الظواهر الكهربائية

الوحدة الثانية

الأفعال المتبادلة الكهرومغناطيسية

INTERACTIONS ELECTROMAGNETIQUES

	عناصر الوحدة		العناصر الفرعية	الصفحة
1	التأثير المتبادل بين مغناطيس و تيار	1 – 1	التأثير المزدوج لتيار كهربائي و حقل مغناطيسي على ناقل	40
		2 –1	قانون لبلاص	41
2	تطبيقات قانون لبلاص	1 _ 2	مبدأ عمل بعض الأجهزة الكهرومغناطيسية	44
		2 – 2	تطبيقات قوة لبلاص	45
3	تمارين محلولة		تمارين محلولة (11 تمرين)	61-47

المكتسبات القبلية :

السنة الرابعة متوسط

الوحدة –6 : الكهرومغناطيسية .....
..... ص 64 .

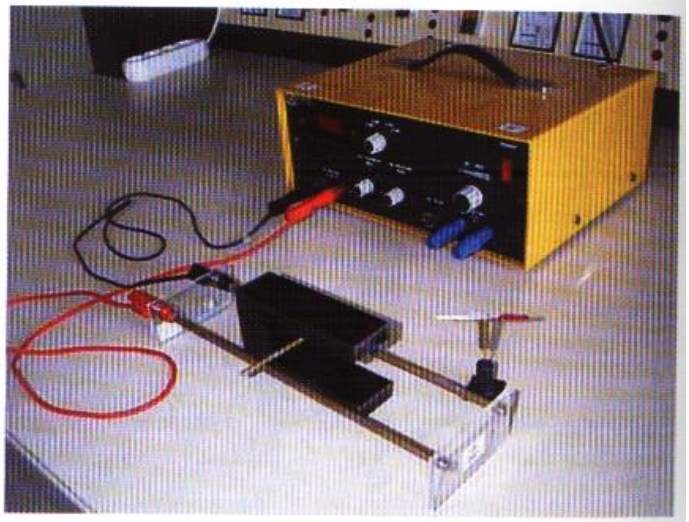
السنة الأولى ثانوي .

الوحدة –1: مفهوم الحقل المغناطيسي .
..... ص 3 .

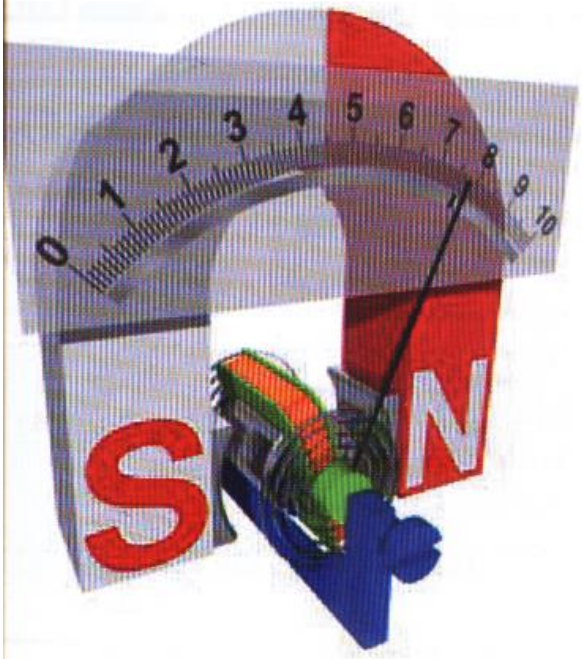
الوسائل التعليمية و المراجع :

1 – منهاج مادة العلوم الفيزيائية للسنة الثانية من التعليم الثانوي .
2 – الكتاب المدرسي .
3 – مراجع وكتب مدرسية عربية و فرنسية .
3 – بحوث متعددة في الواب .

تطبيقات قوة لبلاص



تجربة السكتين للبلاص : مبدا تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية



إطار متحرك لجهاز الأمبير متر.

الكفاءات المستهدفة :

- إبراز وجود القوة الكهرومغناطيسية
- إبراز تأثير حقل مغناطيسي و تيار كهربائي على جزء ناقل .
- إبراز أهمية قوة للبلاص في الصناعة الكهروميكانيكية .
- يفسر اشتغال جهاز كهر وميكانيكي .
- التعرف على مبدأ تشغيل المحركات الكهربائية .
- التعرف على مبدأ عمل مكبر الصوت .

