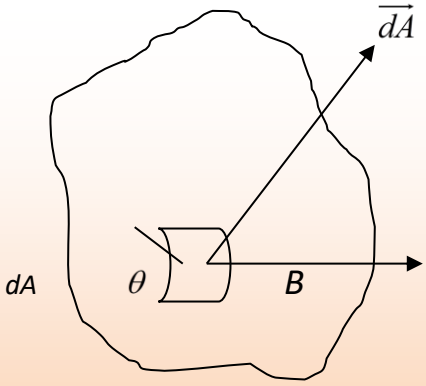
الفيض المغناطيسي Magnetic Flux

بإمكاننا إعطاء تعريف لشـــدة المجال المغناطيســـي في نقطة ما بدلالة خطوط القوة المغناطيسية كما فعلنا مع المجال الكهربائي. **فعدد خطوط القوة المغناطيسية في وحدة المساحة التي تجتاز ســـطحاً عمودياً على مجال مغناطيســـي قريب من نقطة ما تســـمى بشـــدة المجال المغنـاطيســـي في تلك النقطة.** ويعرف **الفيض المغنـاطيســـي** ϕ **العدد الكلي لخطوط القوة المغناطيسية التي تجتاز السطح.**

ويمكن التعبير عن ϕ المخترق لسـطح مسـاحته A بصـيغة معادلة أسـوة بنظيره الفيض الكهربائي، إذ نرى :

$$\phi = \int B\cos\theta dA$$

والشكل ادناه يمثل عنصر المساحة dA من سطح غير منتظم بحيث أن العمود على جزء السطح dA يصنع زاوية θ مع اتجاه المجال المغناطيسي B .



المجال المغناطيسي يصنع زاوية مع العمود على عنصر المساحة.

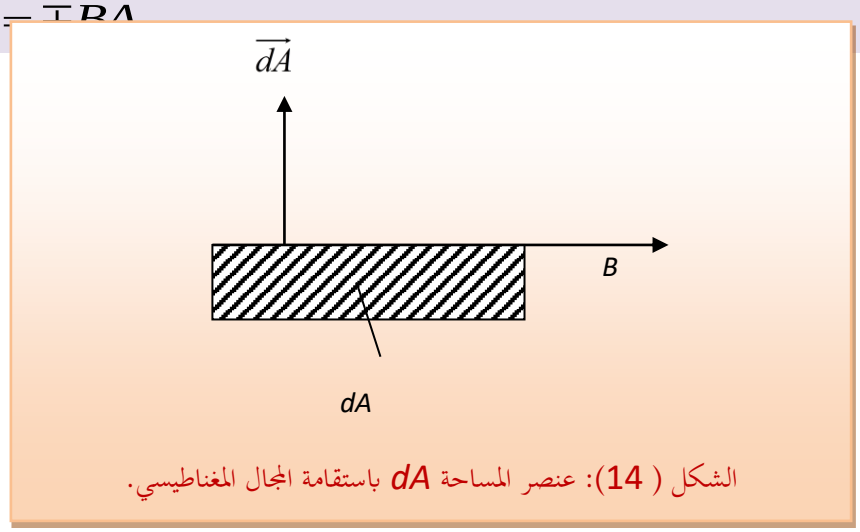
وإذا تأملنا الحالة التي يكون فيها B منتظماً عندئذ تصبح معادلة الفيض المغناطيسي:

$$\phi = BA\cos\theta$$

لنناقش الحالة التي يكون فيها متجه dA عمودياً على متجه B شـــكل (14). عندئذ تكون قيمة ϕ صـــفراً، وذلك لعدم وجود خطوط قوة مغناطيســـية تخترق المســـاحة. بينما تكون قيمة ϕ

