Hysteresis in magnetic materials

fppt.com

بسم الله الرحمن الرحیم

پروژه درس الکترومغناطیس

استاد : دکتر آذر تفریحی

اعضاء گروه :

فائزه جمشیدی
نگار پرداختیم
مریم راعی
بهاره السادات بحرینیان
نفیسه سلیمانی
نرگس پاکدل
زهره غلامی
محمدحسین مهاجر
امیرمحمد احمدیان

fppt.com

فهرست :

1. تعریف پدیده پسماند
2. مواد مغناطیسی نرم و سخت
3. علت پسماند مغناطیسی چیست؟
4. بررسی نمودار پسماند (هیسترزیس)
5. فرمول ها و روابط
6. کاربرد های منحنی پسماند
7. تلفات منحنی پسماند

fppt.com

تعریف پدیده پسماند :

وقتی به یک ماده مغناطیسی میدان مغناطیسی اعمال شود، مغناطش محیط سریع افزایش می‌یابد.

با افزایش مقدار میدان اعمالی، شتاب افزایش مغناطش کاهش می‌یابد.

این کاهش شتاب ادامه می‌یابد تا مغناطش محیط به مقدار اشباع خود M_S برسد.

fppt.com

- تغییرات مغناطش مواد مغناطیسی در هنگام کاهش میدان، از رفتار قبلی خود تبعیت نمی‌کند؛ بلکه بخاطر ناهمسانگردی مغناطیسی در محیط، مقداری انرژی را در خود ذخیره می‌کنند.

- بنابراین وقتی میدان اعمالی در محیط صفر شود؛ مغناطش در ماده صفر نشده و دارای مقدار خاصی است که به آن مغناطش پسماند M_r گفته می‌شود.

fppt.com

- با کاهش بیشتر شدت میدان به سمت مقادیر منفی، خاصیت مغناطیسی القا شده به‌تدریج کاهش می‌یابد و با رسیدن شدت میدان به یک مقدار منفی خواص مغناطیسی ماده کاملاً از بین می‌رود.

- این میدان مغناطیسی زدا را با H_c نشان می دهند و به نیروی ضدپسماند و یا وادارندگی مغناطیسی معروف است.

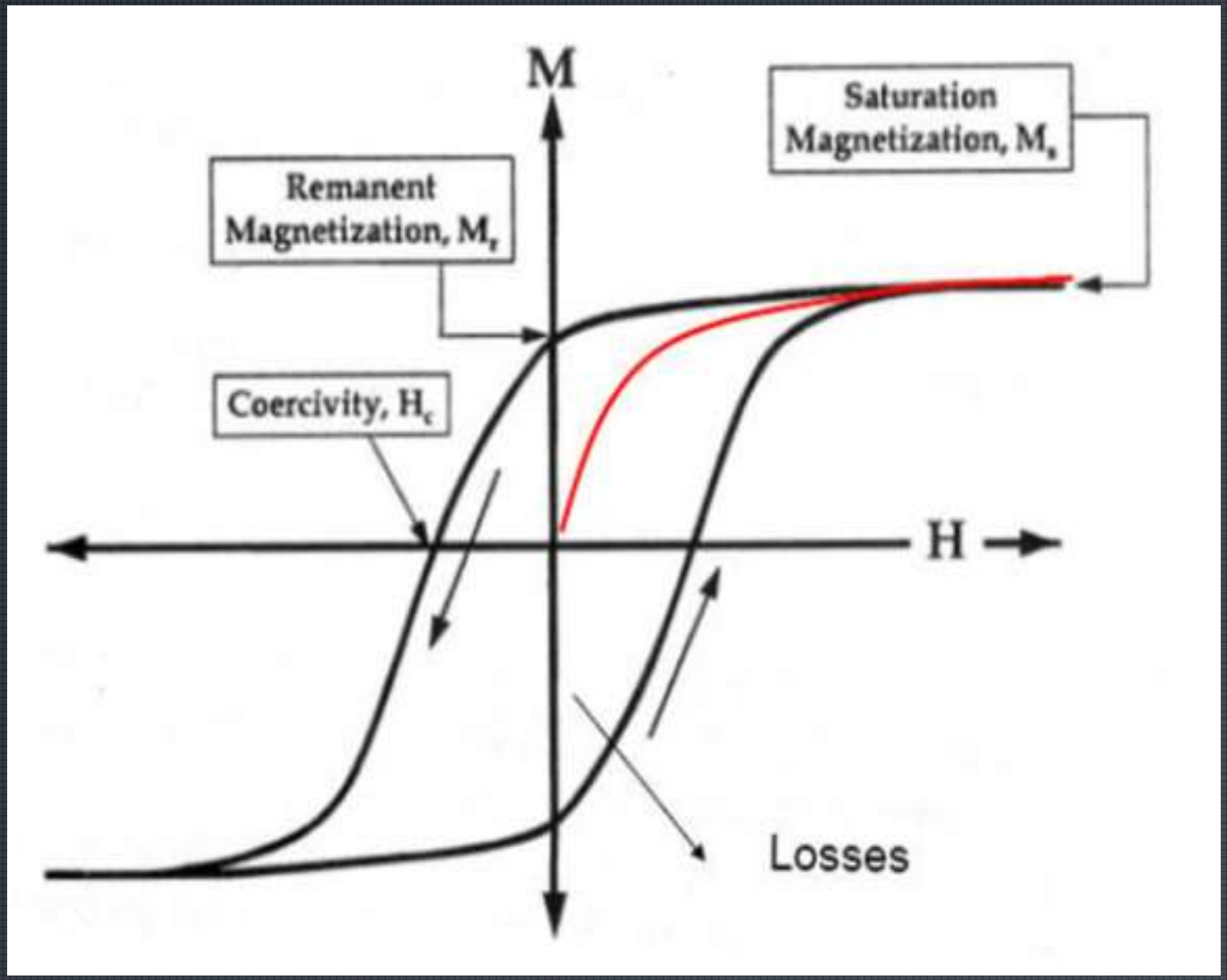
- با کاهش بیشتر شدت میدان، القای مغناطیسی منفی می‌شود و در نهایت به مقادیر اشباع منفی خود، می‌تواند برسد.

- افزایش مجدد شدت میدان به سمت مقادیر مثبت، حلقه پسماند را کامل می‌کند.

