خلاصة الطبيعة الحديثة

الجزء الثالث

مقرر السنة الثالثة من التعليم الثانوى

تأليف

اسماعيل حسنين باشا

(قررت وزارة المعارف العمومية تدريس هذا الكتاب بالمدارس الثانوية)

يطلب من

نجيب مترى

صاحب مطبعة المعارف ومكتبتها بمصر

« حقوق الطبع محفوظة للمؤلف »

١٣٤٠ هـ — ١٩٢٢ م

مطبعة المعارف بشارع الفجالة بمصر

خلاصة الطبيعة الحديثة

الجزء الثالث

مقرّر السنة الثالثة من التعليم الثانوى

تأليف

اسماعيل حسنين باشا

بدين السيد

يطلب من

نجيب مترى

صاحب مطبعة المعارف ومكتبتها بمصر

« حقوق الطبع محفوظة للمؤلف »

١٣٤٠ هـ — ١٩٢٢ م

مطبعة المعارف بشارع الفجالة بمصر

تنبيه : يجدر بالطالب قبل مطالعة هذا الكتاب اصلاح الاخطاء المطبعية المبينة بآخره

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين . والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين .

وبعد فقد مضى زمن ليس باليسير وأنا أعلل النفس بانجاز ما بقى من أجزاء خلاصة الطبيعة ، فكانت تحول كثرة أعمالى الرسمية ، دون هذه الأمنية . إذ كيف يتسنى لمثلى أن يتفرغ للبحث والتحرير ، والتأليف والتحبير . ولكنى كنت أشعر دائما أن علىَّ واجبا لبلادى وأمتى ، وأن مهمتى العلمية لم تؤدَّ بعد على وجهها المرجو ، ولم تُؤت ثمرها المومول

وما زلت بين يأس ورجاء ، وإحجام وإقدام ، حتى فاتحنى من لا تسعنى مخالفتهم من الأصدقاء فى إكمال ما كنت شرعت فيه من العمل العلمى . فانشرح صدرى لتلبية تلك الرغبة الشريفة . وشمرت عن ساعد الجد بالرغم من ازدحام أوقاتى ، مستعينا الله تعالى أن يمدنى بروح منه ، وأن يحقق آمالى ، ويسدد خطاى فيما أنا آخذ فيه

ولقد أثمر مجهودى بحمد الله وأسفر عن هذا الجزء الثالث من خلاصة الطبيعة الحديثة فى المغناطيسية والكهرباء ، حاويا أهم ما جدَّ واستُحدث من مباحث هذين الموضوعين الجليلين حتى الآن

ولقد عُنيت كل العناية بتخيُّر الأسماء العربيـة للمسميات العلمية ، وبالتنقيب فى بطون المعاجم عما يمكن أن يلائم المدلولات المبتكرة ، والمعانى المبتدعة . وهو من أشق ما كابدت فى هذا المؤلَّف . وناهيك بموضوعات لما يطرقها غيرى بالعربية على هذا المثال ، ولم تُتناول فى لغتنا بالصقل والتهذيب ، والترتيب والتبويب

والله تعالى أسأل أن ينفع به النفع العميم ، وأن يشد أزرى ويعينى على إنجاز الجزأين الرابع والخامس فى الضوء والصوت على هذا النحو الذى اخترته ، والنسق الذى سلكته ، حتى أقوم ببعض الواجب المقدس لوطنى فى عهد حضرة صاحب الجلالة ملكنا المفدى «فؤاد الأول» ، الذى وَرَفت فى أيامه الميمونة ظلال العلم والعرفان . وأشرقت على ربوع مملكته شموس العدل والاحسان . حرسه الله . وأقرَّ عينه بولى عهده المحبوب (الأمير فاروق) كلأه الله بعنايته ورعاه بعين رعايته إنهُ ولى الإجابة وهو نعم المولى ونعم النصير ؟

بسم الله الرحمن الرحيم

الكهرباء والمغناطيس

المبحث الأول

التوازن والتوتر الكهربائيان

الباب الاول

الظواهر الأساسية

تنبيه — تجب العناية قبل الشروع فى عمل التجارب الآتية بتجفيف الهواء ان كان رطبا . وذلك بان نضع على المنضد المعد لعمل هذه التجارب موقد فحم أو أكثر فائدته تجفيف الهواء والأدوات التى يجب تقريبها منه قبل اللحظة التى تستخدم فيها مباشرة وستتيح لنا الفرصـة قريبا لبيان أسباب ذلك

١ — **التكهرب بالدلك** — تدريب ١ — نقبض على قضيب من الزجاج أو الراتنج من أحد طرفيـه وندلك طرفه الآخر بقطعة من

منسوج الصوف دلكا شديدا ثم قربه من جسم خفيف كقصاصة ورق أو زغب ريش أو فتات فلين فنشاهد انه يجتذبها اليه (شكل ١)

(شكل ١)

تدريب ٢ — نضع مسطرة رسم على بيضة (شكل ٢) ثم نقرب منها قطعة من الورق بعد تجفيفها ودلكها بقطعة من الصوف فنرى انها تجتذبها اليها

(شكل ٢)

ومتى اكتسب الزجاج أو الراتنج أو الورق هذه الخاصة قيل انه **مكهرب او مشحون بالكهرباء** وقيل انه **على حالة التعادل** اذا كان غير ذلك

ويطلق لفظ **كهرباء** على السبب المحدث لخاصة الجاذبية السالفة الذكر

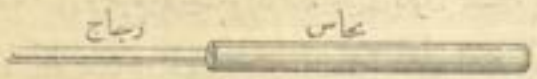
تدريب ٣ — ندلك قطعة الورق المجففة كما سبق بيانه فى التدريب السابق ثم نقربها من الحائط فنشاهد التصاقها به

نستنبط من ذلك أن الجذب الكهربائى متبادل بين الجسم المكهرب والجسم غير المكهرب

٢ — جميع الاجسام تتكهرب بالدلك — تدريب ٤

— ا — ندلك قضيبا من النحاس بقطعة من منسوج الصوف ثم نقربه من احد الاجسام الخفيفة المتقدمة فنشاهد عدم تأثره به وهذا يدل على عدم تكهربه

ب — نأخذ قضيبا من النحاس له مقبض زجاجى (شكل ٣) ونمسك هذا المقبض ثم ندلك القضيب بقطعة من منسوج الصوف وبعد ذلك نقربه من اجسام خفيفة فنشاهد انه يجتذبها اليه وهذا يدل على تكهربه



(شكل ٣)

تدريب ٥ — نعيد التدريب السابق مستعملين معدنا أيا كان فنصل الى النتيجة عينها

وباجراء امثال هذه التدريبات على مواد مختلفة يمكننا أن نستنبط ان **جميع الأجسام تتكهرب بالدلك**

٣ — الاجسام الجيدة التوصيل والاجسام الرديئة التوصيل —

تدريب ٦ — نعيد التدريب الاول مرة من الاخير فنشاهد

اولا — ان الزجاج والراتنج لا يجتذبان الاجسام الخفيفة بعد دلكهما الا فى الجزء المدلوك من كل منهما اما الاجزاء الاخرى فلا يظهر فيها اقل اثر يفيد انها مكهربة

ثانيا — ان قضيب النحاس ذا المقبض الزجاجى المدلوك الطرف

يكتسب كل جزء منه خاصة جذب الأجسام الخفيفة وهـذا يدل على ان الكهرباء تسرى من اجزائه المدلوكة الى اجزائه غير المدلوكة

ولهذا قيل إن النحاس « **جيد التوصيل للكهرباء** » أى أن الكهرباء التى تتولد فى جزء منه تنتشر على جميع سطحه . ويشترك مع النحاس فى ذلك اجسام كثيرة منها المعادن والارض وجسم الانسان والحيوان والماء وخيوط الكتان والتبن والفحم والخشب ولا سيما اذا كان رطباً

ويسهل علينا الآن ان نوضح سبب عدم ظهور أثر للكهرباء على القضيب النحاسى وجميع الاجسام الموصلة حينما تكون ممسكة باليد ذلك لأن الكهرباء كلما تولدت على سطحها تسربت على الفور الى الارض من طريق جسم الانسان

وعلى عكس ما تقدم يقال ان الزجاج والراتنج **رديئا التوصيل** للكهرباء ويشترك معهما فى ذلك الكهرمان والأبونيت والبارافين والكبريت وصمغ اللك وشمع الختم والصمغ المرن والحرير والصوف وزيت البترول وغيرها

٤ — **التكهرب بالنحاس** — تدريب ٧ — نكهرب قضيباً معدنياً ذا مقبض من الزجاج بالطريقة السابقة ثم نمسه بآخر مثله غير مكهرب فنشاهد ان الكهرباء انتشرت على الثانى منهما ويغلب فى هـذه الحالة ان يصحب مرور الكهرباء من أحد الجسمين الى الآخر تطاير شرارة أى خط نارى بين الجسمين قبل التماس

ومن البدهى ان الهواء الجاف رديء التوصيل للكهرباء لأن

الموصلات تحفظ كهرباءها وهى محوطة به

٥ — **العوازل** — قدمنا ان جميع الأجسام تتكهرب بالدلك وان الكهرباء المتولدة على جزء من جسم جيد التوصيل تنتشر على جميع سطحه. وليس الأمر مقصوراً على ذلك بل هى تسرى أيضاً من موصل مكهرب الى آخر غير مكهرب بمجرد التماس . فاذا أردنا مثلاً ان نكهرب قضيباً معدنياً ذا مقبض زجاجى كفى ان نمسكه من هذا المقبض ونجعله يمس موصلاً مكهرباً . وثبت لنا أيضاً اننا اذا لمسنا موصلاً مكهرباً تسربت كهرباؤه الى الأرض من طريق أجسامنا

من هـذا نرى انه لحفظ الشحنات الكهربائية على سطوح الأجسام الموصلة يجب ان نضع بينها و بين الموصلات الاخرى أو الارض حاملاً رديء التوصيل أو بعبارة أخرى يجب عزلها

ومن الواضح انه يمكن استعمال جميع الأجسام الرديئة التوصيل فى العزل وقد تبين ان **البارافين** من أحسنها اذ يكفى عزل الأجهزة الكهربائية وضعها على كتلة منه

ولما كان البارافين ينقصه شيء من الصلابة استعيض عنه فى كثير من الاحيان مخلوط من الكبريت والبارافين « **الريلكترين** » فيه من الصلابة ما يكفى تشكيله وصقله على المخرطة وهو عازل فى غاية الجودة أما الزجاج فلا يكون جيد العزل اذا لم يكن الهواء جافاً لانه يتغطى عندئذ بطبقة دقيقة من الرطوبة تجعل سطحه موصلاً للكهرباء

ومن الممكن تجنب هذا بطليه بطلاء صمغ اللك. وأفضل من ذلك ان

يستعمل الجهاز المرسوم فى شكل ٤ وهو مركب من قارورة من الزجاج قد ملئ نصفها بحامض الكبريتيك المركز ولحم فى قرارتها سلك من الزجاج تمر من فوهتها الضيقة دون ان تمسها ومحمل فى قمتها قرصاً توضع عليه الاجسام المراد كهربتها. من ذلك نرى ان القضيب الزجاجى محوط بهواء ليس به اثر للرطوبة و بذا يكون جيد العزل

(شكل ٤)

ولكون الهواء الرطب جيد التوصيل للكهرباء وجب تجفيفه ان كان رطباً فى المنطقة التى تحيط بالأجهزة التى تستخدم فى عمل التجارب كما يجب تجفيف هذه الأخيرة

٦ — **البندول الكهربائى غير المعزول** — للوصول الى معرفة الجسم أهو مكهرب أم غير مكهرب يستحسن استعمال بندول مكون من كرة صغيرة ا من نخاع البيلسان معلقة فى حامل معدنى بخيط رفيع طويل من الكتان (شكل ٥)

(شكل ٥)

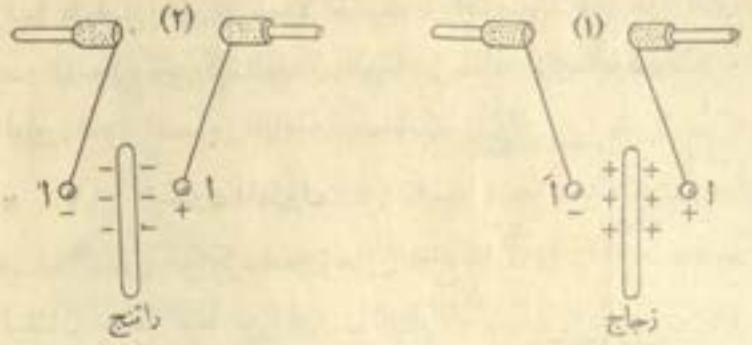
وسمى هذا الجهاز بالبندول غير المعزول لان كرته تبقى على الدوام متصلة بالارض بواسطة خيط الكتان وحامله لان كليهما جيد التوصيل للكهرباء، و ينجذب البندول الكهربائى على الدوام الى الاجسام المكهربة التى تقرب منه الى مسافات مناسبة فاذا كانت هذه الأجسام جيدة التوصيل فقدت كهربائها فى الحال لانها تصير موصلة بالارض اما البندول فيرتد الى وضعه الرأسى . واذا كان الجسم المكهرب

ردئ التوصيل فان كهربائه لا تتسرب الى الارض الا من الجزء الذى يمسه البندول وتبقى كرة البيلسان ملصقة على سطحه لانجذابها الى الاجزاء المجاورة للجزء الممسوس الحافظة لكهربائها

٧ — **البندول المعزول** — يتركب هذا البندول من كرة صغيرة من نخاع البيلسان معلقة بخيط من الحرير فى اسطوانة صغيرة من البارافين قد ثبتت فى حامل منحن من الزجاج (شكل ٦)

(شكل ٦)

٨ — **يوجد ما يحمل على الظن ان هناك عدة أنواع من الكهرباء** — تدريب ٨ — تقرب من كرة البندول المعزول قضيبا من الزجاج الصقيل بعد ان تدلكه بقطعة من منسوج الصوف فنشاهد انه يجذبها ثم يدفعها بشدة بعد ان تمسه . ولما كان التماس يقتضى وصول مقدار من كهرباء القضيب الزجاجى الى كرة البيلسان دل هذا على ان الاجسام المكهربة التى تجتذب الاجسام الخفيفة غير المكهربة تدفعها وقت المس بعد ان تمدها بجزء من كهربائها. ونصل الى النتيجة عينها اذا قربنا قضيبا مكهربا من الراتنج من بندول غير مكهرب اى ان كرة البيلسان تنجذب الى القضيب ثم تنفر منه بعد ان تمسه. على اننا اذا قربنا قضيب الراتنج المكهرب من كرة البيلسان ا التى استمدت شيئا من كهرباء الزجاج (شكل ٧) نشاهد انها تنجذب اليه كما ان قضيب الزجاج المكهرب يجذب كرة البيلسان أ التى استمدت شيئا من كهرباء الراتنج (شكل ٨)



(شكل ٨) (شكل ٧)

