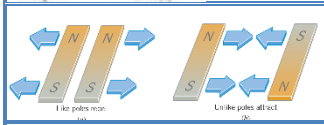
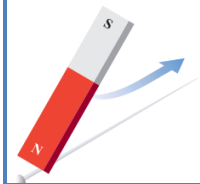
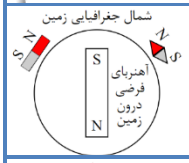
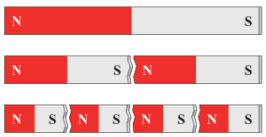
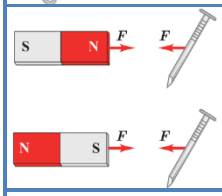
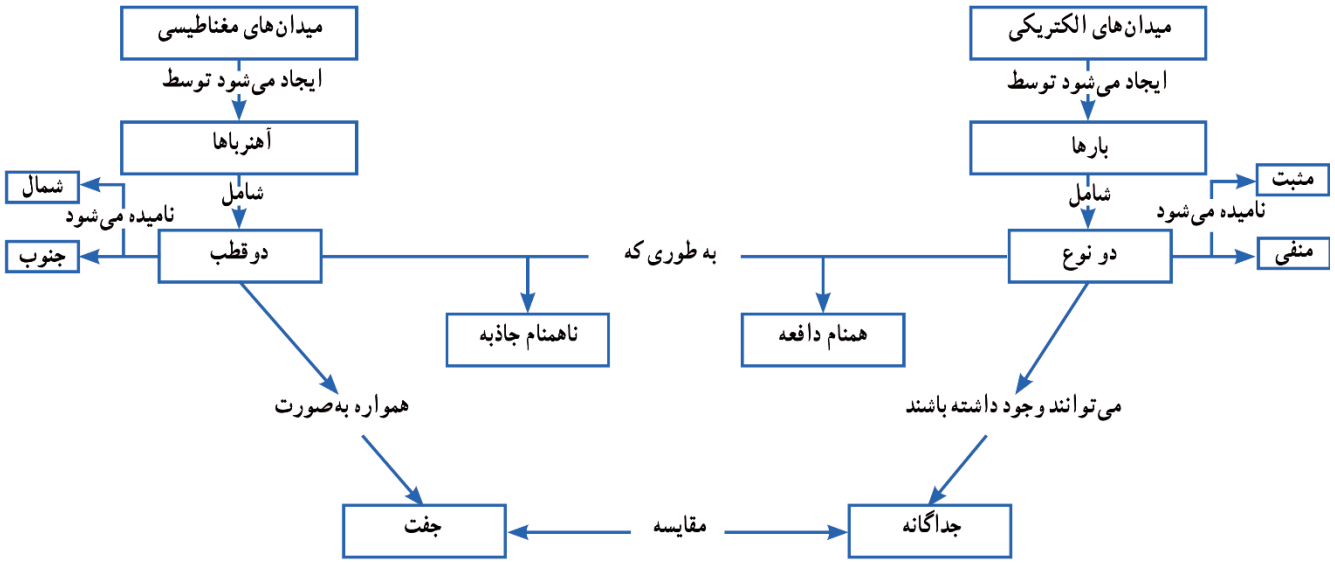
فصل سوم یازدهم تجربی | سوم یازدهم ریاضی

مغناطیس

۳-۱ مغناطیس

مغناطیس چیه؟	مغناطیس برگرفته از نام کوهی در شهر باستانی مگنسیا است که سنگ‌های آهن آن دارای خاصیت مغناطیسی بودند. تالس در نوشته‌های خود به سنگ آهنربای طبیعی یعنی مگنتیت یا Fe_3O_4 اشاره می کرد. قطارهای الکتریکی سریع‌السیر مگ‌لو و دستگاه های ام آرآی (MRI) از کاربردهای ویژهٔ مغناطیس محسوب می‌شوند.
آهنربا	آهنربا: قطعه ای از ماده کانی به نام مگنتیت است. ماده سازنده آهنربا : به طور طبیعی در پوسته زمین
قطب های آهنربا	در هر آهنربا با هر شکلی، دو ناحیه وجود دارد که خاصیت مغناطیسی بیشتر از قسمت های دیگر است. در یک آهنربای میله‌ای ،دو انتها قطب‌های مغناطیسی هستند و هرچه از دو سر به وسط آهنربا نزدیکتر می‌شویم خاصیت آهنربایی ضعیف‌تر می‌شود. این دو ناحیه : قطب های N و S نام دارند.
دافعه و جاذبه	قطب هم نام : دفع قطب ناهم نام : جذب 
سوزن آهنربا بشه! (سوزن القا شده)	هنگامی که یک آهنربای دائمی برای چندین بار و در یک جهت به یک سوزن خیاطی یا سوزن ته گرد کشیده شود، سوزن نیز برای مدتی آهنربا می‌شود. اگر این سوزن را به آرامی روی سطح آب درون ظرفی شناور کنیم، یا آن را توسط ریسمانی از وسط آن بیاویزیم که بتواند آزادانه بچرخد، یک سر آن تقریباً به سوی شمال جغرافیایی قرار می گیرد. این سر را قطب شمال یا قطب N و سر دیگر را قطب جنوب یا قطب S می‌نامند. 
آهنربای درون زمین	به این ترتیب کاملاً مشخّص است که باید آهنربای فرضی که درون کرهٔ زمین وجود دارد طوری قرار گرفته باشد که قطب S آن، در شمال جغرافیایی کرهٔ زمین واقع شده باشد. چون قطب N هر عقربهٔ مغناطیسی یا آهنربای دیگری در اطراف کرهٔ زمین به سمت آن قرار گرفته است. 
عقربه ی مغناطیسی (قطب نما)	یک آهنربای میله ای بسیار کوچک که می تواند حول نقطه ای روی خودش بچرخد. تعیین جهت جغرافیایی: قرار دادن قطب نما و صبر کردن تا چرخش عقربه تمام شود.
دو قطبی مغناطیسی	اگر آهنربا به دو قسمت تقسیم شود، هر قسمت به طور مستقل به یک آهنربا با قطب های N و S تبدیل می شود. در محل برش قطب های ناهم نام ایجاد می شود. با ادامه این تقسیم کردن، به کوچک ترین آهن رباهای ممکن می رسیم که به آن ها دو قطبی مغناطیسی گویند. در واقع همان مولکول ها یا اتم های ماده مغناطیسی ! قطب های N و S هیچ وقت تنها نمی آیند! همیشه به صورت زوج می آیند. (مثل بار های الکتریکی نیستن!) 
القای مغناطیسی	یک آهنربا در جسم های آهنی نزدیک خودش خاصیت آهنربایی القا می کند. همیشه جسم القا کننده (آهنربا) جسم القا شونده (قطعه آهنی) را جذب می کند.در واقع در محل اتصال قطب های ناهم نام ایجاد می شود.
میدان مغناطیسی	آهنربا قطعه های آهنی اطرافش را جذب می کند. آهنرباهای اطرافش را دفع و جذب می کند! پس آهنربا در اطرافش خاصیتی ایجاد می کند که به کمک آن به قطعه های آهنی و آهنرباهای اطرافش نیرو وارد می کند: این خاصیت را میدان مغناطیسی گویند. 
واحد میدان مغناطیسی	میدان مغناطیسی ($\vec{B}$) - یک کمیت برداری : یکای آن تسلا (T) می باشد که $1T = 10^4 G$

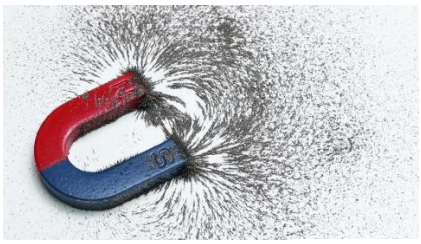
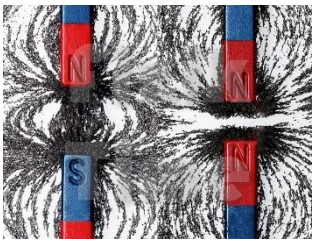
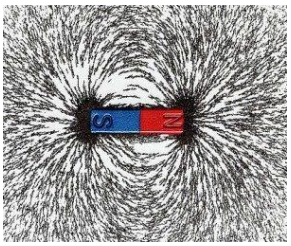
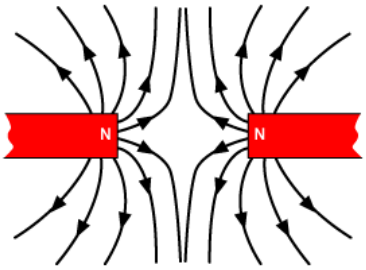
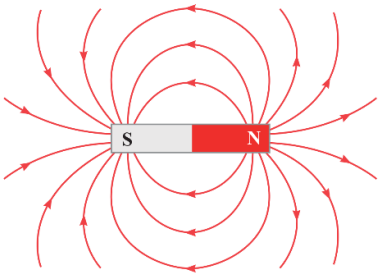
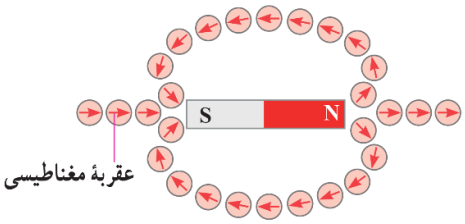
۳-۱-۱ فرق میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی



۳-۱-۲ تعیین جهت میدان مغناطیسی در اطراف یک آهنربا با استفاده از عقربه مغناطیسی

جهت بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه، در جهت قطب N عقربه مغناطیسی در آن نقطه است.

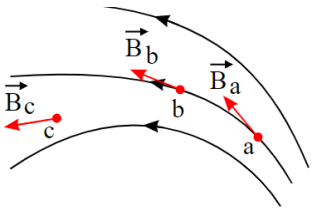
۳-۱-۳ خطوط میدان مغناطیسی و ویژگی های آن ها

۱) از قطب N خارج و به قطب S وارد می شوند. پس در خارج آهنربا از N به S و در داخل آهنربا از S به N

۲) خطوط میدان مغناطیسی (بر خلاف خطوط میدان الکتریکی) به صورت حلقه های بسته هستند.

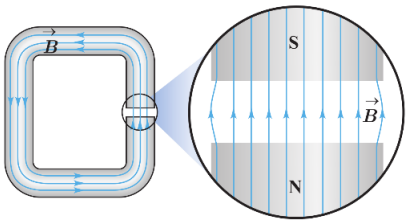
۳) در قسمتی از فضا هرچه تراکم خطوط میدان مغناطیسی بیشتر باشد، میدان مغناطیسی قوی تر است. مثلاً در نزدیکی قطب ها تراکم خطوط بیشتر است و میدان مغناطیسی در این نقاط قوی تر است. ($B_a > B_b > B_c$)



۴) بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضا، برداری است مماس بر خط میدان مغناطیسی عبوری از آن نقطه و هم جهت با آن

۵) خطوط میدان مغناطیسی همدیگر را قطع نمی کنند و از هر نقطه از فضا حداکثر یک خط میدان مغناطیسی عبور می کند.

باید توجه کرد که خطوط میدان مغناطیسی در اطراف آهنرباها خطوط یا منحنی‌های بسته‌ای تشکیل می‌دهند و از درون آهنربا نیز عبور می‌کنند. (در مورد میدان الکتریکی، خطوط میدان داخل رساناها وجود نداشتند و خطوط میدان الکتریکی، خطهای باز بودند ولی در میدان مغناطیسی این خطوط منحنی‌های بسته‌ای تشکیل می‌دهند که خود را از درون آهنربا می‌بندند)



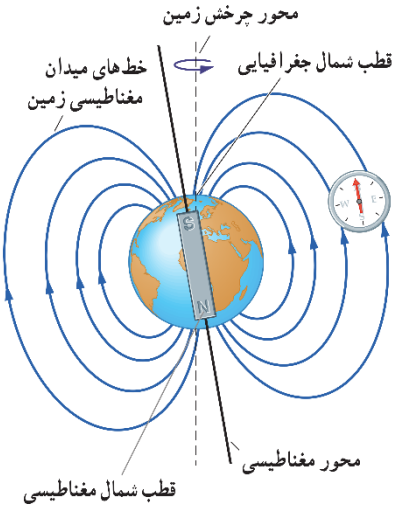
۳-۱-۴ میدان مغناطیسی یکنواخت

اگر در تمام نقاط یک ناحیه از فضا اندازه و جهت بردار میدان مغناطیسی یکسان باشد.

خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت، راست، موازی، هم جهت و هم فاصله هستند.

۳-۱-۵ میدان مغناطیسی زمین

۱) گفتیم که قطب N عقربه مغناطیسی : شمال جغرافیایی

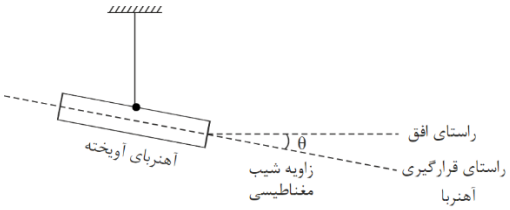


دلیل: زمین مثل یک آهنربای بزرگ است که قطب S آن در قطب شمال جغرافیایی و قطب N آن در جنوب جغرافیایی زمین قرار دارد.

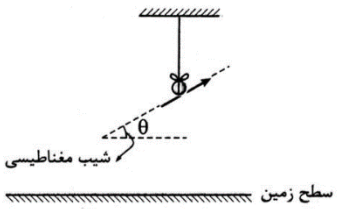
نکته : جهت میدان مغناطیسی زمین در بازه های زمانی نامنظم (از ۱۰ هزار سال تا ۱ میلیون سال)به طور کامل وارونه می شود.

۲) قطب جنوب مغناطیسی زمین تقریباً ۱۸۰۰ کیلومتر با شمال جغرافیایی زمین فاصله دارد یعنی قطب شمال عقربهٔ مغناطیسی قطب‌نما در واقع تا حدودی از شمال جغرافیایی انحراف دارد. قطب های مغناطیسی و جغرافیایی زمین بر هم منطبق نیستند. در واقع جهتی که قطب N یک قطب نما نشان می دهد، دقیقاً در جهت قطب شمال جغرافیایی زمین نیست و تا حدودی از آن انحراف دارد.

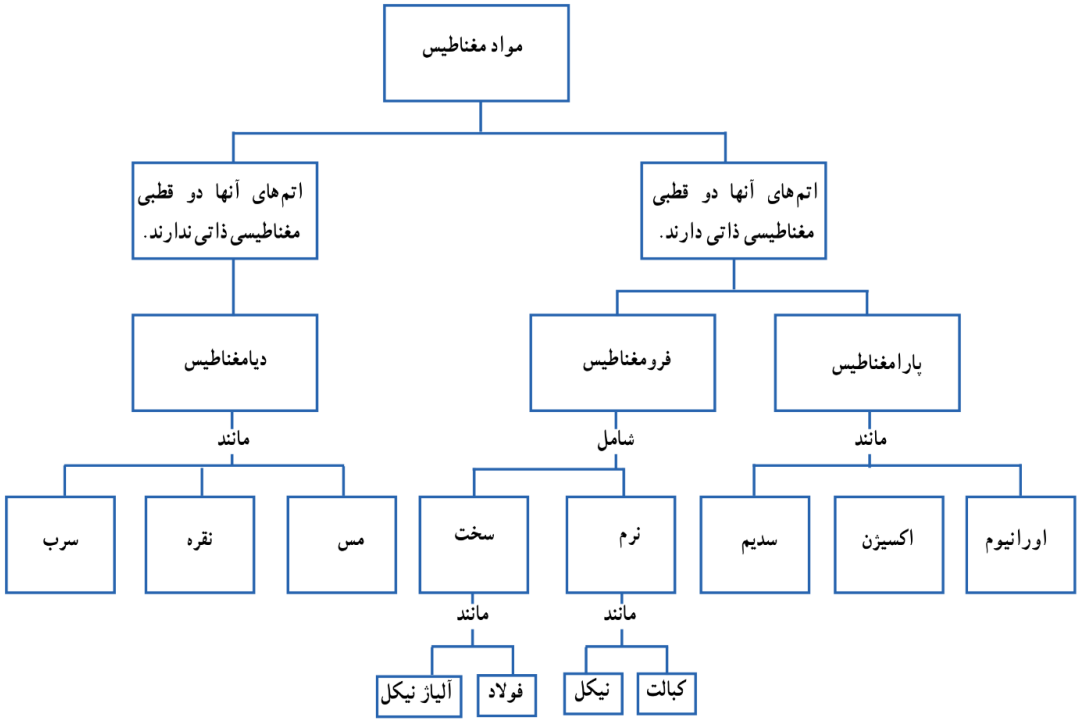
۳) این نکته نیز قابل ذکر است که اگر یک آهنربای میله‌ای یا یک عقربهٔ مغناطیسی را درست از وسط آن آویزان کنیم باز هم بطور کامل در راستای افقی قرار نمی‌گیرد و با راستای افق یک زاویه می‌سازد. این زاویه را شیب مغناطیسی می‌نامند.



شیب مغناطیسی: بردار میدان مغناطیسی زمین در بیشتر نقاط زمین کاملاً افقی (موازی سطح زمین) نیست و امتداد آن با سطح افق زاویه ای می سازد که به آن شیب مغناطیسی گویند. این شیب در تهران حدود ۴۰ درجه می باشد.



۳-۲ ویژگی های مغناطیسی مواد



۳-۳ مواد مغناطیسی

رفتار آهنرباهای دائمی، نوارهای مغناطیسیِ پشت کارت‌های بانکی و دیسک‌های رایانه‌ای به طور مستقیم به ویژگی‌های مغناطیسی مواد بستگی دارد. هنگامی که اطلاعاتی روی نوار مغناطیسیِ پشت کارت‌های بانکی یا یک دیسک رایانه‌ای ذخیره می‌شود آرایه‌ای از هزاران هزار آهنربای دائمی میکروسکوپی روی نوار مغناطیسیِ پشت کارت یا دیسک ایجاد می‌شود.

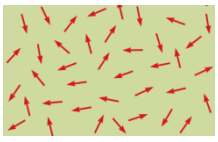
موادی را که اتم‌ها یا مولکول‌های سازنده آنها خاصیت مغناطیسی داشته باشند، مواد مغناطیسی می‌نامند. در واقع می‌توان گفت کوچک‌ترین ذرّه‌های تشکیل دهنده این مواد (اتم‌ها یا مولکول‌ها) مانند دوقطبی مغناطیسی رفتار می‌کنند. در این کتاب، دوقطبی‌های مغناطیسی را با یک پیکان کوچک نشان داده‌ایم که می‌توانند جهت گیری‌های متفاوتی داشته باشند و هرکدام از آنها وابسته به یک اتم یا مولکول‌اند.

۳-۳-۱ مواد دیا مغناطیسی

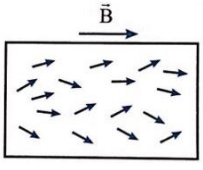
اتم‌های مواد دیامغناطیسی، نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت، به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند. به عبارت دیگر، هیچ یک از اتم‌های این مواد، دارای دوقطبی مغناطیسی خالصی نیستند. با وجود این، حضور میدان مغناطیسی خارجی، می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد دیامغناطیسی شود. در فصل بعد با دلایل این موضوع، با تفصیل بیشتری آشنا خواهید شد.

۳-۳-۲ مواد پارامغناطیسی

اتم‌های مواد پارامغناطیسی، خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به آنها، به طور کاتوره‌ای سمت گیری کرده‌اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی‌کنند (شکل زیر). با قرار دادن مواد پارامغناطیسی درون میدان مغناطیسی خارجی قوی (مثلا نزدیک یک آهنربای قوی)، دو قطبی‌های مغناطیسی آنها، مانند عقربه قطب نما در نزدیکی آهنربا رفتار می‌کنند و به مقدار مختصری در راستای خط‌های میدان مغناطیسی منظم می‌شوند. با دور کردن آهنربا از این مواد، دوقطبی‌های مغناطیسی آنها، دوباره به طور کاتوره‌ای سمت گیری می‌کنند. به این ترتیب، می‌توان گفت مواد پارامغناطیسی در حضور میدان‌های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می‌کنند. اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن از جمله مواد پارامغناطیسی‌اند.



یک مادهٔ پارامغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی

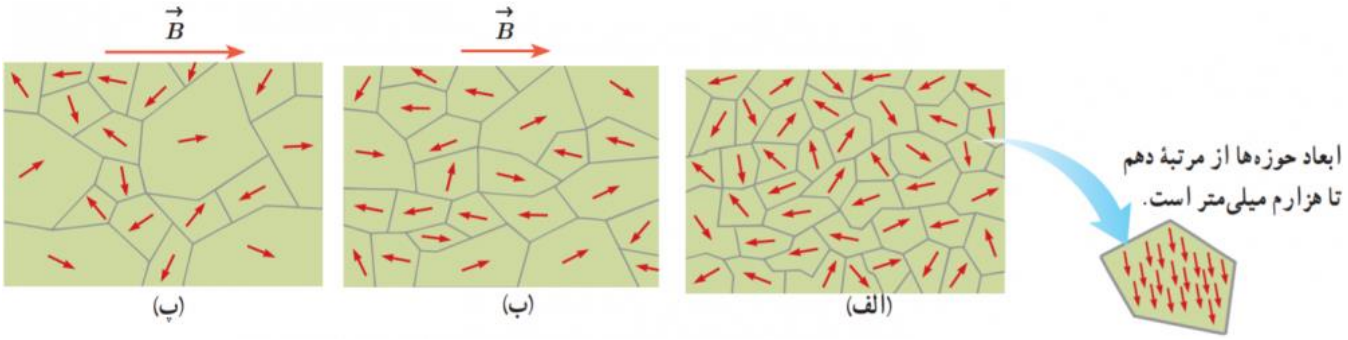


در حضور میدان مغناطیسی

۳-۳-۳ مواد فرومغناطیسی

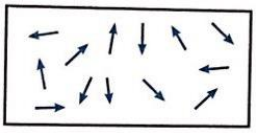
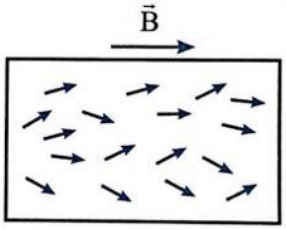
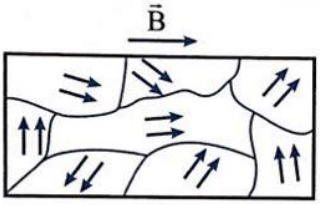
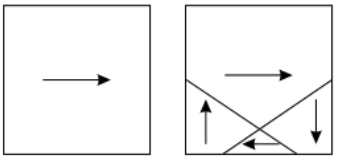
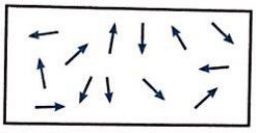
نوع دیگری از مواد به نام مواد فرومغناطیسی وجود دارد که اتم‌های آنها به طور ذاتی دارای دوقطبی مغناطیسی هستند. آهن، نیکل، کبالت و بسیاری از آلیاژهای دارای این عنصرها فرومغناطیسی‌اند. برهم کنش‌های قوی بین دوقطبی‌های مغناطیسی در این مواد موجب می‌شود که این دوقطبی‌ها، حتی در نبود میدان خارجی، در ناحیه‌هایی که حوزه‌های مغناطیسی نامیده می‌شود، همسو شوند. نمونه‌ای از ساختار حوزه‌ها در مواد فرومغناطیسی در شکل الف نشان داده شده است. درون هر حوزه تقریباً از مرتبه 10^{19} اتم وجود دارد که دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به آنها هم جهت‌اند.

مواد فرومغناطیسی را می‌توان با قرار دادن در یک میدان مغناطیسی، آهنربا کرد. اثر میدان مغناطیسی خارجی بر حوزه‌های مغناطیسی باعث می‌شود که دوقطبی‌های مغناطیسی هر حوزه تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار گیرند و جهت آنها به جهت میدان خارجی متمایل شود. به این ترتیب، حوزه‌هایی که نسبت به میدان همسو هستند، رشد می‌کنند و حجمشان زیاد می‌شود. از سوی دیگر حجم حوزه‌هایی که سمت گیری آنها در راستای میدان نیست، کم می‌شود. در این فرایند، مرز بین بیشتر حوزه‌ها جابه جا می‌شود، و ماده خاصیت آهنربایی پیدا می‌کند. شکل ب یک ماده فرومغناطیسی را در یک میدان مغناطیسی خارجی ضعیف و شکل پ در یک میدان مغناطیسی خارجی قوی‌تر نشان می‌دهد.



حوزه‌های مغناطیسیِ برخی از مواد فرومغناطیسی، در حضور میدان مغناطیسی خارجی به سهولت تغییر می‌کند و ماده به سادگی آهنربا می‌شود و با حذف میدان خارجی نیز، خاصیت آهنربایی خود را به آسانی از دست می‌دهد. این مواد را مواد فرومغناطیسی نرم می‌نامند. از این مواد در ساخت هسته پیچه‌ها و سیملوله‌ها استفاده می‌شود. مواد فرومغناطیسی نرم برای ساختن آهنرباهای الکتریکی (آهنرباهای غیردائم) نیز مناسب‌اند . برخی مواد دیگر مانند فولاد (آهن به اضافه ۲ درصد کربن)، آلیاژهای آهن، کبالت و نیکل به سختی آهنربا می‌شوند؛ یعنی در حضور میدان مغناطیسی خارجی، حجم حوزه‌ها در آنها به سختی تغییر می‌کند. این مواد را مواد فرومغناطیسی سخت می‌نامند. در این مواد، سمت گیری دوقطبی‌های مغناطیسی حوزه‌ها پس از حذف میدان خارجی، تا مدت زمان زیادی، تقریبا بدون تغییر باقی می‌ماند. به عبارت دیگر، پس از حذف میدان خارجی، ماده فرومغناطیسی سخت، خاصیت آهنربایی خود را تا اندازه قابل توجهی حفظ می‌کند. به همین دلیل، این مواد برای ساختن آهنرباهای دائمی مناسب‌اند. برای خاصیت آهنربایی هر ماده فرومغناطیسی، مقدار اشباع یا بیشینه‌ای وجود دارد. این وضعیت هنگامی به وجود می‌آید که ماده فرومغناطیسی در یک میدان مغناطیسی بسیار قوی قرار گیرد؛ به طوری که درصد بالایی از دوقطبی‌های مغناطیسی حوزه‌ها به موازات یکدیگر هم خط شوند. به عبارت دیگر، حجم حوزه‌هایی که با میدان مغناطیسی خارجی همسو هستند، به بیشترین مقدار خود برسد.