1 - التأثير المتبادل بين مغناطيس و تيار

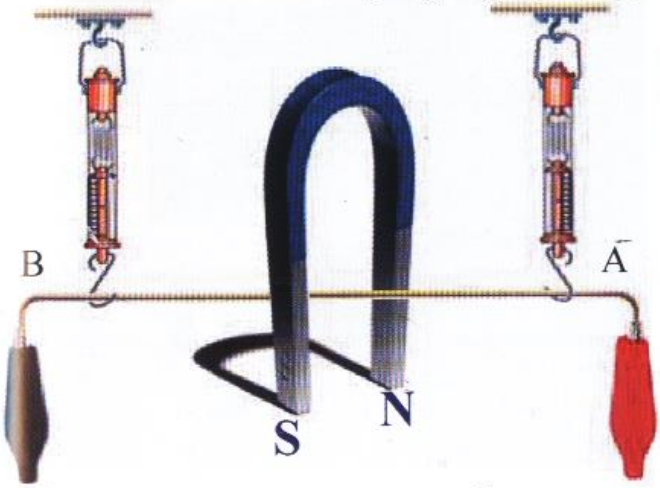
Interaction entre aimant et courant

قد تعرضنا في الوحدة السابقة إلى مصادر حقل مغناطيسي (مغناطيس ، أرض و تيار) سنتطرق في هذه الوحدة إلى الأفعال المتبادلة بين مغناطيس و ناقل يجتازه تيار كهربائي إنها الكهرومغناطيسية (*électromagnétisme*)

1 – 1 التأثير المزدوج لتيار كهربائي و حقل مغناطيسي على ناقل

نشاطات تمهيدية **عملية** **إبراز وجود القوة الكهرومغناطيسية**

نشاط - 1 : التأثير تيار كهربائي و حقل مغناطيسي على ناقل



شكل-1 : التأثير تيار كهربائي و حقل مغناطيسي على ناقل

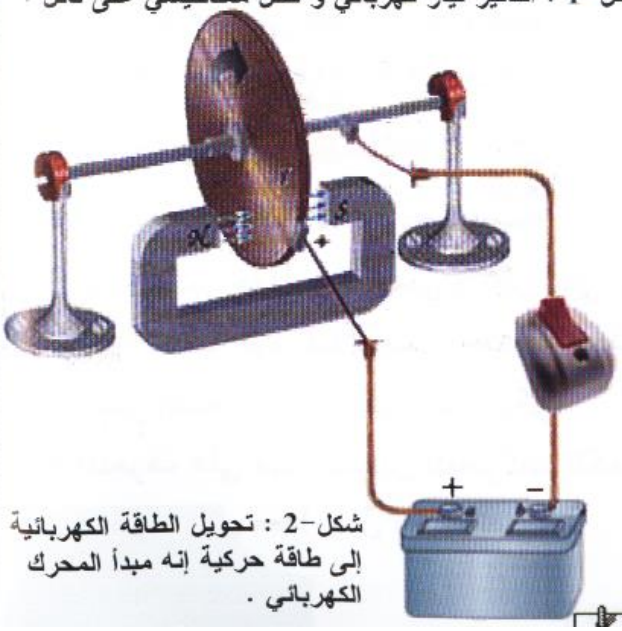
☐ أحضر الأدوات التالية :

مغناطيس على شكل حرف U ، سلك مستقيم من النحاس ، بطارية ، أسلاك توصيل ، قاطعة و ربيعتين . أنظر الشكل - 1

1) ركب الدارة دون غلقها ، ماذا تلاحظ ؟
2) أغلق الدارة لبضعة ثواني ، ماذا تلاحظ في ما يخص الربيعتين وماذا حدث السلك AB ؟
3) أعكس جهة التيار في الدارة ، ماذا تلاحظ ؟
4) انزع المغناطيس من مكانه وأبعده عن الدارة ، ماذا تلاحظ ؟

أعطي تفسيرا لما لاحظته فيما يخص الناقل AB .

نشاط - 2 : مبدأ عمل المحرك الكهربائي



شكل-2 : تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية إنه مبدأ المحرك الكهربائي .

☐ أحضر الأدوات التالية :

قرص خفيف من النحاس قابل للدوران حول محور يمر بمركزه ، مغناطيس على شكل حرف U ، بطارية ، أسلاك توصيل و قاطعة أنظر الشكل – 2.

يوضع القرص القابل للدوران حول محور أفقي مار بمركزه في مستوي شاقولي بين فكي المغناطيس ثم يوصل إلى البطارية كما هو مبين بالشكل-2 في الصفحة السابقة .

1) أغلق القاطعة ، ماذا يحدث ؟ فسر الظاهرة المشاهدة .
2) أعكس توصيل القرص بالبطارية ثم أغلق الدارة من جديد ؛ ماذا حدث وكيف تفسر ذلك ؟

خلاصة :

كل ناقل أو جزء من ناقل يجتازه تيار وموضوع في حقل مغناطيسي ، يخضع حتما لقوة كهرومغناطيسية وتسمى بقوة لبلاص .