والاستنباط الوحيد من هذه النتيجة هو ان حالة تكهرب الزجاج تخالف حالة تكهرب الراتنج لانهما يحدثان تأثيرين متضادين فى بندول مكهرب واحد وهذا ما يحملنا على الظن ان هناك عدة انواع من الكهرباء

٩ — **لا يوجد الا نوعان من الكهرباء** — تدريب ٩ — نعيد التدريب السابق مستعملين جسما مكهربا آخر ايا كان — كبريت شمع الختم. صمغ اللك. نحاس معزول — ونشاهد تأثيره فى كل من الكرة ا المسوسة بقضيب الزجاج المكهرب والكرة أ المسوسة بقضيب الراتنج المكهرب فنجد انه يجذب فى جميع الاحوال احداهما وينفر الاخرى دون ان نعثر على أى جسم يجذب الاثنتين او يدفعهما ومعنى هذا ان تأثير كل جسم مكهرب فى كل من ا ، أ اما أن يكون كالزجاج واما أن يكون كالراتنج ولاشك ان هذا يدل على انه لايوجد الا نوعان من الكهرباء

ولما كان لهذين النوعين من الكهرباء تأثيران متضادان فليس هناك ما يمنع من تسمية احداهما **بالموجبة** والأخرى **بالسالبة** والمتفق عليه هو ان

التكهرب المماثل لتكهرب الراتنج هو التكهرب السالب

١٠ — **التأثير المتبادل لنوعى الكهرباء** — نستخلص من التجارب السابقة النتيجة المهمة الآتية

أولاً — **كل جسمين مشحونين بكهرباء واحدة** (+ ، +) **أو** (— ، —) **يتنافران**

ثانياً — **كل جسمين مشحونين بنوعى كهرباء مختلفين** (+ ، —) **يتجاذبان**

١١ — **توقف نوع تكهرب الجسم المدلوك على نوع الجسم الدالك** — تدريب ١٠ — نقرب من كرة البندول المعزول قضيباً من الزجاج الصقيل المدلوك بقطعة من منسوج الصوف فنشاهد انه بعد ان يجذبها يدفعها سريعاً ثم نقرب منها قضيباً آخر من الزجاج نفسه قد دلك بفرو سنور فنشاهد انه يجذبها ومعنى هذا ان كهرباء الزجاج فى الحالة الاولى تخالف كهرباءه فى الثانية وهذا يدل على ان **نوع تكهرب الجسم المدلوك يتوقف على نوع الجسم الدالك**

ويشمل الجدول الآتى عدة أجسام اذا دلك أحدها بأحد التالية له تكهرب كهربة موجبة واذا دلك باحد السابقة له تكهرب كهربة سالبة

فرو السنور	شمع الختم	المعادن
الزجاج الصقيل	الزجاج غير الصقيل	الصمغ المرن
الصوف	القطن	الكهرمان
العاج	الورق	الكبريت
الخشب	الحرير	الاوبنيب
صمغ اللك	اليد	الجوتابركا
الراتنج		

١٢ — **الكشاف الكهربائى** — من أهم تطبيقات التنافر الذى يقع بين جسمين مكهربين من نوع واحد الكشاف الكهربائى وهو يتركب من ساق من الشبه تحمل قمتها قرصا أو كرة من معدنها و يتصل بطرفها الاسفل ورقتان من الالمنيوم أو الذهب يبلغ طول كل منهما من ٢ الى ٣ سم وعرضها ٢ مم يحيط بهما قفص معدنى قد ركب فيه من الامام لوح من الزجاج (شكل ٩) . ومن فوائد هذا القفص حفظ الورقتين من عبث حركة الهواء . وقد عزلت الساق السالفة الذكر باسطوانة من البارافين قد ركبت فى فوهة القفص . فاذا وصلنا جسماً مكهرباً بقرص الجهاز

(شكل ٩)

سرى جزء من كهربائه الى الورقتين فتنفرجان لتماثل شحنتيهما . واذا لمسنا القرص بالاصبع عادتا الى الانطباق .

وحس الكشاف الكهربائى يفوق كثيراً حس البندول اذ يكفى ان نضرب مرة واحدة قرصه بقطعة من الجوخ لمشاهدة انفراج ورقتيه بتأثير الكهرباء المتولدة من الاحتكاك

١٣ — **ترتيب الاجسام على حسب قابليتها للتوصيل** — تدريب ١١ — نصل قرص الكشاف بجسم مكهرب معزول بوساطة سلك من النحاس فنشاهد انه يتكهرب فى أقل من لمح البصر ثم نحيط من القطن المشمع فنجد انه يتكهرب ببطء ثم بقضيب من الزجاج فنرى انه لا يتأثر ومن هذا يتضح ان توصيل خيط القطن وسط بين توصيل النحاس الذى اخترناه نموذجاً للاجسام الجيدة التوصيل والزجاج الذى اتخذناه نموذجاً للاجسام الرديئة التوصيل

وقد تبين من هذه التجارب ان سرعة سريان الكهرباء لا تتجاوز فى كل من الزجاج والبارافين كسراً من المليمتر فى الساعة بينما تصل الى عدد من المليمترات فى الثانية فى بعض الاجسام كخيوط القطن المشمع أما فى المعادن فسرعتها تشبه سرعة الضوء

تنبيه — لا يسوغ عزل الكشاف حينما يراد استعماله فيما بعد اذا لم يوجه نظر الطالب الى ذلك لانه حينما يكون موصولا بالارض لا يتأتى أن يتكهرب القرص دون ان تنفرج الورقتان

١٤ — استقرار الكهرباء على السطوح الخارجية للاجسام —

تدريب ١٢ — ا — نضع الكشاف على حامل من البارافين (شكل ١٠) ثم نصل قرصه وقضيبه المعدنى معا بشريط ا من القصدير فيتكون منهما موصل معزول واحد

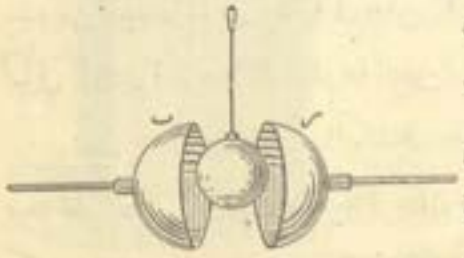
ب — نكهرب قرص الكشاف بالطرق المعتادة فنشاهد عدم انفراج ورقتيه

(شكل ١٠)

من ذلك نستنبط النتيجة المهمة الآتية — **لا يظهر أثر للكهرباء فى باطن موصل مشحون مهما بلغت شحنته**

على اننا اذا رفعنا الشريط ا كفى ذلك القرص دلكاً خفيفاً بقطعة من منسوج الصوف لاحداث انفراج ورقتى الكشاف انفراجاً عظيماً. ذلك لان الموصل الواقعة عليه التجربة يكون حينئذ عبارة عن القرص والورقتين فقط وهاتان الاخيرتان ليستا فى باطنه

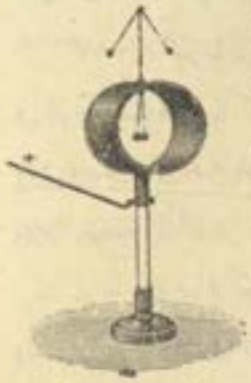
تدريب ١٣ — نأخذ كرة معدنية معلقة فى خيط من الحرير ونصفى اخرى اجوفين من المعدن لكل منهما مقبض عازل بحيث يكونان بانضمامهما كرة اكبر من الاولى (شكل ١١) ثم نكهرب الكرة الصغيرة ونغلفها بنصفى الاخرى ثم نفصلهما بسرعة بعد ان نمس بهما الكرة



(شكل ١١)

فنشاهد بالكشاف ان نصفى الكرة متكهربان وان الكرة غير مكهربة

تدريب ١٤ — نستعمل اسطوانة من المعدن معزولة ومفتوحة الطرفين تحمل بندولين مزدوجين احدهما داخلها والثانى خارجها (شكل ١٢) ثم نكهربها بان نصلها باحد قطبى آلة كهربائية فنشاهد انفراج البندول الخارجى فقط


(شكل ١٢)

نستنبط من التدريبين الاخيرين ما يؤيد التدريب الاول من ان الكهرباء تستقر على السطوح الخارجية للاجسام

١٥ — **وعاء فراداى** Faraday — اذا وضعنا وعاء اسطوانيا موصلا على قرص الكشاف كون الوعاء والقرص والساق موصلا واحدا يطلق عليه اسم **تهيئة فراداى** فاذا كهربنا الوعاء تكهرب القرص والورقتان لانهما لا يخرجان عن كونهما جزءا من السطح الخارجى من الموصل العمومى

(شكل ١٣)

١٦ — **التكهرب بالتأثير** — تدريب ١٥ — نقرب من الوعاء كرة صغيرة مكهربة من المعدن قد ثبتت فى طرف ساق طويلة عازلة (شكل ١٣) فمتى وصلت الى بعد مناسب نشاهد انفراجاً فى ورقتى الكشاف وهذا يدل على ان الوعاء تكهرب ويقال حينئذ انه **تكهرب بالتأثير**

يتبين من هذا ان **كل موصل معزول يتكهرب اذا دنا منه موصل آخر مكهرب** وسنشرح فيما يلى قواعد هذه الخاصة

١٧ — **تجربة فراداى** — تدريب ١٦ - ا - ندخل الكرة فى الوعاء فنشاهد انها كلما غاصت فيه اخذ انفراج الورقتين فى الازدياد ومتى وصلت الى عمق معين م بلغ الانفراج غايته ويبقى بعدئذ ثابتا كيفما غيرنا موضع الكرة داخل الوعاء على شرط ألا تتجاوز العمق م

ب — نخرج الكرة المكهربة من الوعاء فنشاهد انطباق الورقتين ونعيدها ثانية فنلاحظ ان الانفراج عاد لاصله تماما وفى هذا دلالة على ان الانفراج لايتغير اذا لم تتغير الشحنة

ح — نخرج الكرة بعد ان نمس بها قرار الوعاء فنشاهد بقاء انفراج الورقتين كما كان

و — نقرب الكرة بعد ان نخرجها من الوعاء من كرة بندول فنشاهد انها لاتجذبها وهذا يدل على انها أصبحت غير مكهربة

ويمكننا تعليل ذلك بان الكرة والوعاء يكونان موصلا واحدا يستحيل ان يبقى فى باطنه أثر للكهرباء فتسرى حينئذ كهرباء الكرة للسطح الخارجى للاسطوانة وقرص الكشاف

١٨ — **الشحنة الكهربائية قدر** — نعيد التدريب السابق بعد افراغ وعاء فراداى وذلك بلمسه بالأصبع

تدريب ١٧ — نكهرب الكرة ثانية وندخلها فى الوعاء ونمس بها قراره فنشاهد انفراج الورقتين غير ان انفراجهما يكون فى الغالب

مخالفا له فى المرة الأولى . فاذا لاحظنا انه مساو له قلنا ان نستنبط ان الشحنتين متساويتان . واذا كان الانفراج فى المرة الثانية اكبر منه فى الاولى نقول ان الشحنة الثانية اكبر من الاولى . ومعنى هذا ان مقادير الكهرباء قابلة للمضاهاة

١٩ — **الشحنة الكهربائية كم** — تدريب ١٨ — ا — ندخل فى وعاء فراداى موصلين مكهربين ا ، ا الى ان يصلا الى العمق الذى يصير فيه الانفراج فى نهايته العظمى ونغير موضعيهما داخل الوعاء بل نمس احدهما بالآخر على شرط ألا يتعديا الخط م فنشاهد ان انفراج الورقتين لايتغير واذا مسنا بهما القرار وجد ان الانفراج يستمر ثابتا وهذا يدل على ان الانفراج يبقى ثابتا اذا كانت الشحنة على جسم واحد او اكثر مادام مقدارها لم يتغير

ولما كان من الممكن ايجاد موصل آخر مكهرب ب يعمل منفردا عمل الموصلين السالفى الذكر كان ذلك دليلا على ان شحنة الموصل ب تساوى مجموع شحنتى الموصلين ا ، ا

ويجب ان نراعى هنا ان لفظة مجموع تفيد المجموع الجبرى

ينتج مما تقدم ان التكهرب او الشحنات **الكهربائية ليست قدرا فقط بل هى قدر قابل للقياس اى كم** — اذا تقرر هذا كان من الممكن تدريج الكشاف بطريقة تمكننا من ان نستنبط من مشاهدة انفراج ورقتيه النسبة بين شحنتين

وكيفية ذلك ان نكهرب بالالكتروفور الذى سنشرحه فى (٤٢)

قرصاً صغيراً معدنياً ، (شكل ١٤) مثبتاً فى طرف مقبض عازل بعد ان نستوثق باستعمال تهيئة فراداى من ان القرص الصغير يستمد فى كل دفعة يمس فيها الالكتروفور شحنة واحدة ثم ندخل هذا القرص مرات متتالية بعد ان نكهربه كل مرة فى وعاء فراداى الى ان يمس قراره وبهذه الطريقة نتمكن من مد الوعاء بشحنات كهربائية تزيد على التوالى بحدود متوالية عددية أولها واحد وأساسها واحد . ويجب بعد ان نضيف كل شحنة ان نقيد مقدار انفراج الورقتين ونضع جدولاً نبين فيه بجوار مقدار كل انفراج مقدار الشحنة التى تقابله وبعد اتمام هذا التدريج يمكن بسهولة تعيين النسبة بين اى شحنتين كهربائيتين بعد ادخالهما على التوالى فى الوعاء . ويسمى الكشاف الكهربائى الذى درج بهذه الصفة **الكنرومتر** أى المقياس الكهربائى

٢٠ — **قانونا التجاذب والتنافر الكهربائيين** — نعلم ان كل جسمين مشحونين كهرباء واحدة يتنافران وكل جسمين مشحونين كهرباء مختلفة النوع يتجاذبان . وقد قام كولن (Coulomb) بعمل تجارب عدة لتعيين القوانين التى تنقاد اليها قوة الجذب والتنافر السالفة الذكر وسنكتفى بايراد النتائج التى وصل اليها عند ما تكون ابعاد الجسمين المتكهربين صغيرة جداً بالنسبة للمسافة بينهما وهى الآتية

أولاً — **التأثير المتبادل بين الجسمين سواء أكانه تجاذباً أم تنافراً يكونه دائما على اتجاه الخط المستقيم الواصل بينهما**

ثانياً — **تكونه شدة التأثير المذكور مناسبة لحاصل ضرب**

احدى الشحنتين فى الاخرى مناسبة طردية

ثالثاً — **تكونه الشدة المذكورة متناسبة تناسباً عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنتين** ومعنى هذا اننا اذا فرضنا جسمين صغيرين مكهربين ا ، ب فان ا تجذب ب بقوة اتجاهها ا ب وكذلك ب تجذب ا بقوة مساوية للقوة الأولى وفى اتجاه مضاد لها . واذا فرضنا ان شحنة أحد الجسمين صارت مثلين أو ثلاثة أمثال فان قوة الجذب بينهما تصير مثلين أو ثلاثة أمثال واذا نقصت المسافة بينهما الى النصف أو الثلث فان القوة تصير أربعة أو تسعة أمثال ما كانت