مواد مغناطیسی به صورت خلاصه

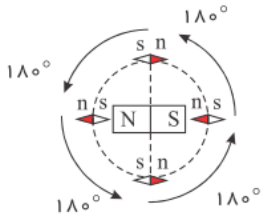
دیامغناطیسی	پارامغناطیسی	فرو مغناطیسی	
		فرومغناطیسی نرم	فرومغناطیسی سخت
به‌طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی هستند.	 در حالت عادی (بدون تأثیر میدان مغناطیسی خارجی) جهت‌گیری دوقطبی‌ها به‌صورت کاتوره‌ای و نامنظم است و جسم خاصت مغناطیسی ندارد.	در حالت عادی، دوقطبی‌ها در حوزه‌های کوچک مغناطیسی هم‌جهت هستند، اما جهت‌گیری حوزه‌ها نامنظم است و جسم خاصیت مغناطیسی ندارد.	
اتم‌ها دارای دوقطبی خالص نیستند.	 در حضور میدان مغناطیسی خارجی، تعدادی از دوقطبی‌ها در جهت میدان قرار می‌گیرند و در مجموع، جهت‌گیری دوقطبی‌ها نسبتاً منظم است. این اجسام کلاً خاصیت مغناطیسی ضعیفی از خود بروز می‌دهند.		در حضور میدان مغناطیسی خارجی، مرز حوزه‌ها به‌راحتی جابه‌جا می‌شود و وسعت حوزه‌هایی که در جهت میدان هستند، افزایش می‌یابد.	در حضور میدان مغناطیسی خارجی، مرز حوزه‌ها به سختی جابه‌جا می‌شود و وسعت حوزه‌هایی که در جهت میدان هستند، افزایش می‌یابد.
		اگر میدان مغناطیسی خارجی ضعیف باشد، مرز حوزه‌ها تا حدی تغییر می‌کند.  اگر میدان مغناطیسی خارجی قوی باشد، حوزه‌ها می‌توانند تا حالت بیشینه‌ای به نام حالت اشباع در جهت میدان قرار گیرند. **به طوری که درصد بالایی از دوقطبی‌های مغناطیسی حوزه‌ها به موازات یکدیگر هم خط شوند. به عبارت دیگر، حجم حوزه‌هایی که با میدان مغناطیسی خارجی همسو هستند، به بیشترین مقدار خود برسد.**		
میدان مغناطیسی خارجی می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف جهت میدان خارجی شود.	با حذف میدان مغناطیسی خارجی، دوقطبی‌ها سریعاً به حالت اولیه و نامنظم خود بازمی‌گردند. 	با حذف میدان مغناطیسی خارجی، مرز حوزه‌ها تغییر کرده و به صورت نامنظم اولیه قرار می‌گیرد و جسم خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهد.	با حذف میدان مغناطیسی خارجی، حوزه‌ها تغییر نمی‌کنند و مدت زمان زیادی، تقریبا بدون تغییر باقی می‌ماند. خاصیت آهنربایی خود را تا اندازه قابل توجهی حفظ می‌کند.
		از آن‌ها به‌عنوان آهن‌ربای الکتریکی غیردائمی استفاده می‌شود.	از آن‌ها به‌عنوان آهن‌رباهای دائمی استفاده می‌شود.
مثال: مس، نقره، سرب، بیسموت	مثال: اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن، اکسیدنیتروژن	مثل:آهن، کبالت و نیکل	مثل: فولاد، آلیاژهای آهن، نیکل و کبالت

تست ۱:

یک آهنربای میله‌ای مطابق شکل زیر، روی یک میز قرار دارد. یک عقربهٔ مغناطیسی که آزادانه می‌تواند حول محور قائم بچرخد، به آرامی روی مسیر دایره‌ای‌شکل به دور آهنربا یک دور می‌چرخد. در این مسیر عقربه چند درجه دوران می‌کند؟

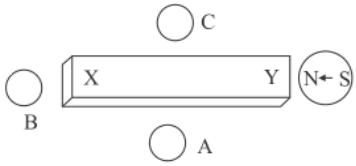
۱) ۱۸۰ ۲) ۲۷۰ ۳) ۳۶۰ ۴) ۷۲۰

پاسخ: گزینه ۴ در هر ربع دایره عقربه ۱۸۰ درجه می‌چرخد، پس در کل مسیر دایره، عقربه $۴ \times ۱۸۰ = ۷۲۰^\circ$ می‌چرخد.



تست ۲:

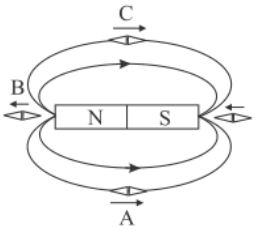
شکل زیر، یک آهنربای میله‌ای را نشان می‌دهد که در اطراف آن ۴ عقربهٔ مغناطیسی قرار دارند. جهت قرار گرفتن عقربه‌های A، B و C به‌ترتیب کدام است؟



۱) $\rightarrow$ و $\leftarrow, \rightarrow$ ۲) $\leftarrow$ و $\rightarrow, \leftarrow$
۳) $\rightarrow$ و $\rightarrow, \rightarrow$ ۴) $\leftarrow$ و $\leftarrow, \leftarrow$

پاسخ: گزینه ۱

همان‌طور که در شکل می‌بینید، قطب N عقربهٔ مغناطیسی به سمت قطب Y آهنربا قرار گرفته است، پس به راحتی می‌فهمیم که Y آهن‌ربا همان قطب S است و قطب X هم همان قطب N.



می‌دانیم که خطوط میدان مغناطیسی از قطب N آهنربا خارج و به قطب S وارد می‌شوند.

همان‌طور که می‌دانید قطب N عقربهٔ مغناطیسی جهت خطوط میدان در هر نقطه را نشان می‌دهد. حالا خطوط میدان مغناطیسی را در اطراف آهنربا می‌کشیم.

تست ۳:

خاصیت مغناطیسی مواد دیامغناطیسی، کدام است؟

۱) به طور طبیعی حوزه‌های مغناطیسی دارند و اگر تحت تأثیر میدان مغناطیسی خارجی قرار گیرند، تبدیل به آهنربای دائمی می‌شوند.

۲) اتم‌های این مواد خاصیت مغناطیسی دارند ولی حوزه‌های مغناطیسی قابل ملاحظه‌ای ندارند و به این دلیل میدان قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کنند.

۳) اتم‌های این مواد به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند و در حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی، دو قطبی‌هایی در خلاف جهت میدان خارجی ایجاد می‌شود.

۴) به طور طبیعی فاقد حوزه‌های مغناطیسی می‌باشند ولی اگر تحت تأثیر میدان خارجی قرار گیرند، حوزه‌های مغناطیسی دائمی در جهت میدان خارجی ایجاد می‌شود.

پاسخ: گزینه ۳

۳-۴ جمع بندی ۱ : جریان الکتریکی میدان مغناطسی ایجاد می کند | ۳ میدان مغناطیسی با ۲ عضو دست

میدان مغناطیسی در اطراف سیم راست حامل جریان الکتریکی

$$(B\alpha \frac{I}{R})$$

R : فاصله از سیم

تعاریف:

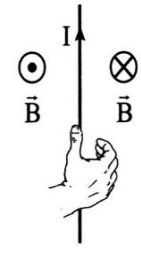
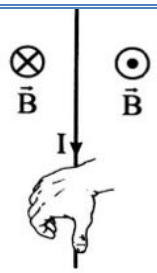
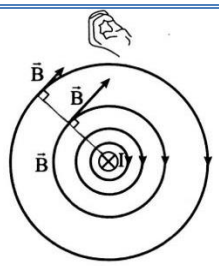
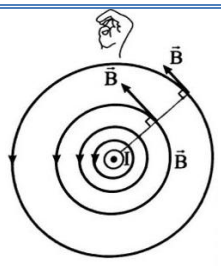
عبور جریان از یک سیم راست باعث ایجاد میدان مغناطیسی در فضای اطراف سیم می شود.

در این حالت خطوط میدان به صورت دایره های هم مرکزی هستند که سیم حامل جریان در مرکز آن هاست.

بردار میدان در هر نقطه مماس بر خطوط میدان و بر شعاع عمود است . در فواصل نزدیک به سیم، میدان مغناطیسی قوی تر و بردار آن بزرگ تر رسم می شود.

جهت (با استفاده از قاعده دست راست) :

انگشت شست راست : جهت جریان | جهت چرخش ۴ انگشت: جهت میدان مغناطیسی

سیم در صفحه		سیم عمود بر صفحه	
			
سمت راست میدان درون سو سمت چپ میدان برون سو	سمت راست میدان برون سو سمت چپ میدان درون سو	جریان درون سو میدان ساعتگرد	جریان برون سو میدان پاد ساعتگرد

میدان مغناطیسی ناشی از حلقه ی (پیچه ی) حامل جریان

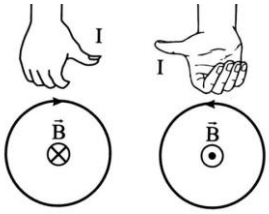
(میدان مغناطیسی در مرکز پیچه ی مسطح حامل جریان:

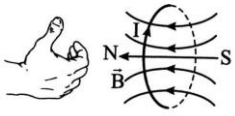
$$(B = \frac{\mu_0 IN}{2R})$$

(ریاضی)

جهت (با استفاده از قاعده دست راست) :

انگشت شست راست : جهت جریان روی حلقه | جهت چرخش ۴ انگشت: جهت میدان مغناطیسی

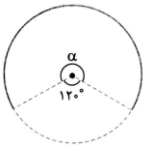




رابطه N: اگر تعداد N حلقه نازک را روی هم قرار دهیم، به طوری که ضخامت آن قابل چشم پوشی باشد، یک پیچه ی مسطح تشکیل داده ایم.

نکته: اگر سیمی به طول L را به پیچه ای به شعاع R تبدیل کنیم، تعداد دورهای پیچه از رابطه $N = \frac{L}{2\pi R}$

نکته: N لزوماً عدد صحیحی نیست. اگر سیمی که آن را به حلقه تبدیل کرده ایم، قسمتی از محیط یک دایره باشد:



$$N = \frac{\alpha}{360} = \frac{240}{360} = \frac{2}{3}$$

میدان مغناطیسی سیملوله ی حامل جریان

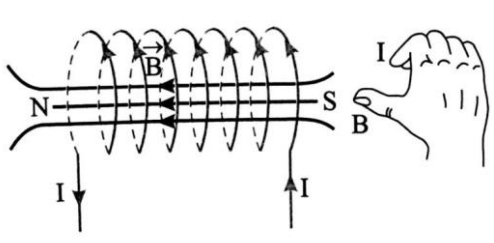
$$(B = \frac{\mu_0 IN}{l})$$

تعریف: اگر یک سیم رسانای بلند به طول L را دور یک استوانه بپیچانیم، یک سیملوله ساخته ایم.

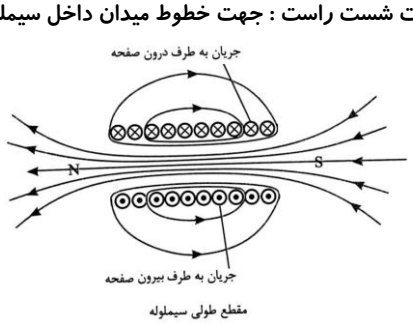
میدان در فضای داخل سیملوله و دور از لبه ها یکنواخت است. | میدان داخل سیملوله قوی تر از میدان خارج و در خلاف جهت آن است.

جهت (با استفاده از قاعده دست راست) :

انگشت شست راست : جهت خطوط میدان داخل سیملوله و سمت قطب N | ۴ انگشت: جهت جریان روی سیم لوله



روش تعیین جهت میدان در سیملوله



مقطع طولی سیملوله

در این رابطه N :تعداد دور | l :طول سیم لوله | $n = \frac{N}{l}$: تعداد دور در واحد طول (معیار تراکم)

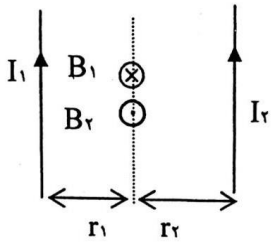
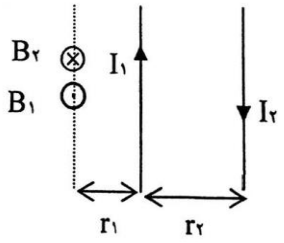
وارد کردن یک هسته فرومغناطیس به داخل سیملوله باعث تقویت میدان در داخل سیملوله می شود: $B = K\frac{\mu_0 IN}{l}$

توضیحات اضافی جدول:

✓ در سیم: برآیند میدان های مغناطیسی در یک نقطه :

۱) میدان های مغناطیسی یک کمیت برداری است. اگر چند سیم حامل جریان داشته باشیم و میدان را در یک نقطه از فضا بخواهیم، لازم است میدان هر سیم در آن نقطه را حساب کرده و میدان های به دست آمده را جمع برداری کنیم.

۲) هرگاه دو سیم موازی حامل جریان الکتریکی باشند، میدان مغناطیسی برآیند در کجا صفر میشه؟!

هم جهت بودن جریان عبوری از دو سیم	غیر جهت بودن جریان عبوری از دو سیم
در نقطه ای بین دو سیم و نزدیک به سیم حامل جریان کم تر ($I_1 < I_2$) 	در نقطه ای خارج فاصله دو سیم و نزدیک به سیم حامل جریان کم تر ($I_1 < I_2$) 

✓ در پیچه:

۱) تعیین قطب ها : روش چشمی: از یک طرف به پیچه نگاه کن ، اگر جریان ساعتگرد باشد، طرف چشم ما قطب S است.

روش دیگر: ۴ انگشت در جهت جریان، انگشت شست قطب N است.

۲) مشابه سیم ها : حلقه های با جریان های هم جهت همدیگرو جذب و خلاف جهت همدیگرو دفع می کنن.

✓ در سیملوله:

۱) تعیین قطب ها مثل پیچه

۲) K در رابطه میدان مغناطیسی سیملوله ضریب تراوایی مغناطیسی هسته است که کمیتی بدون یکا بوده و برای مواد فرومغناطیس $K > 1$ می باشد.

۳) خطوط میدان از قطب N خارج و به قطب S وارد می شوند.

۴) اگر با استفاده از سیمی به طول L را سیملوله ای به شعاع مقطع R درست کنیم، تعداد حلقه های سیملوله از رابطه $N = \frac{L}{2\pi R}$

۵) اگر سیملوله با استفاده از سیم روکش داری به قطر مقطع d ساخته شود، به طوری که حلقه های آن بدون فاصله کنار هم مرتب شده باشند، می توانیم بگوییم طول سیملوله برابر است با : $\rightarrow l = Nd$

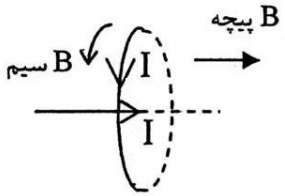
۶) اگر طول و تعداد حلقه قسمتی از یک سیملوله را بدهند و میدان کل سیملوله را بخواهند، میدان مغناطیسی همان قسمت از سیملوله را حساب می کنیم که برابر میدان مغناطیسی کل سیملوله خواهد بود.

| میدان در مرکز پیچه ؛ موهای اسحاق نیوتن ۲ رنگه | میدان در سیملوله ؛ موهای اسحاق نیوتن لوله ای

(در تمامی روابط: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$)

نکات ترکیبی:

۱) اگر سیم حامل جریان در مرکز پیچه قرار بگیرد، سیم در میدان مغناطیسی پیچه است و پیچه در میدان مغناطیسی سیم است. اما به هیچ کدام نیرویی وارد نمی شود. زیرا خطوط میدان سیم و جریان پیچه و همچنین خطوط میدان پیچه و جریان سیم همراستا هستند.



۳-۵ جمع بندی۲: ۲ نیرو با ۳ عضو دست

نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

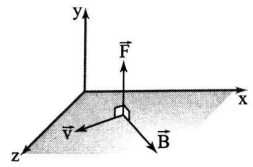
اگر ذره بارداری (q) در میدان مغناطیسی (**B**) با سرعت **V** حرکت کند از طرف میدان مغناطیسی به بار الکتریکی نیرو وارد می شود. (دو شرط دارد : ۱) حرکت کند. ۲) حرکتش موازی با خطوط میدان مغناطیسی نباشد)

رابطه:

$$F = |q|VB\sin\theta \rightarrow \begin{cases} \theta = ۰,۱۸۰ \rightarrow F = ۰ \\ \theta = ۹۰ \rightarrow F_{max} \end{cases}$$

q: بار الکتریکی بر حسب کولن

θ: زاویه بین جهت حرکت ذره و خطوط میدان مغناطیسی



بردار F بر دو بردار v و B عمود است.

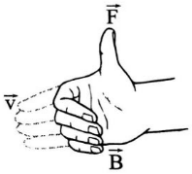
جهت نیروی وارد بر ذره باردار مثبت: (بار منفی نیرو برعکس شود یا با دست چپ)

انگشت شست : نیرو | چهار انگشت در جهت حرکت ذره (V) | چهار انگشت خم شده: B

۳-۵-۱ بر حسب **i** و **j**

$$\vec{F} = |q|(V\times B)\sin\theta \rightarrow \begin{cases} \vec{V} = V_x\vec{i} + V_y\vec{j} \\ \vec{B} = B_x\vec{i} + B_y\vec{j} \end{cases}$$

$$\rightarrow \vec{F} = |q|(V_xB_y - V_yB_x)\vec{k} \rightarrow \boxed{|\vec{F}| = |q|(V_xB_y - V_yB_x)}$$



$F_{meq} \perp B$

$F_{meq} \perp V$

$V, B \rightarrow \theta$

نیروی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی در میدان مغناطیسی

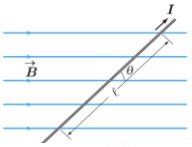
اگر یک سیم حامل جریان (I) در یک میدان مغناطیسی (B) خارجی قرار بگیرد، نیرویی بر آن سیم وارد می شود.

رابطه:

$$F = BIL\sin\theta \rightarrow \begin{cases} \theta = ۰,۱۸۰ \rightarrow F = ۰ \\ \theta = ۹۰ \rightarrow F_{max} \end{cases}$$

L : طولی از سیم که در میدان مغناطیسی قرار دارد.

θ: زاویه بین سیم و خطوط میدان مغناطیسی

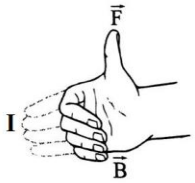


جهت:

انگشت شست : نیرو | چهار انگشت در جهت جریان (I) | چهار انگشت خم شده: B

$$\vec{F} = I(L\times B)\sin\theta \rightarrow \begin{cases} \vec{L} = L_x\vec{i} + L_y\vec{j} \\ \vec{B} = B_x\vec{i} + B_y\vec{j} \end{cases} \rightarrow$$

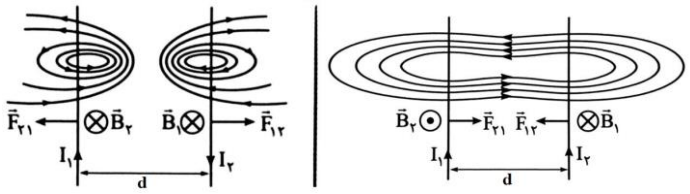
$$\vec{F} = I(L_xB_y - L_yB_x)\vec{k} \rightarrow \boxed{|\vec{F}| = L(I_xB_y - I_yB_x)}$$



نیروی وارد بر دو سیم موازی حامل جریان الکتریکی

اگر دو سیم حامل جریان در نزدیکی هم قرار بگیرند، بر یکدیگر نیرو وارد می کنند.

سیم اول داخل میدان مغناطیسی سیم دوم و سیم دوم داخل میدان مغناطیسی سیم اول قرار دارد و به هر دو سیم نیرو وارد می شود.



هم جهت: جذب خلاف جهت : دفع

این نیرو به این علت است که هر سیم درون میدان سیم دیگر قرار می گیرد.

توضیحات مربوط به جدول:

۱) حرکت دایره ای ذره باردار در میدان مغناطیسی یکنواخت : (ریاضی جدید)

برای اینکه جسمی به جرم m که با سرعت v حرکت می کند، در مسیری دایره ای به شعاع r حرکت کند، باید نیرویی عمود بر مسیر حرکت جسم و به سمت دایره بر آن اثر کند (نیروی مرکزگرا) و داریم: $F_r = \frac{mV^2}{r}$

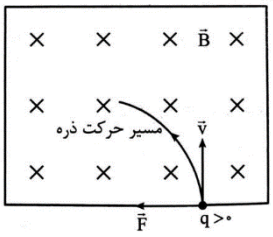
نیروی وارد بر ذره ی باردار متحرک در میدان مغناطیسی همواره بر مسیر حرکت ذره عمود بوده و یک نیروی مرکزگراست.

$$F_r = F_B \rightarrow \frac{mV^2}{r} = qVB = mr\omega^2$$

حرکت دایره ای (و نه هر حرکت خمیده ای) وقتی اتفاق می افتد که جهت حرکت ذره ($\vec{v}$) بر خطوط میدان ($\vec{B}$) عمود باشد. ($\sin\theta = 1$)

۲) برآیند یک شکل:

۳) مسیر حرکت ذره :



۴) اگر نیروی مغناطیسی وارد بر ذره تنها نیروی وارد بر ذره باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی یکنواخت تندی ذره را تغییر نمی دهد و فقط جهتش را عوض می کند.

۵) حضور بار در دو میدان الکتریکی و مغناطیسی به طور همزمان:

نیروی الکتریکی: $F = E|q|$: اگر $q > 0$ ، F در جهت میدان الکتریکی | اگر $q < 0$ ، F در خلاف جهت میدان الکتریکی

خنثی کردن این دو نیرو : ۱) خلاف جهت ۲) مقدارها یکسان

۳-۵-۲ جهت های جغرافیایی

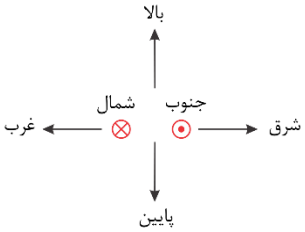
۱) درون سو : ⊗ برداری است که عمود بر صفحهٔ کاغذ و رو به داخل آن باشد. علامت ⊗ در واقع به نشانهٔ پرهای انتهای تیری است که شما آن‌را از کمان رها کرده‌اید و موقع دور شدن از شما، فقط یک علامت ضربدر از آن ⊗ مشاهده می‌کنید.

برون سو: ⊙ برداری است که عمود بر صفحهٔ کاغذ است و از آن خارج می‌شود. در واقع به نشانهٔ نوک تیز تیری است که از کمان رها شده است و به سمت شما می‌آید و شما فقط یک نقطه ⊙ می‌بینید.

۱) جهت جغرافیایی دادن :

فرض : رو به شمال ایستاده ایم و صفحه کاغذ را روبروی صورتمان گرفته ایم.

(جهت شمال عمود بر صفحه کاغذ و به طرف داخل)



شمال: ⊗ جنوب: ⊙ شرق: → غرب: ← بالا: ↑ پایین: ↓

۲) میدان مغناطیسی زمین در استوا : موازی سطح زمین و از سمت جنوب به شمال است.

۳-۵-۳ یکای میدان

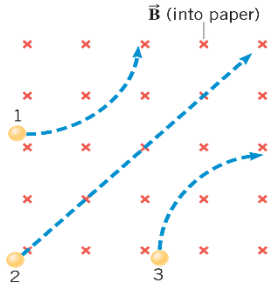
$$F_{max} = |q| \cdot v \cdot B \Rightarrow B = \frac{F_{max}}{|q| \cdot v} \qquad 1T = 1\frac{N}{A \cdot m} = 1\frac{N}{C \cdot \frac{m}{s}}$$

۳-۵-۴ عبور خنثی و مثبت و منفی (انحراف) :

اول برو F مرکزگرا به سمت مرکز دایره فرضی رسم کن

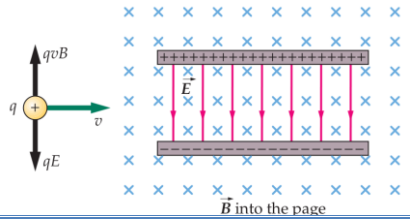
بعدش رسم بردار سرعت مماس بر مسیر حرکت و در نهایت قانون دست راست.

اگر قاعده دست راست صدق کرد یعنی بارمون مثبته وگرنه بارمون منفیه!



	Particle 1	Particle 2	Particle 3
(a)	neutral	+	neutral
(b)	−	neutral	+
(c)	−	−	−
(d)	+	neutral	−
(e)	+	+	+

۳-۵-۵ ذره باردار در حالت های مختلف

ذره باردار در حالت های مختلف		
B و E	بار درون میدان مغناطیسی و الکتریکی هم زمان حرکت کند، در صورتی از مسیر خود منحرف نخواهد شد و شتاب صفر خواهد داشت که نیروی میدان ها یکدیگر را خنثی کنند و برآیند نیروی وارد بر بار صفر باشد. $F_{meq} = F_{Elec} \rightarrow \lvert q\rvert VB\sin\theta = E\lvert q\rvert$ 
B و g	بار درون میدان گرانشی و مغناطیسی هم زمان حرکت کند، در صورتی از مسیر خود منحرف نخواهد شد و شتاب صفر خواهد داشت که نیروی میدان ها یکدیگر را خنثی کنند و برآیند نیروی وارد بر بار صفر باشد. $W = F_{meq} \rightarrow mg = \lvert q\rvert VB\sin\theta$	
E و B و g	بار درون میدان مغناطیسی، گرانش و الکتریکی باشد: بستگی به شرایط ممکنه هر حالتی پیش بیاد: $F_{meq} = F_E + W \rightarrow \lvert q\rvert VB\sin\theta = E\lvert q\rvert + mg$ $F_{meq} + W = F_E \rightarrow \lvert q\rvert VB\sin\theta + mg = E\lvert q\rvert$	
شتاب بگیره	اگر گفتن ذره تحت تاثیر میدان مغناطیسی شتاب گرفت : $F_{meq} = ma \rightarrow \lvert q\rvert VB\sin\theta = ma$	

۳-۵-۶ ترکیب با حرکت دایره ای بچه های ریاضی

برای اینکه جسمی به جرم m که با سرعت v حرکت می کند، در مسیری دایره ای به شعاع r حرکت کند، باید نیرویی عمود بر مسیر حرکت جسم و به سمت دایره بر آن اثر کند (نیروی مرکزگرا) و داریم: $F_r = \frac{mV^2}{r}$

نیروی وارد بر ذره ی باردار متحرک در میدان مغناطیسی همواره بر مسیر حرکت ذره عمود بوده و یک نیروی مرکزگراست.