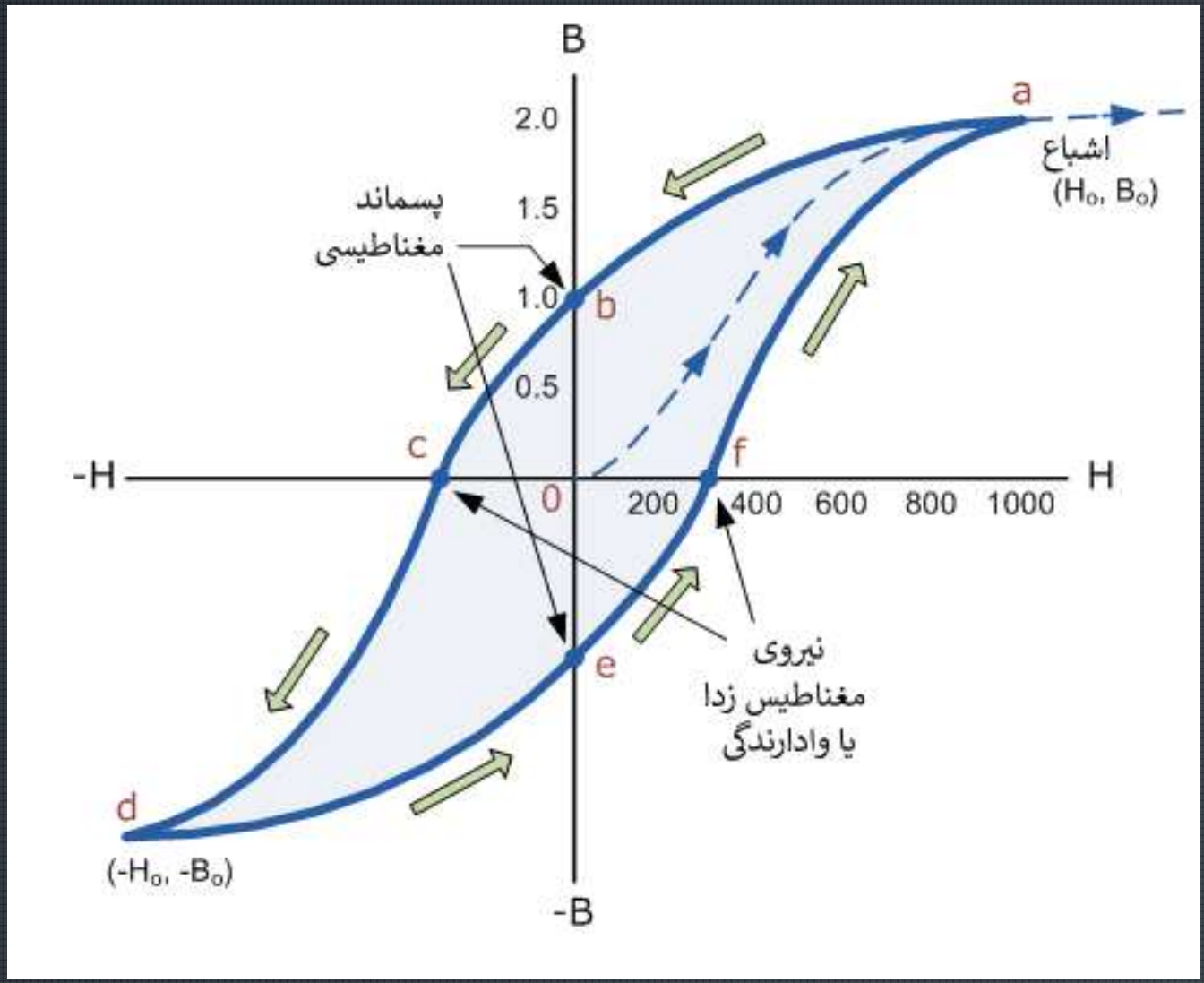
fppt.com

- مغناطیس‌های دائمی غالباً در ربع دوم حلقه پسماند خود، مورد استفاده قرار می گیرند.
- پسماند یا نیروی وادارنده عبارتست از میدان معکوسی که برای کاهش مغناطش به صفر نیازست.

fppt.com


M
Saturation
Magnetization, M_s
Remanent
Magnetization, M_r
Coercivity, H_c
H
Losses

fppt.com


B
2.0
1.5
1.0
0.5
a
اشباع
(Ho, Bo)
پسماند
مغناطیسی
b
c
f
-H
H
0
200
400
600
800
1000
نیروی
مغناطیس زدا
یا وادارندگی
e
d
(-Ho, -Bo)
-B

fppt.com

مواد مغناطیسی نرم و سخت :

مواد مغناطیسی از نظر رفتار آنها در میدان مغناطیسی به دو گروه تقسیم‌بندی می‌شوند:

سخت

نرم

fppt.com

مواد مغناطیسی نرم :

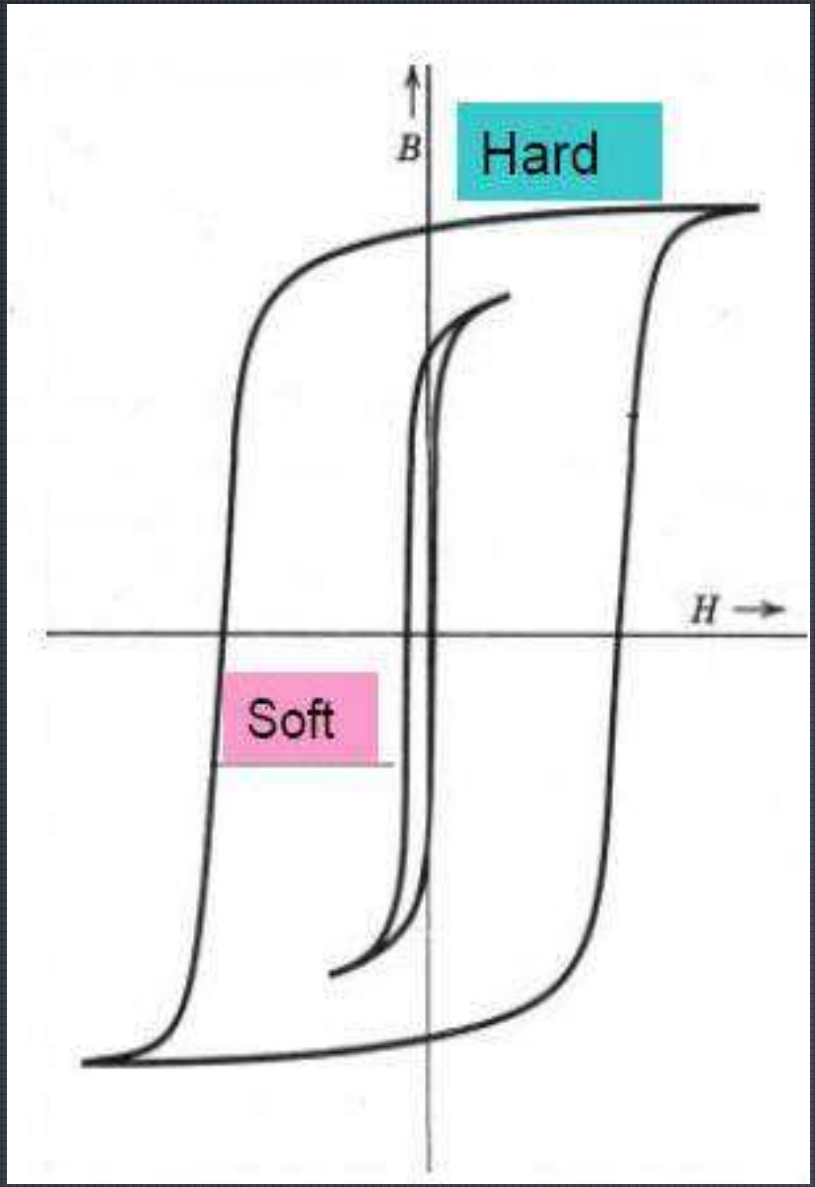
- مواد مغناطیسی نرم با اعمال میدان مغناطیسی کوچک براحتی مغناطیده می‌شود و با قطع میدان سریعاً گشتاور مغناطیسی خود را از دست می‌دهند.
- به عبارتی این مواد دارای نیروی وادارندگی پایینی هستند.
- این مواد دارای اشباع مغناطیسی بالا M_S و گشتاور مغناطیسی M_r پایین اند.
- مواد مغناطیسی نرم در جاهایی که به تغییر سریع گشتاور مغناطیسی با اعمال میدان مغناطیسی کوچک نیاز است، مانند موتورها، هدهای مغناطیسی، حسگرها، القاگرها و فیلترهای صوتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