٢١ — **وحدة كميات الكهرباء** — لما كانت الكهرباء كما وجب اختيار وحدة لقياسها . وقد اطلق على هذه الوحدة اسم « **كولن** » وستمكننا الفرصة فيما يلى من تعريفها بطريقة عملية

وقد اختيرت هذه الوحدة لاحتياجات الصناعة الكهربائية ولكنها كبيرة جداً بالنسبة للشحنات التى اسلفناها اذ ظهر بطريق الحساب انه اذا كان هناك شحنتان كهربائيتان تساوى كل منهما كولنا وكانت المسافة بينهما مائة متر كان مقدار التجاذب أو التنافر بينهما يساوى ٩٠ طناً (ومع هذا فما نشاهد فى التجارب التى نجريها فى معاملنا الدراسية جسمين لا يتجاوز البعد بينهما بعض السنتيمترات تجاذباً أو تنافراً يتجاوز وزن الديسجرام) . ولذا كان من المناسب ان نستعمل فى حل المسائل المتعلقة بالكهرباء التى تصادفنا وحدة اصغر كثيراً من الكولن . ولاسباب لا محل لشرحها هنا تستعمل عادة الوحدة العملية وهى تساوى $\frac{١}{٣ \times ٩١٠}$

من الكولن . وعلى هذا تكون

الوحدة الكهربائية العملية = $\frac{١}{٣ \times ٢١٠}$ من الكولن

والوحدة العملية المذكورة هى كمية الكهرباء التى اذا وجدت على كل من جسمين صغيرين يبعد أحدهما عن الآخر بمسافة تساوى سنتيمترا كانت التجاذب أو التنافر بينهما يساوى دينا (٥٤ جزء أول)

فاذا كان هناك جسمان صغيران جداً ورمزنا الى شحنة أحدهما مقدرة بالوحدة العملية بالرمز ك والى شحنة الآخر بالرمز ك' والى المسافة بينهما مقدرة بالسنتيمتر بالرمز م والى قوة التجاذب أو التنافر بينهما بالرمز ن نتج أن

$$ن = \pm \frac{ك \times ك'}{م^٢} \text{ دينا}$$

وتعين علامة + شحنتين متحدتى النوع وعلامة — شحنتين مختلفتى النوع

مثال — اذا كانت شحنة احدى كرتين صغيرتين متماثلتين ٣٦ وحدة عملية موجبة وشحنة الاخرى ٤ وحدات عملية سالبة وكانت المسافة بينهما ١٢ سم فما نوع القوة التى تؤثر فيهما وما مقدارها

الحل — ينتج من القانون $ن = \frac{ك \times ك'}{م^٢}$ أن

$$ن = \frac{٣٦ \times -٤}{١٢^٢} = \frac{١٤٤}{١٤٤} - = -١$$

ويفيد ذلك ان كلتا الكرتين تجذب الاخرى على اتجاه المستقيم الواصل بينهما بقوة تساوى دينا واحداً

توزيع الكهرباء على الموصلات

٢٢ — تعريف — الكثافة الكهربائية فى نقطة ما من سطح موصل مشحون هى مقدار الكهرباء المنتشر على وحدة السطوح المحيطة بتلك النقطة

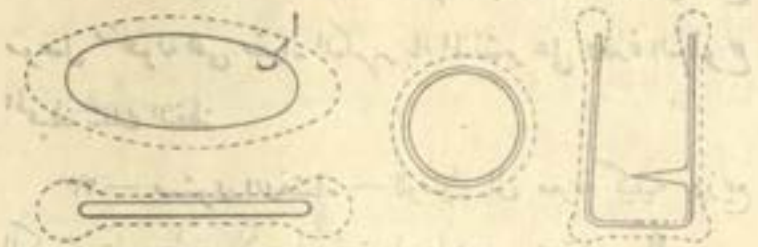
٢٣ — مستوى الاختبار — للوصول الى معرفة كيفية توزيع الكهرباء على سطوح الأجسام نستعمل ما يسمى بمستوى الاختبار (شكل ١٤) وهو قرص معدنى صغير و يبلغ قطره سنتيمتراً تقريباً قد ثبت فى طرف قضيب من البارافين أو أى مادة عازلة اخرى

(شكل ١٤)

٢٤ — طريقة استعمال مستوى الاختبار — لذلك نطبق القرص و على الموصل المراد بحثه فيقوم مقام السطح الصغير س الذى ينطبق عليه فتنتقل اليه شحنته لانه يكون غطاء له . ثم نرفعه مع العناية بحفظ مقبضه فى الوضع العمودى على سطح الموصل فيرفع معه كهرباء السطح الصغير س ثم ندخله فى وعاء فرادای . ونعين مقدار الشحنة المنقولة . ثم نكرر هذه العملية فى اوضاع مختلفة من سطح الجسم بعد ان نفرغ كهرباء الوعاء فى كل مرة . ومن الواضح أن النتائج التى نحصل عليها بهذه الصفة تعين المقادير النسبية للكثافة الكهربائية فى النقط المختلفة المنسوبة من سطح الجسم

ويستعمل غالباً لبيان التوزيع الكهربائى على الاجسام الرسم البيانى الآتى :

تقيم فى كل نقطة مثل ب من سطح الموصل عموداً طوله ب ا يناسب



(شكل ١٥)

الكثافة الكهربائية المقيسة فى النقطة المذكورة (شكل ١٥) ثم نصل نهايات الاعمدة بعضها ببعض فنحصل على شكل يبين لنا منظره لاول وهلة كيفية توزيع الكهرباء على سطح الجسم الموصل

تدريب ١٩ — نجرى العمل على الوجه السابق مستعملين

ا — كرة معدنية مكهربة معزولة

ب — قرصاً معدنياً مكهرباً معزولاً

جـ — اناء اسطوانياً معدنياً مكهرباً معزولاً فى باطنه تتوء مسنن

ء — جسماً معدنياً على شكل مجسم القطع الناقص مكهرباً معزولاً

فيتبين من مجموع التجارب التى تقوم بها ان الكهرباء يكثر تكاثفها على العموم فى الاجزاء البارزة من الموصل أى أن الكثافة الكهربائية تكون جسيمة فى الاجزاء النائئة من الجسم وصغيرة جداً فى تجاويفه ويشاهد الطالب فى (شكل ١٥) توزيع الكهرباء فى الحالات المشار

اليها سابقاً وعلى الأخص ما يأتى

أولا — ان الكثافة الكهربائية على مجسم القطع الناقص تكون فى نهايتها العظمى فى طرفى محوره الأكبر وتأخذ فى النقص الى أطراف محاوره الصغرى كما أنها تكون فى أطراف المحاور مناسبة مناسبة طردية لطولى محوريه الاكبر والاصغر

ثانياً — ان توزيع الكهرباء منتظم على سطح الكرة

ثالثاً — يكون التكهرب معدوماً ابتداء من عمق معين فى الاسطوانة الطويلة ولو كان فى باطنها تتوء مسنن الطرف

نرجع الآن الى مجسم القطع الناقص المكهرب . فاذا تصورنا ان طول محوره الأكبر أخذ فى الازدياد ترتب على ذلك طبعاً زيادة كثافة الكهرباء فى طرفيه ونقصها على أطراف محاوره الصغرى وفى النهاية أى حينما يصبح محوره الأكبر كبيراً جداً بالنسبة لمحاوره الصغرى يؤول الامر الى ان يأخذ شكل جسم مسنن الطرفين وتتحول كهربؤه كلها الى هذين الطرفين المسننين

٢٥ — **التوتر الكهربائى وتأثير الأسنة** — اذا كانت الكهرباء فى حالة توازن على سطح جسم موصل كانت الشحنة فى كل جزء صغير منه مدفوعة الى الخارج بتأثير قوة دافعة واقعة على سطح هذا الجزء ناتجة من تأثير الشحنات الموزعة على أجزاء الجسم الأخرى. وقد سميت شدة تأثير هذه القوة فى وحدة المساحات التى تحيط بنقطة ما «**التوتر الكهربائى**» فى هذه النقطة وقد ثبت بالحساب والتجربة ان التوتر الكهربائى فى

نقطة ما مناسب لمربع الشحنة الكهربائية فى هذه النقطة

تدريب ٢٠ — نجعل قفاعة من الصابون على حامل معزول مغطى بقطعة من نسيج الصوف بعد ان نبللها بماء الصابون حتى تصير جيدة التوصيل للكهرباء ثم نوصلها بمستودع آلة كهربائية فنشاهد انتفاخ الكرة ثم ارتفاعها وهذا يدل على ان القوى المؤثرة فى اتجاه مضاد للضغط الجوى تزيد حجم الكرة أما ارتفاعها فناتج من زيادة دفع الهواء لها وبقاء وزنها ثابتاً

يتضح من هذا ومما تقدم فى (٢٤) انه ان كانت هناك أسنة أو حروف ناتئة فى جسم مكهرب ارتفعت شدة التوتر الكهربائى فيها الى حد تقوى معه على التغلب على مقاومة الهواء الذى هو العامل الوحيد فى حفظ الكهرباء على سطوح الموصلات

تدريب ٢١ — نأخذ سلكاً غليظاً مسنن الطرف ونثبت طرفه غير المسنن فى أحد قطبى آلة كهربائية ثم ندير الآلة فى قاعة مظلمة فنشاهد سيلان الكهرباء من السن على شكل خصلة شعر مسننة القمة بنفسجية

شكل (١٦)

اللون (شكل ١٦) اذا كان القطب يولد كهرباء موجبة أو على شكل نجم أبيض لامع اذا كان يولد كهرباء سالبة

تدريب ٢٢ — نوقف ادارة الآلة ونوصل القطب بكشاف كهربائى فنشاهد عدم انفراج ورقتيه وهذا يدل على تسرب كهربائها من السن

وزيادة على ما ذكر ان الهواء يتكهرب بمس السن فيحصل بينهما تنافر يحدث عنه تيار هوائى

تدريب ٢٣ — نقدم احدى يدينا من السن بعد ادارة الآلة فنشعر بتيار هوائى حاد

تدريب ٢٤ — نقرب من طرف السن لهب شمعة فنشاهد بعد ادارة الآلة انه يميل فى اتجاه السن وربما انطفأ من شدة التيار (شكل ١٧)

(شكل ١٧)

ولما كان الهواء المتكهرب ينفر أيضاً السن تحرك هذا الأخير ان كان قابلا للحركة

ولبيان صحة ذلك يستعمل مايسمى بالبارم الكهربائى

تدريب ٢٥ — نثبت مدارا رأسياً فى آلة كهربائية ونضع فوق سنه غفرة قد ثبت فيها ست سيقان أطرافها المسننة منحنية فى اتجاه واحد (شكل ١٨) فاذا أدرنا الآلة دار البارم فى اتجاه مضاد لاتجاه أسنته

(شكل ١٨)

٢٦ — **الكثافة الكهربائية على سطوح الكرات** — ذكرنا

فيما تقدم ان الكثافة الكهربائية فى نقطة ما من سطح موصل مشحون هى مقدار الكهرباء المستترة على وحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة

فاذا كان الموصل المشحون كرة نصف قطرها ر وشحنتها ك وحدة عملية وكثافة الكهرباء فى نقطة ما من سطحها ث كانت :

$$ث = \frac{ك}{٤ ط ر^{٢}}$$

ذلك لان الشحنات الكهربائية توزع بالتساوى على سطوح الكرات (٢٤)

مثال — اذا كانت شحنة كرة نصف قطرها سنتيمتران ٥٠٫٢٤ وحدة عملية فما مقدار كثافة الكهرباء على سطحها

ينتج من القانون السابق أن :

$$ث = \frac{٥٠٫٢٤}{٤ \times ٣٫١٤ \times ٤} = ١ \text{ وحدة عملية}$$

٢٧ — **حفظ الكهرباء** — تدريب ٢٦ — ١ — نعد تهيئة فراداى وندخل فى الوعاء كرة ا مكهربة ايجابياً بدون ان نمس بها قراره ونعين شحنتها ولنفرض انها تساوى ٦ وحدات

ب — نخرج الكرة ا ونمس بها كرة ثانية ب ثم نعين شحنة كلتيهما م ، م' فنصل الى النتائج الآتية

أولاً — اذا كانت ب غير مكهربة نشاهد أن م + م' = ٦ وحدات

ثانياً — اذا كانت شحنة ب موجبة وفرضنا انها تساوى ٣ وحدات نجد أن م + م' = ٦ + ٣ = ٩ وحدات

ثالثاً — اذا كانت شحنة ب سالبة وفرضنا انها تساوى ٤ وحدات نجد بعد التماس أن الشحنتين صارتا موجبتين وان م + م' = ٦ — ٤ = وحدتين

رابعاً — اذا كانت شحنة ب سالبة وفرضنا انها تساوى ١٠ وحدات نجد بعد التماس أن الشحنتين سالبتان وان م + م' = ٦ — ١٠ = ٤ وحدات سالبة

خامساً — اذا كانت شحنة ب تساوى شحنة ا ومخالفة لها فى النوع نجد بعد التماس أن الجسمين صارا غير مكهربين

نستنبط من ذلك القاعدة الآتية المسماة قاعدة حفظ الكهرباء

اذا كانت هناك عدة موصلات مكهربة معزولة أمكن تغيير توزيع شحناتها الكهربائية بروده أنه يغير ذلك شيئاً فى مجموعها على شرط أنه نلازم علامة + مقادير الشحنات الموجبة وعلامة — مقادير الشحنات السالبة

تدريب ٢٧ — ندخل فى وعاء فراداى كرة مكهربة ا ونعين شحنتها دون ان نمس بها قراره ثم نخرجها ونمس بها كرة أخرى مساوية لها ونعين شحنة كلتيهما بعد التماس فنلاحظ انهما اقتسمتا شحنة الكرة ا بالتساوى

ونلاحظ على العموم اننا اذا رمزنا بالرمزين ك ، ك' الى شحنتى كرتين متساويتين وبالرمز ك" الى شحنة كلتيهما بعد التماس نجد أن

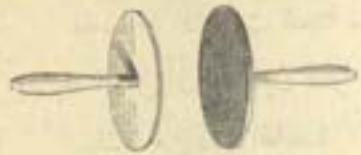
$$ك" = \frac{ك + ك'}{٢}$$

على ان تلازم علامة + الشحنات الموجبة وعلامة — الشحنات السالبة

٢٨ — **انطباق نظرية حفظ الكهرباء على التكهرب بالدلك** — اذا فرضنا جسمين معزولين غير مكهربين ولكننا أحدهما بالآخر وجب

ان تتولد عليهما شحنتان متساويتان ومختلفتا النوع

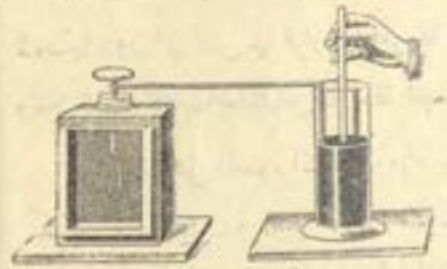
تدريب ٢٨ — ا — نمسك قرصاً من الزجاج بآخر معزول من النحاس (شكل ١٩) ثم نفصلهما ونقربهما على التوالى من كرة بندول مشحونة كهرباء معلومة النوع فنشاهد ان الأول مشحون كهرباء موجبة والثانى كهرباء سالبة