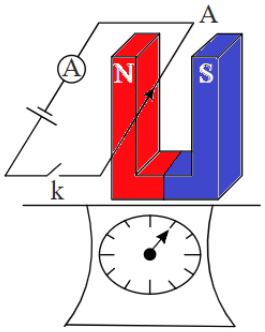
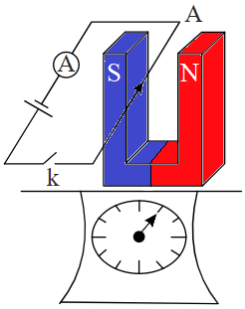
$$F_r = F_B \rightarrow \frac{mV^2}{r} = qVB = mr\omega^2$$

حرکت دایره ای (و نه هر حرکت خمیده ای) وقتی اتفاق می افتد که جهت حرکت ذره ($\vec{V}$) بر خطوط میدان ($\vec{B}$) عمود باشد. ($\sin\theta = ۱$)

یادت باشه که : $F = m\frac{V^2}{r}$ و $K = \frac{۱}{۲}mV^2$ پس: $K = \frac{۱}{۲}Fr$

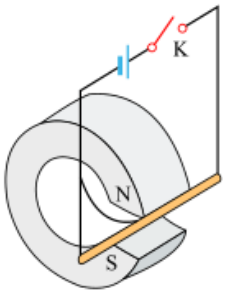
۳-۵-۷ ترازو دادن چی؟!

مثال ۱: آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی درون میدان مغناطیسی را اندازه گیری کرد.

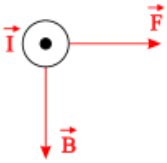
قبل از بستن کلید	قبل از بستن کلید ، عددی که ترازو نشان می دهد ، برابر وزن آهنرباست.
بعد از بستن کلید	یا عدد ترازو زیاد میشه یا عدد ترازو کم میشه ! ۱) کم شدن عدد ترازو : در شکل روبرو با بستن کلید k جریان I در جهت نشان داده شده در شکل برقرار می‌شود و این جریان بصورت درون سو (⊗) از بین دو قطب آهنربا خارج می‌شود. با توجه به قاعدهٔ دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد شده بر سیم رو به پایین (عمل: وارد شده بر سیم از طرف آهنربا) خواهد بود و طبق قانون سوم نیوتون سیم آهنربا را با نیرویی به همان اندازهٔ، رو به بالا (عکس العمل: وارد شده بر آهنربا از طرف سیم) می‌کشد. یعنی عددی که ترازو نشان می‌دهد به اندازهٔ نیروی مغناطیسی F کاهش خواهد یافت.  ۲) زیاد شدن عدد ترازو : در شکل روبرو با بستن کلید k جریان I در جهت نشان داده شده در شکل برقرار می‌شود و این جریان بصورت درون سو (⊗) از بین دو قطب آهنربا خارج می‌شود. با توجه به قاعدهٔ دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد شده بر سیم رو به بالا (عمل: وارد شده بر سیم از طرف آهنربا) خواهد بود و طبق قانون سوم نیوتون سیم بر آهنربا را با نیرویی به همان اندازهٔ ، رو به پایین (عکس العمل: وارد شده بر آهنربا از طرف سیم)می‌کشد یعنی عددی که ترازو نشان می‌دهد به اندازهٔ نیروی مغناطیسی F افزایش خواهد یافت.  پس تفاضل عددِ اولیهٔ ترازو با این عدد نهایی، برابر با نیروی مغناطیسی وارد شده بر سیم حامل جریان خواهد بود. تغییرات وزن = عدد افزایش یافته یا عدد کاهش یافته = تغییرات $F = BIL\sin\theta$

تست ۴:

یک میلهٔ رسانا به پایانه‌های یک باتری وصل شده و مطابق شکل در فضای بین قطب‌های یک آهنربای C شکل آویزان شده است و می‌تواند آزادانه نوسان کند. با بستن کلید K، چه اتفاقی برای میلهٔ رسانا رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.



با بسته شدن کلید K جریان الکتریکی از قطب مثبت باتری در مدار جاری می‌شود و به این ترتیب جهت جریان الکتریکی برون‌سو خواهد بود. و طبق قانون دست راست:



به این ترتیب به محض بسته شدن کلید، نیروی F در جهت خارج کردن سیم از آهنربا به سمت راست به آن وارد می‌شود.

تست۵:

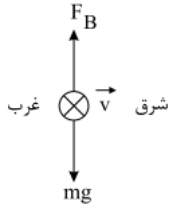
ذره‌ای به جرم ۵ گرم که دارای بار $-۵۰\mu C$ است، در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، با سرعت $۲/۵ \times ۱۰^{۳}\ m/s$ در راستای افقی از جنوب به شمال پرتاب می‌شود. جهت و اندازهٔ میدان، کدام‌یک از موارد زیر می‌تواند باشد تا نیروی مغناطیسی نیروی وزن را خنثی کند و ذره در مسیر مستقیم به حرکت خود ادامه دهد؟

۱) ۰/۰۴ تسلا در راستای افقی از شرق به غرب
۲) ۰/۰۴ تسلا در راستای افقی از غرب به شرق
۳) ۰/۴۰ تسلا در راستای افقی از شرق به غرب
۴) ۰/۴۰ تسلا در راستای افقی از غرب به شرق

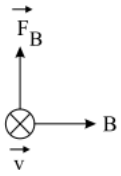
پاسخ: گزینه ۴

$m = ۵gr \quad , \quad v = ۲/۵ \times ۱۰^{۳}\ m/s \quad , \quad q = -۵۰\mu C$

اگر رو به شمال قرار گیریم ذره در امتداد عمود بر صفحهٔ کاغذ و درون‌سو (جنوب به شمال)، پرتاب شده است:



$\vec{B}$ جهت : $q < ۰$:



$\rightarrow$ جهت $\vec{B}$: غرب به شرق

$\vec{B}$ اندازهٔ : (برای عدم انحراف ذره در حین حرکت) $\rightarrow F_B = mg \rightarrow |q|vB\underbrace{\sin ۹۰^{\circ}}_{\text{ذره جنوب به شمال پرتاب شده است.}} = mg \quad \rightarrow (۵۰ \times ۱۰^{-۶})(۲/۵ \times ۱۰^{۳})(B)(۱) = (۵ \times ۱۰^{-۳})(۱۰)$

$$\rightarrow B = \frac{۵ \times ۱۰^{-۲}}{۱۲۵ \times ۱۰^{-۳}} = ۰/۴T$$

تست۶:

ذره‌ای به جرم ۲ میلی گرم با سرعت $۱۰^{۳}\frac{m}{s}$ عمود بر میدان مغناطیسی ۵۰ گاوس حرکت می کند. اگر بزرگی نیروی الکترومغناطیسی وارد بر آن برابر اندازه وزن ذره باشد، مقدار بار الکتریکی ذره چند میکرو کولن است؟ $\left(g = ۱۰\frac{m}{s^{۲}}\right)$

۱) ۲
۲) ۶
۳) ۴
۴) ۸

پاسخ: گزینه ۳

ابتدا مقدار میدان را از واحد گاوس به تسلا تبدیل می کنیم:

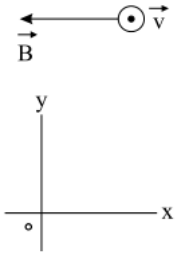
$B = ۵۰G = ۵۰ \times ۱۰^{-۴} = ۵ \times ۱۰^{-۳}T$

$F_B = W \Rightarrow qvB\sin\alpha = mg \Rightarrow qvB = mg \Rightarrow q \times ۱۰^{۳} \times ۵ \times ۱۰^{-۳} = ۲ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰^{-۲} \times ۱۰$

$\Rightarrow q = ۴ \times ۱۰^{-۶}C = ۴\mu C$

تست ۷:

مطابق شکل زیر، الکترونی با سرعتی به بزرگی $۲ \times ۱۰^{۵} \frac{m}{s}$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $۴۰G$ و میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ بدون انحراف به حرکت خود ادامه می‌دهد. $\vec{E}$ در SI کدام است؟ (از جرم الکترون صرف‌نظر کنید.)



۱) $(-۲ \times ۱۰^{۵})\vec{j}$

۲) $(۲ \times ۱۰^{۵})\vec{j}$

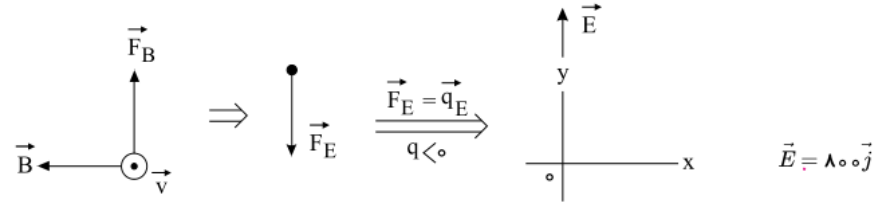
۳) $(-۸ \times ۱۰^{۲})\vec{j}$

۴) $(۸ \times ۱۰^{۲})\vec{j}$

پاسخ: **گزینه ۴** گام اول: از وزن الکترون صرف‌نظر شده است. پس شرط این‌که الکترون بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد این است:

$$F_B = F_E \Rightarrow |q| vB \sin ۹۰ = |q| E \Rightarrow E = vB = (۲ \times ۱۰^{۵})(۴۰ \times ۱۰^{-۴}) \Rightarrow E = ۸۰۰ \frac{N}{C}$$

گام دوم:

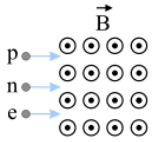


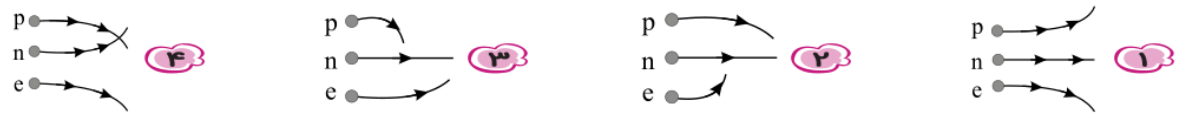
$$\vec{E} = ۸۰۰\vec{j}$$

گام سوم:

تست ۸:

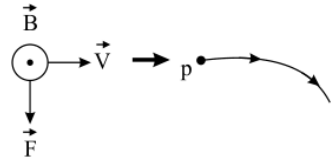
ذرات الکترون (e)، نوترون (n) و پروتون (p) نشان داده شده با سرعت افقی v وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت B می‌شوند. مسیر انحراف این سه ذره در هنگام عبور از میدان چگونه است؟ (از نیروی وزن چشم‌پوشی شود)



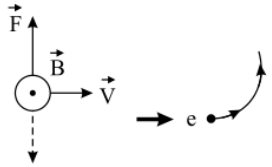


پاسخ: **گزینه ۲** ذرات در جهت نیرویی که به آنها وارد می‌شود منحرف می‌شوند طبق رابطهٔ $F = qvB \sin \theta$ چون بار الکتریکی ذره نوترون (n) صفر است پس نیرویی به آن وارد نشده و منحرف نمی‌شود (ردّ گزینهٔ ۴)

برای ذرهٔ پروتون (p) طبق قاعدهٔ دست راست داریم:



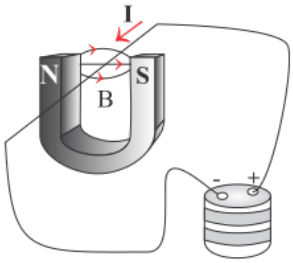
و برای ذرهٔ الکترون (e) چون دارای بار منفی است خلاف جهت قاعدهٔ دست راست را داریم (و یا دست چپ)



توجه کنیم که چون الکترون از پروتون سبک‌تر است، انحرافش نسبت به پروتون بیشتر خواهد بود. (گزینهٔ ۲)

تست ۹:

در شکل روبه‌رو، نیروی الکترومغناطیسی وارد بر آن قسمت از سیم که داخل آهنربا قرار دارد، به کدام جهت است؟



۱) بالا

۲) پایین

۳) به سمت قطب N

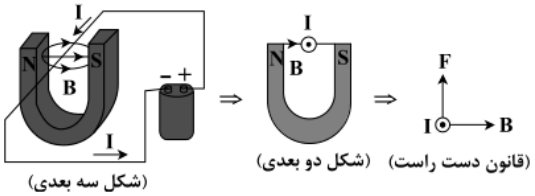
۴) به سمت قطب S

پاسخ: **گزینه ۱** باتوجه به شکل داده شده، اگر مسیر جریان را به سمت خارج از صفحه (برونسو) بگیریم، به کمک قانون دست راست، جهت نیروی وارد بر سیم به سمت بالا می باشد.

I: جهت چهار انگشت دست راست

B: جهت خم شدن انگشتان دست راست

F: جهت انگشت شست دست راست

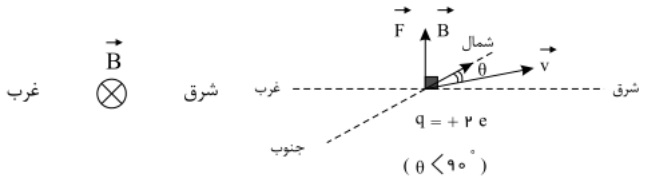


تست ۱۰:

در مکانی، میدان مغناطیسی، یکنواخت و افقی و جهت آن به سمت شمال جغرافیایی است. اگر در این مکان یک ذرهٔ آلفا با سرعت v در راستای افقی به سمت شمال شرقی در حرکت باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر ذره در آن لحظه به کدام جهت است؟

۱) راستای قائم به سمت بالا ۲) افقی به سمت شمال غربی ۳) راستای قائم به سمت پایین ۴) افقی به سمت جنوب شرقی

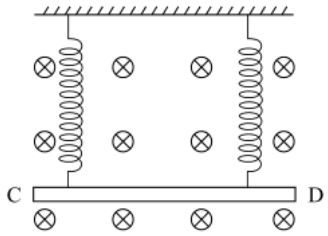
پاسخ: **گزینه ۱** فرض کنید شمال جغرافیایی در مقابل ما قرار دارد.



ذرهٔ α، هستهٔ اتم هلیوم بوده و بار الکتریکی آن: $q=+2e$ می‌باشد. طبق قانون دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ α در امتداد قائم رو به بالا است.

تست ۱۱:

مطابق شکل زیر، میلهٔ CD به جرم ۱۶۰ گرم و طول ۸۰ سانتی‌متر به دو فنر مشابه آویخته شده و در یک میدان مغناطیسی یکنواخت که اندازهٔ آن ۰٫۴ تسلا است، به‌صورت افقی قرار دارد. از میله جریان چند آمپر و در چه جهتی عبور کند تا از طرف میله بر فنرها نیرویی وارد نشود؟ $(g = ۱۰\ m/s^۲)$



۱) ۵ و از C به طرف D

۲) ۵ و از D به طرف C

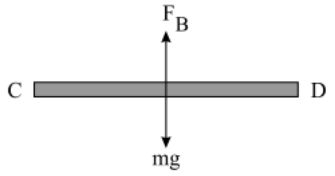
۳) ۲ و از C به طرف D

۴) ۲ و از D به طرف C

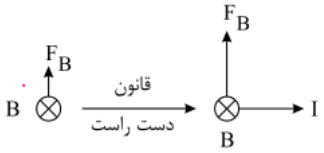
پاسخ: **گزینه ۱**

$m = ۱۶۰g = ۱۶ \times ۱۰^{-۲}kg \quad , \quad L = ۸۰cm = ۰٫۸m \quad , \quad B = ۰٫۴T$

برای این که از طرف میله به فنرها نیرویی وارد نشود باید تمام وزن میله توسط نیروی مغناطیسی خنثی شود.



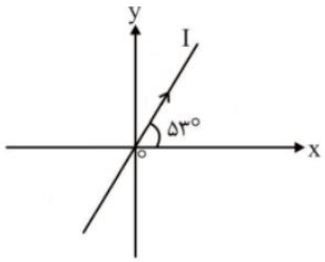
$$F_B = mg \rightarrow ILB\sin ۹۰^\circ = mg \rightarrow I \times \frac{۸}{۱۰} \times \frac{۴}{۱۰} \times ۱ = (۱۶ \times ۱۰^{-۲})(۱۰) \rightarrow I = \frac{۱۶۰}{۳۲} = ۵A$$



I از C به D است بنابراین جواب نهایی: $۵A$ از C به D است.

تست ۱۲:

مطابق شکل، سیم مستقیم و بلندی حامل جریان ۲A منطبق بر صفحهٔ xoy قرار گرفته است. اگر میدان مغناطیسی ایجاد شده در فضایی که سیم از آن عبور می‌کند در SI به صورت $\vec{B} = (۵\vec{i} + ۱۰\vec{j}) \times ۱۰^{-۳}$ باشد، به هر متر از این سیم چند میلی نیوتون نیروی الکترومغناطیسی و در چه جهتی اثر می‌کند؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$



۱) ۴ ـ برون‌سو

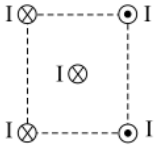
۲) ۲۰ ـ برون‌سو

۳) ۴ ـ درون‌سو

۴) ۲۰ ـ درون‌سو

تست ۱۳:

چهار سیم راست و بلند حامل جریان‌های مساوی و در جهت‌های نشان داده شده، در رأس‌های یک مربع مطابق شکل قرار دارند. نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم حامل جریانی که از مرکز مربع می‌گذرد، در کدام جهت است؟ سراسری- ۱۳۸۹



۱) $\rightarrow$

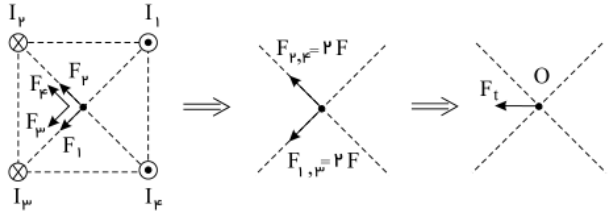
۲) $\leftarrow$

۳) $\downarrow$

۴) $\uparrow$

پاسخ: **گزینه ۲** می‌دانیم دو سیم راست و موازیِ حامل جریان اگر هم‌سو باشند نیروی جاذبه و اگر غیر هم‌سو باشند نیروی دافعه به یکدیگر وارد می‌کنند.

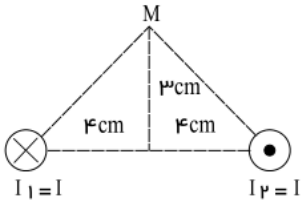
پس ابتدا جهت نیروهای وارد بر سیمی که در مرکز مربع است را رسم می‌کنیم و بردارها را برآیند می‌گیریم.

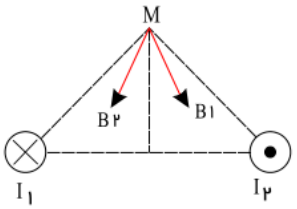


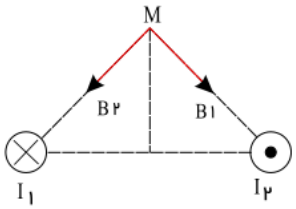
تست۱۴:

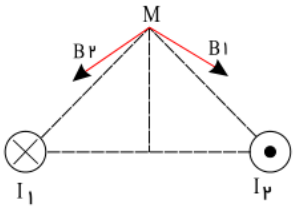
دوسیم موازی بسیار بلند، حامل جریان I، مطابق شکل زیر عمود بر صفحه قرار دارند. بردارمیدان مغناطیسی هر یک از دو سیم در نقطه M درکدام شکل درست است؟

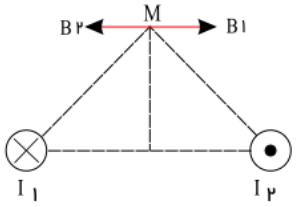
سراسری- ۱۳۹۴



۱)


۲)


۳)


۴)


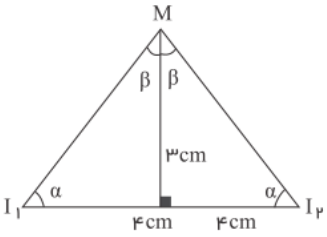
پاسخ: **گزینه ۱** باید به دونکته توجه داشته باشید:

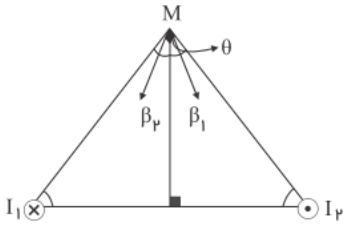
الف) خط میدان ناشی از هر سیم دریک نقطه، دایره‌ای به مرکز آن سیم در همان نقطه است و بردار میدان مغناطیسی درآن نقطه مماس بر این دایره و در نتیجه عمود بر شعاع است.

ب) برای تعیین جهت این میدان باید انگشت شست دست راست را در جهت جریان نگه دارید و به نحوه‌ی جمع شدن چهار انگشت درهمان نقطه نگاه کنید.

$$\tan\alpha = \frac{۳}{۴} \rightarrow \alpha = ۳۷^\circ \rightarrow \beta = ۵۳^\circ \rightarrow ۲\beta = ۱۰۶^\circ \qquad ۲\beta = ۹۰ + \theta$$

$\vec{B}_۱$ و به همین ترتیب $\vec{B}_۲$ در داخل مثلث قرار می‌گیرند یعنی گزینه‌های ۲ و ۳ و ۴ صحیح نیستند.





تست۱۵:

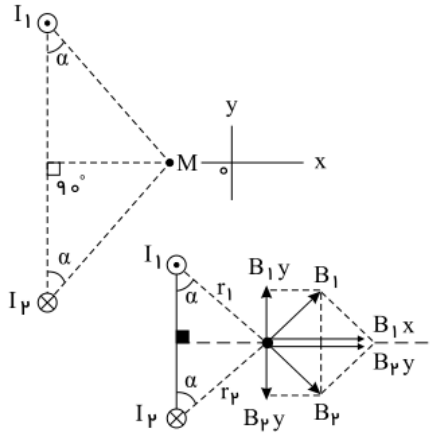
شکل زیر، مقطع دو سیم بلند و موازی را نشان می‌دهد که بر صفحهٔ کاغذ عمودند و از آن‌ها جریان‌های برابر و در جهت‌های نشان داده شده عبور می‌کند، میدان مغناطیسی خالص (برایند) در نقطهٔ M در کدام جهت است؟

۱) در جهت محور x

۲) در جهت محور y

۳) خلاف جهت محور x

۴) خلاف جهت محور y

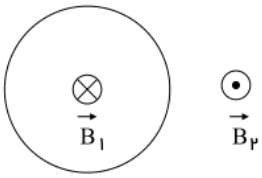


پاسخ: **گزینه ۱**

چون $I_۱ = I_۲$ و $r_۱ = r_۲$ (تقارن در شکل) در می‌یابیم: $B_۱ = B_۲$ و $B_{۱y} = B_{۲y}$ پس $B_T = B_{۱x} + B_{۲x}$

تست ۱۶:

شکل زیر، یک حلقهٔ حامل جریان الکتریکی را نشان می‌دهد که $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ بردارهای میدان مغناطیسی داخل و بیرون حلقه‌اند. کدام مورد دربارهٔ جهت جریان الکتریکی حلقه و اندازهٔ بردارهای میدان درست است؟



۱) ساعتگرد، $B_1 = B_2$

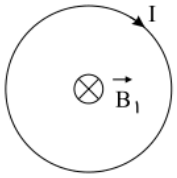
۲) ساعتگرد، $B_1 > B_2$

۳) پادساعتگرد، $B_1 = B_2$

۴) پادساعتگرد، $B_1 > B_2$

پاسخ: **گزینه ۲**

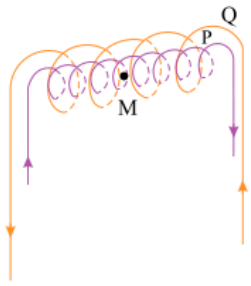
به تراکم خطوط میدان مغناطیسی درون حلقه و بیرون آن در شکل کتاب درسی توجه فرمائید.



$\odot \vec{B}_2$ و $B_1 > B_2$

تست ۱۷:

در شکل زیر دو سیملولهٔ P و Q هم محورند و طول برابر دارند. تعداد دور سیملولهٔ P برابر ۲۰۰ و تعداد دور سیملولهٔ Q برابر ۳۰۰ است. اگر جریان $1A$ از سیملولهٔ Q عبور کند، از سیملولهٔ P چه جریانی باید عبور کند تا برایند میدان مغناطیسی ناشی از دو سیملوله در نقطهٔ M (روی محور دو سیملوله) صفر شود؟



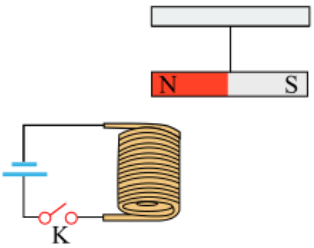
$$B_Q = B_P$$

$$\frac{\cancel{\mu_0} \cdot N_Q I_Q}{\cancel{\ell_Q}} = \frac{\cancel{\mu_0} \cdot N_P I_P}{\cancel{\ell_P}} \Rightarrow ۳۰۰ \times ۱ = ۲۰۰ \times I_P \Rightarrow I_P = \frac{۳}{۲} = ۱/۵A$$

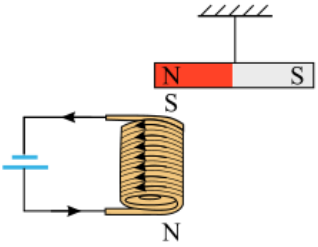
۳-۵-۸ داستان های سیملوله و آهنربا

تست ۱۸:

یک آهنربای میله‌ای مطابق شکل زیر، بالای سیملوله‌ای آویزان شده است. توضیح دهید با بستن کلید K چه تغییری در وضعیت آهنربا رخ می‌دهد.

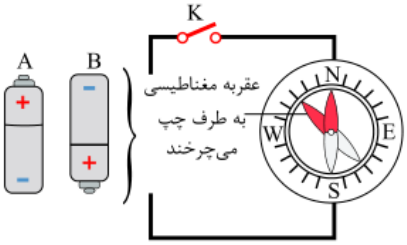


با بسته شدن کلید جریان الکتریکی از سر پایینی باتری در مدار جاری می‌شود و به این ترتیب طبق قانون دست راست، قطب N آهنربای ایجاد شده توسط سیملوله پایین و قطب S آن بالا قرار می‌گیرد:
به این ترتیب آهنربای آویخته شده جذب سیملوله می‌شود یعنی قطب N آن به پایین منحرف می‌شود.



تست ۱۹:

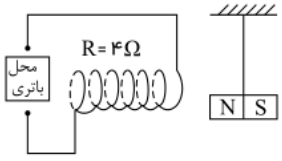
کدام باتری را در مدار شکل زیر قرار دهیم تا پس از بستن کلید K، عقربه قطب‌نما که روی سیم قرار دارد، در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت شروع به چرخش کند؟ دلیل انتخاب خود را توضیح دهید.



برای آنکه عقربه در جهت خواسته شده (به سمت چپ) بچرخد باید به آن نیرویی به سمت چپ وارد شود یعنی باید میدان مغناطیسی که از محل عقربهٔ مغناطیسی عبور می‌کند به سمت چپ باشد چون عقربه روی سیم قرار دارد باید جریان عبوری از سیم زیر عقربه مغناطیسی روبه پایین باشد تا طبق قانون دست راست جهت میدان مغناطیسی بالای سیم (در محل عقربه) از راست به چپ باشد. پس باتری A باید در مدار قرار گیرد تا با جاری شدن جریان از سر مثبت آن در مدار، جریانی ساعتگرد ایجاد شود.