تتعلق القوة الكهرومغناطيسية بعاملين هما : شدة التيار (I) التي تجتاز الناقل و شدة شعاع الحقل المغناطيسي ($\vec{B}$) التي تغمره

1 - 2 قانون لبلاص

عمل مخبري **عملي** **إبراز التأثير المزدوج لـ $\vec{B}$ و I على ناقل**

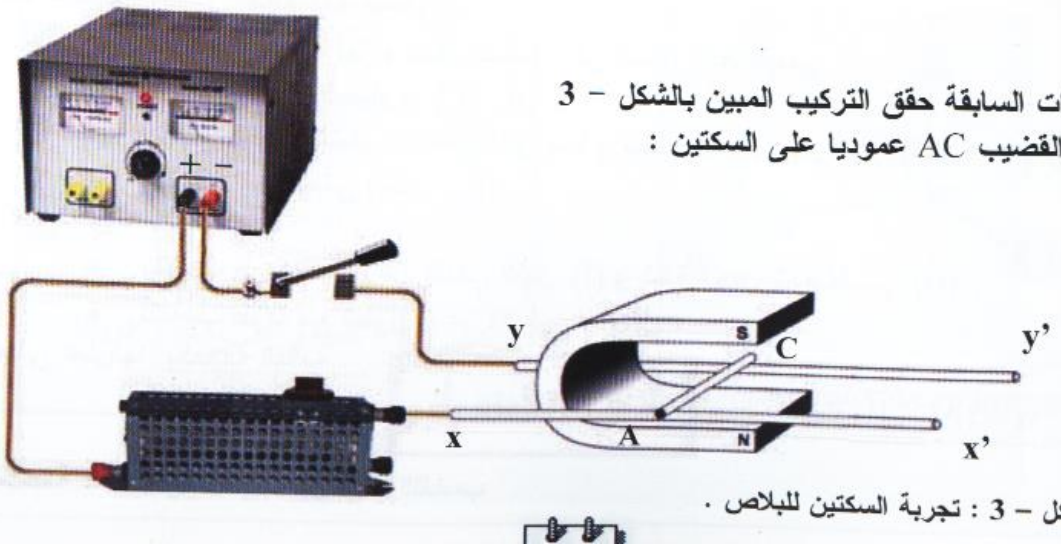
❐ لماذا هذا النشاط ؟

- إبراز تأثير $\vec{B}$ و I في توليد قوة كهرو مغناطيسية
- دراسة تأثير جهتي الحقل المغناطيسي و مرور التيار الكهربائي على جهة القوة الكهرومغناطيسية.
- إدراج قانون لبلاص .

❐ أحضر الأدوات التالية :

مولد للتيار المستمر (6v – 12v) ؛ أسلاك توصيل ، سكتين اسطوانتين من النحاس ، ناقل اسطواني من النحاس(أو الألمنيوم) ، قاطعة ، معدلة ، مجموعة من المغانط على شكل حرف U

بواسطة الأدوات السابقة حقق التركيب المبين بالشكل – 3 ، حيث يكون القضيب AC عموديا على السكتين :



شكل – 3 : تجربة السكتين للبلاص .

❑ أسئلة الإنجاز

1) اشرح ماذا يحدث للقضيب الأسطواني AC في الحالات التالية :
- الدارة مفتوحة ($I = 0$) و القضيب موجود بين فرعي المغناطيس ($\|\vec{B}\| \neq 0$) ؟
- الدارة مغلقة ($I \neq 0$) والمغناطيس محذوف ($\vec{B} = \vec{0}$) ؟
- الدارة مغلقة ($I \neq 0$ وينتقل من A نحو C) والقضيب موجود بين فرعي المغناطيس ($\|\vec{B}\| \neq \vec{0}$) ؟
- عند عكس جهة التيار في الدارة (I ينتقل من C نحو A) و $\|\vec{B}\| \neq 0$ (القطب الشمالي في الأسفل)
- عند قلب قطبي المغناطيس (القطب الجنوبي في الأسفل) و الدارة مغلقة (I تنتقل من A من نحو C)

2) خفض من مقاومة المعدلة ثم أغلق الدارة من جديد ، فماذا تلاحظ ؟

3) استبدل المغناطيس السابق بآخر أقوى منه وأغلق الدارة من جديد ، هل يتحرك القضيب بنفس الكيفية السابقة