(شكل ١٩)

ب — نلصق القرصين ونقربهما من كشاف غير مكهرب فنشاهد انهما لا يؤثران فيه . ويدل هذا على ان شحنتى القرصين متساويتان

تدريب ٢٩ — ا — نضع مخباراً به زئبق على كتلة من البارافين ونصل بين الزئبق وكرة كشاف بواسطة سلك معدنى . ثم نغمر قضيباً من الزجاج فى الزئبق فنشاهد عدم انفراج ورقتى الكشاف فاذا ما أخرجناه شاهدنا انفراج الورقتين وهو يدل على تكهرب الزئبق (شكل ٢٠)



(شكل ٢٠)

نقرب قضيب الزجاج من كرة بندول قد كهربت كهربة معينة فنشاهد ان شحنته مخالفة لشحنة الزئبق

ب — نغمر القضيب فى الزئبق الى النقطة التى غمرناه اليها أولاً فنشاهد انطباق الورقتين وهذا يدل على ان شحنتى القضيب والزئبق متساويتان ومختلفتا النوع

تدريب ٣٠ — يقف طالبان على كتلتين من البارافين ويلمس كل منهما قرص كشاف باصبعه ثم يضرب أحدهما الآخر بفروسنور فنلاحظ انفراج ورقتى كل من الكشافين انفراجاً عظيماً ومع هذا اذا اتصل الطالبان بيديهما الاخريين انطبقت ورقتا كل من الكشافين وهذا يدل على ان مقدارى الكهرباء المتولدين عليهما متساويان ومختلفا النوع

تمرينات

١ — اذا مست كرة صغيرة من النحاس شحنتها ١٢ وحدة علمية أخرى مساوية لها غير مكهربة ثم فصلتا وجعلت المسافة بينهما ٣ سم فما نوع القوة التى تؤثر فيهما وما مقدارها

٢ — اذا مست كرة صغيرة من النحاس شحنتها ٣٠ وحدة علمية موجبة أخرى مساوية لها شحنتها ١٠ وحدات سالبة ثم فصلتا وجعلت المسافة بينهما ١٠ سم فما نوع القوة التى تؤثر فيهما وما مقدارها

٣ — كهربت كرتان صغيرتان متماثلتان اب فظهر انهما تتنافران بقوة تساوى ١٢ دينا اذا كانت المسافة بينهما ١٠ سم ولكن لو تماستا وفصلتا وجعلت المسافة بينهما عين المسافة الأولى تبين ان التنافر بينهما ١٦ دينا فما شحنة كل من الكرتين قبل التماس .

٤ — ثبتت كرتان صغيرتان متماثلتان اب فى طرفى مستقيم طوله ٣٣ سم وكانت شحنة ا تساوى ٨ وحدات علمية وشحنة ب تساوى وحدتين علميتين فما النقطة التى تتزن فيها كرة ثالثة ﻫ مماثلة لكلتيهما شحنتها وحدة علمية لو كانت قابلة للحركة على المستقيم المذكور

٥ — وضعت كرتان صغيرتان متماثلتان ا ، ب على لوح عازل وكانت أولاهما مكهربة وثانيتهما غير مكهربة والمسافة بينهما ٣ سم ثم مست ا وبعدئذ ب بكرة ثالثة ﺟ تماثلهما غير مكهربة فما النقطة التي تثبت فيها ﺟ على الخط الواصل بين النقطتين ا ، ب

٦ — اذا كانت الشحنة السالبة لجسم صغير جدا ا تساوى ٣٩١٦ وحدة علمية فعلى أى بعد من النقطة ا على الاتجاه الرأسي المار بها يجب وضع جسم كتلته $\frac{1}{10}$ ديسيجرام وشحنته الموجبة تساوى الوحدة العلمية حتى يظهر عديم الوزن وما يصير وزنه الظاهرى اذا وضع أعلى النقطة ا وكان البعد بينه وبينها ٣ سم — الداين يساوى $\frac{1}{980}$ من وزن الجرام

٧ — كهربت كرتان صغيرتان متماثلتان ايجابيا فظهر بعد ان جعلت المسافة بينهما ٣ سم انهما يتنافران بقوة تساوى داينا ثم مست احداهما بالأخرى وجعلت المسافة بينهما ٣ سم فأصبح التنافر بينهما مساويا ٤٫٥ من الداين فما النسبة بين شحنتيهما قبل التماس

٨ — اذا شحنت كرة نحاسية معزولة نصف قطرها ٣ سم شحنة مقدارها ١١٣ وحدة علمية فما كثافة الكهرباء المستقرة على سطحها

٩ — اذا شحنت كرة معدنية معزولة قطرها ٥ سم بالكهرباء وكانت الكثافة على سطحها تساوى وحدتين علميتين فما شحنتها

١٠ — اذا اعطيت قطعة من المعدن فكيف تكهربها وكيف تثبت انها تكهربت

١١ — اضرب قرص الكشاف ضربا خفيفا بقطعة من منسوج الصوف تشاهد انفراج ورقتيه ثم اجعل قضيبا زجاجيا يمس قرصه تشاهد

استمرار انفراجهما ثم المسه بأصبعك تجد انطباقهما . فما سبب ذلك

١٢ — اذا كان لديك بندول معلقة كرته بخيط مدلى من حامل معدنى فكيف تعلم أن كان خيطه موصلا للكهرباء أو غير موصل لها

١٣ — لماذا تلتصق كرة البندول غير المعزول بكل جسم مكهرب ردىء التوصيل يقرب منها بعد أن يجتذبها اليه

١٤ — ضع كشافا على قرص من البارافين واطرق قرصه طرقا خفيفا بفرو سنور فتنفرج ورقتاه ثم صل بين قرصه وقفصه بشريط من القصدير مستعينا بقضيب عازل تشاهد ان ورقتيه تنطبقان سريعا . فما الذى تستنبطه من هذه التجربة

١٥ — اذا شحنت كرة معزولة من النحاس شحنة موجبة ضئيلة ووعاء فراداى بعد عزله شحنة موجبة قوية ثم ادخلت الكرة فى الوعاء تدريجا الى ان تمس قراره و بعدئذ نحيتها . فكيف تتغير شحنة كل من الكرة والوعاء : أولا قبل التماس . ثانيا : بعد التماس

الباب الثانى

التأثير الكهربائى

٢٩ — **التأثير الكهربائى** — ثبت لنا فى (١٦) انه اذا دنا جسم مكهرب من موصل غير مكهرب تكهرب هـذا الاخير وقيل انه « تكهرب بالتأثير »

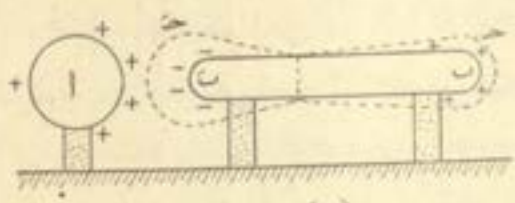
ولنبحث الآن فى القوانين التى ينقاد لها تكهرب الأجسام بالتأثير قاسمين بحثنا قسمين

الاول — فيما اذا كان الموصل الواقع عليه التأثير معزولاً

الثانى — فيما اذا كان متصلاً بالارض

٣٠ — **الحالة التى يكون الموصل الواقع عليه التأثير معزولا** —

تدريب ٣١ — ١ — نضع اسطوانة ب ب على كتلتين من البارافين ثم نضع قريباً من احد طرفيها موصلاً مكهرباً معزولاً وليكن كرة معدنية ا مكهربة كهربة موجبة (شكل ٢١)



(شكل ٢١)

ب — نمس احد طرفى الاسطوانة بقرص مستوى الاختبار ثم نقربه من قرص الكشاف فنشاهد انفراج ورقيه وهذا يدل على ان الاسطوانة تكهربت

جـ — نمس بعض نقط منطقة الاسطوانة البعيدة عن الكرة بقرص مستوى الاختبار بعد تفريغه فى كل مرة وتقربه من كرة بندول مشحون كهرباء موجبة فنشاهد انه ينفرها وهذا يدل على ان هذه المنطقة مشحونة كهرباء موجبة

د — نعيد العمل على الوجه السابق فى المنطقة القريبة من الكرة ونقرب قرص مستوى الاختبار بعد تفريغه فى كل مرة من كرة بندول مشحون كهرباء سالبة فنشاهد انه ينفرها وهو يدل على ان هذه المنطقة مشحونة كهرباء سالبة

هـ — نعين توزيع الشحنات الكهربائية على سطح الاسطوانة ونرسم الخط البيانى كما سبق شرحه (٢٤) فنحصل على النتيجة المبينة فى شكل ٢١

يتبين لنا مما تقدم ومن الخط البيانى السالف الذكر ما يأتى

أولاً — **انه يتكون على سطح الاسطوانة ب ب منطقتان كهربائيتان هـ ما هـ اقصرهما واقربهما من الكرة سالبة والاخرى موجبة وان السالبة اكثرهما نطاقا**

ثانياً — **يفصل بين هاتين المنطقتين خط خمود غير مكهرب**

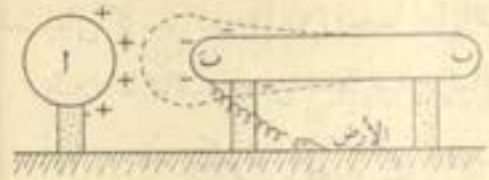
ثالثاً — **تكون الكثافة الكهربائية فى نهايتها العظمى فى طرفى الاسطوانة وتأخذ فى النقص كلما قربت من خط الخمود**

وزيادة على ما تقدم اننا اذا أبعدنا الكرة ومسنا الاسطوانة فى أى نقطة من سطحها بمستوى الاختبار ثم قربناه من قرص الكشاف

نشاهد ان الورقتين لا تنفرجان وذلك يدل على ان **الشحنتين المتضادتين المتولدتين متساويتان**

٣١ — **الحالة التى يكون الموصل الواقع عليه التأثير متصلا بالارض** — اذا وصلنا الاسطوانة ب ب' بالارض من نقطة أيًا كانت من سطحها وقع تأثير الكرة المكهربة على جسم شاسع الابعاد مكون من كل من الاسطوانة ب ب' والكرة الارضية . فتطرد كهربائه الموجبة الى الارض فتضيع فيها

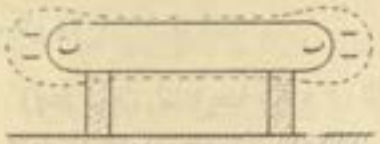
تدريب ٣٢ — ا — بعد ان توصل الاسطوانة بالارض بوساطة جسم موصل (شكل ٢٢) تعين نوع شحنتها فنجد انها تكون سالبة فى جميع أجزائها



(شكل ٢٢)

ب — تعين الكثافة فى نقط الاسطوانة المختلفة فنرى انها تكون كثيفة فى طرفها ب' وضعيفة جداً ان لم تكن معدومة فى طرفها ب

٣٢ — **التكهرب بالتأثير** — تدريب ٣٣ — نستمر فى التدريب السابق بان نقطع الاتصال بين الاسطوانة والأرض ونتحى الكرة المكهربة ا ثم نجرى العمل كما اتضح فى (٢٤) فنشاهد ان الاسطوانة تبقى مكهربة كهربة سالبة وان الكهرباء تكون منتشرة على جميع سطحها مع زيادة تكاثفها فى طرفيها . (شكل ٢٣) يتبين من هذا ان هناك طريقة أخرى



(شكل ٢٣)

لتكهربة الأجسام وهى طريقة تكهربتها بالتأثير

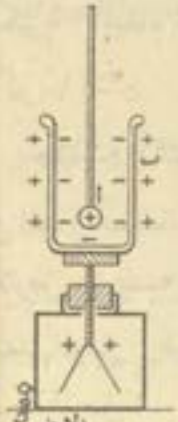
وكيفية ذلك ان تقرب من الموصل ب ب' المراد تكهربته موصلا آخر مكهربا ا ثم نصل الأول بالارض بان نلمسه بالأصبع وبعدئذ تقطع الاتصال بينه وبين الأرض ونبعد الموصل ا فيبقى الموصل ب ب' حينئذ مشحونا كهرباء مخالفة لشحنة الموصل ا

وتستعمل هذه الطريقة عند ما يراد شحن الكشاف ذى الورقتين خوفاً من ابلائه اذا تكرر مسه بالاجسام المكهربة بدون عناية

تنبيه — سنطلق من الآن لفظة « **مؤثر او محث** » على الكرة ا أى الجسم المكهرب و « **متأثر او محث** » على الاسطوانة ب ب' اى الجسم الواقع عليه التأثير

٣٣ — **نظرية فراداى** — اتضح من تجربة فراداى (١٧) انه متى وصلت الكرة ا الى عمق معين بقى انفراج ورقتى الكشاف ثابتاً كيفما تغير وضع الكرة فى الوعاء فبالرجوع الى نظرية التكهرب بالتأثير (٣٠) يتبين لنا ان الموصل المتأثر المكون من الوعاء والكشاف يتكهرب كهربة سالبة فى أجزائه القريبة من المؤثر ا أى على السطح الباطنى للوعاء كما انه يكون مشحوناً كهرباء موجبة مساوية فى المقدار للكمية الأولى على أجزائه البعيدة أى على السطح الخارجى للوعاء والكشاف

(شكل ٢٤)



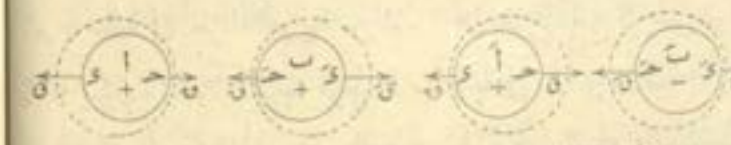
(شكل ٢٤)

وقد تبين لنا أيضاً (١٧) اننا اذا مسنا قرار الوعاء بالكرة ا بقى انفراج الورقتين ثابتاً وهو يدل على ان شحنتى الكرة وباطن الوعاء متساويتان ومختلفتا النوع

من ذلك تستنبط النظرية الآتية المسماة نظرية فراداى

اذا كان موصل مكهرب محوطا بموصل معزول انتشرت بالتأثير على السطح الباطنى للموصل المعزول شحنة كهربائية مساوية ومخالفة فى النوع لكهرباء الموصل المؤثر وانتشر على سطحه الخارجى شحنة أخرى من نوعها مساوية لها

٣٤ — التأثير فى جسم مكهرب — تدريب — ٣٤ — نأتى بكرتين ا ، ب مكهربتين ايجابياً (شكل ٢٥) ونقرب احداهما من الاخرى ثم نعين بمستوى الاختبار وتهيئة فراداى توزيع الشحنتين عليهما فنشاهد ان الكثافة الكهربائية صغيرة فى كل من حـ ، حَ وكبيرة جداً


(شكل ٢٦)

(شكل ٢٥)

فى كل من و ، وَ وحين تصل المسافة بين ا ، ب الى حد محدود نشاهد امتحاء الكهرباء فى كل من حـ ، حَ ويمكن ان تصبح كهرباؤهما سالبة ان صارت المسافة بينهما قصيرة جداً