تست ۲۰:

کدام باتری را درون مدار قرار دهیم تا باعث جذب آهنربای آویزان توسط سیم‌لوله شود و درون سیم‌لوله جریان ۲ آمپر جاری شود؟



۱) $۲V$ (+ −)

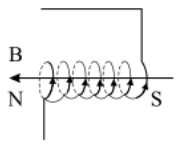
۲) $۸V$ (+ −)

۳) $۴V$ (− +)

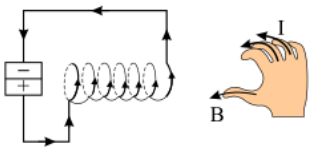
۴) $۸V$ (− +)

پاسخ: **گزینه ۴**

برای اینکه آهنربا جذب سیم‌لوله شود باید قطب‌های سیم‌لوله خلاف قطب‌های آهنربا قرار گیرد که در این صورت مطابق شکل جهت میدان درون سیم‌لوله به‌سمت چپ خواهد بود.



حال طبق قاعدهٔ دست راست اگر سیم‌لوله را در دست خود و شست را در جهت میدان قرار دهیم، جهت انگشتان جهت جریان حلقه‌ها را نشان می‌دهد که در این شکل باید جریان حلقه‌ها رو به بالا باشد در نتیجه باید یکی از باتری‌های گزینهٔ ۳ یا ۴ در مدار قرار گیرند.



از طرفی هم طبق رابطهٔ $I=\frac{V}{R}$ داریم $\frac{V}{۴}=۲\Rightarrow V=۸V$ پس باتری باید ۸ ولتی باشد.

۳-۶ نیروی مغناطیسی وارد بر ذرّهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی

آزمایش نشان می‌دهد که اگر یک بار الکتریکی q که با سرعت v درون میدان مغناطیسی B حرکت می‌کند، هم راستای خطوط میدان حرکت نکند و یا به عبارتی بردار سرعت با بردار میدان مغناطیسی زاویه‌ای غیر از صفر بسازد، بر بار الکتریکی نیرویی وارد می‌شود که راستای آن بر راستای سرعت و میدان مغناطیسی عمود است.

اگر ذره بارداری (q) در میدان مغناطیسی (**B**) با سرعت **V** حرکت کند از طرف میدان مغناطیسی به بار الکتریکی نیرو وارد می شود. (دو شرط دارد : ۱) حرکت کند. ۲) حرکتش موازی با خطوط میدان مغناطیسی نباشد)

اثبات میشه که :

۱) $F \alpha |q|$ ۲) $F \alpha V$ ۳) $F \alpha B$

۴) موازی با میدان حرکت کنه ($\theta = ۰ \rightarrow F = ۰$)

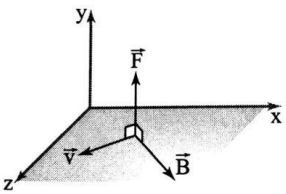
۵) عمود بر میدان حرکت کنه ($\theta = ۹۰ \rightarrow F_{max}$) پس از ۴ و ۵ نتیجه : $F \alpha \operatorname{Sin}\theta$

$$F = |q|(V \times B)\sin\theta \rightarrow \begin{cases} \theta = ۰,۱۸۰ \rightarrow F = ۰ \\ \theta = ۹۰ \rightarrow F_{max} \end{cases}$$

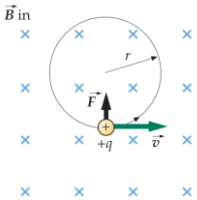
q: بار الکتریکی بر حسب کولن

θ: زاویه بین جهت حرکت ذره (بردار v) و خطوط میدان مغناطیسی

نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی



بردار F بر دو بردار v و B عمود است.



$F_{meq} \perp B$

$F_{meq} \perp V$

$V, B \rightarrow \theta$

این نیروی مغناطیسی :

۱) بر سرعت عمود است .

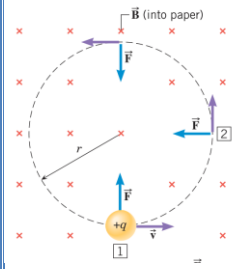
۲) مرکز گراست .

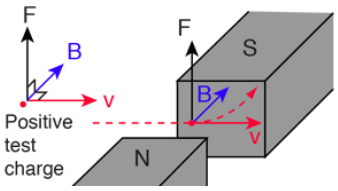
۳) باعث تغییر جهت حرکت ذره می شود .

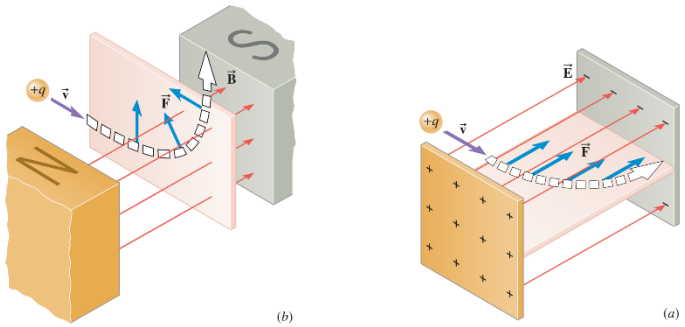
۴) ولی اندازه سرعت ثابت است.

۵) کارش صفره

یادت هم باشه که سرعت بر مسیر مماس هست.

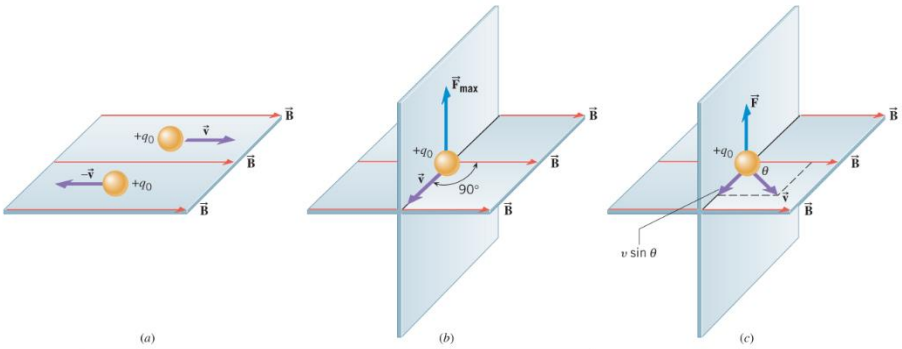






نکته: نیروی الکتریکی وارد بر ذره باردار در میدان الکتریکی، موازی خطوط میدان می باشد. $F_E \parallel E$

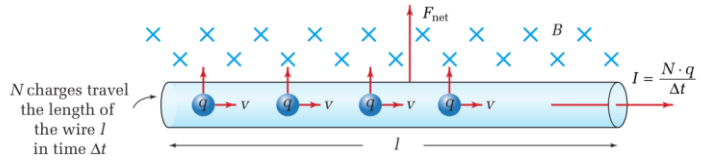
ولی نیروی مغناطیسی وارد بر ذره متحرک در میدان مغناطیسی عمود بر خطوط میدان می باشد. $F_{meq} \perp B$



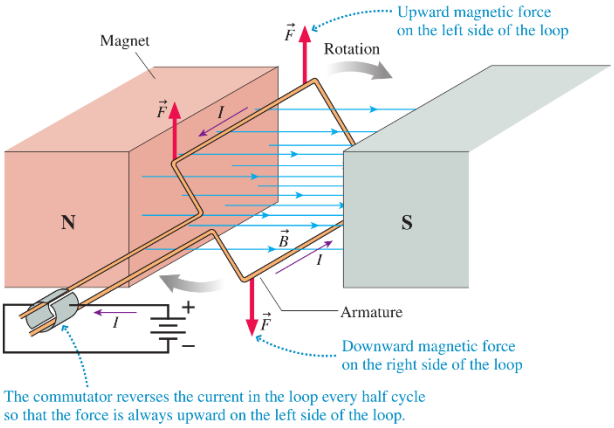
۳-۷ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی در میدان مغناطیسی

همانطور که در بخش قبل دیدیم، آزمایش‌ها نشان می‌دهند که وقتی بار الکتریکی بصورت غیرموازی میدان درون میدان مغناطیسی حرکت می‌کند بر آن نیرو وارد می‌شود. این موضوع زمانی‌که بارهای الکتریکی درون سیم نیز جریان دارند رخ می‌دهد. به عبارت دیگر بر سیم‌های حامل جریان الکتریکی که درون میدان مغناطیسی قرار دارند، به شرط آنکه جهت جریان هم‌راستای خطوط میدان نباشد، نیرویی عمود بر جهت میدان و جریان وارد می‌شود. این نیرو در واقع به بارهای متحرک درون سیم وارد شده است ولی چون جهت نیرو عمود بر راستای سیم خواهد بود، عملاً باعث ایجاد حرکت در سیم می‌شود.

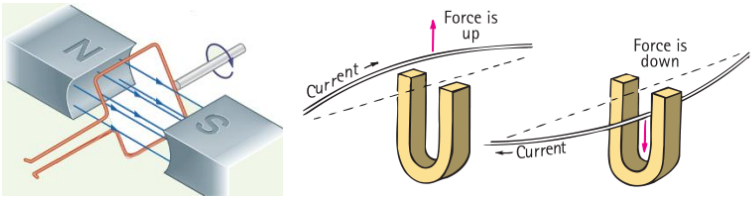
(لپ کلام: به بار الکتریکی از طرف میدان مغناطیسی نیرو وارد میشه. اگر تو سیم جریان باشه، یعنی بار تو سیم حرکت می کنه. پس به سیم هم نیرو وارد میشه! اما خواست باشه که حرکت بار غیر موازی با میدان بود. پس سیم هم نباید با خطوط میدان موازی باشه!)



اساس کار موتورهای الکتریکی که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند و تقریباً در همهٔ موارد از چرخش یک سیم‌پیچ درون میدان مغناطیسی استفاده می‌شود، همین موضوع است. دستگاه‌هایی نظیر جاروبرقی، متهٔ برقی، آسیاب برقی، ماشین لباسشویی، پنکه، سشوار و ... بر این اساس کار می‌کنند.



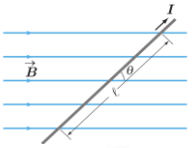
طرحی ساده از یک موتور الکتریکی. نیروی مغناطیسی F وارد بر الکترون‌هایی که با سرعت سوق Vدرون رسانا حرکت می کنند حلقه را می چرخاند.

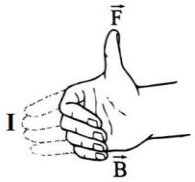


آزمایشات آقای اورستد (فیزیک‌دان دانمارکی) بر روی سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی و اندازه‌گیری این نیروها نشان داد که این نیرو از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود: (از رابطه فاطی کیوی بده سینا اثبات میشه! چطور؟ (تقسیم بر زمان و ضربدر زمان))

$$F = \underbrace{\left(\frac{\Delta q}{\Delta t}\right)}_{I} \underbrace{(v\,\Delta t)}_{L} B \sin\theta$$

نیروی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی در میدان مغناطیسی





$F_{meq} \perp B$

$F_{meq} \perp I(Sim)$

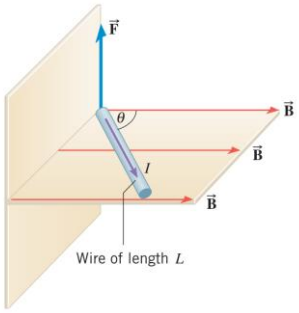
$I(Sim), B \rightarrow \theta$

اگر یک سیم حامل جریان (I) در یک میدان مغناطیسی (B) خارجی قرار بگیرد، به شرطی که سیم با خطوط میدان مغناطیسی موازی نباشد نیرویی بر آن سیم وارد می شود.

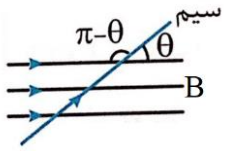
رابطه:

$$F = BIL\sin\theta \rightarrow \begin{cases} \theta = ۰,۱۸۰ \rightarrow F = ۰ \\ \theta = ۹۰ \rightarrow F_{max} = BIL \end{cases}$$

L : **طولی از سیم که در میدان مغناطیسی قرار دارد.**

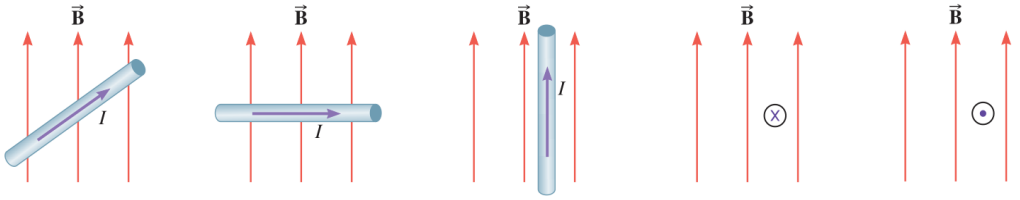


θ: **زاویه بین سیم (I) و خطوط میدان مغناطیسی (B)**



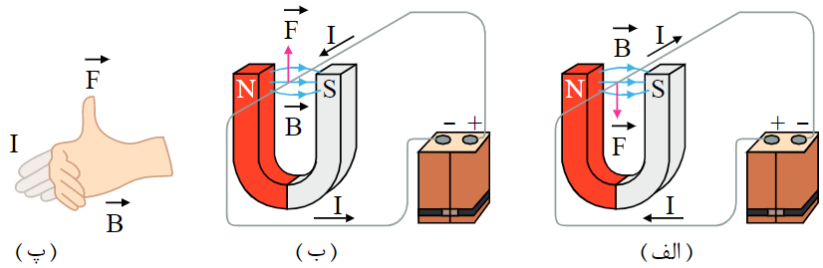
θ **زاویه حاده (تند) بین جهت جریان و جهت بردار میدان مغناطیسی است.**

$$\mathrm{Sin}(\pi-\theta) = \mathrm{Sin}\,\theta$$



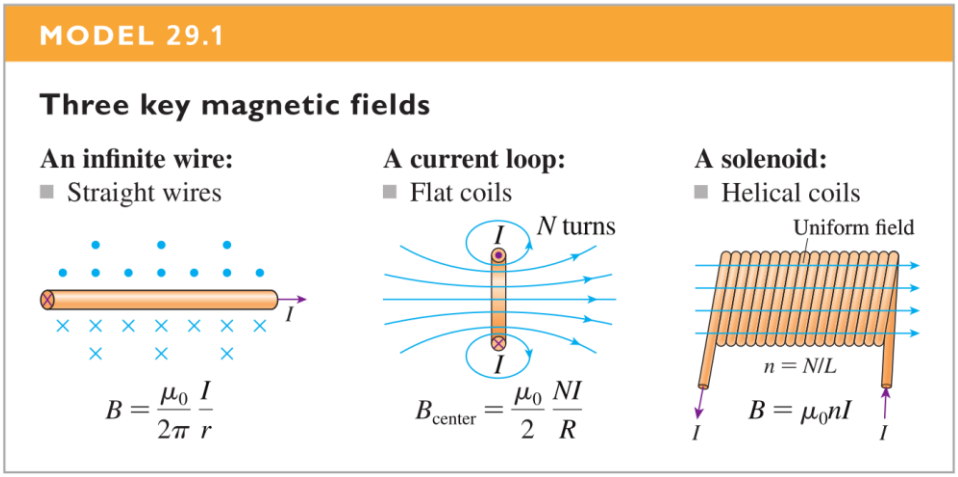
جهت: با استفاده از قانون دست راست

انگشت شست : نیرو | چهار انگشت در جهت جریان (I) | چهار انگشت خم شده: B



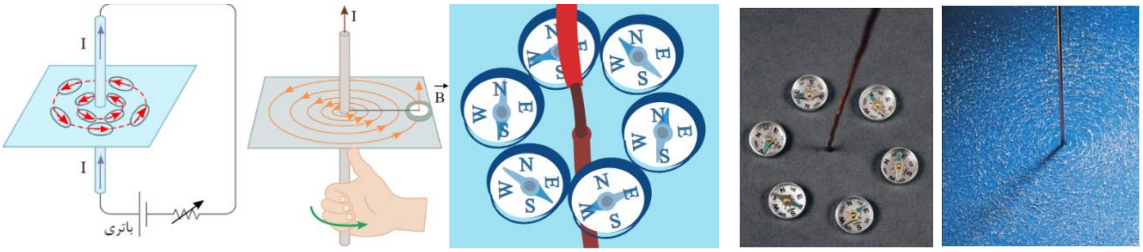
۳-۸ میدان اطراف سیم حامل جریان

بار الکتریکی ساکن	اطرافش میدان الکتریکی هست.
بار الکتریکی متحرک	علاوه بر میدان الکتریکی ، میدان مغناطیسی تولید می کند!!! یعنی مثل آهنربا میدان مغناطیسی تولید می کنه! یعنی بارهای الکتریکی ای که در سیم دارن حرکت میکنن که ما بهش میگیم جریان، میدان مغناطیسی تولید میکنن! خب یعنی ❖ جریانی که توی سیم راست هست ، در واقع همون سیم حامل جریان ❖ جریان توی یک پیچه (سیم راست دور دوری) ❖ جریان توی یک سیملوله همه ی این ها اطرافشون میدان مغناطیسی ایجاد می کنن. واو!



اورستد هنگام انجام آزمایشهایی که مربوط به جریان‌های الکتریکی بود مشاهده کرد عقربهٔ مغناطیسی در کنار سیم حامل جریان الکتریکی منحرف می‌شود. وی دریافت که در اطراف یک سیم حامل جریان باید میدان مغناطیسی وجود داشته باشد تا بتواند به یک آهنربا نیرو وارد کند.

آقای اورستد با انجام آزمایشی مطابق شکل روبرو دریافت که خطوط میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم بلند و مستقیم حامل جریان، بصورت دایره‌های متحدالمرکز (هم مرکز) به مرکزیت سیم در هر مقطع از آن قابل مشاهده هستند.



میدان مغناطیسی در اطراف سیم راست حامل جریان الکتریکی

$\left(B\alpha\frac{I}{R}\right)$

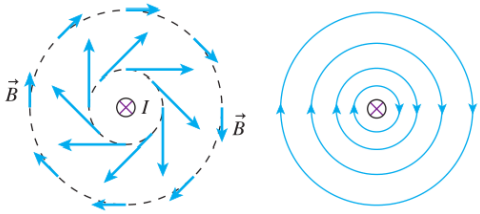
R : فاصله از سیم

تعاریف:

عبور جریان از یک سیم راست باعث ایجاد میدان مغناطیسی در فضای اطراف سیم می شود.

در این حالت خطوط میدان به صورت دایره های هم مرکزی هستند که سیم حامل جریان در مرکز آن هاست.

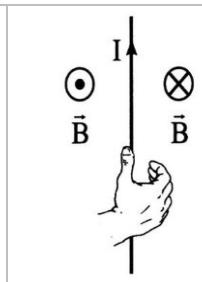
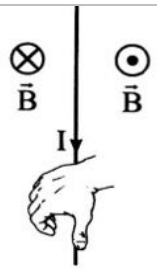
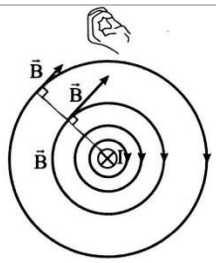
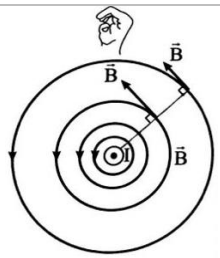
بردار میدان در هر نقطه مماس بر خطوط میدان و بر شعاع عمود است . در فواصل نزدیک به سیم، میدان مغناطیسی قوی تر و بردار آن بزرگ تر رسم می شود و خطوط میدان به هم نزدیک تر می باشند. چون نزدیک به سیم میدان بیشتره و تراکم بیشتره !



اندازه این میدان با اندازه جریان رابطه مستقیم و با فاصله از مرکز سیم رابطه عکس دارد : $B\alpha\frac{I}{R}$

جهت (با استفاده از قاعده دست راست) :

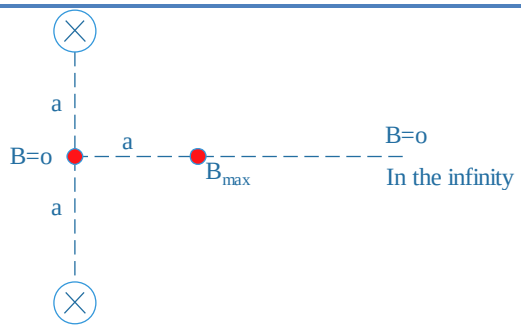
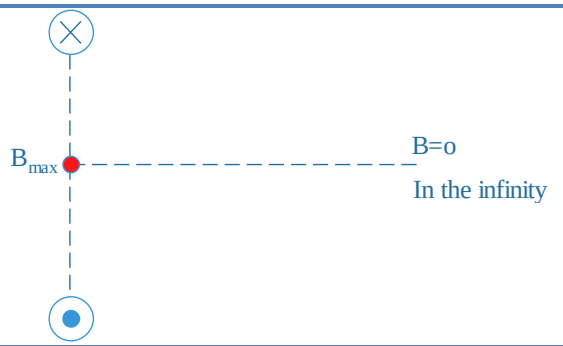
انگشت شست راست : جهت جریان | جهت چرخش ۴ انگشت: جهت میدان مغناطیسی

سیم در صفحه		سیم عمود بر صفحه	
			
سمت راست میدان درون سو سمت چپ میدان برون سو	سمت راست میدان برون سو سمت چپ میدان درون سو	جریان درون سو میدان ساعتگرد	جریان برون سو میدان پاد ساعتگرد

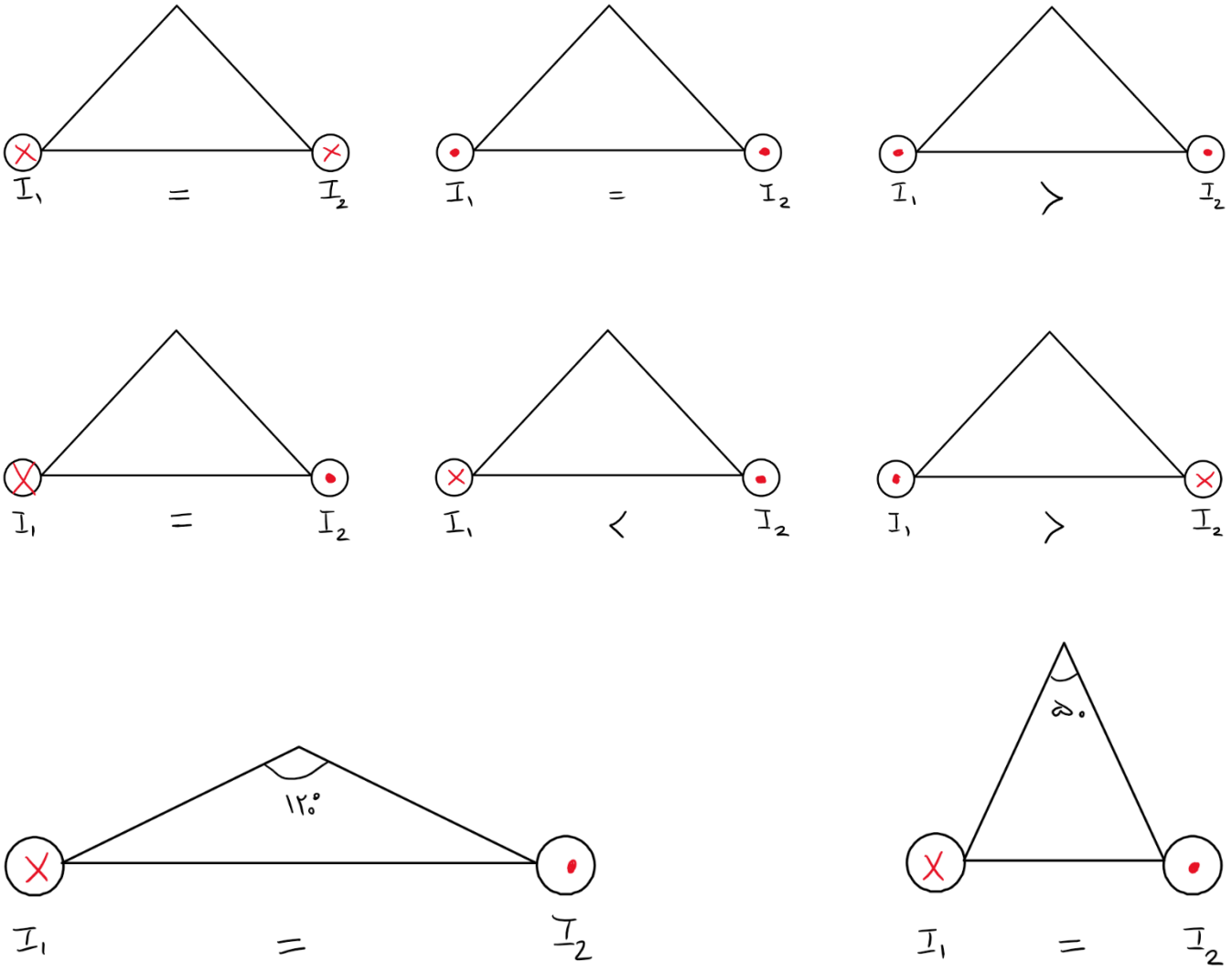
۳) بردار میدان مغناطیسی بر خطوط میدان مماس و بر خط واصل تا مرکز عمود است !!

اما بردار میدان الکتریکی در هر نقطه همراستا با خط واصل است!!!

سیم عمود بر صفحه : میدان کجا صفره، کجا بیشینه

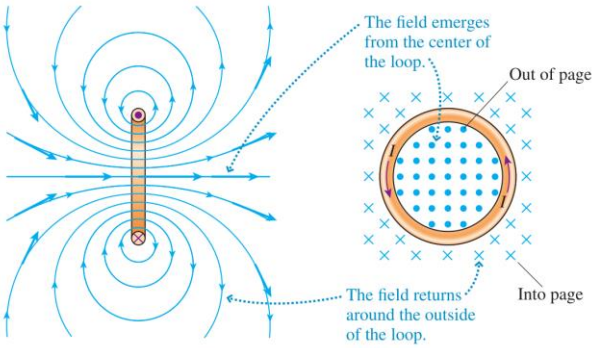
جریان ها همسو	جریان ها ناهمسو
	

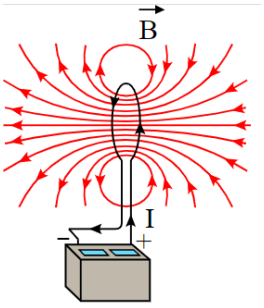
یکم برداری کار کنیم:

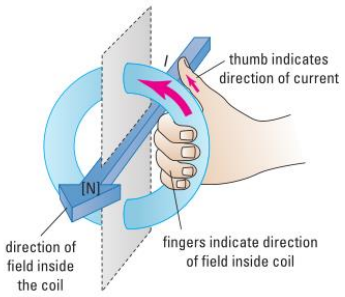


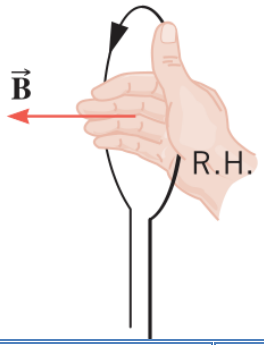
۳-۸-۱ میدان مغناطیسی ناشی از حلقه ی (پیچه ی) حامل جریان

هنگامی‌که از یک حلقه جریانی عبور می‌کند، در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود که این میدان در فضای داخل حلقه قویتر است و خطوط میدان مغناطیسی در این ناحیه به هم نزدیکترند و در نقطهٔ مرکز حلقه، خط میدان موازی محور حلقه است. مطابق شکل جهت خطوط میدان مغناطیسی درون حلقه با بیرون آن درست مخالف یکدیگرند چراکه این خطوط تشکیل دایره می‌دهند.