❑ تفسير الظواهر المشاهدة

- عندما يكون القضيب داخل الحقل المغناطيسي و يجتازه تيار I ، يتدحرج فوق السكتين نتيجة تأثير قوة كهرومغناطيسية .
- تتعلق جهة القوة الكهرومغناطيسية المطبقة على الناقل AC بجهة الحقل المغناطيسي وجهة مرور التيار. . . . . كيف أفسر ذلك ؟
- طبقا لمبدأ العطالة ، فشروع القضيب في الحركة في المرجع الأرضي يستلزم أن القوى المطبقة عليه لا تفني بعضها البعض ($\sum \vec{F} \neq \vec{0}$) وكمقاربة للقانون الثاني لنيوتن يمكن القول أن القوة الكهرومغناطيسية و المسماة بقوة لبلاص (*Force de Laplace*) هي قوة أفقية منحاها موازي للسكتين
- تزداد شدة القوة الكهرومغناطيسية المطبقة على الناقل AC بزيادة كل من شدة التيار I التي تجتازه و شدة شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ الذي يغمره .

❑ نص قانون لبلاص :

كل ناقل قابل للحركة (عنصر تيار) طوله $AC = \ell$ يجتازه تيار كهربائي شدته I مغمور في حقل مغناطيسي منتظم شدة شعاعه $\vec{B}$ ، يخضع لقوة كهرومغناطيسية $\vec{F}$ تسمى قوة لابلاس .

❑ خصائص قوة لبلاص :

- نقطة التطبيق : منتصف جزء الناقل المغمور في الحقل المغناطيسي
- الحامل : عمودي على المستوي $(\vec{B}, AC)$.
- الجهة : تتعلق بجهتي التيار و شعاع الحق معا و تحدد بقاعدة رجل أمبير (شكل – 4) أو قاعدة الأصابع الثلاثة لليد اليمنى (شكل – 5)
- الطويلة :
  - تتناسب طردا مع كل من شدتي التيار (I) و شدة الحقل المغناطيسي $(\vec{B})$.
  - تتناسب طردا مع الطول $AC = \ell$ لجزء الناقل .

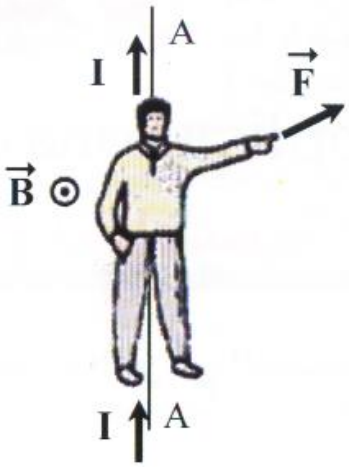
تعطى عبارتها بالعلاقة التالية :

$$F = I.B.\ell \sin \alpha$$

حيث $\alpha = (AC , \vec{B})$

ملاحظة : المقدار $\sin\alpha$ يمثل ثابت التناسب

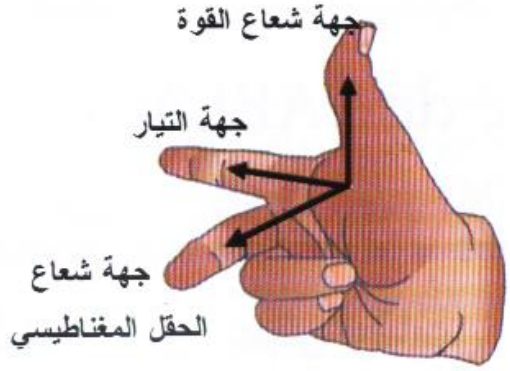
قاعدة رجل أمبير



شكل – 4 : قاعدة رجل أمبير .

رجل أمبير مستلق على الناقل بحيث يدخل التيار من رجليه ويخرج من رأسه و هو ينظر في جهة شعاع الحقل المغناطيسي ، يده اليسر الممدودة تشير إلى جهة ومنحى شعاع القوة الكهرومغناطيسية .

قاعدة اليد اليمنى



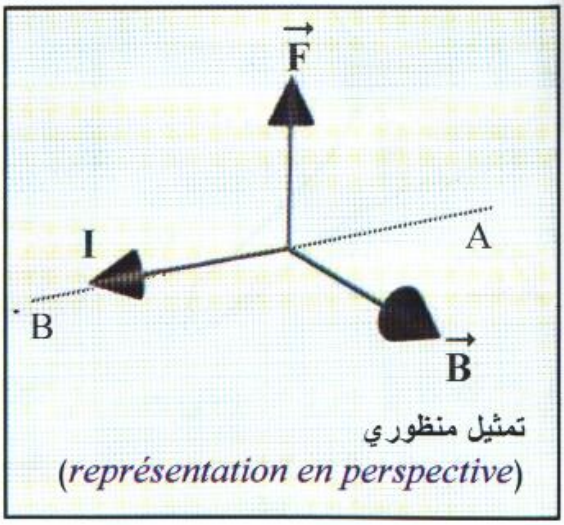
شكل – 5 : قاعدة الأصابع الثلاثة لليد اليمنى .