اما اذا كانت الكرة ب مشحونة كهرباء سالبة (شكل ٢٦) فتزيد الكثافة فى حـ ، حَ وتنقص فى و ، وَ

٣٥ — **استعمال الكشاف ذى الورقتين** — ذكرنا اننا اذا قربنا جسماً مكهرباً من كشاف ذى ورقتين انفرجت ورقتاه (١٦) . ولايضاح ذلك نفرض ان الجسم مكهرب ايجابياً . فمتى قرب من قرص الكشاف تولدت بالتأثير شحنة سالبة على القرص واخرى موجبة على الورقتين فتتنافران لانهما تصبحان متحدتى الشحنة هذا الى أن وجهى القفص المعدنى اللذين يشحنان بتأثير الورقتين كهرباء سالبة يجتذبان هاتين الأخيرتين اليهما فيزيد انفراجهما

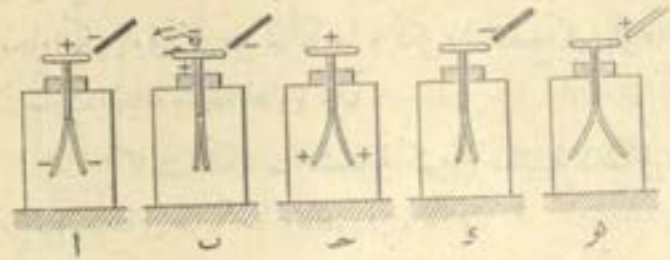
واذا أردنا أن نقف على نوع شحنة جسم مكهرب نجرى العمل على الوجه الآتى :

تدريب ٣٥ — ا — نشحن الكشاف كهرباء معلومة النوع وذلك بان نقرب من قرصه جسماً مكهرباً كهربة سالبة مثلاً فتنفرج ورقتاه وتكون شحنتهما سالبة (شكل ٢٧)

ب — نلمس القرص بالأصبع فنشاهد انطباق الورقتين لان الكهرباء السالبة تتسرب الى الارض (شكل ٢٨)

حـ — نرفع الاصبع ونبعد الجسم المكهرب فتنتشر كهرباء القرص

الموجبة على الساق والورقتين فتنفرج الاخيرتان (شكل ٢٩)



(٢٧) (٢٨) (٢٩) (٣٠) (٣١)

ء — يعدان تشحن الكشاف كهرباء موجبة بالطريقة المتقدمة تقرب منه من بُعد وبيطء شديد الجسم المراد معرفة نوع شحته فاذا كان مكهرباً سلبياً أحدث تأثيره نقصاً فى شحنة الورقتين الموجبة فينقص تبعاً لذلك انفراجهما (شكل ٣٠) ويؤول الامر متى وصلت المسافة الى حد محدود الى انطباقهما . على اننا اذا استمررنا فى تقريب الجسم من الكشاف عادتا الى الانفراج

واذا كان الجسم مكهرباً ايجابياً (شكل ٣١) كان الأمر على العكس من ذلك فيحدث تأثيره زيادة فى شحنة الورقتين تقتضى زيادة انفراجهما

ولايضاح النتيجة الاولى نقول انه عند ما يكون الجسم بعيداً عن الكشاف يكون مقدار الكهرباء السالبة الحادثة بالتأثير فى الورقتين قليلاً ثم يأخذ فى الازدياد كلما قرب الجسم من قرص الكشاف حتى اذا ما صار على بعد مخصوص يتساوى مقدار الكهرباء الموجبة التى كانت على الورقتين من قبل والسالبة الحادثة بالتأثير فتنطبق الورقتان وباستمرار تقريب القضيب تزيد الكهرباء السالبة على الموجبة فتأخذ

الورقتان فى الانفراج

يتضح من ذلك اننا اذا أسرعنا فى تقريب القضيب المكهرب سلبياً من الكشاف المكهرب ايجابياً كان من المحتمل ألا يكون الزمن كافياً لتقارب الورقتين وانطباقهما فيشاهد زيادة انفراجهما فقط ويترتب على ذلك استنباط مخالف للواقع

٣٦ — **الجذب والتنافر الكهربائيان** — (ا) — اذا قربنا جسماً مكهرباً من كرة بندول معزول تولدت عليها منطقتان كهربائيتان احداهما وهى المخالفة لكهرباء الجسم تتراكم على الجزء القريب منه وتكون كثافتها اكثر من كثافة الكهرباء التى من نوع كهرباء الجسم التى تتراكم على الجزء البعيد عنه (٣٠) ولما كانت الكهرباء المخالفة أقرب الى المؤثر واكثر تكاثفاً من الاخرى كانت التوتر فيها أعظم (٢٥) وترتب على ذلك وقوع كل من الجسمين تحت تأثير قوة تجذبه الى الآخر

ب — اذا اتحدت شحنة البندول وشحنة الجسم — ذكرنا فى (٣٤) اننا اذا أتينا بكرتين مكهربتين ايجابيا وقربنا احداهما من الاخرى (شكل ٢٥) كانت قوتا التوتر فى ما ق اكبر من قوتى التوتر فى ما ن لاختلاف كثافة الكهرباء فيهما ونتيجة ذلك وقوع كل من الجسمين تحت تأثير قوة تبعده عن الآخر

وقد اوضحنا أيضاً فى (٣٤) انه اذا أصبحت المسافة بين الكرتين قريبة جداً أمكن ظهور كهرباء سالبة فى كل من م ما م

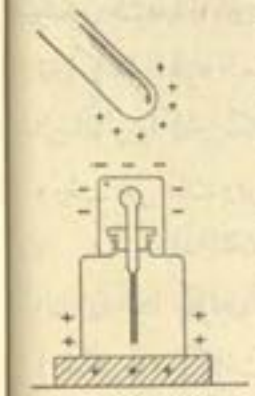
يتضح من ذلك اننا اذا أردنا معرفة نوع كهرباء جسم مكهرب باستعمال البندول يجب ان نقرب الجسم من كرة البندول ببطء شديد .

لاننا اذا قربناه بسرعة وكانا متحدى الشحنة كان من المحتمل ان تتولد على الكرة فى منطقتها القريبة من الجسم كهرباء تخالف فى النوع كهرباء الجسم فيقع بينهما و بينه جذب لا تنافر

حـ — اذا خالفت شحنة البندول شحنة الجسم — نرى فى (شكل ٣٦) ان التوتر فى حـ ما أشد منه فى و ما ونتيجة ذلك ان كلا من الجسمين يكون واقعاً تحت تأثير قوة تقربه من الآخر

و — اذا كان البندول غير معزول فتتسرب الكهرباء التى من نوع كهرباء الجسم الى الارض وتكون قوة التوتر أشد منها فى حالة ما يكون البندول معزولاً ولذلك ينجذب الى الجسم بشدة

يتبين من هذا ان البندول غير المعزول أشد حساً من البندول المعزول غير انه لا يسمح بتعيين نوع الشحنات

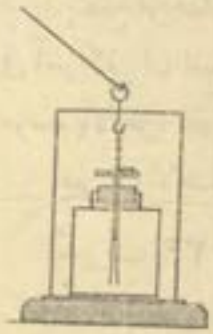

(شكل ٣٢)

٣٧ — الحواجز الكهربائية —

تدريب ٣٦ — نضع كشافاً كهربائياً على كتلة من البارافين ونغطى قرصه والساق المتصلة به بغطاء معدنى اسطوانى الشكل (شكل ٣٢) ثم نقرب من الغطاء جسماً مكهرباً فنشاهد عدم تأثر ورقتى الكشاف وهو يدل على أن القرص لم يتكهرب

وتثبت هذه الظاهرة ان الكهرباء السالبة الحادثة فى الغطاء والكهرباء الموجبة الحادثة فى الجزء السفلى من الكشاف تتوزعان حيث يمحو تأثيرهما تأثير الاجسام المكهربة التى هى خارج الغلاف

تدريب ٣٧ — ا — نضع غطاء اسطوانى الشكل من منسوج معدنى على قرص من النحاس قد عزل بآخر من البارافين وذلك بعد ان نوجد أسفله كشافاً يتصل قرصه بسلسلة معدنية بجدار الغطاء (شكل ٣٣)


(شكل ٣٣)

ب — نصل بين الغطاء ومستودع آلة كهربائية بتضيب معدنى ثم ندير الآلة فنشاهد ان ورقتى الكشاف لا تتأثران

حـ — نرفع الغطاء ونكهرب الكشاف ثم نغطيه بعد ان نفصل السلسلة ونعيد العمل كما تقدم فنجد أيضاً ان الورقتين لا تتأثران

نستنبط من التدريبين السابقين النتيجة الهامة الآتية

التأثير الكهربائى محال بمرور الغلاف الموصل

وقد دلت التجربة على انه لا يلزم ان يكون الغلاف محيطاً احاطة تامة بالمتأثر حتى يمحو تأثير المؤثر فيه بل يكفى ان يوضع بينهما لوح موصل عريض متصل بالارض

تدريب ٣٨ — ا — نقرب قضيبا مكهربا من الابونيت من قرص الكشاف فنشاهد انفراج الورقتين

ب — نضع بين قرص الكشاف والجسم شبكة معدنية عريضة مقبوضا عليها باليد فنشاهد سقوط الورقتين على الفور

وسبب ذلك ان قضيب الابونيت يولد بالتأثير فى وجه المنسوج

الذى يقابله شحنة موجبة يمحو تأثيرها تأثير شحنة قضيب الابونيت

يتضح من هذا اننا اذا أردنا ان نتجنب تأثير أحد جسمين مكهربين فى آخر كفى ان نضع بينهما لوحا معدنيا عريضا أو شبكة معدنية عريضة موصلة بالارض

على ان الاجسام العازلة لا تمنع التأثير خلالها بل تسهله

تدريب ٣٩ — قرب قضيبا مكهربا من الأبونيت من قرص كشاف ثم ضع بينهما قرصا من البارافين بعد ان تجففه بامراره على لهب فتشاهد ان ورقتى الكشاف لا تفترقان بل يزيد انفراجهما قليلا

نستخلص من هذا ان **التأثير الكهربائى يقع خلال الاجسام العازلة**

٣٨ — **السنطير الكهربائى** — من التجارب الكثيرة المؤسسة على التأثير الكهربائى تجربة السنطير الكهربائى وهو آلة مكونة من ثلاثة أجراس صغيرة معلقة فى ساق أفقية المتطرفان منها معلقان بسلكين من المعدن والاوسط بخيط من الحرير وموصل بالارض بسلسلة صغيرة من المعدن (شكل ٣٤) وهناك كرتان معدنيتان معلقتان فى الساق بخيطين من الحرير بين الجرس الاوسط والجرسين المتطرفين

(شكل ٣٤)

تدريب ٤٠ — تعلق السنطير فى مستودع آلة كهربائية ثم ندرها فيتكهرب الجرسان المتطرفان ويجذبان الكرتين الى ان يساهما ثم

يدفعانهما فتصلان الى الجرس الاوسط الذى يكون قد تكهرب بالتأثير تكهربا مخالفا لتكهرب المستودع فيدفعهما هذا أيضاً الى الجرسين المتطرفين وهلم جرا

تدريب ٤١ — ندير آلة كهربائية وبعد ان يتكهرب مستودعها (شكل ٣٥) نقرب منه ساقا معدنية مسننة الطرف فنشاهد

(شكل ٣٥)

ان شحنتها تكاد تفنى وذلك يدل على ان كهرباء الآلة تؤثر فى الساق وجسم الانسان فتتراكم الكهرباء المخالفة لشحنة الآلة فى السن ثم تتسرب منه الى الآلة فترجع الى حالة التعادل

تمرينات

١ — اذا قربت من بعد وبيطء من كشاف موجب الشحنة جسماً مكهربا وشاهدت ان انفراج ورقتيه يأخذ فى النقص الى أن يمحى ثم يعود فيأخذ فى الزيادة . فما سبب ذلك وما نوع شحنة الجسم

٢ — اذا شحنت موصلا شحنة موجبة فكيف تستخدمه فى شحن موصل آخر شحنة سالبة

٣ — من المعلوم انك اذا قربت جسماً من كرة بندول معزول مكهربة فاما ان يجذبها وأما ان ينفرها . والمطلوب ايضاح ان الحالة الثانية اضمن للوقوف على نوع شحنة الجسم

٤ — اذا كهربت جسما معدنيا معزولاً ومسست به قرص كشاف انفرجت ورقتاه واستمرتا على انفراجهما بعد ابعاد الجسم . واذا فرغت الكشاف وقربت من قرصه الجسم المكهرب ثانية انفرجت ورقتاه على انك اذا أبعدت الجسم دون ان تمس به قرص الكشاف انطبقت الورقتان سريعاً . والمطلوب ايضاح سبب استمرار الورقتين على انفراجهما فى الحالة الاولى وانطباقهما فى الحالة الثانية

٥ — اذا شحنت كشافاً شحنة موجبة فما الذى تتوقع حدوثه فى كل من الاحوال الثلاث الآتية مع ايضاح أسباب ما يقع فى كل منها

أولاً — اذا قربت من قرصه جسما غير مكهرب

ثانيا — اذا قربت من قرصه جسما مشحوناً شحنة موجبة

ثالثاً — اذا قربت من قرصه جسما مشحوناً شحنة سالبة

٦ — أثبت بأى طريقة تختارها ان نوعى الكهرباء يتولدان بمقدار واحد سواء أكان التكهرب حاصلاً بالدلك أم بالتأثير

٧ — اذا شحنت كرتين متماثلتين شحنتين ايجابيتين متساويتين ثم قربت احداهما من الاخرى فكيف تتوزع الكهرباء على سطحيهما

الباب الثالث

الجهد الكهربائى

تمهيد

٣٩ — **الشغل الآلى** — لا بد فى كل عمل صناعى من اعتبار امرين القوة المؤثرة والمسافة التى يقطعها الجسم الذى تؤثر فيه فالفعلة الذين يرفعون الاحجار يتقاضون أجورهم على حسب وزن الأثقال التى يحملونها والارتفاعات التى يوصلونها اليها وكذلك تستولى شركات النقل على أجور تناسب الأثقال المنقولة والمسافات التى تنقل اليها

لذلك أطلق على هذين الأمرين معا لفظة «**شغل**» ويقال ان الشغل يزيد تبعا لازدياد الجهد المبذول والمسافة المقطوعة . فاذا وضعنا جسما على نضد ضغطه بقوة تساوى وزنه على انه لا يقال ان هذه القوة تشتغل لانها لاتحدث انتقالاً فى الجسم

وحدة الشغل — وحدة الشغل تسمى **كيلوجرام متر وهو الشغل المنجز فى رفع كيلو جرام واحد مترا واحدا**

فاذا رفعنا ثقلا يزن و كيلو جراما الى علو ع مترا كان الشغل الحاصل

ش = و × ع كيلو جرامات متر

٤٠ — **القدرة** — نعلم ان كل آلة قادرة على اتمام أى شغل مهما بلغ وانما تختلف الآلات بعضها عن بعض فى الزمن الذى تتم فيه شغلا