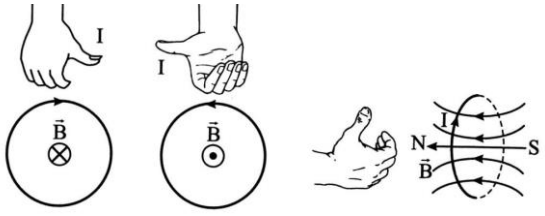


میدان مغناطیسی ناشی از حلقه ی (پیچه ی) حامل جریان

میدان مغناطیسی اطراف پیچه یا حلقه با جریان، تعداد حلقه ها رابطه مستقیم و با شعاع آن رابطه عکس دارد. $B\alpha \frac{IN}{R}$

جهت (با استفاده از قاعده دست راست) :

انگشت شست راست : جهت جریان روی حلقه | جهت چرخش ۴ انگشت: جهت میدان مغناطیسی



در شکل سمت راست، مثل اینه که وسط حلقه یه آهنربا وجود داره و N رو نشون میده!

(میدان مغناطیسی در مرکز پیچه ی مسطح حامل جریان:

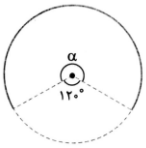
$B = \frac{\mu_0 IN}{2R}$)

(رشته ریاضی)

رابطه N: اگر تعداد N حلقه نازک را روی هم قرار دهیم، به طوری که ضخامت آن قابل چشم پوشی باشد، یک پیچه ی مسطح تشکیل داده ایم.

نکته: اگر سیمی به طول L را به پیچه ای به شعاع R تبدیل کنیم، تعداد دورهای پیچه از رابطه $N = \frac{L}{2\pi R}$

نکته: N لزوماً عدد صحیحی نیست. اگر سیمی که آن را به حلقه تبدیل کرده ایم، قسمتی از محیط یک دایره باشد:



$N = \frac{\alpha}{360} = \frac{240}{360} = \frac{2}{3}$

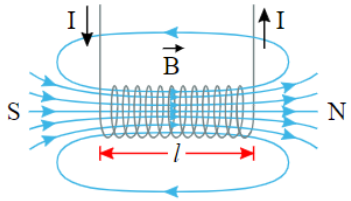
۳-۸-۲ میدان مغناطیسی سیملوله ی حامل جریان

اگر یک سیم دراز را بصورت یک مارپیچ بلند بپیچیم طوری که پیچه‌ای ایجاد شود که مانند یک لوله باشد و به عبارت دیگر طول لولهٔ بدست آمده قابل مقایسه با قطر دهانهٔ پیچه باشد، سیم پیچ بدست آمده را سیملوله گویند. با عبور جریان از یک سیملوله در فضای اطراف آن و نیز در داخل آن میدان مغناطیسی بوجود می‌آید و سیملوله کاملاً شبیه به یک آهنربای میله‌ای عمل می‌کند.

همانطور که می‌دانیم خطوط میدان مغناطیسی در اطراف یک آهنربای میله‌ای بصورت منحنی‌های بسته‌ای هستند که از قطب N آهنربا خارج شده به قطب S آن وارد می‌شوند و در فضای داخل آهنربا، خود را از S به N می‌بندند.

این میدان مغناطیسی دقیقاً مشابه آن چیزی است که در یک سیملولهٔ حامل جریان بوجود می‌آید، با این تفاوت که چون فضای داخل سیملوله خالی است، میدان مغناطیسی بدست آمده در داخل سیملوله قابل استفاده است.

خطوط میدان مغناطیسی در داخل سیملوله، فشرده، موازی و هم‌جهت هستند بنابراین درون سیملوله میدان مغناطیسی یکنواخت و قوی وجود دارد.



میدان مغناطیسی سیملوله ی حامل جریان

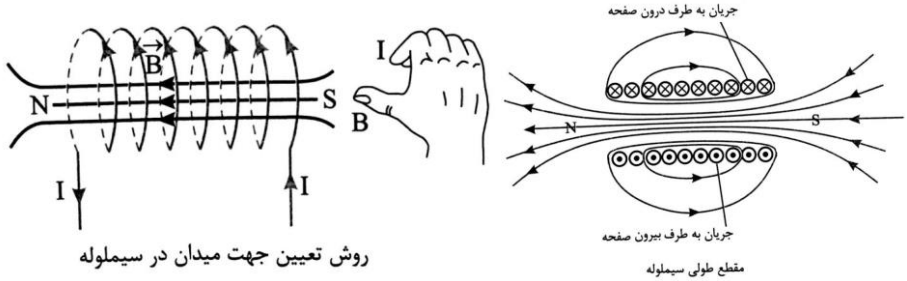
$$\left(\boxed{B=\frac{\mu_0 IN}{l}}\right)$$

تعریف: اگر یک سیم رسانای بلند به طول L را دور یک استوانه بپیچانیم، یک سیملوله ساخته ایم.

میدان در فضای داخل سیملوله و دور از لبه ها یکنواخت است. | میدان داخل سیملوله قوی تر از میدان خارج و در خلاف جهت آن است.

جهت (با استفاده از قاعده دست راست) :

انگشت شست راست : جهت خطوط میدان داخل سیملوله و سمت قطب N | ۴ انگشت: جهت جریان روی سیم لوله



روش تعیین جهت میدان در سیملوله

در این رابطه N :تعداد دور | l :طول سیم لوله | $n=\frac{N}{l}$: تعداد دور در واحد طول (معیار تراکم)

وارد کردن یک هسته فرومغناطیس به داخل سیملوله باعث تقویت میدان در داخل سیملوله می شود: $B=K\frac{\mu_0 IN}{l}$

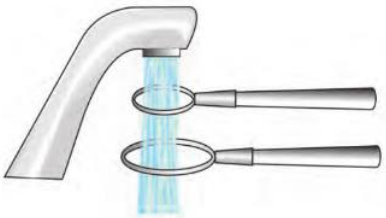
در یک سیملولهٔ آرمانی که تمام حلقه‌ها به هم چسبیده‌اند با دانستن قطر سیم می‌توان n را محاسبه کرد. مثلاً وقتی سیمی که سیملوله با آن ساخته شده است دارای قطر $1mm$ باشد و همهٔ حلقه‌های سیملوله به هم چسبیده باشند، مطمئناً در یک متر از این سیملوله ۱۰۰۰ حلقه کنار هم قرار می‌گیرند (یک متر ۱۰۰۰ میلیمتر است) به این ترتیب تعداد دور در واحد طول این سیملوله ۱۰۰۰ خواهد بود و بدون آنکه طول سیملوله یا تعداد دور آن داده شده باشند $n=\frac{N}{\ell}=1000$ (دور بر متر) بدست آمده است.

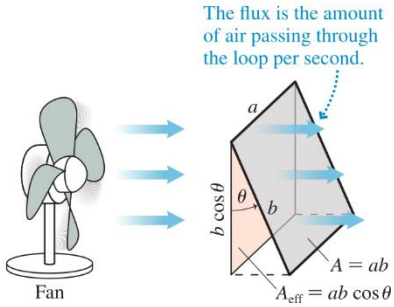
۳-۸-۳ سیملوله با هسته آهنی

اگر در داخل یک سیملوله، یک هستهٔ آهنی قرار گیرد، وقتی جریانی در سیملوله برقرار می‌شود در هستهٔ آهنی خاصیت مغناطیسی القا می‌شود و هستهٔ آهنی نیز تبدیل به آهنربا می‌شود. این آهنربا را آهنربای الکتریکی می‌نامند. وجود هستهٔ آهنی سبب تقویت میدان مغناطیسی سیملوله می‌شود و البته هر چه تعداد دورهای سیملوله و جریانی که از آن می‌گذرد بیشتر باشد آهنربای الکتریکی بدست آمده قویتر خواهد بود .از آهنرباهای الکتریکی صنعتی برای انتقال آهن‌قراضه‌ها و یا جداسازی قطعات آهنی از سایر مواد و نیز در تفکیک زباله‌ها استفاده‌های بسیاری می‌شود.

ادامه فصل سوم یازدهم تجربی | چهارم یازدهم ریاضی

القای الکترومغناطیس





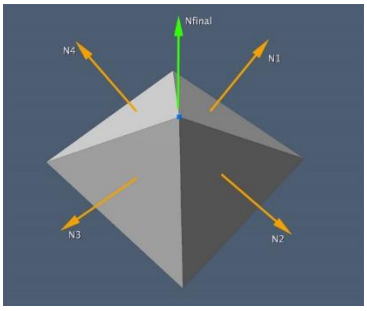
۴-۱ شار مغناطیسی (د ع ش)

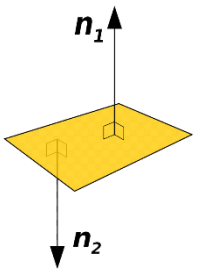
تعداد خطوط میدان مغناطیسی که از داخل یک حلقه ی بسته عبور کند را شار مغناطیسی گویند.

هرچی تعداد خطوط گذرنده بیشتر باشه، پس شار هم بیشتره.

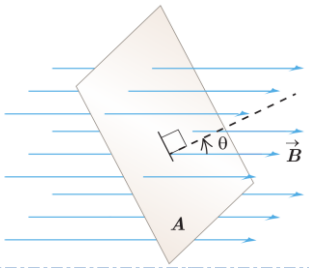
در واقع، هرچی باده بیشتر، حال بیشتر، شاره بیشتر!

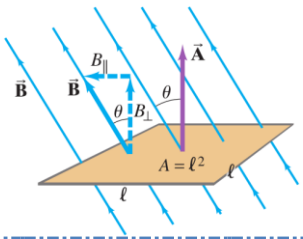
خط عمود بر صفحه : از هر صفحه بی نهایت خط می گذرد، خطی که عمود بر صفحه باشد را خط عمود بر صفحه گویند و با n نشان می دهند.





$$\varphi = AB\cos\theta$$





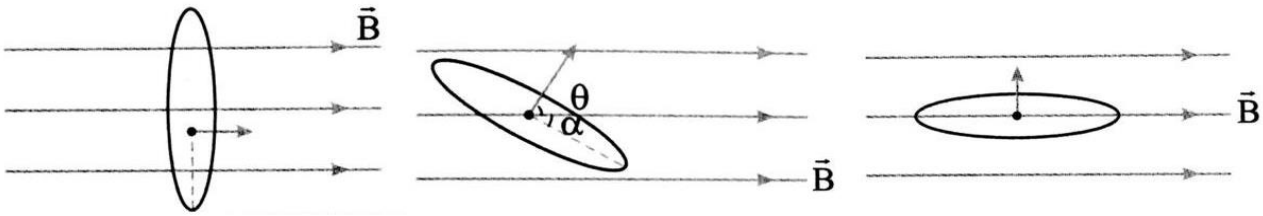
φ :شار مغناطیسی ($Wb = T.m^2$)	A : مساحت موثر حلقه	B : میدان مغناطیسی	θ: زاویه بین نیم خط عمود فرضی بر سطح حلقه و بردار میدان مغناطیسی یعنی زاویه بین B و n

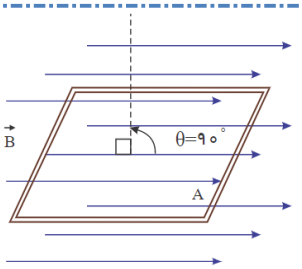
مهم::: جهت بردار عمود بر سطح، اختیاری می باشد اما بعد از انتخاب آن نباید جهتش را تغییر داد.

A : مساحت موثر حلقه : مساحتی که شار در آن وجود دارد.

$Wb = T.m^2$: ۱ وبر: شار میدان مغناطیسی به بزرگی یک تسلا که از سطح بسته ای به مساحت یک متر مربع به صورت عمود می گذرد.

منظور از جهت بردار عمود بر سطح چیه؟





کمترین مقدار شار :

سطح حلقه **موازی** با خطوط میدان باشد.

$$\theta = ۹۰ \rightarrow \text{Cos}\,\theta = ۰ \rightarrow \varphi = ۰$$

α : زاویه بین سطح حلقه و خطوط میدان

راه ۱: $\boxed{\varphi = AB\sin\alpha}$

از آن جا که

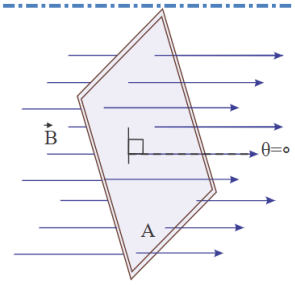
$$\theta + \alpha = ۹۰$$

اگر زاویه بین سطح حلقه و خطوط میدان را بدهند:

$$\theta = ۹۰ - \alpha$$

یعنی از ۹۰ کمش کن!

راه ۲: $\boxed{\varphi = AB\,\text{Cos}\,\theta}$



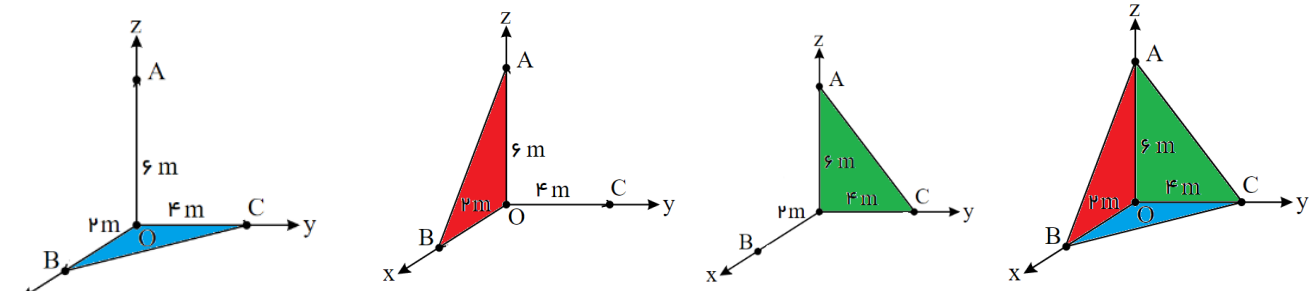
بیشترین مقدار شار:

سطح حلقه **عمود** بر خطوط میدان باشد.

$$\theta = ۰ \rightarrow \text{Cos}\,\theta = ۱ \rightarrow \varphi_{max} = AB$$

نکته: شار گذرنده از یک حجم بسته صفر می باشد.

در شکل زیر، صفحهٔ ABC در یک میدان مغناطیسی به بزرگی ۲T که در امتداد محور xها است، قرار است.



$$\left.\begin{array}{l} \varphi_{BOC} = ۰ \\ \varphi_{BAO} = ۰ \\ \varphi_{AOC} \xrightarrow{B=۲i} \varphi_{AOC} = ۲ \times \dfrac{۴ \times ۶}{۲} = ۲۴Wb \\ \varphi_{AOC} \xrightarrow{B=-۲i} \varphi_{AOC} = -۲ \times \dfrac{۴ \times ۶}{۲} = -۲۴Wb \\ \varphi_{ABC} = \varphi_{AOC} = ۲۴Wb \end{array}\right\} \rightarrow \varphi_{Total} = ۰$$

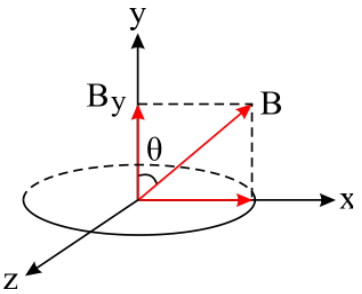
تست ۱:

اگر بردار میدان مغناطیسی یکنواختی در SI به صورت $\vec{B}=۰/۳\vec{i}+۰/۴\vec{j}$ باشد، و حلقه ای به مساحت $۲۰۰cm^۲$ که سطح آن موازی محور x و عمود بر محور y است، در این میدان قرار داشته باشد، بزرگی میدان مغناطیسی در آن محیط و شار مغناطیسی عبوری از حلقه در SI از راست به چپ کدام اند؟

سراسری- ۱۳۹۲

۱) صفر و صفر ۲) $۶\times ۱۰^{-۳}, ۰/۵$ ۳) $۸\times ۱۰^{-۳}, ۰/۷$ ۴) $۸\times ۱۰^{-۳}, ۰/۵$

پاسخ: گزینه ۴ برای تعیین بزرگی میدان مغناطیسی می توان نوشت:



$$\vec{B}=۰/۳\vec{i}+۰/۴\vec{j}\Rightarrow B=\sqrt{۰/۳^۲+۰/۴^۲}\Rightarrow B=۰/۵T$$

با توجه به تعریف شار مغناطیسی عبوری از یک سطح، تنها مؤلفه‌ای ازمیدان که عمود بر سطح است (B_y) در تعیین مقدار شار عبوری مغناطیسی سهم دارد و مؤلفه‌ای از میدان که موازی سطح است (B_x) سهمی در شار مغناطیسی ندارد، بنابراین داریم:

$$\Phi=BA\cos\theta\xrightarrow{B\cos\theta=B_y}\Phi=B_yA=۰/۴\times ۲۰۰\times ۱۰^{-۴}$$
$$\Rightarrow\Phi=۸\times ۱۰^{-۳}Wb$$

تست ۲:

سیم لوله‌ای به طول $۲۰cm$ دارای ۳۰۰۰ حلقه است. حلقه‌ها به دور یک میله‌ی آهنی به شعاع مقطع $۲cm$ به صورت منظم پیچیده شده اند. وقتی جریان $۰/۵A$ از سیم لوله می گذرد، شار مغناطیسی گذرنده از آن چند وِبر است؟ ($\pi^۲=۱۰$ و $\mu_۰=۴\pi\times ۱۰^{-۷}\frac{T\cdot m}{A}$)

خارج از کشور- ۱۳۹۲

۱) ۸×۱۰^{-۷} ۲) ۴×۱۰^{-۷} ۳) ۱۲×۱۰^{-۵} ۴) ۲۴×۱۰^{-۷}

پاسخ: گزینه ۳ ابتدا میدان مغناطیسی سیم لوله را محاسبه کنیم.

$$B=\mu_۰\frac{NI}{\ell}\Rightarrow B=(۴\pi\times ۱۰^{-۷})\frac{۳۰۰۰۰\times ۰/۵}{۰/۲}\Rightarrow B=۳\pi\times ۱۰^{-۲}T$$

از طرفی: $A=\pi r^۲=\pi\times(۲\times ۱۰^{-۲})^۲=۴\pi\times ۱۰^{-۴}m^۲$

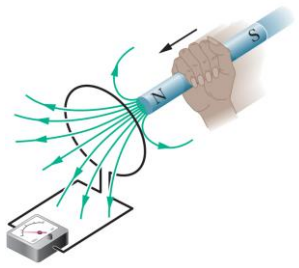
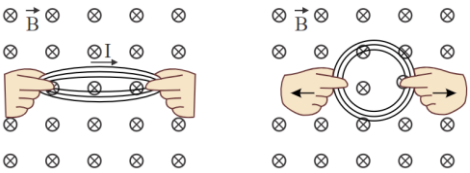
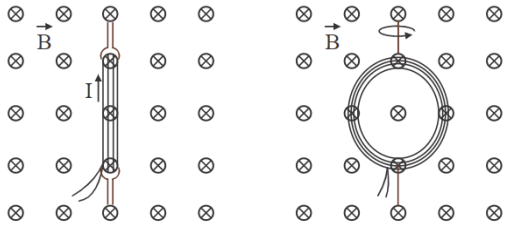
بنابراین داریم:

$$\Phi=BA=(۳\pi\times ۱۰^{-۲})(۴\pi\times ۱۰^{-۴})\xrightarrow{\pi^۲=۱۰}\Phi=BA=۱۲\times ۱۰^{-۵}Wb$$

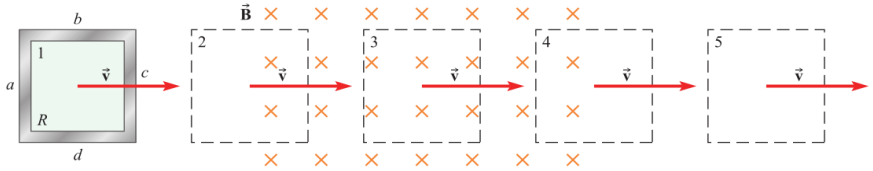
۴-۱-۱ عوامل موثر بر تغییر شار (تغییر میدان | تغییر مساحت (داستان قاب) | تغییر زاویه(جریان متناوب))

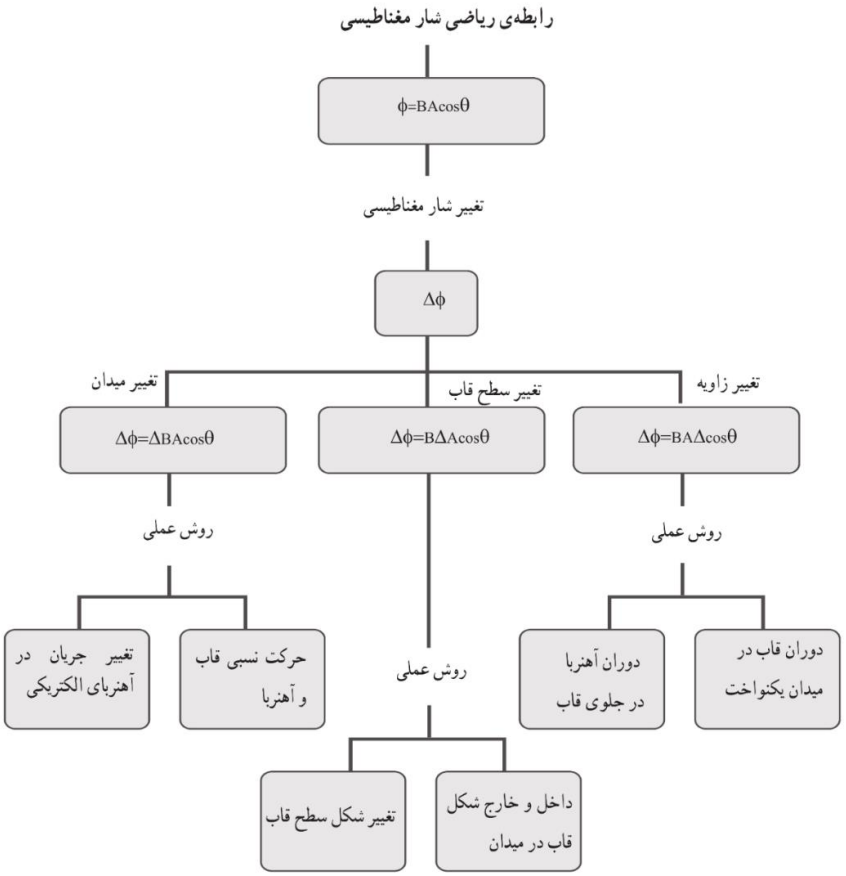
نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد ، اگر شار مغناطیسی گذرنده از یک مدار بسته تغییر کند، در این مدار بسته جریان القا می شود.

با ۳ روش می توان در مدار بسته یک جریان را القا کرد :

تغییر اندازه میدان	تغییر مساحت حلقه (همون داستان قاب)	تغییر زاویه بین حلقه و راستای میدان (θ)
$\Delta\varphi = A\Delta B\cos\theta$	$\Delta\varphi = \Delta AB\cos\theta$	$\Delta\varphi = AB(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$
		 آیا تاب دادن شکل راست (مثل چرخاندن فرمان ماشین) تغییر شار ایجاد می کند؟! خیر! چون زاویه بین خطوط میدان و حلقه تغییر نمیکنه!

$$\Delta\varphi \rightarrow \begin{cases} \Delta\varphi = \Delta AB\cos\theta \\ \Delta\varphi = A\Delta B\cos\theta \\ \Delta\varphi = AB(\cos\theta_2 - \cos\theta_1) \end{cases}$$



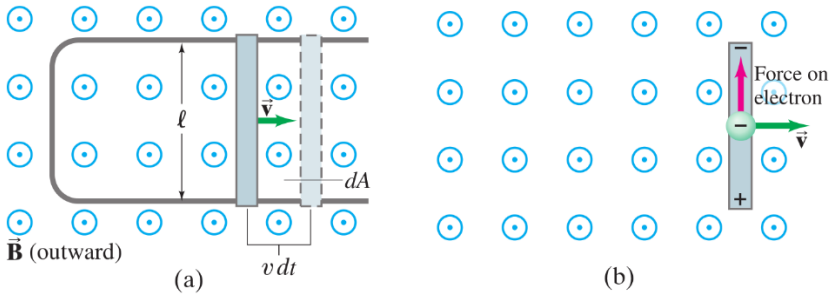


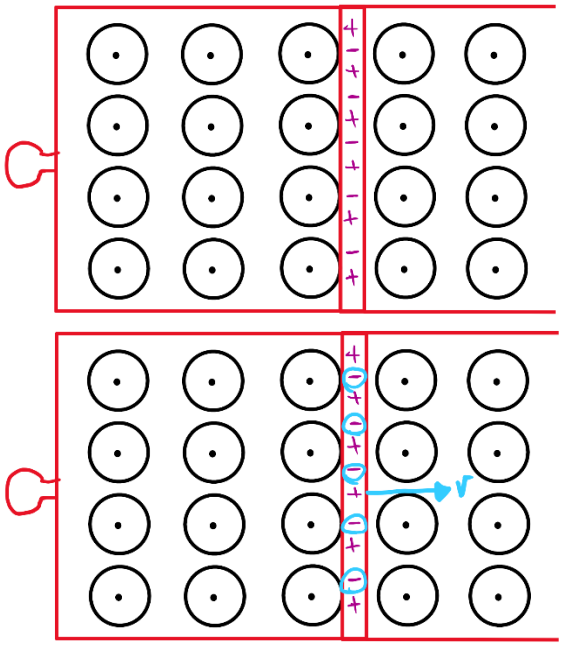
نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد که هرچه این ۳ تغییر سریع تر رخ دهد، جریان القا شده در آن بیشتر است.