جهة ومنحى القوة تكون وفق الإبهام العمودي على المستوي المشكل من السبابة التي تشير إلى جهة ألتيار الكهربائي ومن الوسطى التي تشير إلى جهة ومنحى شعاع الحقل المغناطيسي

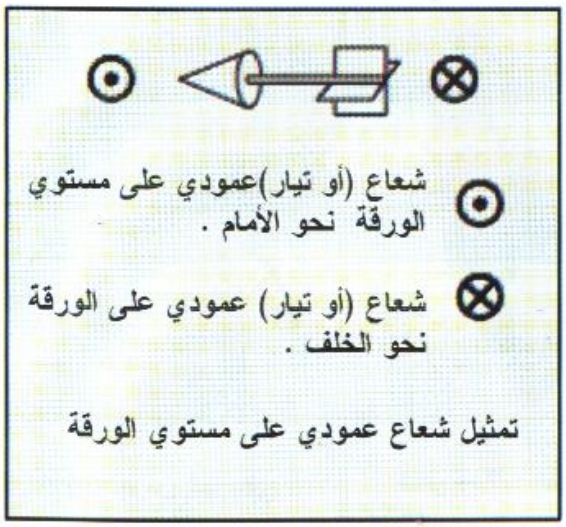
هام جدا :

- تنعدم قوة لبلاص عندما يكون لـ $\vec{B}$ و AC نفس المنحى ($\alpha = 0°$ أو $\alpha = 180°$).
- تكون قوة لبلاص أعظمية عندما يكون $\vec{B}$ و AC متعامدان ($\alpha = 0$)

التمثيل الفضائي لـ : $\vec{B}$ ، $\vec{F}$ و I



تمثيل منظوري
(*représentation en perspective*)



-2- تطبيقات قوة لبلاص

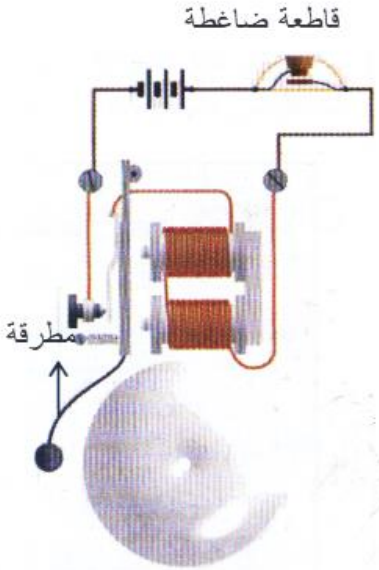
Applications de la force de LAPLACE

2-1 مبدأ عمل بعض الأجهزة الكهرومغناطيسية

نشاط عملي/وثائقي إبراز أهمية قوة لبلاص قي الصناعة

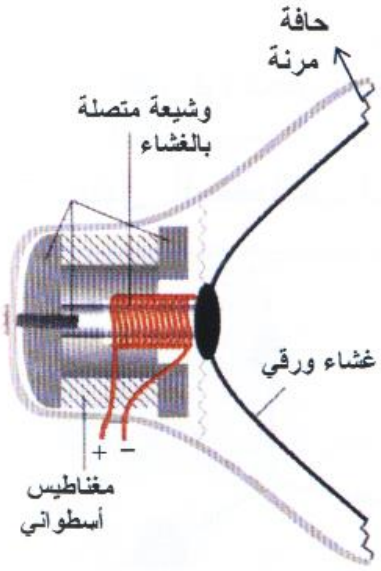
وثائق الأشكال 6 ، 7 و 8 تمثلا أجهزة تعمل بمبدأ قوة لبلاص .
تفحص هذه الوثائق وأجب عن الأسئلة التالية :

1) ما هو جزء الجهاز الذي بإمكانه القيام بحركة ؟
2) ما هو جزء الجهاز الذي يولد حقلا مغناطيسيا ؟
3) ما هو جزء الجهاز الذي يجتازه تيار كهربائي ؟
4) ما هو جزء الجهاز الذي تطبق عليه قوة لبلاص ؟
5) مثل جهة التيار الكهربائي وجهتي كل من شعاعي قوة لبلاص و الحقل المغناطيسي .



شكل – 6 : جرس كهربائي

شكل – 7 : إطار متحرك لجهاز الأمبير متر.