معينا . ولذا عرفت قدرة الآلات بما يأتى

تعريف — **قدرة الآلة هى مقدار ما تنتج من الشغل فى الثانية الواحدة**

وحدة القدر — وحدة القدر تسمى « **الحصان البخارى** » وهو **قدرة آلة تنتج شغلا يساوى ٧٥ كيلو جرام متر فى الثانية الواحدة**

أو بعبارة أخرى قدرة آلة تقدر على رفع ٧٥ كيلوجراما مترا واحدا فى الثانية او كيلو جراما واحدا ٧٥ مترا فى الثانية

٤١ — **طاقة الجريان** — نعلم انه اذا كان هناك سقوط فجائى فى مجرى ماء امكن استعمال المياه الساقطة فى ادارة ساقية أو طاحونة أو غيرهما من الآلات وهـذا يدل على أن المياه الساقطة من علو قادرة على اداء شغل معين فى زمن معين

و يتبين من ذلك أن المياه قبل سقوطها تكون قادرة على اداء شغل مفيد ولذا يقال ان فيها طاقة جهد مدخرة تفقدها بعد سقوطها

وعلى العموم يصرف كل جسم ساقط طاقة جهد و يدخر كل جسم يُرفع طاقة جهد تساوى مقدار الشغل المنصرف اثناء رفعه

فاذا ضغطنا زنبركا لتقريب لفاته ادخرنا فيه الشغل الذى نصرفه على ان الزنبرك يصرفه ثانية حين امتداده

وبالاختصار تزيد أو تنقص طاقة جهد جسم على قدر ما يتناوله أو يصرفه من الشغل فاذا تناول شغلاً زادت طاقة جهده بمقدار جميع

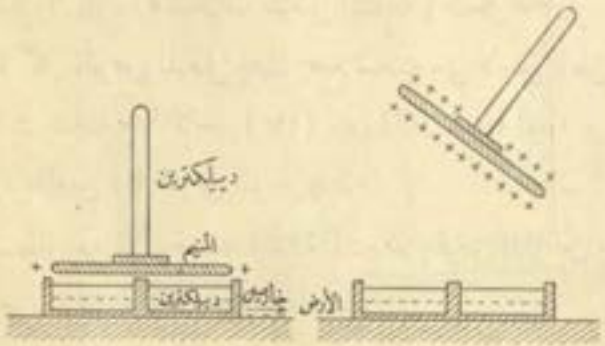
الشغل الذى تناوله واذا صرف شغلاً نقصت طاقة جهده بمقدار جميع الشغل الذى صرفه

فاذا ملأنا ساعة حائط أو ساعة جيب فاننا ندخر طاقة اما فى الثقل المحرك للاولى واما فى الزنبرك المحرك للثانية . هـذا الشغل يصرف جميعه تدريجاً اثناء دوران الساعتين للتغلب على الاحتكاك الواقع فى التروس المتعاشقة

وتنشأ طاقة جهد الانسان من احتراق المواد الغذائية التى يتناولها وطاقة جهد المياه الساقطة من بخر وتكثيف المياه

٤٢ — **الالكتروفور** — هو أبسط الآلات الكهربائية المعدة نظريا لاحداث شحنات كهربائية لانهاية لها وهو يتركب كما فى شكل ٣٦ من جزأين رئيسين

أولاً — قرص من الديلكترين قد صب وهو فى حالة الانصهار فى قالب معدنى تنشز منه ناتئة اسطوانية صغيرة تنفذ من قرص البارافين وتبرز من سطحه العلوى بروزا يسيرا



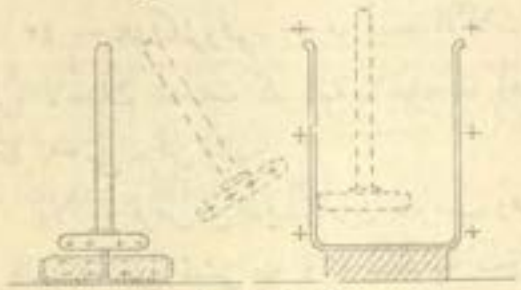
(شكل ٣٦)

ثانياً — قرص معدنى له مقبض عازل

تدريب ٤٢ — ندلك القرص العازل بفرو سنور فيتكهرب كهربة سالبة ثم نطبق عليه القرص الموصل ومتى تم ذلك صار موصلاً بالارض عن طريق الناتئة التى تلامسه والقالب المعدنى فتتسرب كهرباؤه السالبة الى الارض وتبقى كهرباؤه الموجبة مقيدة على سطحه السفلى

نرفع القرص ممسكين به من مقبضه العازل فتنتشر الكهرباء الموجبة على جميع سطحه

ومهما كانت الشحنة الناتجة صغيرة فانه يمكننا مع تكرار العملية السابقة ايصال مقدار عظيم من الكهرباء لموصل آخر معزول . ويكفى لذلك ان نستعمل معه وعاء معدنيا معزولا نفرغ فيه شحنات الموصل المتتابعة (شكل ٣٧)



(شكل ٣٧)

ولما كان القرص الموصل يترك جميع شحنته متى لامس باطن الوعاء مهما كانت شحنة هذا الاخير (١٧) تبين لنا ان شحنة الوعاء تزيد فى كل مرة يلامس فيها القرص الموصل باطنه

وسنطلق من الآن فصاعدا لفظة المنتج على قرص البارافين والناقل على القرص الموصل والجامع على الوعاء المعزول

تنبيه — ربما يتوهم بناء على ماتقدم انه يمكن باستعمال الالكتروفور

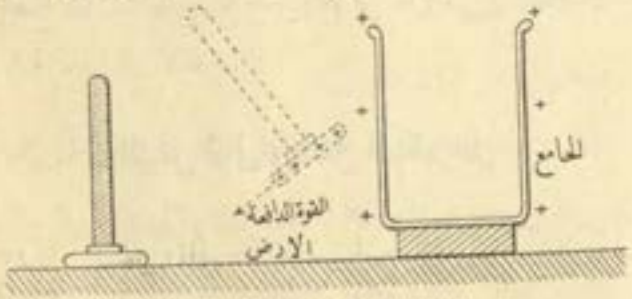
الحصول على شحنة كهربائية عظيمة بدون بذل جهد ما غير أن الأمر يخالف ذلك اذ لا بد من صرف شغل للوصول الى هـذه الغاية للسببين الآتيين

أولاً — لأن شحنة المنتج تخالف شحنة الناقل فيجذبه اليه وهذا ما يعوق حركته (شكل ٣٧)

ثانياً — لأن شحنة الجامع تكون من نوع شحنة الناقل فينفره وهذا يعوق كذلك حركة الناقل

يتبين من ذلك انه يجب صرف شغل لنقل الناقل من المنتج الى الجامع

وهنا يقع تماماً مثل ما يقع عند ما نرفع ثقلاً . ذلك لأن جذب الارض يعوق حركة الجسم و يلزم حينئذ صرف شغل للتمكن من رفعه . ولما كان الشغل المنصرف فى رفع الجسم يبقى مدخراً فيه على صورة طاقة جهد (٤١) كان كذلك الشغل المنصرف فى كهربة جسم يبقى مدخراً فيه على صورة طاقة جهد يمكن الحصول عليها تماماً حين افراغه . والدليل على ذلك اننا اذا لامسنا سطح الجامع المكهرب الخارجى بموصل معزول على



(شكل ٣٨)

حالة التعادل (شكل ٣٨) سرى فيه جزء من كهرباء الجامع الذى يدفعه

بتأثير الشحنة الباقية فيه . ولما كان الدفع واقعاً فى اتجاه حركة الناقل امكن الحصول منه على شغل الى ان يلامس الارض و يفقد شحنته . واذا أعدنا هـذه العملية نقصت شحنة الجامع مرة اخرى وحصلنا على شغل جديد وبالاختصار يمكننا الحصول على شغل من الجامع الى ان يفقد شحنته وفى النهاية نكون حصلنا على جميع الشغل الذى صرفناه فى كهربته من ذلك نستنبط ما يأتى

أولاً — **كهربة الجسم هى طريقة خاصة لزيادة طاقة جرمه**

ثانياً — **لا يمكن امرار هذا النوع من الطاقة فى جسم اذا لم يصرف شغل يساوى على الاقل الشغل الممكن الحصول عليه عين افراغ الجسم**

وقد اطلق على هذا النوع من الطاقة « **طاقة الجرم الكهربائية** » أو « **الطاقة الكهربائية** »

يتضح لنا مما سبق انه يمكن تحويل كل من الطاقتين الآلية والكهربائية بتمامها الى الاخرى

الشغل المائى والشغل الكهربائى

٤٣ — **الشغل المائى** — نفرض اسطوانة بها ماء الى المستوى المعتبر صفراً ولنفرض انه مستوى سطح بركة مجاورة أو سطح البحر (شكل ٣٩) ونرمز بالرمز ن الى مقطعها العمودى مقدراً بالديسيمترات

(شكل ٣٩)

المربعة ونفرض ان مساحة هـذا المقطع كبيرة كبراً كافياً حتى اذا أدخلنا فيها كيلوجراماً من الماء لا يتغير سطح الماء فى باطنها تغيراً يذكر

فاذا فرضنا اننا أدخلنا بادئ بدء فى الاسطوانة مقداراً من الماء كتلته و كيلوجراما وأن سطح الماء ارتفع فيها بمقدار ع ديسيمتراً نتج أن

و = ن × ع كيلوجراماً (١)

فاذا أردنا الآن ان نرفع كيلوجراماً آخر من الماء لاضافته الى ماء الاسطوانة وجب ان نؤثر فيه بقوة تساوى وزن كيلوجرام وان ننقل نقطة تأثير هـذه القوة بمقدار ع من الديسيمترات وحينئذ يكون مقدار الشغل المنصرف

شهـ = ١ × ع = ع كيلوجرام ديسيمتر (٢)

فيتبين لنا من ذلك ما يأتى

أولاً — **يعين العدد ع مقدار كل من ارتفاع الماء فى الاسطوانة والشغل الذى يصرف لاضافة كيلوجرام الى ما فيها**

ثانياً — **ان الشغل اللازم لايصال كيلوجرام من مستوى الصفر الى داخل الاسطوانة يزيد تبعاً لازدياد مقدار ما تحويه**

من الماء . لانه ينتج من (١) أن

$$ع = \frac{و}{س}$$

ومعنى هذا أن الشغل المنصرف يناسب كتلة الماء فى الاسطوانة لان س عدد ثابت

٤٤ — **الشغل الكهربائى** — نعود الآن الى الالكتروفور وجامعه ونفرض ان هذا الأخير على حالة التعادل فاذا أوصلنا اليه شحنات كهربائية متتالية وذلك بنقل الناقل من المنتج اليه وفرضنا أن كلا من الشحنات المنقولة تساوى وحدة الكميات الكهربائية وان شحنة الجامع وصلت الى عدد من الوحدات يساوى ك وأردنا اضافة وحدة كهربائية اخرى وجب ان نصرف شغلاً لقهر الدفع الذى يقع بين الجامع والناقل

ولما كانت الشحنة التى ينقلها الناقل فى كل مرة تستمر ثابتة المقدار اثناء نقلها وكانت شحنة الجامع ك تزيد كل مرة بمقدار ثابت نتج بناء على قانون كولُن ان التنافر الناتج يكون مناسبا لمقدار الشحنة ك

ولما كان من السهل ان نجعل الطريق الذى يتبعه الناقل فى كل مرة لا يتغير كان من الواضح أن الشغل المنصرف فى الطريق المذكور يناسب أيضاً الشحنة ك

نستنبط من ذلك القاعدة الآتية —

الشغل ش اللازم لنقل وحدة الشحنات الكهربائية من البيضوع الى الجامع يناسب مقدار الكهرباء التى فى الجامع مناسبة طردية

٤٥ — **المضاهاة بين الشغل الآلى والشغل الكهربائى** — النتيجة المتقدمة تشبه تماماً النتيجة التى وصلنا اليها فى بحث ما يقع حين استعمال الاسطوانة المائية كما يتبين ذلك مما يلى

(١) الاسطوانة تحتوى على كتلة من الماء تساوى و	(١) الموصل المكهرب يحتوى على مقدار من الكهرباء يساوى ك
(٢) لانصال كيلوجرام من الماء من مستوى سطح البركة الى الاسطوانة يجب صرف شغل يساوى ع	(٢) لانصال وحدة الشحنات الكهربائية من الارض الى الجامع الكهربائى يجب صرف شغل يساوى ش
(٣) يكون الشغل ع مناسبا لكتلة الماء و التى فى المستودع	(٣) يكون الشغل ش مناسبا للشحنة الكهربائية ك التى على الموصل

ومن السهل ان نجرى الى أبعد من ذلك فى المضاهاة بان نقول

العدد ع الذى يعين مقدار ما يصرف من الشغل لنقل كيلو جرام من الماء من مستوى سطح البركة الى المستودع يعين ايضا ارتفاع سطح الماء فى المستودع	العدد ش الذى يعين مقدار ما يصرف من الشغل لنقل وحدة الشحنات الكهربائية من الارض الى الموصل يعين ايضا مقدار المستوى الكهربائى فى الموصل

ويسمى المستوى الكهربائى لموصل **جهده الكهربائى**

من ذلك كان التعريف الآتى

٤٦ — **تعريف الجهد الكهربائى** — **الجهد الكهربائى لموصل هو مقدار مايصرف من الشغل لايصال وحدة الشحنات الكهربائية من الارض الى الموصل**

تنبيه ١ — يتبين من التعريف السابق ان الجهد الكهربائى يكون معدوما على سطح الارض الذى يعين صفر مقياس الجهود الكهربائية كما ان مستوى سطح البركة يعين صفر مقياس ارتفاعات المياه

تنبيه ٢ — يتضح أيضاً مما سبق انه يجب ان يكون الجهد ﻫ واحدا فى جميع نقط الموصل المشحون

وتستمر المضاهاة أيضاً اذا زاد الجهد أو نقص

(١) يجب صرف شغل لرفع مستوى سطح الماء فى مستودع

(٢) اذا هبط الماء كان قادرا على انجاز شغل

(١) يجب صرف شغل لرفع الجهد فى موصل مشحون كهربائيا موجبة

(٢) اذا هبط الجهد الكهربائى الموجب كان قادرا على انجاز شغل

٤٧ — **وحدة الجهود العملية** — من السهل استنباط تعريف

وحدة الجهود العملية من طريقة المضاهاة السالفة الذكر (شكل ٤٠)

(شكل ٤٠)

اذا اردنا ان نرفع كيلوجرام الماء من نقطة تعلو سطح فى البركة بمقدار ع لاضافته الى ماء الاسطوانة بدلا من اخذه من ماء البركة وجب صرف شغل يساوى ع — ع

اذا اردنا ان ننقل وحدة الشحنات الكهربائية من موصل جهده ﻫ الى موصل آخر جهده ﻫ بدلا من نقله من الارض وجب صرف شغل يساوى ﻫ — ﻫ