fppt.com

مواد مغناطیسی سخت :

- مواد مغناطیسی سخت موادی‌اند که براحتیِ مواد مغناطیسی نرم، مغناطیده نمی‌شوند و به میدان مغناطیسی اعمالی بزرگتری، جهت مغناطیده کردن آنها نیاز است.
- این مواد، گشتاور مغناطیسی را تا مدت‌ها پس از قطع میدان مغناطیسی در خود حفظ می‌کنند.
- همچنین دارای اشباع مغناطیسی M_s گشتاور پسماند M_r و نیروی وادارندگی H_c بالایی هستند.
- ساخت یا پخت این مواد در میدان مغناطیسی، ناهمسانگردی مغناطیسی را در این مواد افزایش می‌دهد؛ که حرکت دیواره حوزه‌ها را سخت‌تر می‌کند و نیروی وادارندگی را افزایش می‌دهد.این امر می‌تواند تولید ماده سخت مغناطیسی بهتری را تضمین کند.
- کاربرد این مواد در آهنرباهای دائمی و حافظه‌های مغناطیسی است.

fppt.com



fppt.com

علت پسماند مغناطیسی چیست ؟

اختلاف بین آهنگ افزایش در مغناطش یک ماده فرومغناطیس با ازدیاد Hو طریق وامغناطش آن با Hرو به کاهش ، نشان می‌دهد، وقتی که مغناطش ماده فرومغناطیس تغییر می‌کند، یعنی وقتی که شدت میدان مغناطیسی خارجی افزایش یا کاهش می‌یابد، جهت گیری یا درهم شدن جهتهای آهنرباهای بنیادی بلافاصله بعد از عوض شدن میدان پیش نمی‌آید، بلکه بعد از یک تأخیر زمانی معین رخ می‌دهد. تحلیل تفصیلی مغناطش و وامغناطش آهن و دیگر مواد فرومغناطیسی نشان می‌دهد که خواص فرومغناطیسی ماده را فقط خواص مغناطیسی اتم‌ها و مولکول‌های منفرد ، که خودشان پارامغناطیس هستند تعیین نمی‌کنند، بلکه توسط مغناطش ناحیه‌های کاملی به نام حوزه تعیین می‌شود (به این دلیل این نظریه را اغلب نظریه حوزه می‌نامند).

fppt.com

این اصطلاح به ناحیه‌های کوچکی در ماده اطلاق می‌شود که دارای شمار زیادی اتم هستند. اندرکنش گشتاورهای مغناطیسی اتمهای منفرد در فرومغناطیس به شکل گیری میدانهای مغناطیسی ذاتی خیلی قوی منفجر می‌شود که در هر حوزه عمل می‌کنند و در داخل چنین ناحیه‌ای همه آهنرباهای اتمی را موازی با یکدیگر آرایش می‌دهند که خود بخود تا حد اشباع مغناطیسی هستند. اما جهتهای مغناطش در حوزه‌های مختلف ، متفاوت هستند. بنحوی که در نبود میدان مغناطیسی خارجی به علت توزیع نامنظم این نواحی جسم نامغناطیده است.

بر اثر میدان مغناطیسی خارجی ، این ناحیه‌های مغناطش خود بخود از نو مرتب و گروه بندی می‌شوند. در نتیجه ، ناحیه‌هایی که در آنها مغناطش با میدان خارجی موازی است غالب می‌شوند و ماده در کل حالت مغناطیسی پیدا می‌کند. نظر به اندازه بزرگ ناحیه‌های مغناطش خود بخود در مقایسه با ابعاد اتمی ، جهتگیری (و نیز فرایند عکس یعنی بهم خوردن جهتها) این ناحیه‌ها با دشواری‌های بیشتری برخورد می‌کند تا حالت اتمها و مولکولهای منفرد در پارامغناطیسها و دیامغناطیسها. به این دلیل ، پشت سر تغییرات میدان خارجی مغناطش و وامغناطش قرار دارد، یعنی پسماند مشاهده می‌شود.

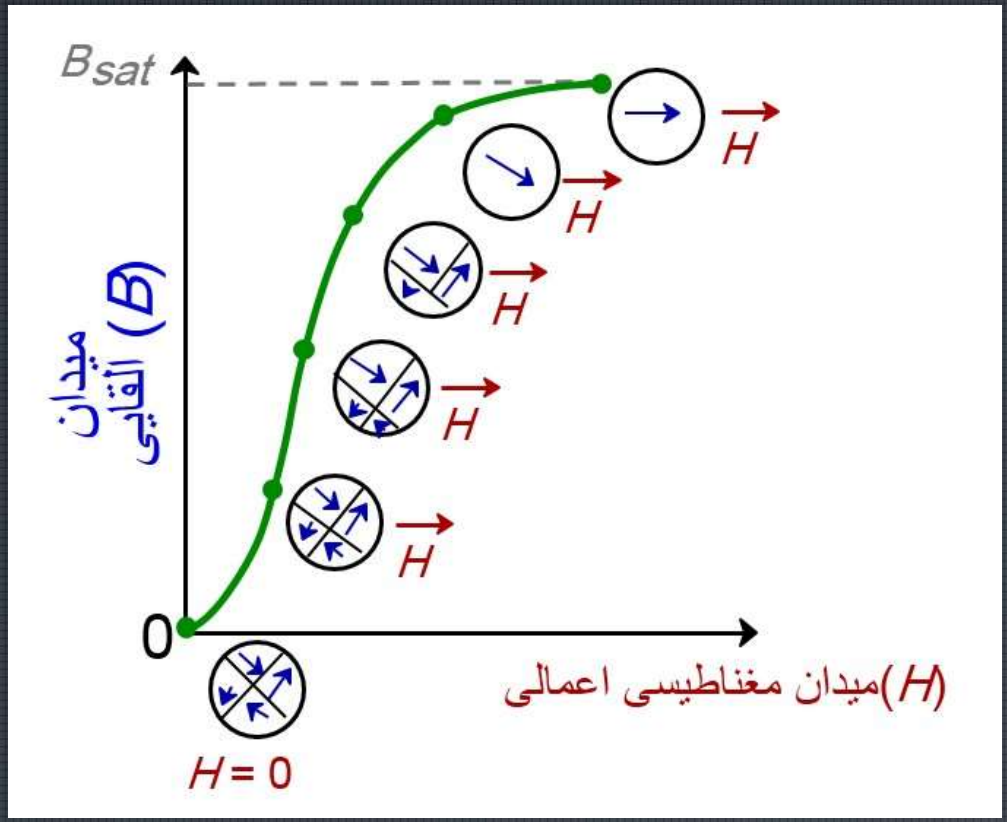
fppt.com

نمودار هیسترزیس :