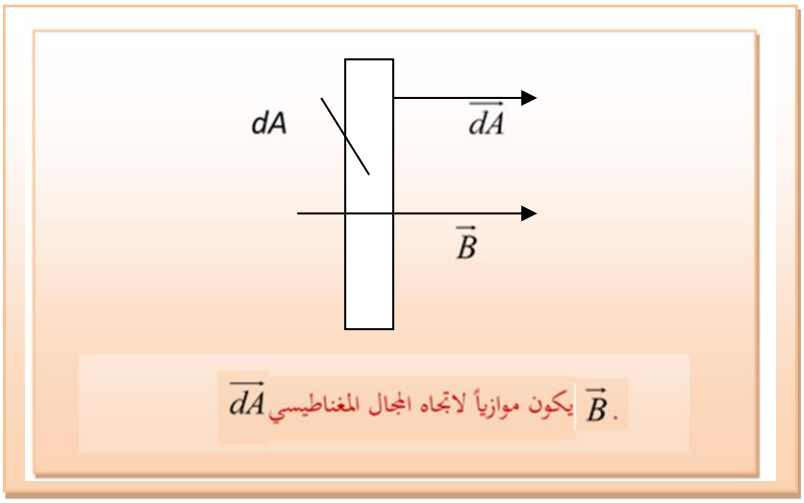
اكبر ما يمكن عندما تكون $\theta = 0 \, or \, 180$ وهنا أما أن يكون الفيض المغناطيسي موجباً أو سالباً، عندئذ تأخذ المعادلة الصيغة الآتية :

$$\phi = \pm BA$$



الشكل (14): عنصر المساحة dA باستقامة المجال المغناطيسي.

فالحالة التي يكون فيها الفيض المغناطيسي موجباً تشير إلى أن خطوط القوة المغناطيسية في اتجاه الخروج من السطح، أما إذا كانت إشارة الفيض المغناطيسي سالبة فهذا يشير إلى أن الخطوط داخلة إلى السطح. وفي كلتا الحالتين فان المعادلة اعلاه تشير إلى الحالة التي يكون فيها المجال المغناطيسي منتظماً وعمودياً على السطح وبكلام آخر المتجه $\overrightarrow{dA}$ يكون موازياً لمتجه المجال المغناطيسي $\vec{B}$ كما في الشكل ادناه.



$\overrightarrow{dA}$ يكون موازياً لاتجاه المجال المغناطيسي $\vec{B}$.

في نظام الوحدات SI يعبَّرْ عن الفيض المغناطيسي بوحدة الويبر (Wb) نسبة إلى الفيزيائي الألماني ويبر W.E. Weber (1804-1891). يتضح من المعادلة (5) أن الويبر يعادل تسلا.متر مربع (Tm^2) وعلى هذا نجد أن شدة المجال المغناطيسي B الذي يقاس بوحدة

التسلا يكون له وحدة مكافئة هي الويبر لكل متر مربع (Wb/m^2). وفي النظام الكهرومغناطيسي يعبَّرْ عن الفيض المغناطيسي بوحدة الماكسويل عندئذ يكون لشدة المجال المغناطيسي تعبير الكاوس، وهي عبارة عن ماكسويل لكل سنتمتر مربع. وأخيرا تسمى شدة المجال المغناطيسي أحيانا بكثافة الفيض المغناطيسي أو كثافة التدفق المغناطيسي طالما أن B في نقطة ما تساوي الفيض في وحدة المساحة.

مثال

سطح مستوي مساحته $600cm^2$ يخترقه مجال مغناطيسي منتظم $B=0.4T$. جد الفيض المغناطيسي المخترق للسطح. 1- إذا كان المجال يؤثر بصورة عمودية على السطح، 2- إذا كان اتجاه المجال يصنع زاوية مقدارها 60^o مع اتجاه السطح.