فاذا فرضنا اننا كررنا هذه العملية مرات عددها ك كان مقدار الكهرباء المنقولة يساوى ك والشغل المنصرف

$$\text{شغ} = \text{ك} (\text{ﻫ} - \text{ﻫ}') \qquad (١)$$

لم يبق أمامنا الآن الا اختيار وحدة للجهود الكهربائية . على اننا نذكر قبل كل شئ انه لاسباب لا مجال لشرحها فى هذا المقام اختيرت وحدة مخصوصة تستخدم عمليا فى تعيين مقادير الشغل الكهربائى بدلا من الكيلوجرام متر تسمى جول ويكفينا معرفة مقدارها وهو

$$\text{الجول} = \frac{\text{كيلو جرام متر}}{٩٫٧٩}$$

أى ان الجول يساوى على وجه التقريب عشر الكيلو جرام متر

ونعلم من طريق آخر ان وحدة الشحنات الكهربائية تسمى كولنا ولما كانت هاتان الوحدتان معلومتين أمكن ان نستنبط منهما وحدة الجهود العملية لانه تقدم فى (١) ان

$$\text{شغ} = \text{د} (\text{ج} - \text{ج}')$$

فاذا فرضنا ان شغ تساوى جولا واحدا وان د تساوى كولنا واحدا نتج ان $\text{ج} - \text{ج}' = ١$

فيقال حينئذ ان **فرق جهد موصلين يساوى وحدة الجهود العملية اذا أنتج او استنفد نقل كولن من احدهما الى الآخر شغلا يساوى جولا .**

وتسمى وحدة الجهود العملية **فلطا** ويرمز اليها عادة بالرمز فل

مثال – ما مقدار ما يمكن أن تنجزه من الشغل شحنة كهربائية تساوى $\frac{١}{٤٠٠٠}$ من الكولن اذا هبط جهدها بقدر ٨٠٠٠ فلط

الحل – ينتج مما سبق أن :

$$\text{شغ} = \frac{١}{٤٠٠٠} \times ٨٠٠٠ = \text{جولين}$$

٤٨ — **وحدة الجهود العلمية** — هى جهد كرة بعيدة عن كل تأثير كهربائى يبلغ نصف قطرها سنتيمتراً وشحنتها وحدة الكميات الكهربائية العلمية . وهى اكبر من الفلط ٣٠٠ مرة

٤٩ — **وحدة الشغل العلمية** — تسمى وحدة الشغل العلمية ارجا وهى تساوى $\frac{١}{٧١٠}$ من الجول

٥٠ — **التوازن الكهربائى بين موصلين مكهربين** — اذا فرضنا اسطوانتين رأسيتين فيهما ماء يبلغ ارتفاعه فوق مستوى الصفر فى أحداهما ع وفى الأخرى ع' ووصلنا بينهما بانبوبة ضيقة وكان ع = ع' بقى الماء على حالة توازنه فيهما . أما اذا كان ع > ع' فيسرى الماء من أولاهما الى الثانية حتى يستوى سطحه فيهما . ويمكن استعمال سريان الماء فى الحصول على شغل

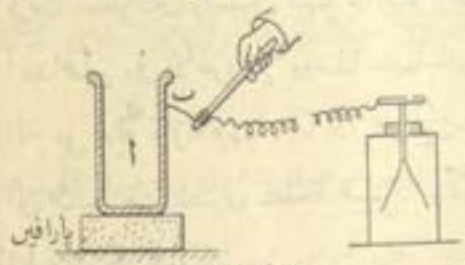
وكذا اذا فرضنا موصلين مكهربين جهد أحدهما ج وجهد الثانى ج' وأوصلنا بينهما بسلك موصل دقيق وكان ج = ج' بقيت الكهرباء فيهما على حالة التوازن دون أن يتغير شئ فى حالتهما الكهربائية أما اذا كان

هـ > هـ' فتسرى الكهرباء الموجبة من أولها الى ثانيهما حتى يتساويا فى الجهد ويمكن استعمال هذا السريان فى الحصول على شغل

قياس الجهد الكهربائى قياسا نسبيا — لقياس ارتفاع الماء فى اسطوانة رأسية (شكل ٤١) تستعمل عدة طرق منها أن يوصل بين الاسطوانة وأنبوبة ضيقة قاعدتها فى مستوى قاعدة الاسطوانة بواسطة انبوبة اخرى ضيقة فيرتفع سطح الماء فى الثانية الى سطحه فى الأولى دون أن يؤثر ذلك تأثيراً يذكر فى ع فيكفى حينئذ قياس ارتفاع الماء فى الانبوبة الضيقة . وتستعمل هذه الطريقة فى تعيين ارتفاع الماء فى مراجل الآلات البخارية

(شكل ٤١)

وكذا اذا وصلنا موصلا جهده الكهربائى هـ بقرص كشاف صغير بواسطة سلك معدنى طويل دقيق (شكل ٤٢) تكهرب قرص الكشاف وورقتاه وأصبح جهد كليهما مساوياً جهد الموصل دون أن يتغير جهد هذا الأخير تغيراً يذكر وحينئذ يكفى قياس جهد الورقتين . وقد علمنا مما تقدم (٤٤ و ٤٥) ان جهد الورقتين يناسب شحنتيهما وفى هذا دلالة على أنه اذا كان الكشاف مدرجاً امكن



(شكل ٤٢)

بمشاهدة مقدار انفراج ورقتيه تقدير جهدهما تقديراً نسبياً ويقدر تبعاً لذلك جهد الموصل . ومن الواضح أن الجهد يكون موجباً أو سالباً على حسب كون الشحنة موجبة أو سالبة

تدريب ٤٣ - نلف السلك قريباً من طرفه ب على قضيب عازل (شكل ٤٢) ثم نجيله بالوعاء مع جعل طرفه ب مرتكزاً اما على سطحه الباطنى الذى علمنا أن كثافة الكهرباء فيه معدومة واما على أجزائه البارزة التى نعلم أن كثافة الكهرباء فيها تزيد عليها فى أجزائه الاخرى فنشاهد أن انفراج الورقتين لا يتغير

يتبين لنا من هذا التدريب الفرق بين الجهد الكهربائى الذى يكون واحداً فى جميع كتلة الموصل والكثافة الكهربائية التى تختلف فى أجزائه المختلفة وتكون معدومة فى باطنه

٥١ — وحدة القدرة — الوات — ذكرنا فى (٤٠) ان قدرة الآلة هى مقدار ما تتمه من الشغل فى الثانية الواحدة . وتسمى وحدة القدرة العملية المستعملة فى الكهرباء « واتا »

تعريف — الوات هو قدرة الآلة التى تتم شغلا يساوى جول فى الثانية الواحدة

مثال — أوجد ما يساويه الحصان البخارى من الأوتات

الحل — نعلم أن الحصان البخارى يتم شغلاً يساوى ٧٥ كيلو جرام متر فى الثانية

وان الكيلوجرام متر يساوى ٩٫٧٩ من الأجوال

∴ الحصان البخارى يعين قدرة الآلة التى تتم شغلاً يساوى ٧٥ × ٩٫٧٩ = ٧٣٤٫٢٥ من الأجوال فى الثانية الواحدة . ومعنى هذا أن قدرة الحصان البخارى تساوى قدرة الوات ٧٣٤ مرة

تمرينات

١ – ما مقدار ما يمكن أن تنجزه من الشغل شحنة كهربائية تساوى $\frac{١}{١٢٠٠٠}$ من الكولن اذا هبط جهدها بقدر ٦٠٠٠ فل

٢ – ما مقدار ما يجب صرفه من الشغل لايصال شحنة كهربائية مقدارها $\frac{١}{٢٠٠٠٠}$ من الكولن إلى منسوب كهربائى يزيد على منسوبها بقدر ١٠٠٠٠ فل

٣ – ما مقدار ما يمكن أن تنجزه من الشغل شحنة كهربائية تساوى $\frac{١}{١٥٠٠٠}$ من الكولن اذا هبط جهدها من ١٥٠٠٠ فل إلى ١٠٠٠٠ فل

٤ – اذا وضعت وعاءين متساويين من أوعية فراداى على قرصى كشافين متماثلين يبعد أحدهما عن الآخر بعداً كافياً حتى لا يؤثر فيه ووصلت بين القرصين بسلك دقيق فما التغيرات التى تتوقع حدوثها فى كل من جهد وانفراج ورقتى كلا الكشافين

أولاً – اذا أدخلت فى أحد الوعاءين كرة مكهربة كهربة موجبة دون أن تمسه بها

ثانياً – اذا قطعت السلك بوساطة خيط من الحرير

ثالثاً – اذا نحيت الكرة دون أن تمس بها الوعاء

٥ – اذا شحنت وعاء فراداى ومسست باطنه بكرة معلقة فى خيط من الحرير ثم قربت الكرة من قرص كشاف لحظت أنها لا تؤثر فيه

ولكنك اذا وصلت بين باطن الوعاء وقرص الكشاف بوساطة سلك رقيق شاهدت انفراج الورقتين . فما سبب ذلك

٦ — اذا ألقيت كرة من النحاس فى وعاء فراداى بعد ان تشحنه شحنة موجبة فما تكون شحنة الكرة وما يكون جهدها

الباب الرابع

السعة الكهربائية والمكثفات

السعة الكهربائية

٥٢ — تعريف السعة الكهربائية — علمنا مما سبق ان كل موصل يحيد عن التأثيرات الكهربائية تناسب جهوده شحناته (٤٤ و٤٥) فاذا صارت شحنة الموصل ك مثلين أو ثلاثة أمثال صار جهده هـ مثلين أو ثلاثة أمثال. وقد اطلق على النسبة الثابتة بين شحنة الموصل ك وجهده هـ اسم « السعة الكهربائية للموصل » فاذا رمزنا اليها بالرمز س نتج أن

$$س = \frac{ك}{هـ} \qquad (١)$$

والسعة الكهربائية تميز الموصل متى كان بعيداً عن المؤثرات الكهربائية كما انها تتغير تبعاً لتغير شكله وأبعاده

٥٣ — وحدة السعات العملية — تسمى وحدة السعات العملية **فرادا** ويمكن استنباطها مباشرة من القانون $س = \frac{ك}{هـ}$ لاننا لو فرضنا فى القانون المذكور ان ك تساوى كولنا واحداً وان هـ تساوى فلطا واحداً كانت س تساوى فرادا واحداً . من ذلك ينتج التعريف الآتى

تعريف — الفراد هو سعة الموصل الذى يكون جهده فلطا واحدا حينما تكون شحنته كولنا واحدا

على أن الفراد لا يستعمل عملياً لكبره والمستعمل عادة هو الميكرو فراد

وهو يساوى جزءا من المليون من الفراد

ومن الممكن أن نتصور مقدار كبر الفراد اذا علمنا أن سعة الكرة الارضية جميعها لا تبلغ ٧١٠ ميكروفرادا

مثال — ما سعة الموصل الذى يصبح جهده ١٠٠ فلط متى بلغت شحنته $\frac{١}{٤٠٠٠٠٠}$ من الكولن

الحل — نطبق المعادلة (١) فينتج أن

$$س \text{ فرادا} = \frac{ك \text{ كولنا}}{هـ \text{ فلطا}}$$

$$\therefore \quad س = \frac{١}{١٠٠ \times ٤٠٠٠٠٠} = \frac{١}{٤٠٠٠٠٠٠} \text{ من الفاراد}$$

$$= \frac{١}{٤} \text{ الميكروفراد}$$

٥٤ — المضاهاة بين المقطع العمودى للاسطوانة المائية والسعة الكهربائية — يمكننا ان نستنبط ذلك من طريقة المضاهاة بين الظواهر الكهربائية والظواهر المائية

(١) الاسطوانة الرأسية تحتوى على كمية من الماء تساوى و	(١) الموصل الكهربائى يحمل مقدارا من الكهرباء يساوى ك
(٢) ارتفاع سطح الماء فى الاسطوانة يساوى ع	(٢) الجهد الكهربائى للموصل يساوى هـ
(٣) $و = س ع$	(٣) $ك = س هـ$
(٤) س تعين المقطع العمودى للاسطوانة	(٤) س تعين السعة الكهربائية للموصل

يتبين من هذا ان سعة الموصل تشبه من جميع الوجوه المقطع العمودى للاسطوانة التى اتخذت وسيلة للمضاهاة

٥٥ — **الموازنة الفعلية بين السعات الكهربائية** — نفرض اسطوانتين رأسيتين ا ب ، أ ب (شكل ٤٣) بهما ماء يبلغ ارتفاعه مبتدئا من مستوى الصفر فى احداهما ع وفى ثانيتهما ع' ونفرض ان مقطعيهما العموديين س ، س'. فاذا ماوصلنا بينهما بأنبوبة ضيقة ع استوى سطح الماء أ فيهما وكان بين سطحيهما الاولين ولنفرض ان بعده عن مستوى الصفر يصبح ع''

(شكل ٤٣)

ولما كانت كتلة الماء فوق مستوى الصفر لم تتغير نتج ان

$$س ع + س' ع' = (س + س') ع''$$

وشبيه بذلك أن نفرض موصلين ا ، أ بعيداً أحدهما عن الآخر بحيث لايقع أقل تأثير كهربائى من أولهما فى الثانى ونفرض انهما مكهربان وان سعة أولهما س وجهده الكهربائى د وسعة ثانيهما س' وجهده د' ثم نصلهما بسلك دقيق يمكن اهمال سعته فمتى تم ذلك اتحد الجهد فيهماوكان محصورا بين الجهدين السابقين ولنرمز اليه بالرمز د''

ولما كانت الشحنة الكلية لم تتغير نتج ان

$$س د + س' د' = (س + س') د''$$

$$\frac{س}{س'} = \frac{د'' - د'}{د - د''} \quad (٢)$$

فاذا علمنا المقادير النسبية لكل من الجهود د ، د' ، د'' أمكن ايجاد النسبة بين السعتين س ، س'. من ذلك نرى أنه فى الاستطاعة ايجاد المقادير النسبية للسعات الكهربائية

٥٦ — **وحدة السعات العلمية** — **هى سعة الكرة التى يبلغ نصف قطرها سنتيمترا واحدا متى كانت بعيدة عن جميع التأثيرات الكهربائية**. فاذا فرضنا فى القانون س = $\frac{ك}{د}$ أن ك = كولنا واحداً ، د = فلطا واحدا كانت س = فرادا واحدا

اذن

$$\text{الفراد} = \frac{\text{كولنا}}{\text{فلط}} = \frac{٣ \times ١٠^{١}}{٣^{-١} \times ١٠^{-٢}} = ٣ \times ١٠^{١١} \text{ وحدة علمية}$$

مثال — اذا كهربت جسمين وكان جهد أحدهما ٨ وحدات علمية وجهد الآخر وحدتين علميتين ثم وصلت بينهما بسلك طويل دقيق فأصبح جهدهما المشترك ٦ وحدات علمية فما سعة الجسم الأول اذا علمت ان سعة الثانى ٤ وحدات علمية

الحل — ينتج من (٢) أن

$$\frac{س}{٤} = \frac{٢ - ٦}{٦ - ٨} = ٢ \quad \therefore س = ٨ \text{ وحدات علمية}$$

٥٧ — **سعات الكرات وجهودها** — اذا كانت شحنة كرة نصف قطرها ٨ سم ٢٠ وحدة علمية ووصلناها بأخرى غير مكهربة

