مغناطیسی دائم اتمی دارند، اما بصورت مجزا و بدون هیچ برهمکنش متقابلی بر روی یکدیگر عمل می‌کنند که در نهایت به سبب ارتعاشات حرارتی، جهت‌گیری تصادفی دارند.

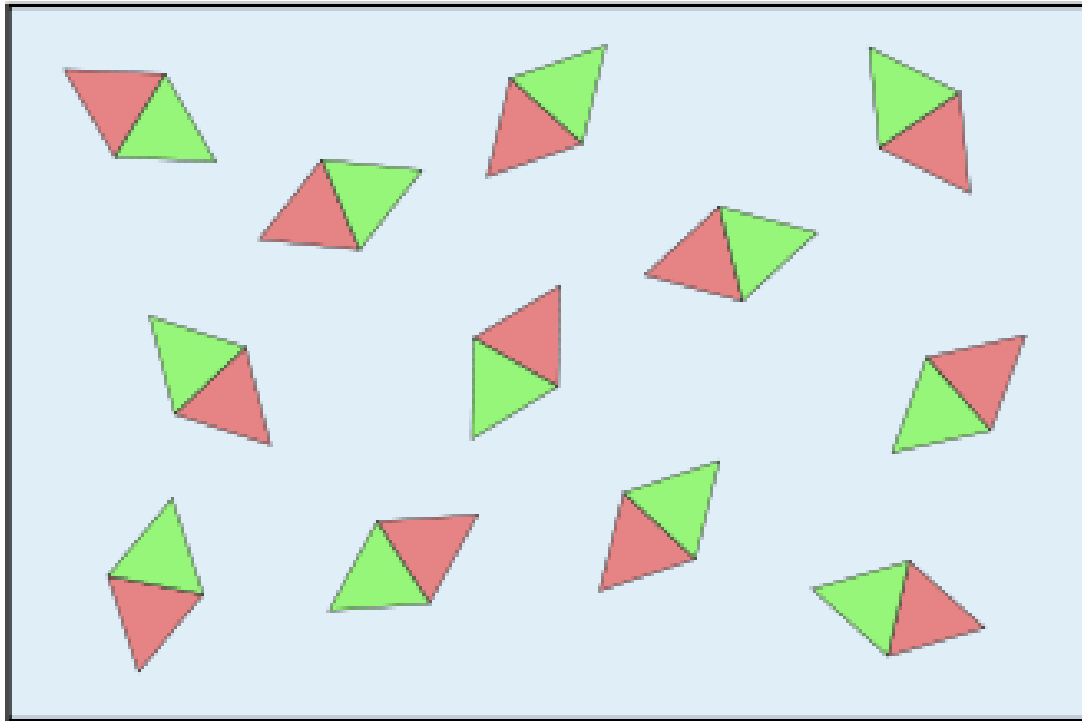
❖ اعمال میدان مغناطیسی خارجی، سبب جهت‌گیری گشتاورهای مغناطیسی القایی در جهت میدان و



Paramagnetism is a form of magnetism whereby* certain materials are weakly attracted by an externally applied magnetic field, and form internal, induced magnetic fields in the direction of the applied magnetic field. In contrast with this behavior, diamagnetic materials are repelled by magnetic fields and form induced magnetic fields in the direction opposite to that of the applied magnetic field.

Paramagnetic materials include most chemical elements and some compounds; they have a relative magnetic permeability slightly greater than 1 (i.e., a small positive magnetic susceptibility*) and hence are attracted to magnetic fields. The magnetic moment induced by the applied field is linear in the field strength and rather weak. It typically requires a sensitive analytical balance to detect the effect and modern measurements on paramagnetic materials are often conducted with a SQUID magnetometer.

Paramagnetism is due to the presence of unpaired electrons in the material, so all atoms with incompletely filled atomic orbitals are paramagnetic. Due to their spin, unpaired electrons have a magnetic dipole moment and act like tiny magnets. An external magnetic field causes the electrons' spins to align parallel to the field, causing a net attraction. Paramagnetic materials include aluminium, oxygen, titanium, and iron oxide (FeO).



Simple illustration of a paramagnetic probe made up from miniature magnets.



When liquid oxygen is poured from a beaker into a strong magnet, the oxygen is temporarily contained between the magnetic poles owing to its paramagnetism.*

Unlike ferromagnets, paramagnets do not retain any magnetization in the absence of an externally applied magnetic field because thermal motion randomizes the spin orientations. Thus the total magnetization drops to zero when the applied field is removed. Even in the presence of the field there is only a small induced magnetization because only a small fraction of the spins will be oriented by the field. This fraction is proportional to the field strength.