الحل :

من المعادلة (4) نجد مقدار الفيض المغناطيسي المخترق للسطح في الحالتين:

-1

$$\phi = BA\cos 0$$
$$= 0.4\times 600\times 10^{-4}\times 1 = 24\times 10^{-3} Wb$$

-2

$$\phi = BA\cos 60$$
$$= 0.4\times 600\times 10^{-4}\times 0.5$$
$$= 12\times 10^{-3} Wb$$

كثافة الفيض المغناطيسي B (magnetic flux density) تعرف على أنها الفيض Φ المار بانتظام وبصورة اعتيادية اي بزاوية قائمة خلال سطح مساحته A . وتكون كثافة التدفق في كل نقطة على السطح كما يلي:

$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{\Phi}}{\mathbf{A}} \qquad \Longrightarrow \mathbf{B.A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (1)$$

ويقاس بوحدة التيسلا Tesla ويرمز لها (T) والتي هي عبارة عن (Wb/m^2) .

2-7: انواع المواد المغناطيسية

تعود الخواص المغناطيسية للمادة اساساً الى العزم المغناطيسية الناشئة عن الحركتين المغزلية والدورانية للالكترونات الذرة،وعموماً يصنف السلوك المغناطيسي للمواد المختلفة بثلاثة اصناف هي:-

1- الدايا مغناطيسية .
2- البارمغناطيسية .
3- الفيرومغناطيسية

التأثيرية المغناطيسية هي نسبة المغناطيسية أو العزم المغناطيسي إلى المجال المغناطيسي المؤثر. وهي مقياس لسهولة مغنطة المادة . ويرمز لها بالرمز (X) وهو حرف إغريقي يلفظ (كاي) .

والتأثيرية المغناطيسية لا تعتمد على شدة المجال المغناطيسي المسلط فحسب بل تعتمد على عدة عوامل منها التركيب المغناطيسي للمادة ودرجة الحرارة.

تتوزع قيم التأثيرية المغناطيسية على مدى واسع يتراوح من 10^{-6} للمواد الضعيفة المغناطيسية الى حوالي 10^{6} أو أكثر للمواد ذات القوية المغناطيسية .

1- الدايا مغناطيسية:-

وهي المواد التي لها قابلية مغناطيسية سالبة أي انها تتنافر مـــع الأجزاء القوية من المجال المغناطيســـي اذا وضعت فية ، و ان المجال المغناطيسي يؤثر بقوة على الشحنات المتحركة فية ،فمن الطبيعي اذن ان تتعرض الالكترونيات التابعة لذرات وجزيئات المادة الى هذه القوة الاضافية الناتجة عن المجال المغناطيسي المستخدم ،وتتيح هذه القوة الاضافية تغيير في حركة الالكترونات في الذرة ممـــا يؤدي الى تكوين ما يكافـــئ تيارا اضافياً محتثا فيه ,وبذلك ينشئ عنه عزم مغناطيسي محتث للالكترون في الذره ويكون بعكس المجال المغناطيسي المستخدم ،وعلية فالمادة ككـــل تكسب تمغنطا معاكسا لهذا المجال الخارجي فتضعفة لذلك تدعى هذه الظاهرة بالديا المغناطيسية ، فعند تقريب مادة دايا مغناطيسية كالبزموث مثـــــــلا من

مغناطيس قوي نلاحظ نفوره عنه، ان الديا مغناطيسية موجودة في جميع المواد دون استثناء ولكنها قد لا تظهر في الكثير من المواد وذلك لوجود مؤثر اخر مضاد اقوى منها فيحجبها ويمنع ظهورها . ومن هذه المواد (الغازات الخاملة والبزموث والنحاس وألماس والذهب والسيلكون والفضة والماء والنتروجين والزئبق والهيدروجين).

مميزات المواد الدايا مغناطيسية:-

1- معامل نفاذيتها أقل من الواحد $\mu < 1$

2- المغناطيسية التأثيرية سالبة لها.

3-ذراتها لا تمتلك عزوم مغناطيسية دائمة.

4- لا تتمغنط ، حيث ان العزوم المغناطيسية لها تأخذ اتجاه معاكس للمجال المغناطيسي المؤثر عليها(M تعاكس اتجاه H).