شكل – 8 : مكبر الصوت كهرو وميكانيكي .

2-2 تطبيقات قوة لبلاص

❑ المحرك الكهربائي :

يعتمد عمل المحرك الكهربائي على تحويل الطاقة الكهربائية التي يحملها التيار الكهربائي إلى طاقة ميكانيكية (طاقة حركية دورانية) .

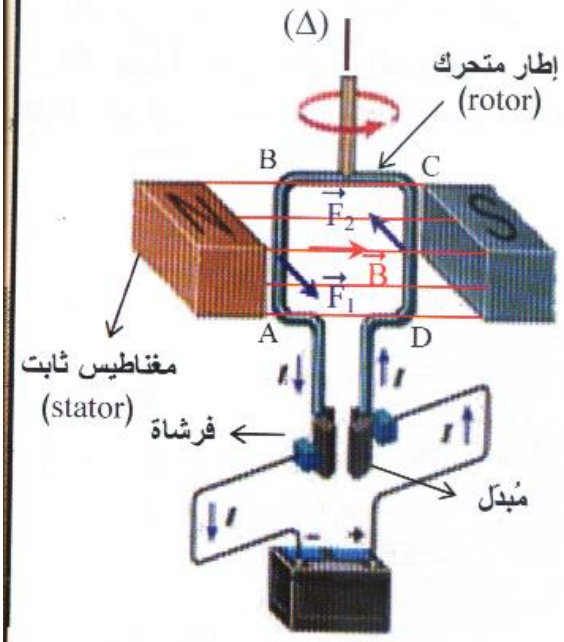
إن مبدأ عمل المحرك الكهربائي بسيط جدا . يتكون المحرك الكهربائي من جزئين رئيسيين هما :

- جزء متحرك وهو عبارة عن وشيعة بشكل إطار يمر فيها تيار كهربائي وقابلة للدوران حول محور ثابت (Δ) .

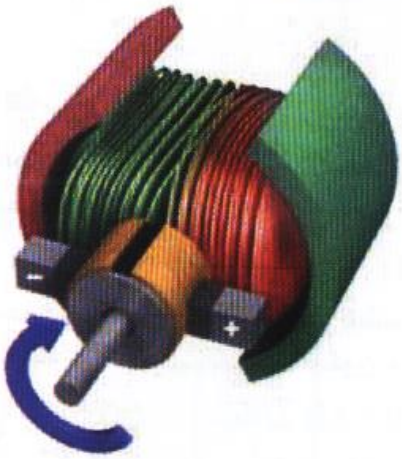
هذا الجزء يسمى : الدوار (le rotor)

- جزء ثابت وهو عبارة عن مغناطيس (أو كهرومغناطيسي) يولد حقلا مغناطيسيا دائما .

هذا الجزء يسمى : الساكن (le stator)



عند تمرير تيار كهربائي (I) ، تخضع الوشيعة طبقا لقانون لبلاص إلى قوى كهرومغناطيسية ، فيطبق على الضلعين AB و CD قوتين $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ ، لهما نفس الشدة ومتعاكستين في الاتجاه. مجموعهما يشكل مزدوجة تؤدي بتأثيرها إلى تدوير الإطار بربع دوره ليتوقف بعد ذلك (في هذا الوضع حاملي القوتين يقطعان محور الدوران وبالتالي لا يكون لهما أي تأثير دوراني) . ولجعل هذه الحركة مستمرة وفي نفس الاتجاه ، يجب عكس اتجاه التيار خلال كل نصف دورة وهذا ما تقوم به الجملة المشكلة من الفرشتان و المبدل (système balais commutateur)

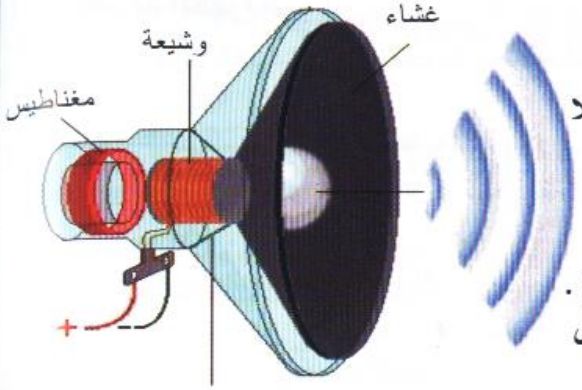


ملاحظة : في المحرك الحقيقي، الجزء المتحرك يتشكل من وشيعة مربعة ملفوفة على أسطوانة حديدية . ولجعل الحقل دائما عموديا على أسلاك الوشيعة نستخدم مغناطيس ثابت قطباه دائريان يولدان حقلا شعاعه نصف قطري وشديد التأثير(champ magnétique radial) وهكذا يكون تأثير قوة لبلاص أعظميا.