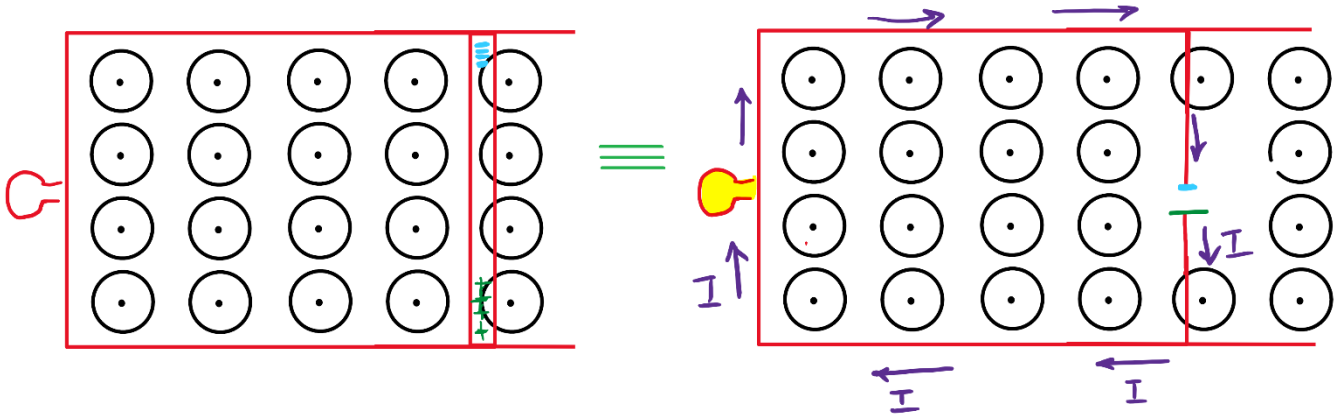
۴-۱-۲ قانون فاراده

هرگاه شار مغناطیسی ای که از مدار بسته ای می گذرد تغییر کند (با استفاده از یکی از اون ۳ تا) ، نیروی محرکه ای در آن القا می شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است. (تغییر شار ← نیروی محرکه القایی)

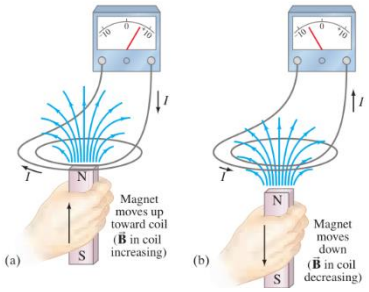
✓ آزمایش با میدان برون سو: نیروی محرکه القایی ناشی از تغییر مساحت:







✓ آزمایش ایجاد نیروی محرکه القایی ناشی از تغییر اندازه میدان:



تغییر شار ← جابجایی بارهای منفی ← ایجاد اختلاف پتانسیل ← ایجاد نیروی محرکه القایی (یعنی یه باتری!) ← ایجاد جریان

$\boxed{\bar{\varepsilon}=\left\lvert -N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right\rvert}$ (نیروی محرکه القایی متوسط)	$\varepsilon=\left\lvert -N\frac{d\varphi}{dt}\right\rvert$ (نیروی محرکه القایی لحظه ای)
اگر مقاومت الکتریکی پیچه یا سیملوله برابر R باشد: ($\bar{I}=\frac{\bar{\varepsilon}}{R}$ جریان القایی متوسط)	
$\bar{\varepsilon}$: نیروی محرکه القایی متوسط بر حسب ولت	N : تعداد حلقه ها (منفی مفهوم لنزه!)
$\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$: آهنگ متوسط تغییرات شار با واحد $\frac{Wb}{s}$	

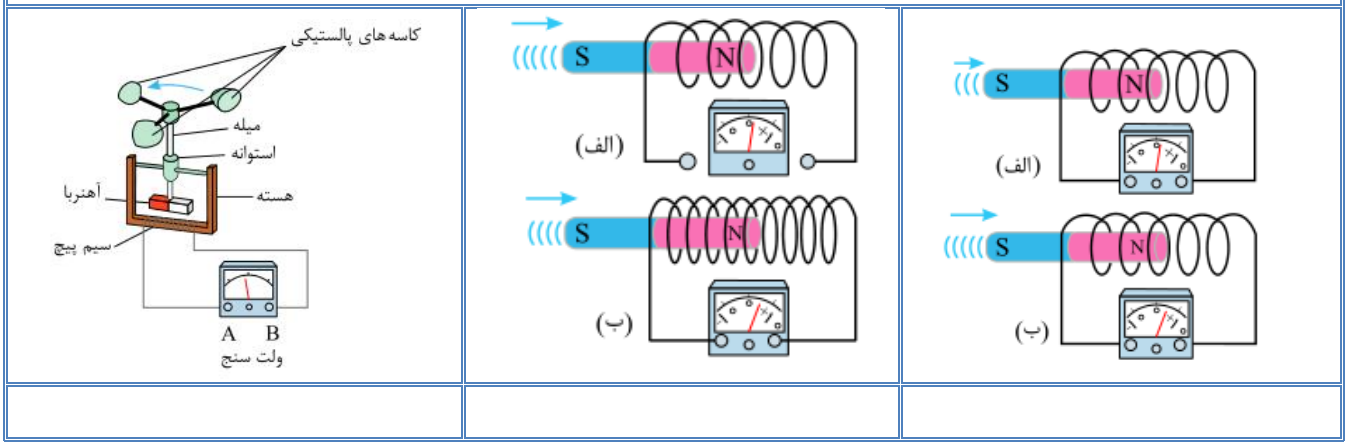
۴-۱-۳ عوامل موثر بر ایجاد نیروی محرکه القایی متوسط (هر ۳ عامل تغییر شار، نیروی محرکه القا می کنن!)

$$\begin{cases} \bar{\varepsilon}=\left\lvert -N\frac{\Delta AB\,\mathrm{Cos}\,\theta}{\Delta t}\right\rvert \rightarrow \bar{\varepsilon}=\left\lvert -NB\,\mathrm{Cos}\,\theta\frac{\Delta A}{\Delta t}\right\rvert \\ \bar{\varepsilon}=\left\lvert -N\frac{A\Delta B\,\mathrm{Cos}\,\theta}{\Delta t}\right\rvert \rightarrow \bar{\varepsilon}=\left\lvert -NA\,\mathrm{Cos}\,\theta\frac{\Delta B}{\Delta t}\right\rvert \\ \bar{\varepsilon}=\left\lvert -N\frac{AB(\mathrm{Cos}\,\theta_2-\mathrm{Cos}\,\theta_1)}{\Delta t}\right\rvert \rightarrow \bar{\varepsilon}=\left\lvert -NAB\frac{(\mathrm{Cos}\,\theta_2-\mathrm{Cos}\,\theta_1)}{\Delta t}\right\rvert \end{cases}$$

۴-۱-۴ مقدار جریان القایی متوسط و مقدار بار شارش شده

$\boxed{\bar{I}=\frac{\bar{\varepsilon}}{R}=-\frac{N}{R}\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}}$ جریان القایی متوسط	$I=\frac{\varepsilon}{R}=-\frac{N}{R}\frac{d\varphi}{dt}$ جریان القایی لحظه ای
$\lvert\Delta q\rvert=\lvert I\times\Delta t\rvert=\lvert-\frac{N}{R}\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\times\Delta t\rvert\rightarrow\boxed{\lvert\Delta q\rvert=\lvert-\frac{N}{R}\Delta\varphi\rvert}$ مقدار بار شارش شده	

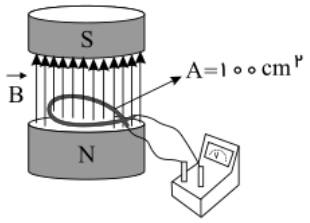
اثرات تغییر شار



تست ۳:

در شکل زیر، میدان مغناطیسی بین قطب‌های یک آهنربای الکتریکی که بر سطح حلقه عمود است، با زمان تغییر می‌کند و در مدت $۰/۲۵s$ از $۰/۱$ تسلا روبه بالا به $۰/۱$ تسلا روبه پایین می‌رسد. بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه در این مدت چند میلی ولت است؟

۱) صفر
۲) ۲
۳) ۴
۴) ۸



پاسخ: گزینه ۴

$A = ۱۰۰cm^۲ = ۱۰۰ \times ۱۰^{-۴}m^۲ = ۱۰^{-۲}m^۲$ و $\Delta t = ۰/۲۵s$

جهت نیم‌خط عمود بر سطح را رو به بالا درنظر می‌گیریم.

حالت اول: $\Rightarrow \theta_۱ = ۰ \Rightarrow \varphi_۱ = AB_۱ \cos ۰ = AB_۱ = ۱۰^{-۲} \times ۱۰^{-۱} = ۱۰^{-۳}Wb$

حالت دوم: $\Rightarrow \theta_۲ = ۱۸۰^\circ \Rightarrow \varphi_۲ = AB_۲ \cos ۱۸۰^\circ = -AB_۲ = -۱۰^{-۲} \times ۱۰^{-۱} = -۱۰^{-۳}Wb$

$$\Rightarrow \begin{cases} |\bar{\varepsilon}| = |-N\dfrac{\Delta\varphi}{\Delta t}| = |-(۱)(\dfrac{-۱۰^{-۳} - (۱۰^{-۳})}{۰/۲۵s})| = ۴ \times ۲ \times ۱۰^{-۳} = ۰/۰۰۸V \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = ۸mV \\ \Delta t = ۰/۲۵s = \dfrac{۱}{۴}s \end{cases}$$

تست ۴:

سطح حلقه‌های پیچه‌ای که دارای ۱۰۰۰ حلقه است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی که اندازهٔ آن $۰/۰۴T$ است، قرار دارد. میدان مغناطیسی در مدت $۰/۰۱s$ در خلاف جهت اولیه می‌رسد. اگر مساحت هر حلقهٔ پیچه $۵۰cm^۲$ باشد، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه، چند ولت است؟

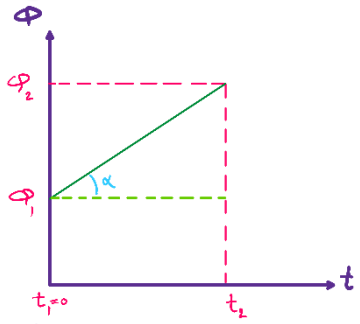
۱) صفر ۲) ۰/۴ ۳) ۴ ۴) ۴۰

پاسخ: گزینه ۴

$$\mathcal{E} = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \qquad \Delta\phi = \phi_۲ - \phi_۱ = (AB_۲\cos\theta - AB_۱\cos\theta) = -۰/۰۸ \times ۵ \times ۱۰^{-۴}wb$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = \frac{-۱۰۰۰ \times \dfrac{-۸}{۱۰۰} \times ۵۰ \times ۱۰^{-۴}}{\dfrac{۱}{۱۰۰}} = ۴۰$$

۲-۴ نمودار شار - زمان



می دانیم که $\boxed{\bar{\varepsilon}=\left|-N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right|}$ و برای یک حلقه می توان نوشت : $\boxed{\bar{\varepsilon}=\left|-\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right|}$

شیب نمودار شار – زمان : $m=\tan\alpha=\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$

که $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ همان تغییرات خودش (شار) بر روی زمان می باشد . از طرفی : $-\bar{\varepsilon}=\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$

یعنی شیب نمودار شار – زمان برابر $-\bar{\varepsilon}$ است. $m_{\varphi-t}=\tan\alpha=\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}=-\varepsilon$

شیب نمودار شار- زمان $=\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}=-\varepsilon$:

۱) صعودی ↗ : $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}>0 \xleftarrow{\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}=-\varepsilon} \varepsilon<0$

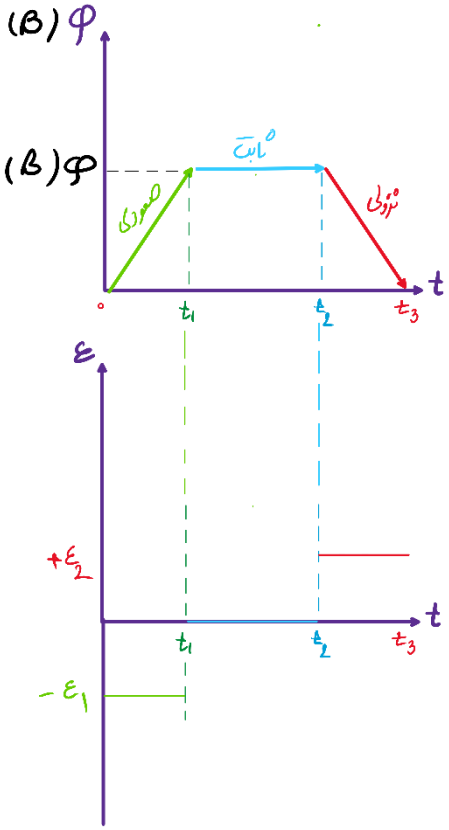
از صفر تا t_1، شیب نمودار $\varphi-t$ ثابت و مقدار مثبتی است، $\bar{\varepsilon}$ ثابت و منفی است.

۲) افقی: → $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}=0 \xleftarrow{\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}=-\varepsilon} \varepsilon=0$

از t_1 تا t_2، شیب نمودار $\varphi-t$ صفر است، بنابراین $\bar{\varepsilon}$ صفر است.

۳) نزولی: ↘ $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}<0 \xleftarrow{\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}=-\varepsilon} \varepsilon>0$

از t_2 تا t_3، شیب نمودار $\varphi-t$ ثابت و مقدار منفی است، $\bar{\varepsilon}$ ثابت و مثبت است.



۱-۲-۴ نمودار شار – زمان و شیبش!

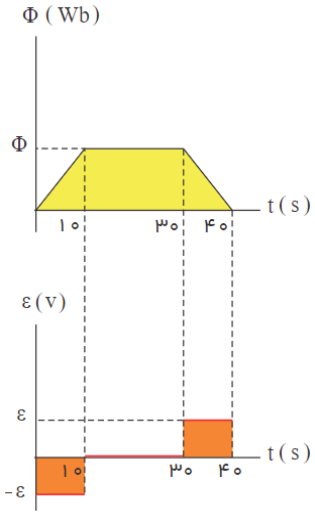
$(\bar{\varepsilon}=\left|-N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right|)$

❖ نیروی محرکه القایی متوسط ($\bar{\varepsilon}$) متناسب با قرینه شیب نمودار شار- زمان ($\varphi-t$) است.

➢ شیب خط واصل بین دو نقطه از نمودار شار- زمان ($\varphi-t$): $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ ← نیروی محرکه القایی متوسط

➢ شیب مماس بر نمودار شار- زمان ($\varphi-t$) در هر لحظه برابر $\frac{d\varphi}{dt}$ در آن لحظه است. ← نیروی محرکه القایی لحظه ای

نیروی محرکه القایی در هر لحظه برابر منفی شیب نمودار شار- زمانه.



نکته: بنابر رابطه $\bar{\varepsilon}=\left|-N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right|$ ،

مساحت محصور نمودار $\varepsilon-\Delta t$ برابر است با حاصلضرب تعداد حلقه و تغییرات شار مغناطیسی ($N\Delta\varphi$) $\leftarrow \underset{S}{\bar{\varepsilon}\times\Delta t}=-N\Delta\varphi$

اگر نمودار بالای محور زمان باشد : یعنی مساحت مثبت ولی چون فرمول مربوطه منفی دارد یعنی تغییرات شار منفیست .

اگر نمودار پایین محور زمان باشد : یعنی مساحت منفی ولی چون فرمول مربوطه منفی دارد یعنی تغییرات شار مثبت است.

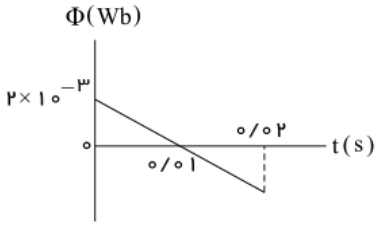
۴-۲-۲ لپ کلام نمودار

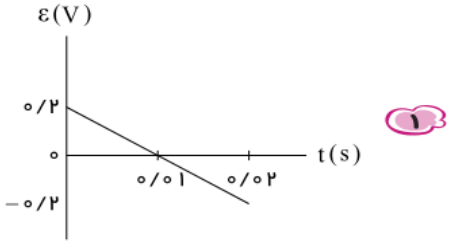
✓ **نیروی محرکه القایی در هر لحظه برابر منفی شیب نمودار شار- زمانه.**

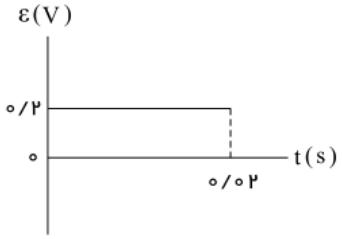
✓ **مساحت محصور نمودار $\varepsilon - \Delta t$ برابر است با حاصلضرب تعداد حلقه و تغییرات شار مغناطیسی ($N\Delta\varphi$)** $\overline{\varepsilon}_{s} \times \Delta t = -N\Delta\varphi \leftarrow$

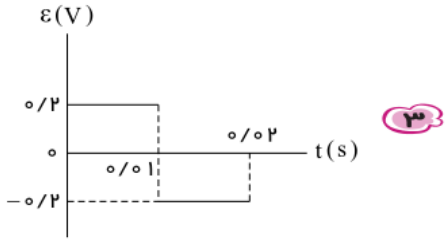
تست ۵:

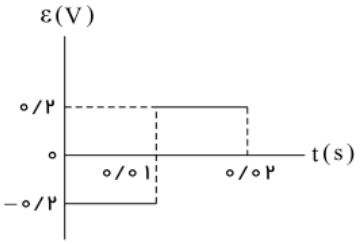
نمودار شار مغناطیسی که از یک حلقه می‌گذرد، در شکل زیر، نشان داده شده است. نمودار نیروی محرکهٔ القایی در این مدت کدام است؟



۱)


۲)


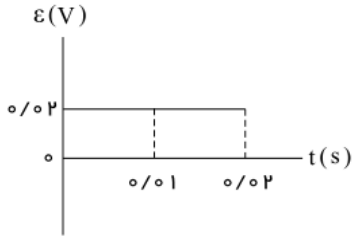
۳)


۴)


$\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ در هر بازهٔ زمانی در این نمودار داده شده ثابت است. برای سهولت و تسریع در حل بازهٔ زمانی $t = ۰$ تا $t = ۰/۰۱s$ را انتخاب می‌کنیم:

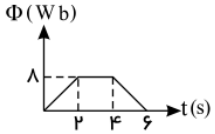
$$\varepsilon = \bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -(۱)(\frac{۰ - ۲\times۱۰^{-۳}}{۰/۰۱ - ۰}) = ۰/۲V$$

و ثابت است. بنابراین:



تست ۶:

یک حلقهٔ سیمی دارای مساحت $۱۲cm^{۲}$ است و مقاومت آن ۲Ω است. اگر نمودار شار - زمان حلقه به‌صورت روبه‌رو باشد مقدار جریان القایی گذرنده از سیم در بازهٔ زمانی $۲s$ تا $۶s$ چند آمپر است؟



۱) $۰/۵A$ ۲) $۱A$ ۳) $۱/۵A$ ۴) $۲A$

پاسخ: گزینه ۲ می‌دانیم که ولتاژ القایی از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

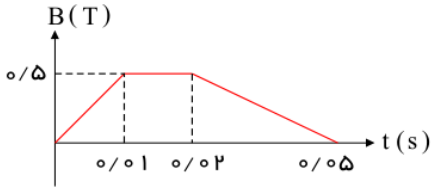
$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

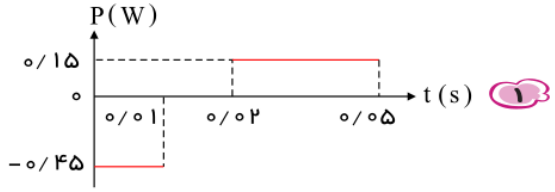
$$\left.\begin{matrix} t_۱ = ۲s \rightarrow \Phi_۱ = ۸Wb \\ t_۲ = ۶s \rightarrow \Phi_۲ = -Wb \end{matrix}\right\} \rightarrow \varepsilon = -\frac{(۰ - ۸)}{(۶ - ۲)} = ۲V$$

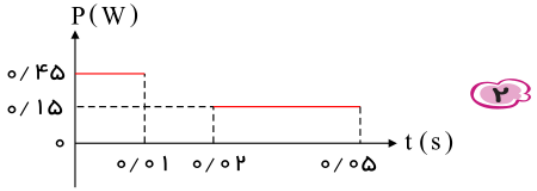
قانون اهم: $R = \frac{\varepsilon}{I} \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{۲}{۲} = ۱A$

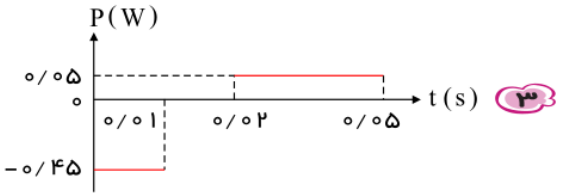
تست ۷:

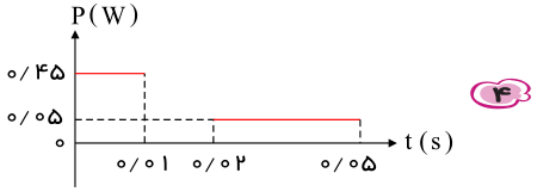
نمودار تغییرات میدان میدان مغناطیسی بر حسب زمان، که بر یک حلقه‌ی دایره‌ای به شعاع $۱۰cm$ و مقاومت ۵Ω ، عمود است، مطابق شکل زیر است. نمودار آهنگ تولید انرژی گرمایی بر حسب زمان در این حلقه کدام است؟ $(\pi \simeq ۳)$ سراسری- ۱۳۹۵



۱)


۲)


۳)


۴)


پاسخ: **گزینه ۴** آهنگ تولید انرژی گرمایی (توان) هیچ‌وقت نمی‌تواند منفی شود. پس گزینه‌های ۱ و ۳ صحیح نیستند. از طرفی در گزینه‌های ۲ و ۴ و در بازه‌های (۰ تا $۰/۰۱s$) و ($۰/۰۱s$ تا $۰/۰۲s$) آهنگ تولید انرژی گرمایی مقادیر مشابهی دارد. بنابراین اگر مقدار P را در بازه‌های ($۰/۰۲s$ تا $۰/۰۵s$) تعیین کنیم می‌توان گزینه‌ی درست را مشخص نمود.
البته باید توجه داشت اگر در بازه‌ای تغییرات میدان مغناطیسی بر حسب زمان خطی باشد، در آن بازه شار مغناطیسی به طور خطی تغییر می‌کند.

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{d\Phi}{dt} = \bar{\varepsilon} = \varepsilon = \text{مقدار ثابت}$$

$$\varepsilon = \bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -NA\cos\theta\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \varepsilon = -۱ \times (۳ \times ۱۰^{۲} \times ۱۰^{-۴})(\cos ۰) \times \left(\frac{۰ - ۰/۵}{۰/۰۵ - ۰/۰۲}\right) = ۰/۵V \Rightarrow |\varepsilon| = ۰/۵V$$

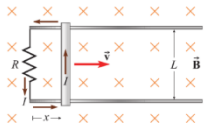
$$P = \frac{V^{۲}}{R} = \frac{|\varepsilon|^{۲}}{R} = \frac{(۰/۵)^{۲}}{۵} = ۰/۰۵W$$

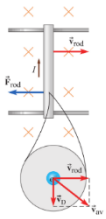
۳-۲-۴ قانون لنز (یه آدم کاملاً ضد حال | همش مخالفت میکنه ، یک آدم حسود، کمی دل رحم)

زمانی که شار مغناطیسی که از یک حلقه ی بسته عبور می کند تغییر کند، درون حلقه نیروی محرکه القا می شود و در مدار جریان القایی به وجود می آید. قانون لنز برای تعیین جهت جریان القایی در مدار بسته استفاده می شود.

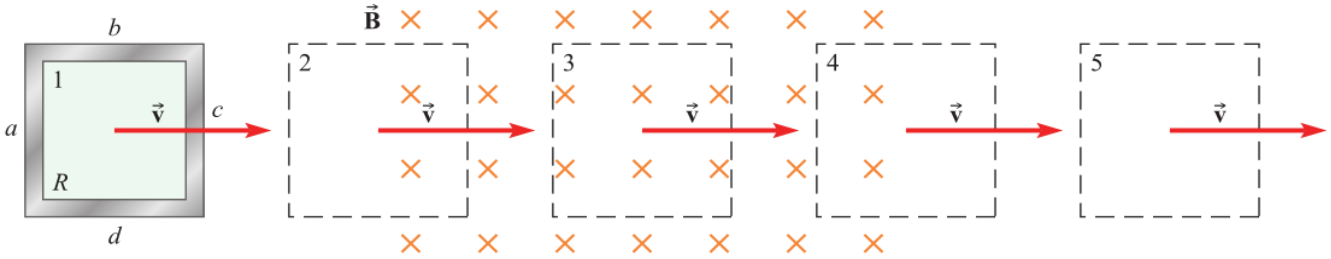
(تغییر شار (بنا به اون ۳ دلیل) ← نیروی محرکه القایی ← جریان القایی ← ایجاد میدان مغناطیسی القایی ← مخالفت با تغییر شار)

$$۳\text{factor} \rightarrow \Delta\varphi \rightarrow \varepsilon \rightarrow I \rightarrow B'$$





✓ نکته مهم قانون لنز: جهت این جریان القایی به سمتی خواهد بود که به وسیله ی آثار مغناطیسی اش با عامل تغییر شار مخالفت کند.

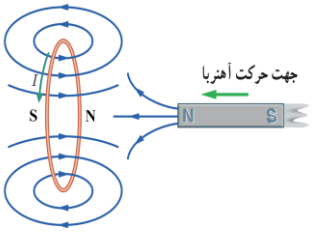


تغییرات	افزایش شار یا افزایش میدان اصلی (میدان القایی مخالف با میدان اصلی) $B \neq B'$ حسادت میکنه میگه نه پولدار نشه!				کاهش شار یا کاهش میدان اصلی B (میدان القایی موافق با میدان اصلی) $B \approx B'$ داره بدبخت میشه، کمکش میکنه			
نوع میدان اصلی B	⊙	⊗	→	←	⊙	⊗	→	←
میدان مغناطیس القایی B'	⊗	⊙	←	→	⊙	⊗	←	→

شار مغناطیسی اولیه ی عبوری از مدار (حلقه یا پیچه) توسط یک میدان مغناطیسی ایجاد شده بود (میدان مغناطیسی اصلی).

افزایش شار یا افزایش میدان

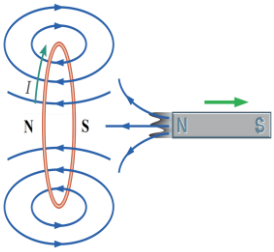
ایجاد میدان مغناطیسی القایی در خلاف جهت میدان اصلی (برای مخالفت با تغییر شار)



یعنی چی؟ با نزدیک شدن آهنربا در شکل زیر شار مغناطیسی که از درون حلقه ی بسته می گذرد، تغییر می کند. درون حلقه جریان القایی ایجاد می شود. جهت این جریان طبق قانون لنز به سمتی خواهد بود که در سمت چپ قطب N به وجود بیاورد تا از نزدیک شدن آهنربا (عامل تغییر شار) جلوگیری کند.