نمودار نحوه مغناطیسی شدن ماده برحسب میدان اعمالی را نمودار هیسترزیس گویند. از این نمودار پارامترهای مختلف مغناطیسی را می‌توان استخراج کرد. **شکل ۱** بخشی از این نمودارها را نشان می‌دهد؛ اگر یک ماده مغناطیسی که در ابتدا هیچ‌گونه مغناطشی ندارد، ، ابتدا دومین‌های همسوتر با میدان (H) در نظر گرفته شود، با اعمال میدان مغناطیسی خارجی در ازای کاهش حجم دومین‌های ناهمسو، رشد می‌کنند تا این که ماده تک دومین شود. در ادامه وقتی ماده تک دومین شد، این تک دومین کاملاً می‌چرخد تا در جهت میدان قرار گیرد. .

در این حالت، حداکثر مقدار مغناطیسی در ماده مشاهده می‌شود. به این میزان مغناطیس، مغناطش اشباع Bs گویند.

fppt.com

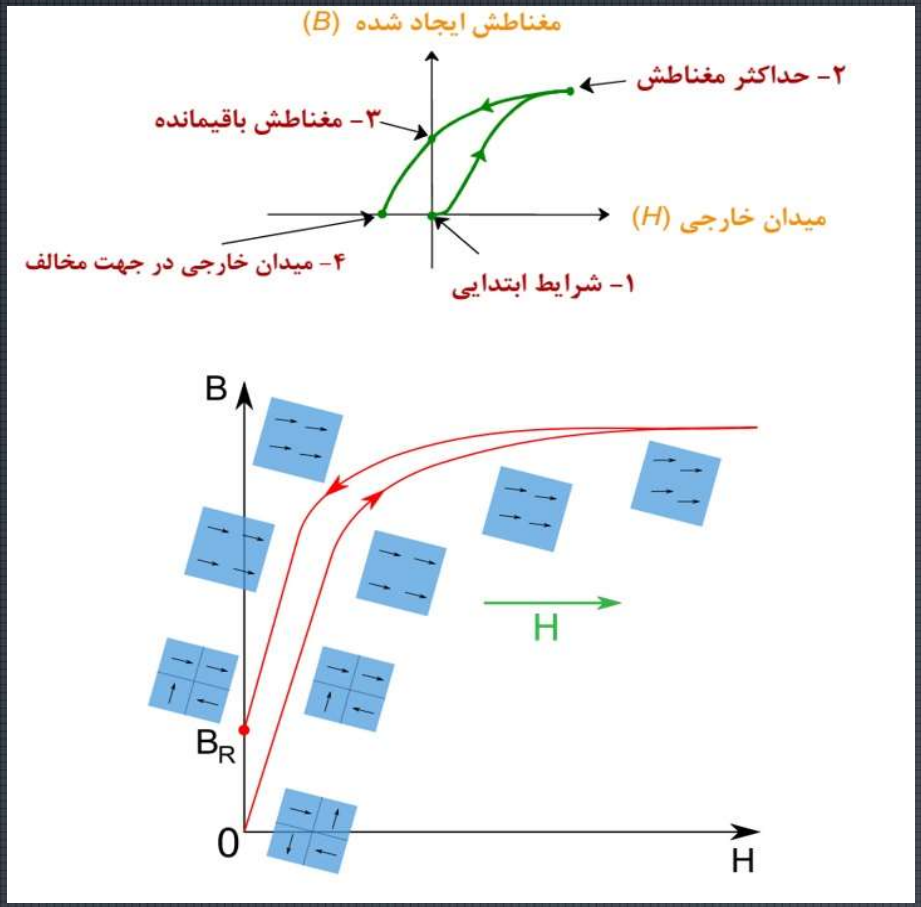


شکل شماره ۱

fppt.com

همان‌گونه در **شکل ۲** مشاهده می‌شود، بعد از رسیدن به مغناطش اشباع، با کاهش میدان مغناطیسی اعمالی، مسیر برگشت مانند مسیر ابتدایی نیست. حتی وقتی میدان اعمالی صفر می‌شود هنوز مقداری مغناطش درون ماده وجود دارد. همان‌گونه که شکل هم گویا آن است، به دلیل باقی ماندن بخشی از دومین‌های همسو با میدان خارجی، در ماده وجود دارد. این مغناطش (BR) مقداری مغناطش به نام مغناطش پسماند پسماند توضیحی است بر این که چرا بعضی مواد با این که میدان خارجی وجود ندارد، دارای مغناطش هستند.

fppt.com



شکل شماره ۲

fppt.com

مطابق **شکل ۳** اگر میدان خارجی اعمالی برعکس شود، مغناطش پسماند کاهش می‌یابد تا این که با افزایش این میدان خارجی بتوان مغناطش داخلی پسماند را صفر کرد.