نتيجة : المحرك الكهربائي يعتمد على القوة الكهرومغناطيسية و يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية

❐ مكبر الصوت الكهرو ميكانيكي

⬅ التركيب

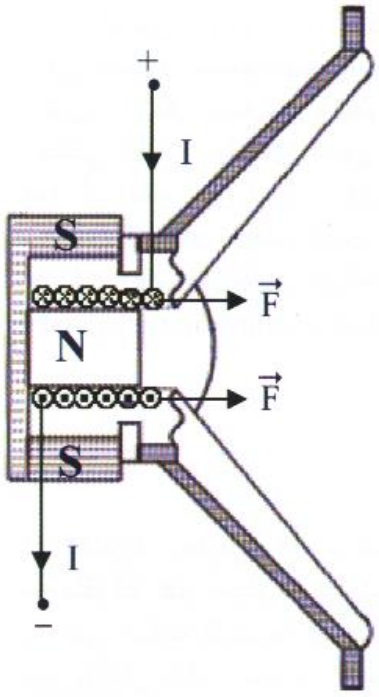


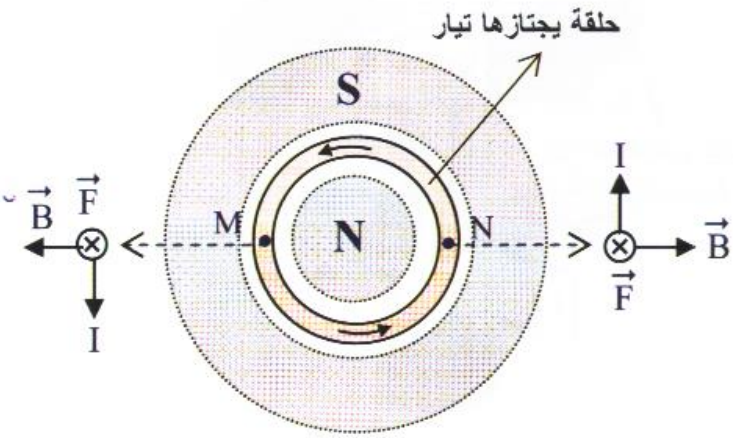
مكبر الصوت يعمل بمدأ تحويل الاهتزازات الكهربائية إلى اهتزازات صوتية . ويتكون أساسا من العناصر التالية :

- ❐ مغناطيس ذي تناظر أسطواني ، يولد في تجويفه حقلا مغناطيسيا نصف قطري (*radial*) جهته من المركز (ق.شمالي)إلى الخارج (ق.جنوبي)
- ❐ وشيعة صغيرة بإمكانها الحركة في المنطقة المجوفة للمغناطيس ويجتازها تيار I تتلقاه من مضخم صوتي مثلا .
- ❐ غشاء ورقي بشكل قبة متصل بالوشيعة ، وظيفته نقل اهتزازات الوشيعة إلى المحيط الخارجي .

⬅ مبدأ عمل مكبر الصوت

الشكل الموالي ، يجسد مبدأ عمل الكهرو ميكانيكي لمكبر الصوت





⬅ عبارة القوة الكهرومغناطيسية

عندما يمر تيار كهربائي I بالوشيعة المغمورة في حقل مغناطيسي $\vec{B}$ نصف قطري ، تطبق على كل عنصر ناقل $d\ell$ من الوشيعة قوة كهرومغناطيسية عنصرية $\vec{dF}$ حيث :

$$dF = I.B.d\ell \quad \ldots\ldots\ldots \quad (d\ell \perp \vec{B} \Rightarrow \sin\alpha = 1)$$

بالنسبة لحلقة واحدة كل القوى العنصرية $\vec{dF}$ تكون متوازية مع بعضها البعض محصلة هذه القوى العنصرية تكون محمولة على محور الوشيعة وقيمتها تساوي :

$$F = \Sigma dF = \Sigma\, I.B.d\ell = I.B\, \Sigma\, d\ell$$

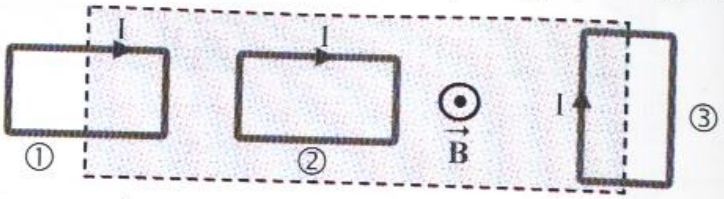
بالنسبة لحلقة واحدة : $\Sigma\, d\ell = \pi.D$ (D يمثل نصف قطر الحلقة الواحدة)

بالنسبة لوشيعة تضم N حلقة : $F_{tot} = I.B.\pi.D$

تحت تأثير القوة $\vec{F}_{tot}$ ، تتحرك الوشيعة في اتجاه معين و تنقل هذه الحركة إلى الغشاء و إذا عكسنا إتجاه التيار تتغير قوة لبلاص من اتجاهها و بذلك تتحول الاهتزازات الكهربائية للتيار إلى اهتزازات صوتية تتحول عن طريق الغشاء .