کاهش شار یا کاهش میدان

ایجاد میدان مغناطیسی القایی در جهت میدان اصلی (برای مخالفت با تغییر شار)



جهت جریان القایی و میدان مغناطیسی القایی با توجه به قاعده دست راست تعیین میشه!

ببینیم خارجیا چی میگن؟

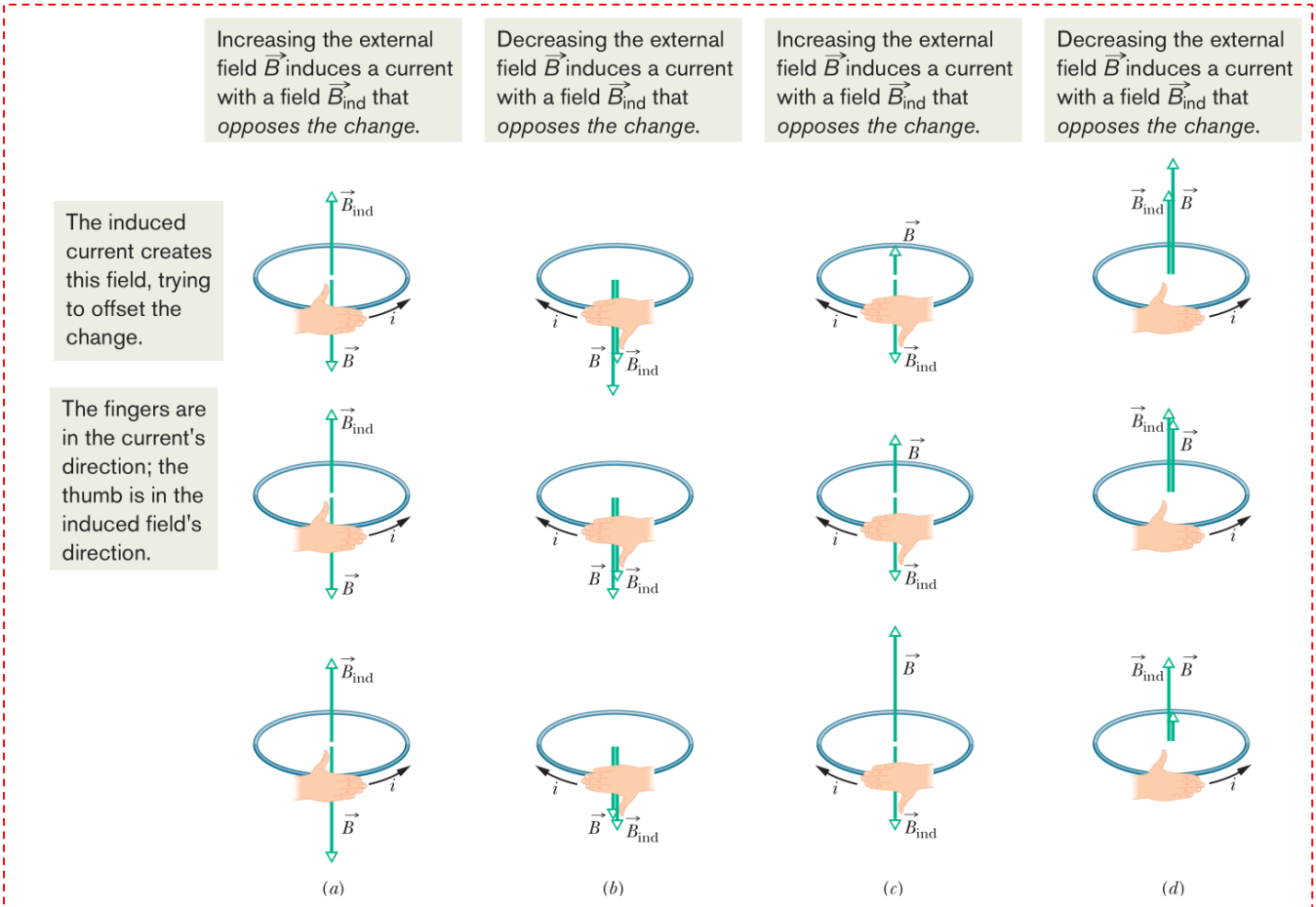


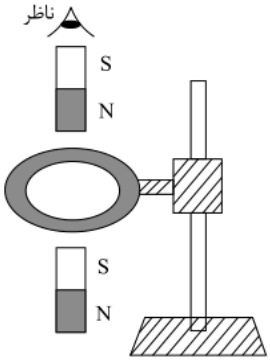
Figure 30-5 The direction of the current i induced in a loop is such that the current's magnetic field $\vec{B}_{ind}$ opposes the *change* in the magnetic field $\vec{B}$ inducing i. The field $\vec{B}_{ind}$ is always directed opposite an increasing field $\vec{B}$ (a, c) and in the same direction as a decreasing field $\vec{B}$ (b, d). The curled–straight right-hand rule gives the direction of the induced current based on the direction of the induced field.

نکته : هرگاه القا بر اثر کاهش شار باشد: بین القا شونده و القا کننده جاذبه ایجاد می شود

و هرگاه القا بر اثر افزایش شار باشد: بین القا شونده و القا کننده دافعه ایجاد می شود

تست۸:

یک حلقهٔ مسی به‌صورت افقی، توسط گیره‌ای عایق به یک میلهٔ قائم بسته شده است. اگر یک آهن‌ربا را مطابق شکل زیر از بالای حلقه رها کنیم، جهت جریان القا شده در حلقهٔ مسی قبل از ورود به حلقه و پس از عبور از آن از دید ناظری که از بالا نگاه می‌کند، کدام است؟



۱) ساعتگرد – ساعتگرد

۲) ساعتگرد – پادساعتگرد

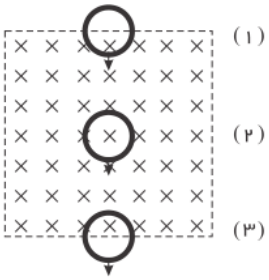
۳) پادساعتگرد – ساعتگرد

۴) پادساعتگرد – پادساعتگرد

پاسخ: گزینه ۳

تست ۹:

یک حلقه مسی با سرعت ثابت از موقعیت (۱) تا موقعیت (۳) از یک میدان مغناطیسی یکنواخت مطابق شکل زیر عبور می‌کند. اگر جریان القاء شده در حلقه در موقعیت (۱) تا (۳) به ترتیب I_1 ، I_2 و I_3 باشد، کدام یک از موارد زیر درست است؟



۱) $I_2 = 0$ و I_3 ساعتگرد

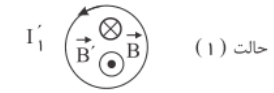
۲) $I_2 = 0$ و I_1 ساعتگرد

۳) I_1 ساعتگرد و I_3 ساعتگرد

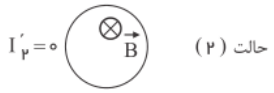
۴) I_1 ساعتگرد و I_3 پادساعتگرد

پاسخ: گزینه ۱

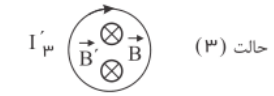
در حالت (۱) با ورود حلقه به داخل میدان مغناطیسی، شار مغناطیسی عبوری از حلقه افزایش می‌یابد. و طبق قانون لنز و برای مخالفت با این افزایش شار، باید میدان مغناطیسی القایی $(\vec{B}')$ در خلاف جهت میدان مغناطیسی اصلی $(\vec{B})$ ایجاد شود. پس بنا بر قاعده‌ی دست راست جهت جریان القایی پادساعت‌گرد خواهد بود.



در حالت (۲) حلقه به طور کامل در داخل میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد. چون در این حالت شار عبوری از حلقه ثابت است و تغییر نمی‌کند، پس جریان القایی در این حالت برابر صفر است.

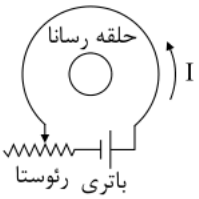


در حالت (۳) حلقه در حال خروج از میدان مغناطیسی است. پس در این حالت شار مغناطیسی عبوری از حلقه در حال کاهش است. که بنا بر قانون لنز باید میدان مغناطیسی القایی $(\vec{B}')$ در جهت میدان مغناطیسی اصلی $(\vec{B})$ ایجاد شود تا با کاهش شار مخالفت کند. بنابراین طبق قاعده‌ی دست راست، جهت جریان القایی در این حالت ساعتگرد خواهد بود.



تست ۱۰:

در شکل روبه‌رو، اگر لغزنده‌ی رئوستا در حال حرکت به سمت چپ باشد، جریان I چگونه تغییر می‌کند و جهت جریان القایی در حلقه ی رسانا در کدام جهت، خواهد بود؟



۱) افزایش، ساعتگرد

۲) کاهش، ساعتگرد

۳) افزایش، پادساعتگرد

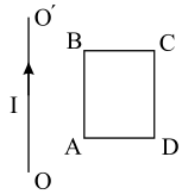
۴) کاهش، پادساعتگرد

پاسخ: گزینه ۴ در صورتی‌که لغزنده رئوستا به سمت چپ حرکت کند طول مقاومتی از رئوستا که در مدار قرار می‌گیرد افزایش می‌یابد و در نتیجه مقاومت افزایش می‌یابد. باتوجه به رابطه‌ی شدت جریان $(I = \frac{\varepsilon}{R})$ با افزایش مقاومت مدار، شدت جریان کاهش می‌یابد.

میدان مغناطیسی ناشی از جریانی که از حلقه می‌گذرد درست درون حلقه‌ی رسانا باتوجه به قاعده‌ی دست راست برون سو است و با کاهش جریان اندازه‌ی میدان مغناطیسی برون سو نیز کاهش می‌یابد بنابراین جریان القایی در حلقه‌ی رسانا باتوجه به قانون لنز طوری ایجاد می‌شود که با کاهش میدان مغناطیسی برون سو (یا کاهش شار مغناطیسی) مخالفت کند. به این ترتیب در حلقه‌ی رسانا نیز جریان القایی پاد ساعتگرد خواهد بود.

تست ۱۱:

در شکل زیر جهت جریان القایی در قاب رسانای مستطیلی شکل $ABCD$ در دو وضعیت دور شدن قاب از سیم OO' و نزدیک شدن قاب به سیم OO' کدام است؟



۱) پادساعتگرد - پادساعتگرد

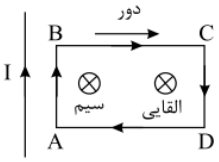
۲) پادساعتگرد - ساعتگرد

۳) ساعتگرد - ساعتگرد

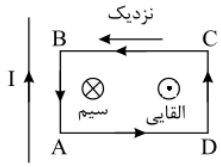
۴) ساعتگرد - پادساعتگرد

پاسخ: گزینه ۴ در حالت اول چون فاصلهٔ قاب از سیم بیشتر می‌شود میدان ضعیف می‌شود. طبق قانون لنز در میدانی داخل قاب ایجاد می‌شود که با ضعیف شدن میدان مقابله کند، بنابراین میدانی ایجاد می‌کند که هم‌جهت با میدان سیم باشد (میدان درون‌سو)

در نتیجه جریان ساعتگرد در قاب ایجاد می‌شود.

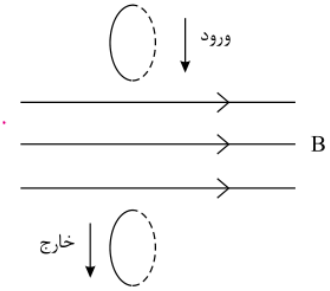


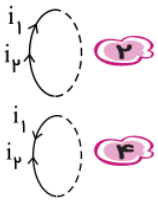
در حالت دوم میدان قوی‌تر می‌شود و طبق قانون لنز در مدار جریان پادساعتگرد ایجاد می‌شود تا میدانی خلاف جهت میدان سیم ایجاد کند.

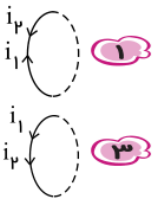


تست ۱۲:

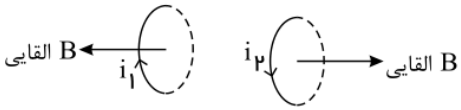
در شکل مقابل اگر جهت جریان القایی در حالت ورود به میدان i_1 و در حالت خروج از آن i_2 باشد. کدام گزینه درست است؟







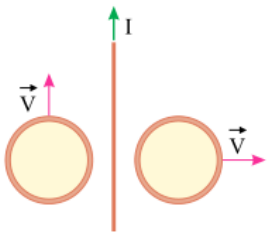
پاسخ: **گزینه ۱** هنگام ورود حلقه به میدان، میدان به طرف راست در حلقه رو به افزایش می‌گذارد. پس حلقه میدانی به طرف چپ می‌سازد و جریان i_1 به صورت شکل روبه‌رو است:



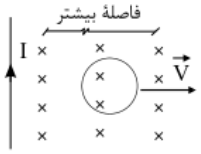
هنگام خروج،B به طرف راست رو به کاهش است و حلقه در خود میدان به طرف راست می‌سازد.

تست ۱۳:

دو حلقهٔ رسانا در نزدیکی یک سیم دراز حامل جریان ثابت I قرار دارند؛ این دو حلقه با تندی یکسان، ولی در جهت‌های متفاوت مطابق شکل زیر حرکت می‌کنند. جهت جریان القایی را در هر حلقه با ذکر دلیل تعیین کنید.



حلقهٔ سمت چپ سیم به موازات سیم حامل جریان در حرکت است بنابراین فاصلهٔ آن با سیم تغییر نمی‌کند و به این ترتیب شار مغناطیسی گذرنده از این حلقه نیز ثابت می‌ماند پس جریانی در آن القا نمی‌شود.

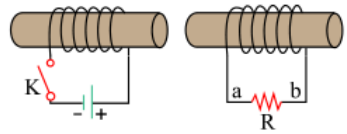


برای حلقهٔ سمت راست:

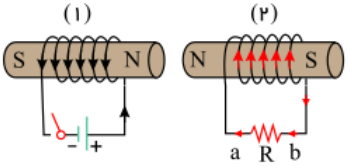
میدان مغناطیسی ناشی از سیم حاصل جریان در محل حلقه درون‌سو است و با دور شدن آن از سیم میدان مغناطیسی درون‌سو در حال کاهش خواهد بود پس باید جریان الکتریکی القایی ساعتگرد در حلقه ایجاد شود تا با ایجاد میدان مغناطیسی درون‌سو با کاهش میدان درون‌سوی اولیه مخالفت شده باشد.

تست ۱۴:

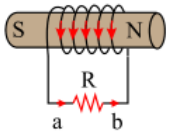
در مدار نشان داده شده در شکل زیر، جهت جریان القایی را در مقاومت R در هر یک از دو حالت زیر با ذکر دلیل پیدا کنید:
الف) در لحظهٔ بستن کلید، ب) در لحظهٔ باز کردن کلید K.



الف) در لحظهٔ بستن کلید K سمت راست سیملولهٔ (۱) می‌خواهد تبدیل به قطب N شود پس باید سمت چپ سیملولهٔ (۲) مخالفت کند یعنی باید قطب N را در سمت چپ خود ایجاد کند پس جریان باید از b به a (در مسیر کوتاه‌تر) باشد.

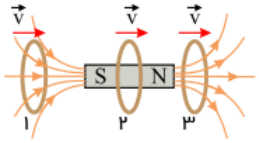


ب) هنگامیکه کلید باز می‌شود جریان رو به قطع شدن می‌رود یعنی N در آهنربای (۱) در حال کاهش خواهد بود پس باید سمت چپ سیملولهٔ (۲) قطب S شود تا مخالفت کند پس باید جهت جریان در حلقه‌های سیملوله رو به پایین باشد یعنی در مسیر کوتاهتر از a به b خواهد بود.



تست۱۵:

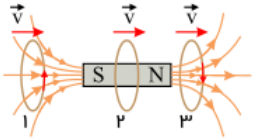
حلقهٔ رسانایی به طرف یک آهنربای میله‌ای حرکت می‌کند. شکل زیر، حلقه را در سه وضعیت نسبت به آهنربا نشان می‌دهد. جهت جریان القایی را در حلقه برای هر وضعیت به طور جداگانه تعیین کنید.



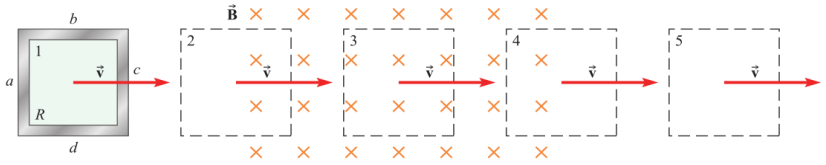
در حلقهٔ (۱) جریان رو به بالاست چون با نزدیک کردن حلقه به S آهنربا شار چپ به راست در حال افزایش است و باید با ایجاد شار راست به چپ با آن مخالفت شود. (یا به عبارتی باید S حلقهٔ (۱) سمت راست آن بیفتد)

در حلقهٔ (۲) شار از چپ به راست و ثابت است پس جریان القایی نداریم.

در حلقهٔ (۳) جهت جریان القایی رو به پایین است چون شار چپ به راست در حال کاهش است، پس باید با جریانی رو به پایین شاری چپ به راست تولید شود (یا به عبارتی S حلقه باید سمت چپ آن قرار گیرد)

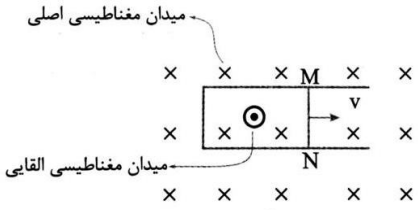


۴-۲-۴ روش دوم ایجاد جریان القایی با استفاده از قاب U شکل و تغییر مساحت



یک قاب رسانای U شکل در میدان مغناطیسی یکنواخت B (درون سو) قرار دارد و میله ی MN در حال حرکت است!

شکل



میله به سمت راست ← افزایش سطح ← افزایش شار ← ایجاد نیروی محرکه القایی و جریان القایی برای مخالفت با تغییر شار ← میدان مغناطیسی خلاف جهت میدان اصلی

جریان از N به M میره | میله راست ، جریان بالا

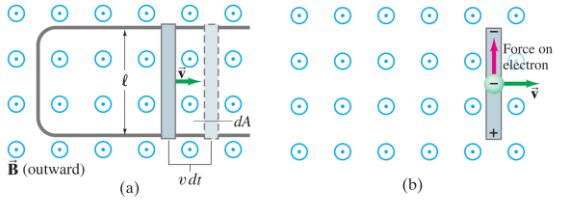
میله به سمت چپ ← کاهش سطح ← کاهش شار ← ایجاد نیروی محرکه القایی و جریان القایی برای مخالفت با تغییر شار ← میدان مغناطیسی جهت میدان اصلی

جریان از M به N میره | میله چپ ، جریان پایین

رابطه

$$|\bar{\varepsilon}| = \left|-N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right| \xrightarrow{N=1} |\bar{\varepsilon}| = B\cos\bullet^{o}\frac{\Delta A}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta A = L\times\Delta x}$$

$$|\bar{\varepsilon}| = B\cos\bullet^{o}\frac{L\times\Delta x}{\Delta t} \xrightarrow{V_{av}=\frac{\Delta x}{\Delta t}} \boxed{|\bar{\varepsilon}| = BLV_{av}} \rightarrow \boxed{IR = BLV_{av}}$$



V: سرعت حرکت میله در قاب U شکل | L : طول میله | B: میدان مغناطیسی اصلی

جهت جریان القایی

۴ انگشت: جهت حرکت سیم | کف دست: جهت میدان مغناطیسی اصلی | انگشت شست : جهت جریان القایی

کلید

کلمه حرکت سیم، انتقال، کشیدن و لغزش

$N \neq 1$

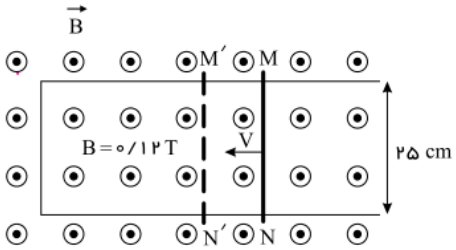
اگر یک پیچه مربعی یا مستطیلی با N حلقه در حال وارد شدن یا خارج شدن از میدان مغناطیسی یکنواخت B باشد

نیروی محرکه القایی متوسط سیم متحرک : $|\bar{\varepsilon}| = NBLV_{av}$

و جریان متوسط القایی : $\boxed{|\bar{I}| = \frac{BLV_{av}}{R}}$

تست۱۶:

میلهٔ فلزی MN را روی رسانای U شکل با سرعت ثابت v در مدت Δt از وضع MN به وضع $M'N'$ در می‌آوریم. اگر نیروی محرکه القاء شده ۰٫۱۵ ولت باشد، سرعت حرکت میله چند متر بر ثانیه و جهت جریان القا شده در میله، کدام است؟



۱) ۵ و از N به طرف M

۲) ۵ و از M به طرف N

۳) ۷٫۵ و از N به طرف M

۴) ۷٫۵ و از M به طرف N

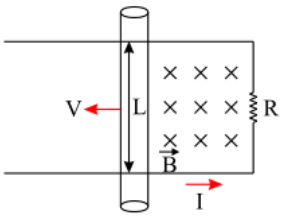
پاسخ: گزینه ۱

$$\bar{\varepsilon} = B\ell v \rightarrow v = \frac{۰/۱۵}{۰/۲۵ \times ۰/۱۲} = ۵\ m/s$$

با حرکت میله به طرف چپ، مساحت و شار عبوری کاهش می‌یابد. طبق قانون لنز باید میدان القایی هم‌جهت با میدان اصلی باشد. طبق قاعدهٔ دست راست، جریان القایی در قاب پادساعتگرد و از N به M است.

تست۱۷:

در شکل روبه‌رو اگر $R = ۰/۵\Omega$ و $B = ۰/۵T$ و $I = ۰/۴A$ و $L = ۱m$ باشد، تندی میله چند متر بر ثانیه است؟



۱) ۰٫۵

۲) ۰٫۴

۳) ۱

۴) ۲٫۵

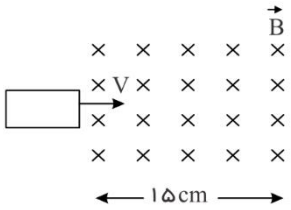
پاسخ: گزینه ۲ می‌دانیم که حرکت میله در میدان سبب تغییر شار مغناطیسی و ایجاد نیروی محرکهٔ القایی می‌شود که تولید جریان القایی می‌کند.

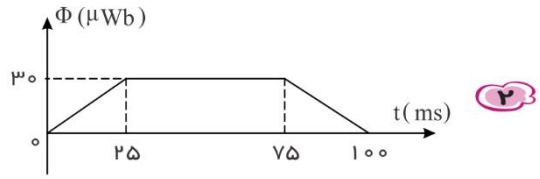
$$\left.\begin{matrix}\varepsilon = BVL \\ \varepsilon = RI\end{matrix}\right\} \rightarrow RI = BVL \rightarrow V = \frac{RI}{BL} = \frac{۰/۵ \times ۰/۴}{۰/۵ \times L} = ۰/۴\frac{m}{s}$$

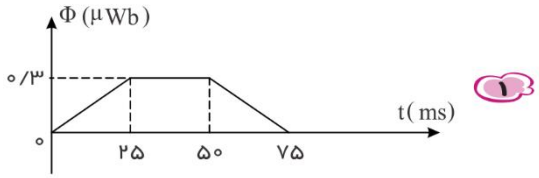
تست۱۸:

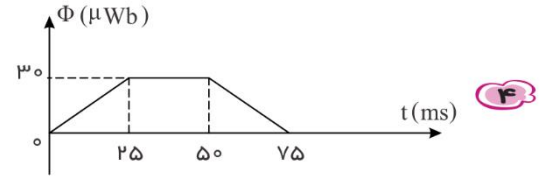
حلقهٔ فلزی مستطیل شکلی به ابعاد $۳cm \times ۵cm$ با سرعت ثابت $۲\frac{m}{s}$ وارد میدان مغناطیسی یکنواخت $۲G$ می‌شود و از طرف دیگر آن خارج می‌شود. نمودار تغییرات شار مغناطیسی بر حسب زمان که از حلقه می گذرد، کدام است؟

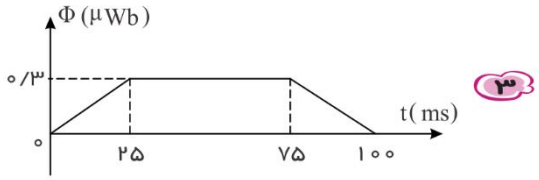
خارج از کشور- ۱۳۹۷











پاسخ: **گزینه ۳** ابتدا شار صفر است و وقتی کاملاً وارد میدان می‌شود بیشترین شار از آن می گذرد. $(۱G = ۱۰^{-۴}T)$

$$\Phi_{max} = BA = ۲ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۵ \times ۱۰^{-۴} = ۳۰ \times ۱۰^{-۸} = ۳۰ \times ۱۰^{-۲}\mu Wb = ۰/۳(\mu Wb)$$

زمانی که قاب کاملاً وارد میدان می‌شود $۵cm$ جابه‌جا شده است. پس:

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t_۱} \Rightarrow ۲ = \frac{۰/۰۵}{\Delta t_۱} \Rightarrow \Delta t_۱ = ۰/۰۲۵s = ۲۵ms$$

زمانی که داخل میدان است $(۱۵ - ۵) = ۱۰cm$ جابه‌جا می‌شود و شار ثابت است.

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t_۲} \Rightarrow ۲ = \frac{۰/۱}{\Delta t_۲} \Rightarrow \Delta t_۲ = ۰/۰۵s = ۵۰ms$$

هنگام خروج شار کاهش یافته و به صفر می‌رسد. و باز باید $۵cm$ جابه‌جا شود و همانند ورود $\Delta t_۳ = ۲۵ms$ می‌شود. یعنی گزینهٔ ۳ صحیح است.

۴-۲-۵ کاربردهای القای الکتریکی

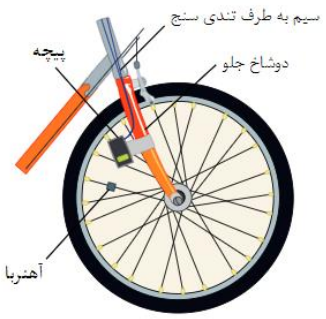
۱) تولید جریان

۲) کارت اعتباری

روی نوار مغناطیسی موجود بر روی کارت‌های اعتباری اطلاعات مشتری و حساب وی ذخیره شده است. با کشیدن کارت در دستگاه کارت‌خوان که در واقع شامل یک سیم‌پیچ و اجزای دیگر است، نیرو محرکهٔ القایی در سیم‌پیچ بوجود می‌آید که جریان بوجود آمده توسط دستگاه رمزگشایی شده و دستورات موردنظر انجام می‌شود.