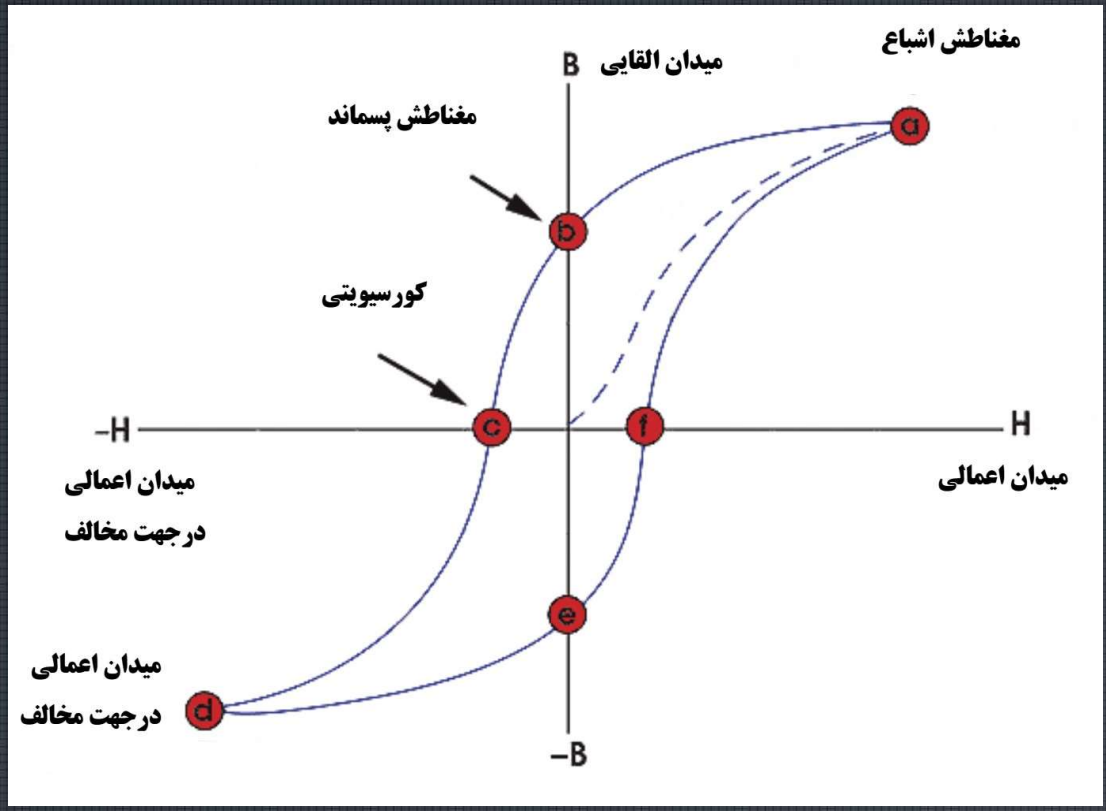
میدان خارجی اعمالی را که قادر است مغناطش موجود در ماده را صفر کند، کورسیویتی می‌نامند.

بعد از صفر شدن مغناطش داخلی، با ادامه اعمال میدان، مغناطش معکوس در ماده ایجاد شده که در نهایت به مغناطش اشباع عکس می‌رسد. مقدار این مغناطش اشباع عکس درست برابر مغناطش اشباع مستقیم است، فقط جهت متفاوتی دارد.

با تغییر جهت میدان (برگشت به جهت اولیه) مسیر طی شده توسط ماده مغناطیسی حلقه فقط در اولین مرحله اعمال میدان مغناطیسی است که هیسترزیس آبی رنگ را می‌سازد.

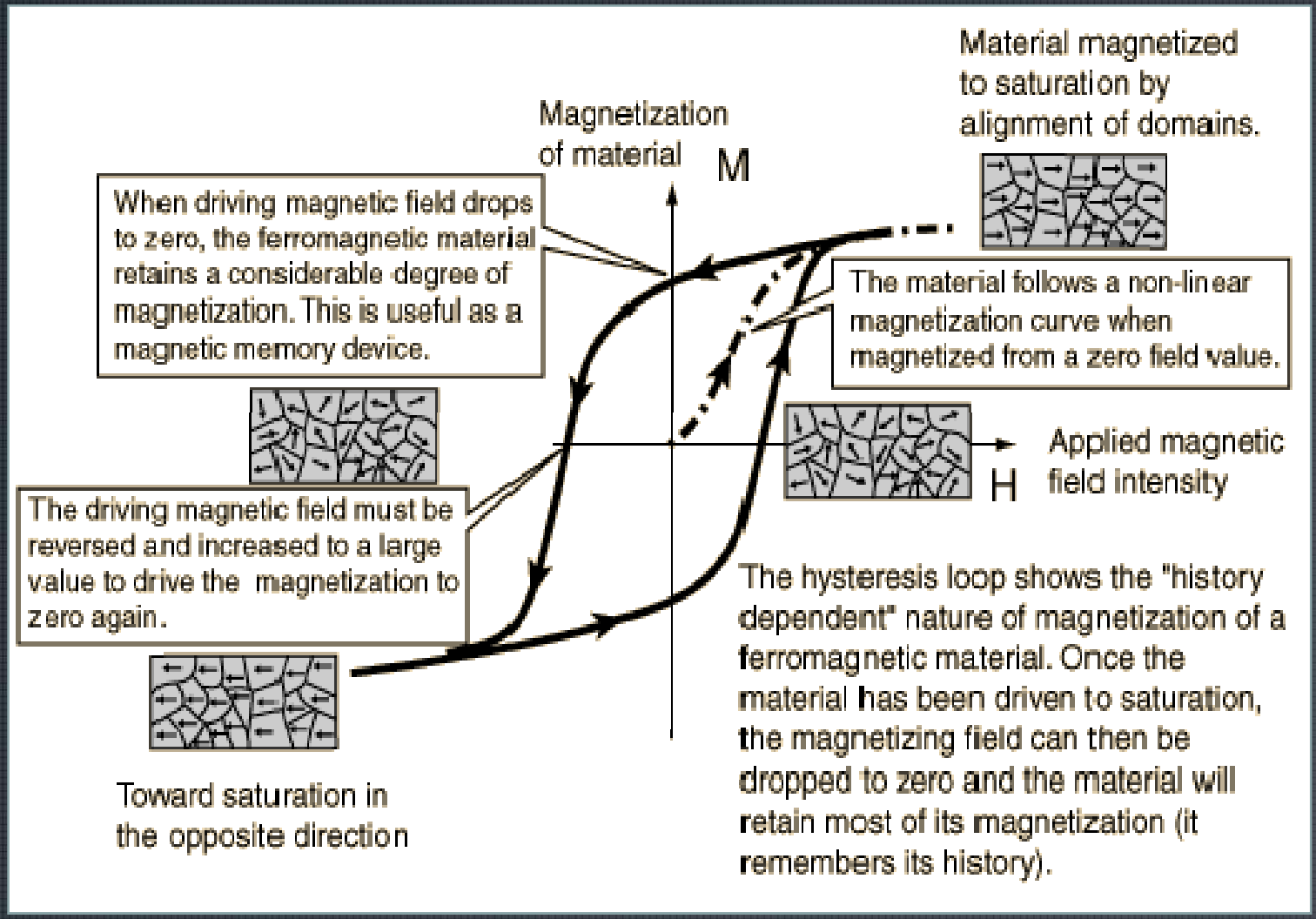
منحنی خط‌چین ایجاد می‌شود، در حالی‌که مسیر طی شده در مراحل بعد یک حلقه هیسترزیس پیوسته می‌سازد.