نلاحظ عند تسليط مجال المغناطيسي على مادة دايا مغناطيسية يتولد عزم مغناطيسي محتث يكون اتجاهه ضد المجال المسلط وهذا يفسر نفور قطعة البزموث او الا نيتموث او النحاس عند تقريبها من مغناطيس قوي .

2- المواد البارامغناطيسية :-

وهـــــــــي المواد التي تنجذب للمناطق القوية في المجال المغناطيسي وقابليتها المغناطيسيه موجبة .ونلاحظ اذا تعرضت عينة من الذرات تمتلك عزماً مغناطيسياً دائماً ونعدها ثنائيات اقطاب مغناطيسية الى مجال مغناطيسي خارجي لنشأ عزم يدور ثنائيات الاقطاب المغناطيسية المكونة لها (اي العينة) ويجعلها تتراصف باتجاه المجال المسلط فينتج عن ذلك تمغنط اضافي (لكنه ضعيف) يعمل على تقوية المجال المسلط ،هذه الظاهرة تدعى (البارامغناطيسية) وينتج عن تراصف ثنائيات الاقطاب تيارات الكترونية داخل العينة البارامغناطيسية يؤدي الى نشؤ تيارات التمغنط السطحية ،وهذه التيارات تكون بنفس اتجاه تيار التمغنط بينما تكون بعكس تيار التمغنط ان كانت المادة دايامغناطيسية ، ان التمغنط ينشأ في المواد البارامغناطيسية على الرغم من كونه ضعيفاً يعد اكبر من تمغنط المواد الدايامغناطيسية ولذلك يؤدي الى حجب

التأثيرات الدايامغناطيسيه كلياً ولم يدعها تظهر في المواد البارامغناطيسية،فاذا قربت قطعه من ماده بارامغناطيسيه من مغناطيس قوي لشاهدنا انها تنجذب قليلاً.

مميزات المواد البارامغناطيسية :-

1- معامل نفاذيتها أكبر من الواحد .

2- التأثيرية المغناطيسية لها موجبة .

3- تمتلك عزوم مغناطيسية دائمة تأخذ اتجاه موازي للمجال المغناطيسي

(M. نفس اتجاه H)

4- يمكن مغنطتها حيث أن استجابتها للمغنطة متوسطة.

3 - المواد الفيرومغناطيسية :-

وهي المواد التي تكون قابليتها المغناطيسية كبيره جدآ ،وتعرف كذلك باسم (المواد الحديد والمغناطيس) نسبة الى الحديد الذي يعد اشهر هذه المواد وتمتاز بان لها تمغنط كبير،وسبب التمغنط العالي في المواد الفيرومغناطيسية يعود بصورة رئيسية الى وجود نوع من التأثير المتبادل يدعى (التقارن المتبادل) بين ذرات كل مجموعة من الذرات المتجاورة للمادة وبقائها متراصفة بأتجاه وحد ,اما طبيعة هذا النوع من التأثيرالمتبادل الذي ينتج عنه قوى كبيرة تعمل على ابقاء العزوم المغناطيسية لذرات المجموعة الواحدة متوازية،ان كل مجموعة من الذرات التي تكون عزومها باتجاه واحد تدعى (منطقة) ،ان تمغنط المادة الفيرومغناطيسية يعتمد على درجة حرارتها فلكل مادة درجة حرارة معينة تسمى (درجة حرارة كوري) تفقد عندها المادة خواصها المغناطيسية وتتحول الى مادة بارامغناطيسية ،من المواد الفيرومغناطيسية هي الحديد والنيكل والكوبلت.

مميزات المواد الفيرومغناطيسية :-

1-تمتاز بقابليتها على اكتساب تمغنط عالي .

2-ان القابلية المغناطيسية عالية جداً (x>>1)اكبر من واحد.

3-النفوذية المغناطيسية ليست مقداراً ثابتاً.

4-ان القابلية المغناطيسية (x) لهذا المواد تعتمد على المجال الممغنط.

5-تعتمد المواد الفيرومغناطيسية على التاريخ المغناطيسي للعينة