۳) تندی سنج دوچرخه

تندی‌سنج دوچرخه‌های مسابقه‌ای شامل یک آهنربای کوچک و یک پیچه است. آهنربا به یکی از پره‌های چرخ جلو و پیچه به دو شاخهٔ فرمان متصل است و دو سر پیچه به نمایشگر تندی‌سنج (نوعی رایانهٔ کوچک) متصل شده است. به‌نظر شما تندی‌سنج دوچرخه چگونه کار می‌کند؟



پاسخ: با هر دور چرخش چرخ، آهنربا یکبار از جلوی پیچه عبور می‌کند و ولتاژی در آن القا می‌شود که می‌توان از آن برای بکار انداختن یک شمارنده استفاده کرد. با داشتن تعداد دورهای طی شده توسط چرخ در یک ثانیه و نیز محیط چرخ می‌توان به سادگی محاسبه کرد تندی دوچرخه چقدر است (تندی برابر است با مسافت طی شده در یک ثانیه) که این محاسبات توسط پردازندهٔ کوچک تندی‌سنج انجام می‌شود. این، اساس کار دستگاههای کنترل حد تندی خودرو (دستگاه های کروز) در خودروها نیز می‌باشد.

۴) سامانه تنظیم تندی خودرو (کروز)

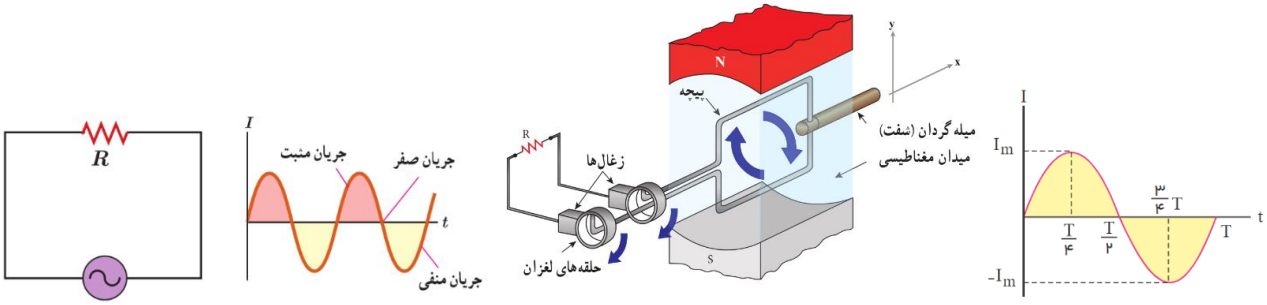
۶-۲-۴ جریان متناوب (تغییر زاویه) ← اداره برق بهمون میده !

جریان الکتریکی به دو صورت مستقیم و متناوب می باشد.	
مستقیم (Direct) عموماً با باتری در مدار برقرار می شود	متناوب (Alternative) با چرخش و حرکت پیچه در میدان مغناطیسی ایجاد می شود.

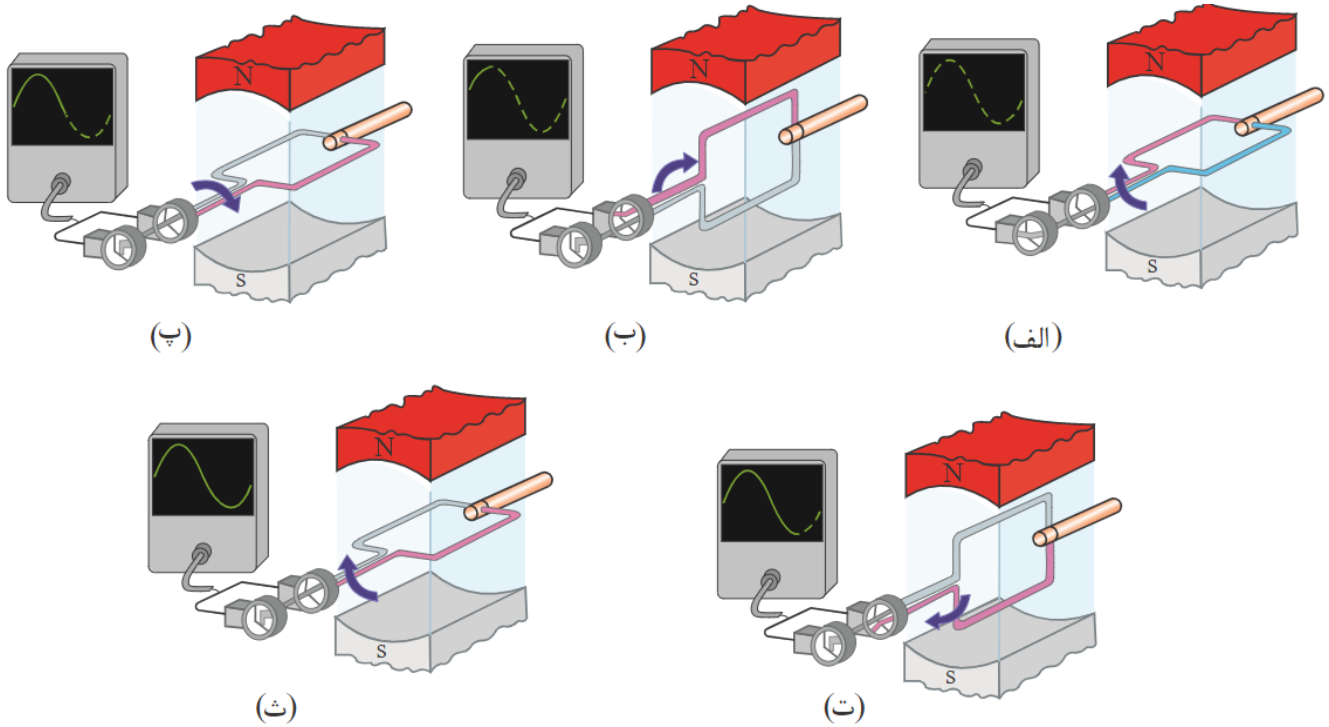
سومین عامل تغییر شار ← تغییر زاویه بین پیچه و میدان مغناطیسی ← ایجاد یک جریان القایی متناوب

تغییر مرتب زاویه ← جریان متناوب : جریانی که اندازه و جهت آن به طور منظم با زمان تغییر می کند و در بازه های زمانی خاصی تکرار می شود. جریان متناوب معمولا تابعی سینوسی از زمان است.

در شکل های زیر مداری با جریان متناوب ، نمودار جریان آن و یک مولد (ژنراتور) تولید جریان متناوب را مشاهده می کنید.



تغییر متناوب زاویه بین پیچه و میدان مغناطیسی ← تغییر متناوب شار ← ایجاد یک جریان القایی متناوب



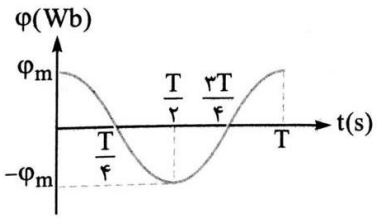
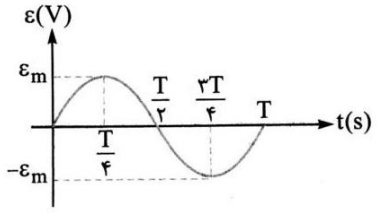
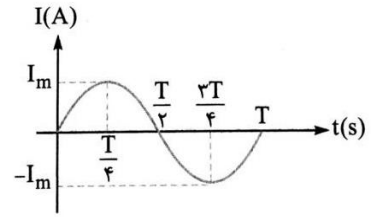
- ✓ دوره (زمان تناوب): زمان یک چرخش کامل بر حسب ثانیه که با T نشان می دهیم.
- ✓ بسامد (فرکانس): تعداد چرخش های کامل در یک ثانیه بر حسب بر ثانیه ($\frac{1}{s}$) که هرتز(Hz) می نامند. بسامد را با f نشان می دهیم.

$$f=\frac{1}{T}$$

- ✓ سرعت زاویه ای (بسامد زاویه ای): آهنگ تغییر زاویه نسبت به زمان

$$\bar{\omega}=\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\rightarrow\omega=\frac{\theta}{t}\rightarrow\boxed{\theta=\omega t}$$

$$\boxed{\omega=\frac{2\pi}{T}}\xrightarrow{f=\frac{1}{T}}\boxed{\omega=2\pi f}$$

کمیت	رابطه	نمودار
شار – زمان	$\varphi = AB\cos\theta \xrightarrow[\varphi_{max}=AB]{\theta=\omega t} \boxed{\varphi = \varphi_{max}\cos\omega t}$ $\xrightarrow{\omega=\frac{2\pi}{T}} \boxed{\varphi = \varphi_{max}\cos(\frac{2\pi}{T}t)}$	
نیرو محرکه – زمان	$\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt} = N\omega AB\sin\theta \xrightarrow{\varepsilon_{max}=N\omega AB}$ $\boxed{\varepsilon = \varepsilon_{max}\sin\theta = \underbrace{N\omega AB}_{\varepsilon_{max}}\sin\theta}$ $\xrightarrow[\omega=\frac{2\pi}{T}]{\theta=\omega t} \boxed{\varepsilon = \varepsilon_{max}\sin(\frac{2\pi}{T}t)}$	
جریان – زمان	$I = \frac{\varepsilon}{R} \rightarrow \boxed{I = I_{max}\sin\theta = \underbrace{\frac{N\omega AB}{R}}_{I_{max}}\sin\theta = \frac{\varepsilon_m}{R}\sin\theta}$ $\xrightarrow[\omega=\frac{2\pi}{T}]{\theta=\omega t} \boxed{I = I_{max}\sin(\frac{2\pi}{T}t)}$	

۴-۲-۷ القاگر و اثر خود القاوری (خودالقایی بچه های نظام قدیم)

عبور جریان از سیملوله :

۱) جریان ثابت ← مثل سیم رفتار می کند ← ایجاد میدان مغناطیسی

۲) اما اگر جریان تغییر کند چی؟

تغییر جریان گذرنده از سیملوله ← تغییر میدان مغناطیسی درون سیملوله ← تغییر شار عبوری از سیملوله ← ایجاد نیروی محرکه و جریان القایی در سیملوله (در جهت مخالفت با تغییر شار)

نیروی محرکه و جریان القایی ایجاد شده در این حالت بر اثر تغییر میدان مغناطیسی خود سیملوله است.

این نیرو محرکه را نیروی محرکه خود القاوری | این جریان را جریان خود القاوری | این خاصیت پدیده خود القاوری

القاگر: هر عنصری از مدار که از خود خاصیت القاوری نشان دهد (مثل سیملوله و پیچه)

۴-۲-۸ نیروی محرکه خود القاوری

نیروی محرکه خود القایی لحظه ای $\varepsilon_L = -L\frac{dI}{dt}$

نیروی محرکه خود القایی متوسط $\overline{\varepsilon}_L = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$

۴-۲-۹ ضریب خودالقاوری (یکا : هانری (H))

برای القاگری به طول l و سطح مقطع A که از N دور سیم ساخته شده باشد، ضریب خودالقاوری القاگر از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\boxed{L = K\mu_{\cdot}\frac{N^2 A}{l}}$$

K : ضریب تراوایی مغناطیسی خلا (برای هوا = ۱)

هانری (H) : یک هانری ضریب خودالقاوری سیملوله ای است که به ازای تغییر جریان یک آمپر بر ثانیه ($1A/s$) نیروی محرکه ی خودالقایی یک ولت ($1V$) در آن ایجاد می شود.

این ضریب از خصوصیات ساختمانی سیملوله بوده و ربطی به جریان گذرنده از آن ندارد.

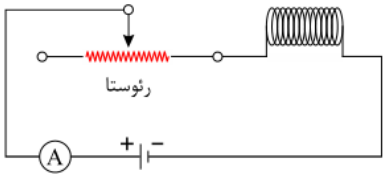
۴-۲-۱۰ انرژی القاگر

القاگری که در مدار است، انرژی ذخیره می کند تا در موقع لازم (یعنی وقتی که جریان مدار تغییر می کند و کاهش می یابد) آن را به مدار تحویل داده و جریان خودالقاوری را به وجود بیاورد. (L در این رابطه ضریب خود القاوری می باشد.)

$$U = \frac{۱}{۲} LI^۲$$

تست ۱۹:

در شکل زیر، ضریب القاوری (خود القایی) سیملوله $۰/۰۵H$ است و انرژی ذخیره شده در آن $۰/۴J$ است. اگر سیملوله دارای ۱۰۰ حلقه و طولش $۸cm$ باشد، میدان مغناطیسی داخل آن چند گاوس است؟ ($\mu_۰ = ۱۲ \times ۱۰^{-۷} \frac{T \cdot m}{A}$)



۱) ۶۰
۲) ۹۰
۳) ۱۲۰
۴) ۱۸۰

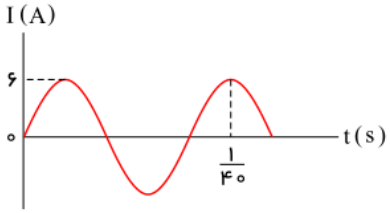
پاسخ: گزینه ۱

$$\begin{cases} L = ۰/۰۵H \\ U = ۰/۴J \end{cases} \rightarrow U = \frac{۱}{۲} LI^۲ \rightarrow ۰/۴ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۰۵ \times I^۲ \xrightarrow{\times ۱۰۰} I^۲ = \frac{۴۰ \times ۲}{۵} = ۱۶ \; I = ۴A$$

$$\begin{cases} N = ۱۰۰ \\ L = ۸cm = ۸ \times ۱۰^{-۲} m \\ I = ۴A \end{cases} \Rightarrow B = \frac{\mu_۰ NI}{L} = \frac{(۱۲ \times ۱۰^{-۷})(۱۰۰)(۴)}{(۸ \times ۱۰^{-۲})} \Rightarrow B = ۶ \times ۱۰^{-۳} T = ۶۰G$$

تست ۲۰:

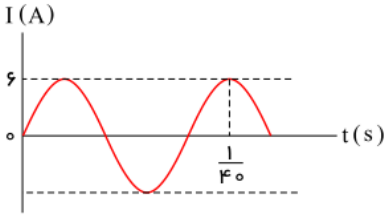
از یک سیملولهٔ آرمانی، جریان متناوب سینوسی که نمودار تغییرات آن برحسب زمان به صورت شکل زیر است، عبور می‌کند. اگر انرژی ذخیره شده در سیملوله در لحظهٔ $\frac{۱}{۴۰۰}$ ثانیه برابر ۷۲ میلی ژول باشد، ضریب القاوری (خود القایی) سیملوله چند میلی هانری است؟



۱) ۸
۲) ۶
۳) ۴
۴) ۳

پاسخ: گزینه ۱

$$\begin{cases} I = I_m \sin(\frac{۲\pi}{T} t) = ۶ \sin(۱۰۰\pi t) \\ \frac{۱}{۴۰} s = ۵ \frac{T}{۴} \Rightarrow T = \frac{۱}{۵۰} s \Rightarrow \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{(\frac{۱}{۵۰})} = ۱۰۰\pi \frac{rad}{s} \end{cases}$$



$$t = \frac{۱}{۴۰۰} s \Rightarrow I = ۶ \sin(۱۰۰\pi \times \frac{۱}{۴۰۰}) = ۶ \times \frac{\sqrt{۲}}{۲} = ۳\sqrt{۲} A$$

$$U = \frac{۱}{۲} LI^۲ \Rightarrow ۷۲mJ = \frac{۱}{۲} L \times (۳\sqrt{۲})^۲ = ۹L \Rightarrow L = ۸mH$$

تست ۲۱:

کدام مورد دربارهٔ القاگر درست نیست؟

۱) هنگام عبور جریان پایا از القاگر آرمانی انرژی به آن وارد یا از آن خارج نمی‌شود.

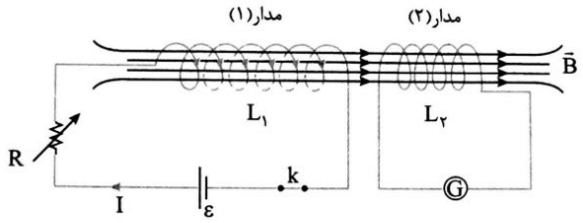
۲) وقتی جریان عبوری از القاگر آرمانی در حال کاهش باشد، انرژی وارد القاگر می‌شود.

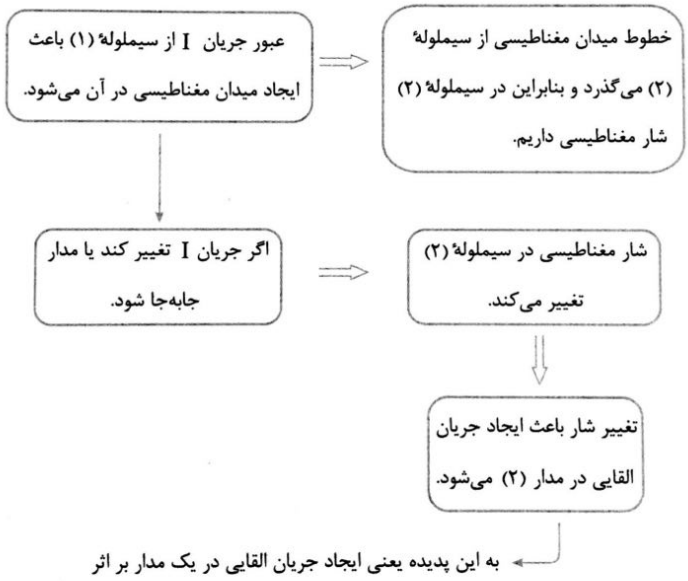
۳) ضریب القاوری (خود القایی) یک القاگر به تعداد دور، طول، سطح مقطع القاگر و جنس هستهٔ داخل آن بستگی دارد.

۴) بخشی از انرژی که مولد به القاگر می‌دهد در مقاومت سیم‌های القاگر به‌صورت گرما تلف می‌شود و بقیه در میدان مغناطیسی القاگر ذخیره می‌شود.

پاسخ: گزینه ۲ با کاهش جریان الکتریکی (خارجی) عبوری از القاگر، القاگر یک جریان خودالقایی در جهت جریان اصلی در مدار ایجاد می‌کند و این یعنی القاگر مقداری انرژی آزاد می‌کند.

۴-۲-۱۱ القای متقابل (ریاضی جدید)





جهت جریان در مدار ۲: جریان القایی در مدار ۲ در جهتی است که با تغییر شار گذرنده از آن مخالفت کند (قانون لنز):

- **اگر جریان در مدار ۱ افزایش یابد، یا مدار ۱ به مدار ۲ نزدیک شود: جهت جریان در مدار ۲ برعکس جهت جریان در مدار ۱**
- **اگر جریان در مدار ۱ کاهش یابد، یا مدار ۱ به مدار ۲ دور شود: جهت جریان در مدار ۲ هم جهت با جریان در مدار ۱**

۴-۲-۱۲ ضریب القای متقابل

نیروی محرکه در مدار ۲ به کمیتی به نام ضریب القای متقابل وابسته است. با فرض اینکه تمام شار سیملوله ۱ از سیملوله ۲ بگذرد، داریم :

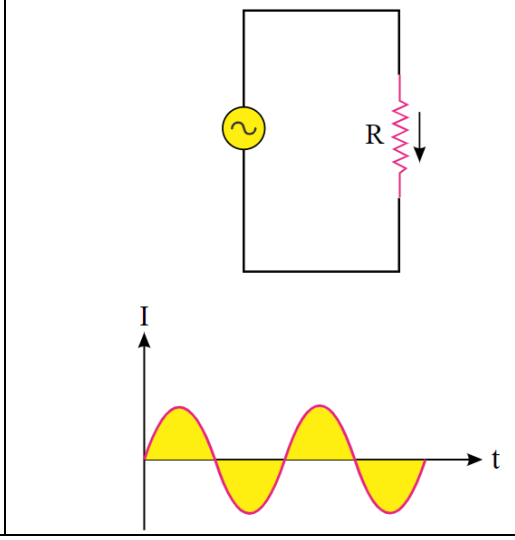
$$M = \sqrt{L_1 L_2}$$

۴-۲-۱۳ جریان متناوب و دیود

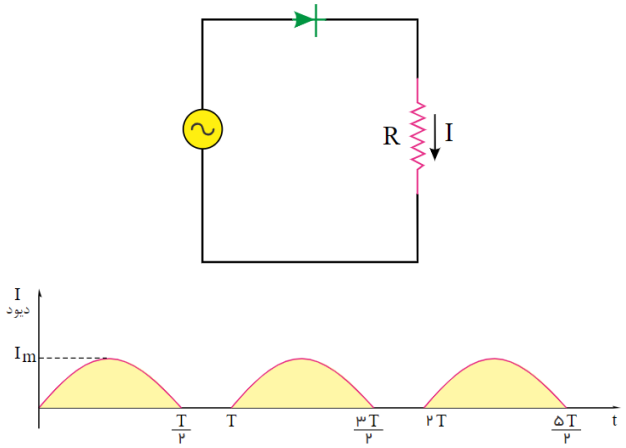
در الکتریسیته جاری دیدیم که دیود، جریان را در یک جهت از خود عبور می‌دهد و در جهت دیگر مانع عبور جریان می‌شود. به همین دلیل آن را یکسوکنندهٔ جریان می‌نامند.

بنابراین با فرض اینکه جهت نشان داده شده را مثبت فرض کنیم، دیود فقط اجازهٔ عبور جریان‌های مثبت را می‌دهد و جلوی جریان‌های منفی را می‌گیرد. به بیان دیگر فقط در بازه‌های زمانی $\frac{T}{۲}$ (یک آلترنانس) که I مثبت است و جریان از دیود می‌گذرد

اگر مدار ما شکل زیر باشد، جریان آن مطابق شکل زیر می شود.



مدار به همراه دیود:



۴-۲-۱۴ مبدل ها (ریاضی)

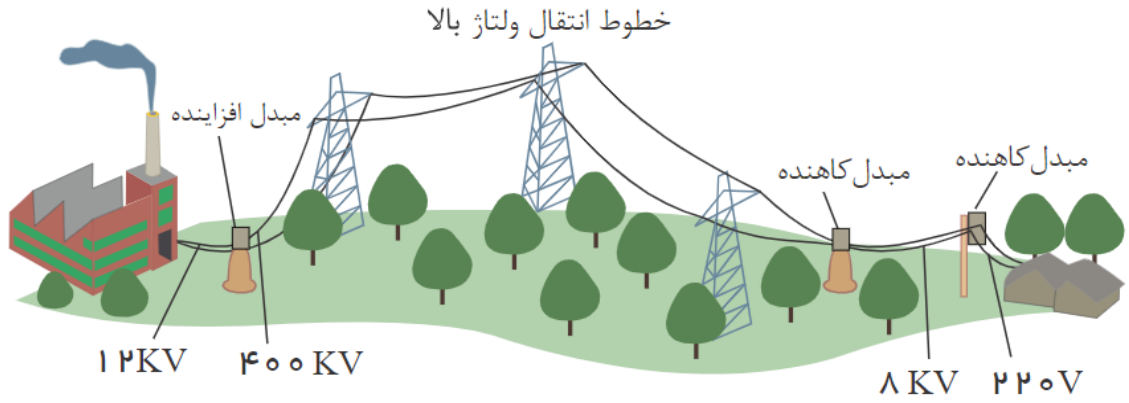
یکی از اصلی‌ترین مزیت‌های توزیع توان الکتریکی ac بر dc آن است که افزایش و کاهش ولتاژ ac بسیار آسان‌تر از dc است.

برای آن که توان الکتریکی را در فاصله‌های دور انتقال دهیم باید تا جای ممکن I را پایین بیاوریم تا از تلفات توان بکاهیم.

برای این منظور باید ولتاژ را تا حد امکان افزایش دهیم.

همچنین کاهش I به ما اجازه می‌دهد که بتوانیم از سیمهای نازک‌تری استفاده کنیم که البته مصرف مواد اولیه و وزن سازه‌ها را کاهش می‌دهد.

بطور معمول برای انتقال توان الکتریکی از ولتاژهایی در حد ۴۰۰kV و ۲۳۰kV استفاده می‌شود.



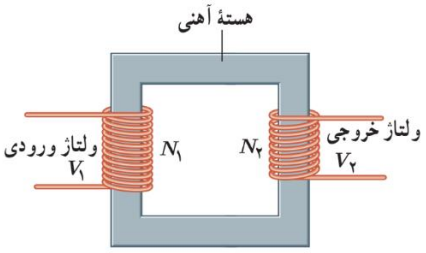
البته در فواصل کوتاه‌تر و نزدیک تر از ۱۲۸kV و ۶۳kV نیز استفاده می‌شود.

البته باید توجه کرد افزایش ولتاژ اگر چه تلفات را کم می‌کند ولی ملاحظات ایمنی و عایق‌بندی‌های قوی تری را می‌طلبد چرا که ولتاژ بالا بسیار خطرناک است.

برق استفاده شده در مصارف خانگی در بسیاری از کشورها و از جمله ایران ۲۲۰V است. (در برخی کشورها از ۱۱۰V استفاده می‌شود)

برای تبدیل ولتاژها به یکدیگر از مبدل‌ها استفاده می‌شود.

در مورد یک مبدل آرمانی مطابق شکل اگر تعداد دور سیم‌پیچ در طرف اول N_1 و ولتاژ متصل به آن V_1 باشد و تعداد دور سیم‌پیچ طرف دوم N_2 و ولتاژ آن V_2 فرض شود داریم:



$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

- مبدل افزاینده : $N_2 > N_1$ و $V_2 > V_1$
- مبدل کاهنده : $N_2 < N_1$ و $V_2 < V_1$
- لازم به ذکر است که مبدل‌ها فقط برای جریان ac کاربرد دارند.

تست ۲۲:

در محل یک نیروگاه برق ولتاژ ۱۰۰۰۰ ولت توسط مبدّل A به ۴۰۰۰۰۰ ولت تبدیل می‌شود و پس از انتقال به یک شهر توسط مبدّل B این ولتاژ به ۵۰۰۰ ولت تبدیل می‌شود. اگر نسبت تعداد سیم‌پیچ ثانویه به اولیه در مبدّل A برابر K_A و در مبدّل B برابر K_B باشد، $\frac{K_A}{K_B}$ کدام است؟

۱) ۲۰ ۲) ۸۰۰ ۳) ۱۲۰۰ ۴) ۳۲۰۰

پاسخ: گزینه ۴

$$K = \frac{V_{\text{خروجی}}}{V_{\text{ورودی}}} = \frac{N_{\text{ثانویه}}}{N_{\text{اولیه}}} \Rightarrow \begin{cases} K_A = \frac{۴۰۰۰۰۰}{۱۰۰۰۰} = ۴۰ \\ K_B = \frac{۵۰۰۰}{۴۰۰۰۰۰} = \frac{۱}{۸۰} \end{cases}$$

$$\frac{K_A}{K_B} = \frac{۴۰}{\frac{۱}{۸۰}} = ۳۲۰۰$$