fppt.com

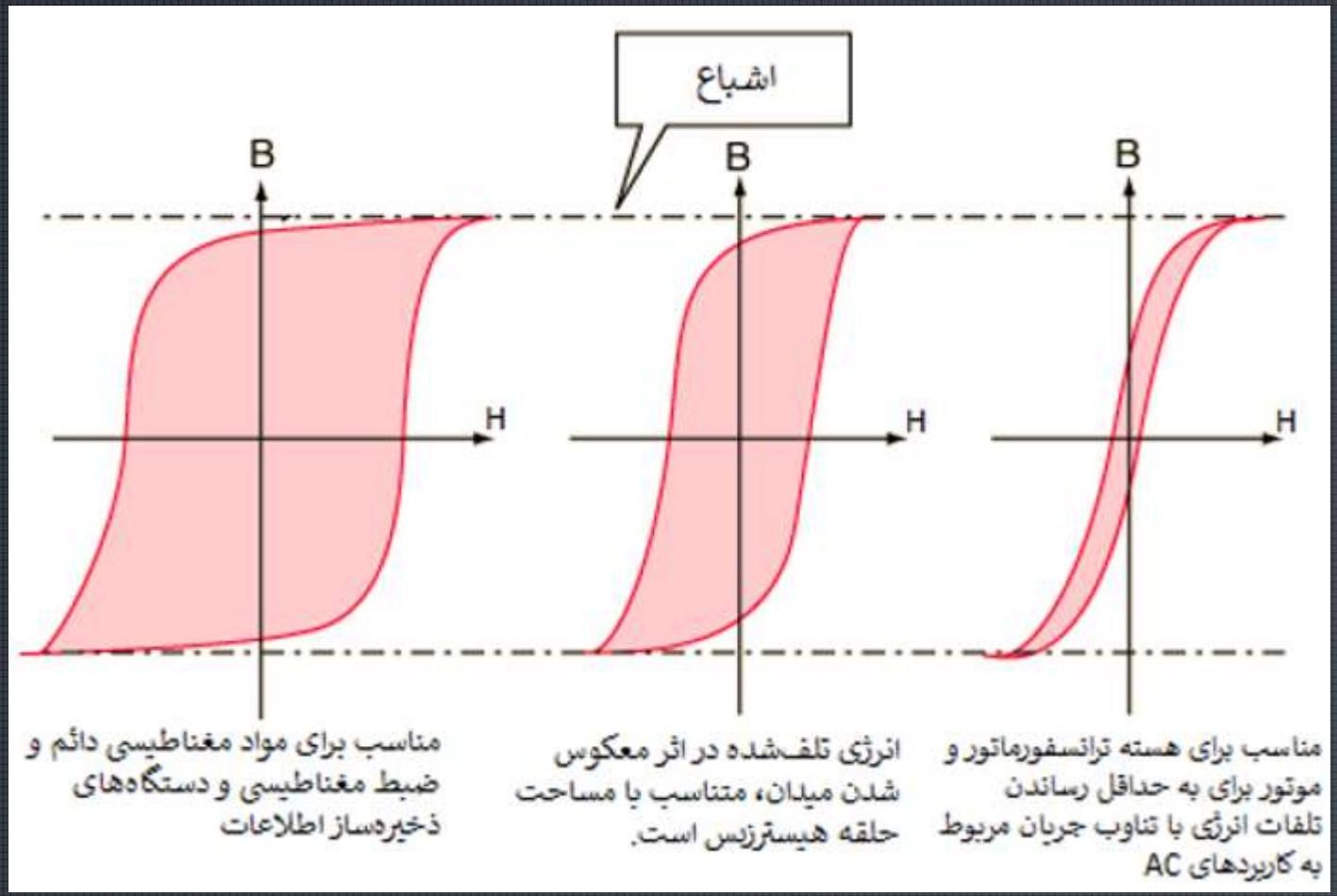


شکل شماره ۳

fppt.com


Material magnetized to saturation by alignment of domains.
Magnetization of material
M
When driving magnetic field drops to zero, the ferromagnetic material retains a considerable degree of magnetization. This is useful as a magnetic memory device.
The material follows a non-linear magnetization curve when magnetized from a zero field value.
Applied magnetic field intensity
H
The driving magnetic field must be reversed and increased to a large value to drive the magnetization to zero again.
The hysteresis loop shows the "history dependent" nature of magnetization of a ferromagnetic material. Once the material has been driven to saturation, the magnetizing field can then be dropped to zero and the material will retain most of its magnetization (it remembers its history).
Toward saturation in the opposite direction

fppt.com


اشباع
B
H
B
H
B
H
مناسب برای مواد مغناطیسی دائم و ضبط مغناطیسی و دستگاه‌های ذخیره‌ساز اطلاعات
انرژی تلف‌شده در اثر معکوس شدن میدان، متناسب با مساحت حلقه هیسترزیس است.
مناسب برای هسته ترانسفورماتور و موتور برای به حداقل رساندن تلفات انرژی با تناوب جریان مربوط به کاربردهای AC

fppt.com

$$\epsilon = N \frac{d\varphi}{dt}$$

$$W = \int_{t1}^{t2} P \, dt$$

$$= \int_{t1}^{t2} \epsilon i \, dt$$

$$W = \int N \frac{d\varphi}{dt} \cdot i \, dt$$

$$= \int_{\varphi 1}^{\varphi 2} Ni \, d\varphi$$

fppt.com

فرمول ها و روابط :

$$\varphi = BA \quad \text{and} \quad i = H\frac{L}{N} \Rightarrow w = \int_{B1}^{B2} N \cdot H\frac{L}{N} A\, dB$$

$$= LA \int_{B1}^{B2} H\, dB$$

$$= (V_{core}) \int_{B1}^{B2} H\, dB$$

$$W_{cycle} = V_{core} \oint H\, dB = V_{core} \times area\ of\ the\ B-H\ loop$$

$$= V_{core} \times W_h$$

fppt.com

where $W_h = \oint H \, dB$

is the energy density in the core (= area of the B—H loop).

The power loss in the core due to the hysteresis effect is

$$P_h = V_{core} W_h f$$

Where f is the frequency of variation of the current i.

fppt.com

$$area\ of\ B-H\ loop = K\ B_{max}^{n}\ f$$

$$P_h = K\ B_{max}^{n}\ f$$

fppt.com

کاربرد های منحنی پسماند :

پدیده هیسترزیس در مواد فرو مغناطیس کاربردهای بسیار متنوعی دارد. در بسیاری از موارد، قابلیت‌های این پدیده برای ذخیره حافظه‌های به کار رفته در وسایلی نظیر نوارهای مغناطیسی، هارد درایوها و کارت‌های اعتباری به کار گرفته می‌شوند.
استفاده آهنرباهای سخت با وادارندگی بالا (مانند آهن) برای چنین کاربردهایی مناسب‌تر است؛ زیرا حافظه ایجاد شده بر روی این مواد به سادگی پاک نمی‌شود.

هارد درایورها برای ذخیره سازی اطلاعات از حافظه های مغناطیسی استفاده می کنند.

fppt.com

آهن دارای وادارندگی پایین (از نظر مغناطیسی نرم)، برای هسته آهنرباهای الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. وادارندگی پایین این مواد، میزان اتلاف انرژی مرتبط با پدیده هیسترزیس را کاهش می‌دهد. از این‌رو، به دلیل اتلاف کمتر انرژی در حلقه هیسترزیس، از آهن نرم در هسته‌های ترانسفورماتورها و موتورهای الکتریکی استفاده می شود.