تمرين – 1

إطار ناقل بشكل مستطيل طوله 2a و عرضه a . يوجد هذا الإطار في ثلاثة أوضاع ① ، ② و ③ داخل منطقة يوجد بها حقل مغناطيسي منتظم شعاعه $\vec{B}$ متجه نحو الأمام كما هو مبين بالشكل :



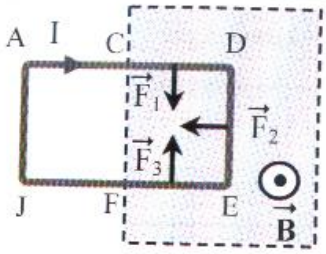
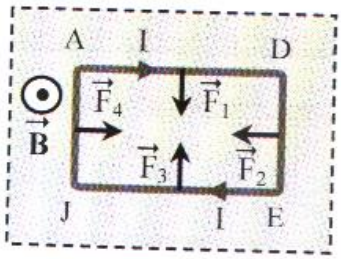
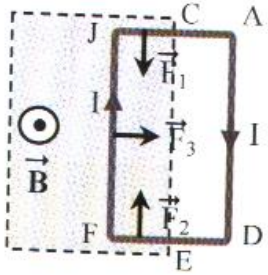
يعطى :

$I = 4\ A$

$B = 0,2\ T$

$a = 5\ cm$

عندما نمرر بالإطار تيار كهربائي مستمر شدته I ، مثل ثم أحسب شدة القوة المحصلة المطبقة على الإطار في الأوضاع الثلاثة

الحل	توضيحات و إفادات
الوضعية ① : النصف الأفقي للإطار مغمور في الحقل المغناطيسي . تطبق على الإطار في جزئه المغمور في الحقل المغناطيسي ، ثلاثة قوى كهرومغناطيسية (الشكل – 1) : القوة $\vec{F}_1$ ، تطبق في منتصف جزء الناقل CD ، حاملها شاقولي ، اتجاهها من الأعلى نحو الأسفل و طويلتها $F_1 = I.B.a$ القوة $\vec{F}_2$ ، تطبق في منتصف جزء الناقل DE ، حاملها أفقي ، اتجاهها من اليمين إلى اليسار وطويلتها $F_2 = I.B.a$ القوة $\vec{F}_3$ ، تطبق عل جزء الناقل EF ، حاملها شاقولي ، اتجاهها من الأسفل نحو الأعلى و طويلتها $F_3 = I.B.a$ بما أن القوتان F_1 و F_3 متعاكستان مباشرة $\vec{F}_1 + \vec{F}_3 = 0$ ، فشدة القوة المحصلة المطبقة على الإطار تتمثل ي القوة $F_2 = I.B.a = 4 \times 10^{-2}\ N$ الوضعية ② : الإطار كله مغمور في الحقل المغناطيسي . تطبق على الإطار في هذه الوضعية أربعة قوى (الشكل – 2) : بالمثل ، نجد أن القوتان $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_3$ متعاكستان مباشرة : $\vec{F}_1 + \vec{F}_3 = \vec{0}$ وأيضا ، القوتان $\vec{F}_2$ و $\vec{F}_4$ متعاكستان مباشرة : $\vec{F}_2 + \vec{F}_4 = \vec{0}$. وبذلك تكون القوة المحصلة المطبقة على الإطار معدومة . الوضعية ③ : النصف الشاقولي للإطار مغمور في الحقل المغناطيسي . تطبق على الإطار في جزئه المغمور في الحقل المغناطيسي ، ثلاثة قوى كهرومغناطيسية (الشكل – 3) : القوتان $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ متعاكستان مباشرة : $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$ حيث $F_1 = F_2 = \frac{1}{2} I.B.a = 2 \times 10^{-2}\ N$ القوة الوحيدة المؤثرة على الإطار تتمثل في القوة $\vec{F}_3$ طويلتها : $F_3 = I.B.b = 2\ I.B.a = 8 \times 10^{-2}\ N$	 شكل – 1 .  شكل – 2 .  شكل – 3 .