پدیده هیسترزیس در تغییر فازهایی که دمای ذوب و انجماد باهم مطابقت ندارند نیز قابل مشاهده است. به عنوان مثال، ماده آگار در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد ذوب و در دمایی بین ۳۲ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد منجمد می‌شود. باید اشاره کنیم که این ماده پس از ذوب شدن در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد، حالت مایع خود را با کاهش دما تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد حفظ می‌کند. بنابراین، حالت جامد یا مایع بودن آگار در فاصله بین ۴۰ تا ۸۵ درجه سانتی‌گراد به وضعیت قبلی آن بستگی دارد (هیستریزیس الکتریکی)

fppt.com

کاربرد های جذاب دیگر منحنی پسماند :

به طور کلی، پدیده هیسترزیس را می‌توان در مواد **فرو مغناطیس** و **فرو الکتریک**، **تغییر شکل نوارهای لاستیکی**، **آلیاژهای دارای حافظه شکلی** و بسیاری از **پدیده‌های طبیعی** دیگر مشاهده کرد.

✓ نمونه‌ای از یک عینک ساخته شده با فریمی از جنس آلیاژ دارای حافظه شکلی. فریم این عینک پس از خم شدن به حالت اول بازمی‌گردد.

fppt.com

✓ سیستم‌های کنترل

پدیده هیسترزیس با در نظر گرفتن تاریخچه قبلی سیستم‌های کنترل می‌تواند سیگنال‌ها را به گونه‌ای فیلتر کند که **سرعت عکس‌العمل خروجی** نسبت به مواقع دیگر **کمتر** باشد. به عنوان مثال، ممکن است **ترموستات** کنترل‌کننده یک **سیستم گرمایشی** به گونه‌ای تنظیم شده باشد که با رسیدن دمای محیط به مقداری **کمتر از** ، **خاموش** شود. **B** ، سیستم **روشن** و تا پس از رسیدن دما به مقداری **بیشتر از A** مثلاً اگر شخصی بخواهد دمای محیط خود را روی ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگه دارد، می‌تواند تنظیمات روشن شدن خودکار ترموستات را روی دمای ۱۸ درجه سانتی گرد و خاموش شدن خودکار آن را روی دمای ۲۲ درجه سانتی قرار دهد. با استفاده از روشی مشابه می‌توان کلیدی برای تعیین آستانه خاموش/روشن شدن دستگاه **تنظیم فشار** نیز طراحی کرد

fppt.com

نمونه‌ای از یک ترموستات دیجیتال که برای نگه داشتن دمای اتاق در حدود ۲۱ درجه سانتی گراد تنظیم شده است.

fppt.com

✓ مدارهای الکترونیکی

(Noise Gate) «نویز گیت» در وسایل الکترونیکی **صوتی**، اغلب از یک برای ایجاد هیسترزیس به منظور جلوگیری از قطع و وصل شدن ناگهانی سیستم در هنگام نزدیک بودن سیگنال‌ها به **آستانه گیت** استفاده می‌شود

fppt.com

✓ طراحی رابطه کاربری

تعریف رابطه کاربری: هر محصولی که برای انسان طراحی شده باید توسط انسان قابل استفاده باشه. وقتی میخوایید یه در رو باز کنید، دستگیره چیزیه که باعث میشه بتونید بازش کنید. اگه دستگیره (یا هر چیز جایگزین) نبود، «در» قابل استفاده نبود.

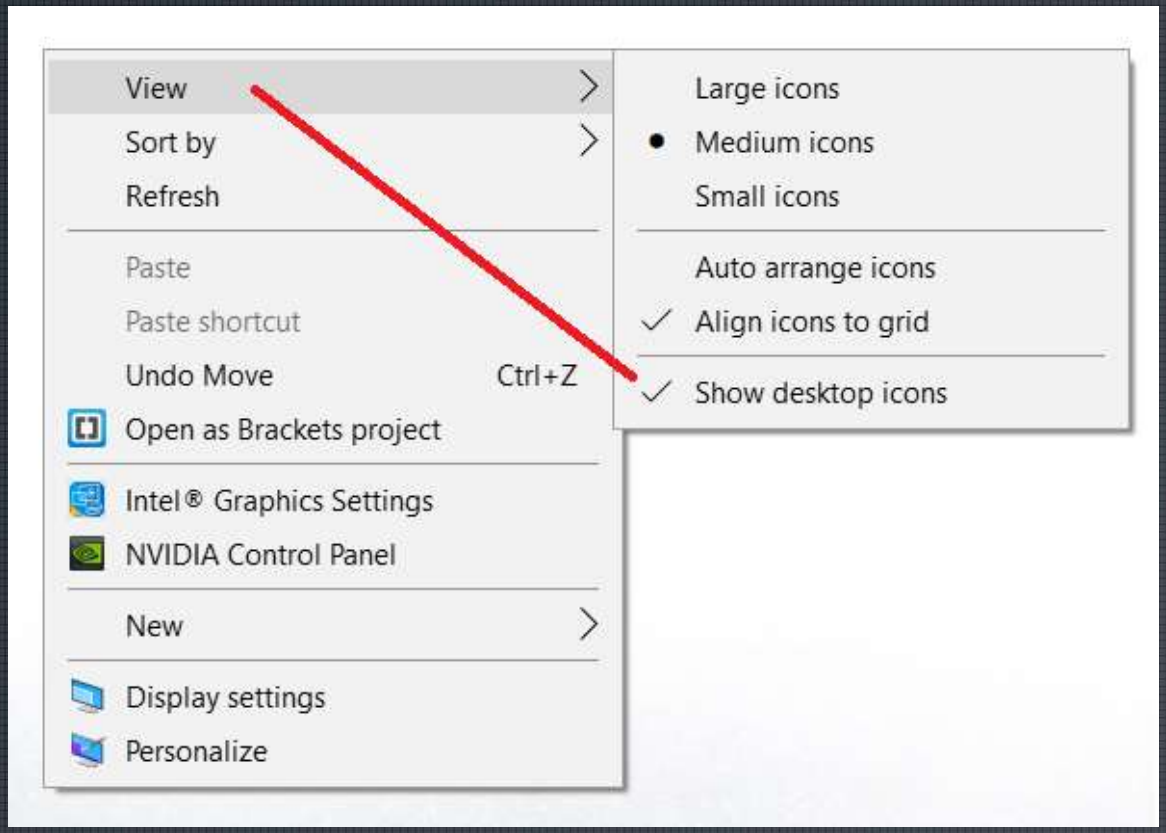
رابط کاربری در کامپیوتر: رابط کاربری فضاییه که تعاملات بین انسان و ماشین درش اتفاق میفته !

هیسترزیس در برخی از مواقع به درون الگوریتم‌های کامپیوتری نیز اضافه می‌شود. حوزه طراحی رابطه کاربری از اصطلاح هیسترزیس برای اشاره به تأخیرهای زمانی وارد شده برای تغییر وضعیت رابط کاربری در پس‌زمینه ورودی کاربر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پدیده اهمیت بسیار زیادی در ساخت منوها و کنترل‌ها دارد.

fppt.com

به عنوان مثال، منوی ظاهر شده پس از کلیک راست بر روی صفحه دسکتاپ کامپیوتر را در نظر بگیرید (تصویر زیر). این منو دارای چندین گزینه به همراه زیرمنو است.
در صورت حرکت موس به سمت یک گزینه دیگر، منوی جانبی با یک تأخیر زمانی محو خواهد شد. این تأخیر زمانی همان پدیده هیسترزیس است. کاربرد این هیسترزیس هنگامی مشخص می‌شود که بخواهید از روی یک مسیر غیر مستقیم به سمت یکی از گزینه‌های منوی جانبی حرکت کنید (تصویر زیر). تأخیر زمانی اعمال شده، فرصت کافی برای انتخاب گزینه مورد نظرتان را پیش از محو شدن منوی جانبی فراهم می‌کند.
اگر موقعیت نشانگر موس را روی یک گزینه داری زیرمنو (دارای علامت فلش) قرار دهید، یک منوی جانبی (زیرمنو) در کنار منوی اصلی ظاهر می‌شود.

fppt.com


View
Sort by
Refresh
Paste
Paste shortcut
Undo Move Ctrl+Z
Open as Brackets project
Intel® Graphics Settings
NVIDIA Control Panel
New
Display settings
Personalize
Large icons
Medium icons
Small icons
Auto arrange icons
Align icons to grid
Show desktop icons

fppt.com

✓ زیست‌شناسی سلولی

پدیده هیسترزیس در زیست‌شناسی سلولی در اغلب موارد از سیستم‌های دارای دو «حالت پایدار یا اصطلاحاً «دو پایدار (Bistable) پیروی می‌کند. در سیستم‌های دو پایدار، یک ورودی مشابه می‌تواند دو خروجی پایدار متفاوت را در پی داشته باشد. در صورت تبدیل ورودی‌های **شیمیایی** به خروجی‌های **دیجیتال** با استفاده از خاصیت دوپایداری، وجود هیسترزیس باعث افزایش **مقاومتِ** این سیستم‌ها در برابر **نویز** می‌شود. در سیستم‌های دو پایدار، معمولاً مقادیر ورودیِ مورد نیاز برای **تغییر وضعیت** به یک حالت مشخص در مقایسه با مقادیر مورد نیاز برای **باقی ماندن در وضعیت فعلی** بیشتر است. این ویژگی، امکان تغییر وضعیت مداوم را از بین می‌برد و احتمال وجود نویز در سیستم را نیز کاهش می‌دهد.

fppt.com

✓ تقسیم سلولی

سلول‌هایی که در حال انجام **تقسیم سلولی** هستند نیز پدیده هیسترزیس را از خود به نمایش می‌گذارند. به دلیل وجود هیسترزیس در این فرآیند، تمرکز چرخه‌های سلولی بر روی تغییر وضعیت از فاز **G2** به **میتوز** بیشتر از تمرکز چرخه‌ها بر روی باقی ماندن در مرحله میتوز است.

✓ ژنتیک

دارلیگون (Darlington) در مطالعات کلاسیک خود بر روی موضوع ژنتیک، به بحث در مورد پدیده هیسترزیس کروموزوم‌ها پرداخته است. او عدم موفقیت بخش بیرونی کروموزوم‌ها در واکنش به تنش‌های داخلی ناشی از تغییرات ساختار حلزونی مولکول‌هایشان به هنگام قرارگیری در یک محیط تقریباً سخت در درون فضای محدود هسته سلول‌ها را به عنوان هیسترزیس کروموزوم در نظر می‌گیرد.

fppt.com

✓ ایمنی‌شناسی

سلول T ، یکی از انواع **گلبول‌های سفید** است که در کنترل دستگاه ایمنی بدن و سازگاری آن با محیط نقش مهمی را ایفا می‌کند. بر اساس برخی از شواهد، **فعال‌سازی مجدد** سلول‌های T که قبلاً وضعیت فعال بودن را تجربه کرده‌اند، به **آستانه سیگنال کمتری** نیاز دارد.
به منظور شروع عملکردهای اِفکتور سلول‌های T ، در ابتدا باید **سیستم فعال‌کننده مشبک** (**Reticular Activating System**) یا اصطلاحاً «**RAS**» را فعال کرد.
راه‌اندازی **گیرنده‌های سلول T** نیز به فعال‌سازی RAS در سطوح بالا نیاز دارد. این مسئله باعث تجمع سطوح بالایی از **پیوند) GPT** یکی از وضعیت‌های فعال RAS بر روی **پوسته سلول** می‌شود. در نهایت، به دلیل وجود RAS فعال شده بر روی سلول‌های T ، گیرنده‌های این سلول‌ها با دریافت **سیگنال‌های ضعیف‌تر** نیز به **وضعیت فعال قبلی** بازمی‌گردند. دلیل این امر، وجود میزان زیادی RAS فعال بر روی سلول‌های دارای سابقه تحریک نسبت به سلول‌های ساده است. این مثال، **اهمیت** و **کاربرد** پدیده هیستریزیس در **سیستم ایمنی بدن** را نمایش می‌دهد.

fppt.com

✓ فیزیولوژی تنفس

هیسترزیس ریه، پدیده‌ای است که باعث ایجاد تفاوت بین نسبت تغییر حجم ریه به تغییر فشار آن در حالت دَم و بازدَم می‌شود. دلیل این تفاوت، انرژی اضافی مورد نیاز برای غلبه بر نیروهای کشش سطحی در حین دَم به منظور به کارگیری و باد کردن کیسه‌های هوای ریه است.منحنی فشار در برابر حجم دَم با منحنی فشار در برابر حجم بازدَم تفاوت دارد. این تفاوت، پدیده هیسترزیس در فرآیند تنفس را نمایش می‌دهد. حجم ریه برای هر فشار مشخص در حین دَم، کمتر از این حجم برای هر فشار مشخص در حین بازدَم است.

fppt.com

تلفات منحنی پسماند

هسته های مغناطیسی دارای شار پسماند هستند. به این معنی که پس از صفر شدن میدان مغناطیسی، شار مغناطیسی هسته صفر نمی شود. برای صفر کردن این شار مغناطیسی مقداری انرژی صرف می شود که به صورت حرارت در هسته تلف می شود. این انرژی تلف شده را تحت عنوان تلفات هیسترزیس نامگذاری می کنیم.
تلفات هیسترزیس ارتباطی با بار خروجی ترانسفورماتور ندارد و به فرکانس و جنس هسته بستگی دارد. در واقع مساحت داخل حلقه هیسترزیس، بیان گر تلفات هیسترزیس است که از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$P_h = K_h \, \mathrm{f} \, B_{max}^{1.6}$$

fppt.com

سپاس از توجه شما

ارائه دهندگان:

نگار پرداختیم
محمدحسین مهاجر

ساخت پاورپوینت :

فائزه جمشیدی

fppt.com