نصف قطرها ٢ سم بسلك طويل دقيق ثم عينا شحنة كلتيهما رأينا أنهما لا يتناصفان الشحنة بل أن شحنة الأولى تساوى ١٦ وحدة علمية وشحنة الثانية ٤ وحدات علمية

فاذا رمزنا لشحنة الكرة الأولى بالرمز $ش$ ولشحنة الثانية بالرمز $ش'$ نتج أن

$$\frac{ش}{ش'} = \frac{١٦}{٤} = \frac{٨}{٢}$$

أى أن الشحنتين تناسبان نصفى قطرى الكرتين مناسبة طردية

ولكون الكرتين تتحدان فى الجهد بعد الاتصال ينتج أن سعات الكرات تناسب انصاف اقطارها

ولما كانت وحدة السعات العلمية هى سعة الكرة التى نصف قطرها سنتيمتر كانت سعة الكرة التى نصف قطرها سنتيمتران وحدتين علميتين والتى نصف قطرها ٣ سم ثلاث وحدات علمية وهلم جرا

نستخلص مما تقدم النتيجة المهمة الآتية :

العدد الدال على طول نصف قطر كرة بالسنتيمترات يدل أيضا على سعتها بالوحدات العلمية

مثال ١ – اذا كان نصف قطر كرة ٤ سم وشحنتها ١٦ وحدة علمية فما جهدها

الحل – ينتج من القانون (١) ان

$$جـ = \frac{١٦}{٤} = ٤ \text{ وحدات علمية}$$

مثال ٢ – ما سعة الكرة التى يبلغ نصف قطرها ٩٠ مترا مقدرة

هذه السعة بالميكرو فراد

الحل — الفراد $= ٣^{٢} \times ١٠^{١١}$ وحدة علمية

نصف قطر الكرة بالسنتيمترات $= ٩ \times ١٠^{٢}$ سم

سعة الكرة $= \frac{٩ \times ٣١٠}{٩ \times ١١١٠} = \frac{١}{٨١٠}$ من الفراد

$= \frac{١}{١٠٠}$ من الميكروفراد

تمرينات

١ — اذا كانت شحنة كرة نصف قطرها سنتيمتر تساوى وحدة الكميات العلمية فما جهدها مقدرا بالاقلاط

٢ — اذا أردت ان ترفع جهد كرة نصف قطرها ٢٠ سم بقدر ٣ وحدات علمية فما مقدار ما تمدها به من الكهرباء بالوحدات العلمية

٣ — اذا علمت ان نصف قطر الكرة الارضية ٦٣٦٣ كيلومترا فما سعتها بالفراد

٤ — اذا كانت السعة الكهربائية لكرة تساوى فرادا واحدا فما نصف قطرها وما النسبة بين حجمها وحجم الارض

٥ — اذا كهربت جسمين وكان جهد أحدهما ٨ وحدات علمية وجهد الآخر وحدتين علميتين ثم وصلتهما بسلك دقيق فأصبح جهدهما المشترك ٤ وحدات علمية . فما سعة الجسم الاول اذا علمت ان سعة الثانى وحدتان علميتان

٦ — أمدت كرة بشحنة قدرها خمسون وحدة علمية فارتفع جهدها من ١٠ الى ١٥ وحدة علمية فما نصف قطرها

٧ — اذا وصلت كرة نصف قطرها ١٠ سم وجهدها ٦٠ وحدة علمية بأخرى نصف قطرها ٥ سم غير مكهربة بوساطة سلك دقيق فما يؤول اليه الجهد المشترك بين الكرتين وما شحنة كلتيهما

٨ — اذا كانت سعة موصل ½ ميكروفراد وشحنته $\frac{١}{١٠٠٠٠}$ من الكولن فما جهده

٩ — اذا كانت سعة موصل ميكروفرادا وجهده ٨٠٠ فلط فما شحنته

١٠ — اذا وصلنا كرتين بسلك دقيق وكان نصف قطر احداهما ١٠ سم وجهدها +٥ وحدات علمية ونصف قطر الثانية ١٥ سم وجهدها — ١٠ وحدات علمية فما يؤول اليه الجهد المشترك بينهما

١١ — ما مقدار الكثافة الكهربائية على سطح كرة نصف قطرها ٥ سم وجهدها ١٨٨٥٠ فل

١٢ — اذا وصل موصل سعته $\frac{١٥١}{١٠ \times ٤٥}$ من الفراد وجهده ١٠٥٠٠ فل بآخر سعته $\frac{١٥١}{١٠ \times ٣}$ من الفراد غير مكهرب بسلك دقيق فما يؤول اليه الجهد المشترك بين الموصلين

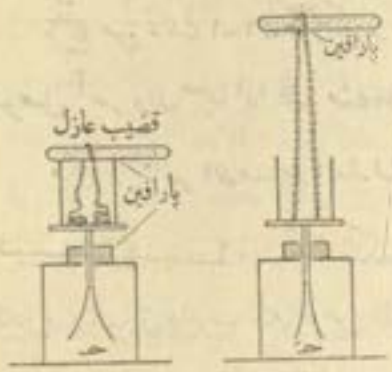
المكثفات

٥٨ — **ازدياد سعة الموصل يتبع ازدياد سطحه الخارجي** —

تدريب ٤٤ — ا — نضع على قرص كشاف اسطوانة صغيرة معدنية

بها سلسلة دقيقة (شكل ٤٤) ونكهرب الهيئة ونقدر الجهد الكهربائي بتعيين مقدار انفراج الورقتين

ب — نرفع السلسلة بقضيب عازل (شكل ٤٥) فنشاهد تقارب الورقتين ولما كان مقدار الشحنة لم يتغير كان تقارب الورقتين دليلا على حصول نقص فى الجهد وزيادة فى السعة



(٤٥) (٤٤)

ينتج من ذلك ان سعة الكهربائية لموصل تزيد او تنقص تبعا لزيادة سطحه الظاهري او نقصه

٥٩ — **زيادة سعة الموصل اذا وضع بجواره موصل آخر** —

تدريب ٤٥ — ا — نضع كشافا على الارض ونكهربه وتقدر الجهد الكهربائي بتعيين انفراج الورقتين (شكل ٤٦)

ب — تقرب من قرص الكشاف قرصا آخر معزولا (شكل ٤٧) فنشاهد تقارب ورقتيه .

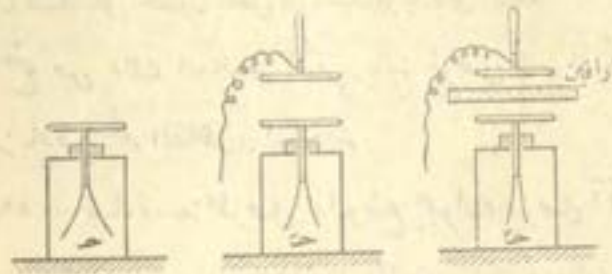
حـ — نصل القرص بالارض فنشاهد زيادة تقاربهما .

د — نزيد تقريب القرص فنشاهد زيادة أخرى فى تقارب الورقتين ولما كان مقدار الشحنة لم يتغير كان هذا التقارب المتوالى للورقتين دليلا على نقص متوال فى الجهد وزيادة متوالية فى السعة

يتنتج من ذلك ان السعة الكهربائية لموصل تزيد اذا قرب منه موصل آخر ولا سيما اذا كان متصلا بالارض

٦٠ — **تأثير الاجسام العازلة التي تفصل بين موصلين** — تدريب ٤٦ . — ا — تأخذ الكشاف المكهرب الذى استعملناه فى التدريب السابق وتقرب منه القرص المتصل بالارض فتزيد سعته

ب — نضع بين القرصين لوحا من الزجاج أو الالبونيت أو البارافين بعد ان تتحقق انه غير مكهرب (شكل ٤٨) فنشاهد تقارب الورقتين



(٤٦) (٤٧) (٤٨)

كما نشاهد عودتهما الى انفراجهما الاول اذا رفعناه

ينتج من ذلك ان ادخال القرص العازل يزيد التأثير الذى يحدثه القرص المساعد

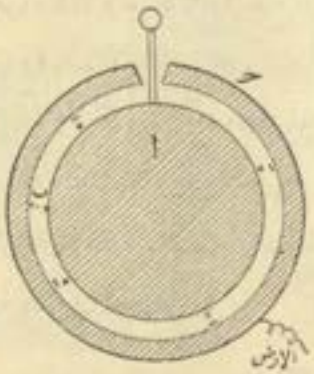
تنبيه — يجب عند ذكر سعة الموصلات ان نفرض انها داخل موصل آخر غير معزول — حوائط الغرفة مثلا — وان جميع الموصلات المجاورة لها متصلة بالارض

٦١ — **المكثفات** — اذا كانت السعة الكهربائية لموصل بعيد عن جميع المؤثرات تساوى س ووصلناه بينبوع كهربائى جهده ﻫ اتحد معه فى الجهد وصارت شحنته ك = س ﻫ . فاذا وضع فى الاحوال التى تزيد فيها سعته وفرضنا انها وصلت الى س كانت شحنته ≤ = س ﻫ . هذا مايعبر عنه بالتكاثف الكهربائى ومعناه تراكم الشحنة دون تغير الجهد .

تعريف — **يطلق اسم مكثف على موصلين وضعا بحيث يتراكم مقدار معين من الكهرباء على أحدهما أكثر مما يتراكم عليه لو كان منفردا**

٦٢ — **المكثف النظرى المقفل** — ان أحسن تكييف للمكثفات هى ان يكون أحد الموصلين محيطا بالآخر احاطة تامة . ويقال للمكثف حينئذ انه مقفل . ويسمى الموصل الداخلى **لبوسا داخليا** والخارجى **لبوسا خارجيا**

والمفروض ان المكثف النظرى مكثف مقفل لبوساه الداخلى والخارجى كرتان ا ، ﻫ متحدتان فى المركز (شكل ٤٩) . ويؤدى اللبوس الداخلى فى جميع المكثفات المقفلة عمل الجامع وتكون الشحنة المتولدة على اللبوس الخارجى مساوية



(شكل ٤٩)

تماما لشحته ومخالفة لها فى النوع (٣٣) وقد ثبت بطريقى التجربة والحساب انه اذا كانت الطبقة الهوائية الفاصلة بين الموصلين رقيقة ومتحدة فى السمك فى مكثفين وكان سطح اللبوس الداخلى لاحدهما يبلغ مثلى سطح اللبوس الداخلى للآخر أو أكثر كانت سعته تساوى مثلى سعة اللبوس الآخر أو أكثر ويتبع ذلك زيادة سعة المكثف بالنسبة عينها اذا صغر سمك الطبقة الهوائية المذكورة فى أحد المكثفين وثبت ايضا أنه الى النصف أو أقل كبرت على العكس سعة المكثف الى المثلين أو أكثر

٦٣ — **قوة التأثير النوعية للعوازل** — قد ثبت ان قوة التأثير ترتبط أيضا بطبيعة العازل الفاصل للبوسين وذا اعتضنا عن الهواء عازلا آخر سواء أكان صلباً أم سائلا تضاعفت سعة المكثف بمقادير تختلف باختلاف مادة العازل . أى ان سعة المكثف تصير حينئذ مساوية لحاصل ضرب سعته الأولى فى عدد ع يسمى قوة التأثير النوعية للعازل . وقد ظهر بطريق التجربة ان قوة التأثير النوعية للصمغ المرن ٢،٢ وللجوتابركا ٤ وللميكا ٦ وللزجاج اليابس ٧ وللكبريت ٢٩

وهذه الاعداد تتغير كثيراً فى الاجسام غير المحدودة التركيب كالزجاج والميكا ويتراوح مقدار تغير ع فى الزجاج بين ٥ و ١٠

وقد ثبت بطريقى التجربة والحساب انه اذا كان لبوسا المكثف متوازيين ومتسعى السطح والمسافة التى تفصل بينهما صغيرة كانت سعته مبينة بالقانون الجبرى الآتى

$$س = \frac{ع \times ط}{٤ \times ف}$$

على فرض ان ع رمز الى قوة التأثير النوعية للعازل و ط مساحة اللبوس الداخلى التى تساوى على وجه التقريب مساحة اللبوس الخارجى و ف سمك الطبقة العازلة

واذا كان المكثف كرى الشكل كانت

$$س = \frac{ع \times ٤ ط نق^{٢}}{٤ ط ف} = \frac{ع نق^{٢}}{ف}$$

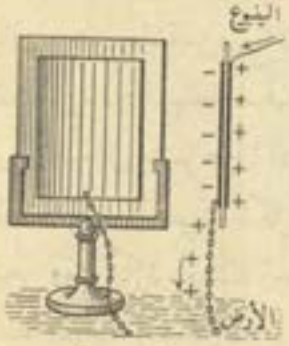
مثال — اذا كان نصف قطر اللبوس الداخلى لمكثف كرى ٥ سم وسمك عازله ملليمتراً واحداً وقوة التأثير النوعية لهذا العازل ٩ فما سعته

ينتج من القانون $س = \frac{ع نق^{٢}}{ف}$ ان

$$س = \frac{٢٥ \times ٩}{\frac{١}{١٠}} = ٩ \times ٢٥ \times ١٠ = ٢٢٥٠ \text{ وحدة علمية}$$

$$= \frac{٢٢٥٠}{٣ \times ١٠^{١١}} = \frac{١}{٤ \times ١٠^{٨}} \text{ من الفراد} = \frac{١}{٤٠٠} \text{ من الميكروفراد}$$

٦٤ — **أنواع المكثفات** — يتركب أبسط المكثفات من لوح من الزجاج ملصق بوجهيه ورقتان متساويتان من القصدير تركت بين كل منهما وحافة اللوح مسافة خالية مدهونة بطلاء من صمغ اللك لزيادة عزل الورقتين (شكل ٥٠)

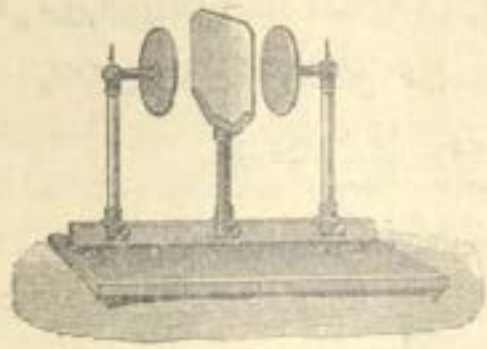


(شكل ٥٠)

ويسمى هذا اللوح لوح **فرنكلن** Franklin نسبة لمبتدعه

وهناك مكثف آخر يشبه المتقدم

يسمى مكثف ايبينوس Æpinus مركب كما فى شكل ٥١ من قرصين من الشبه محمولين على قائمين عازلين قابلين للحركة على مسطرة أفقية بحيث يمكن تقريبهما أو ابعادهما على حسب الارادة بينهما لوح من الزجاج محمول على قائم ثالث قابل للحركة على نفس المسطرة



(٥١ شكل)

٦٥ — **زجاجة ليد** — يمثل اللوح العازل فى هذا المكثف جدارُ قنينة رقيق ولبوسها الداخلى أوراق من القصدير أو الذهب مالئة لها . ولبوسها الخارجى ورقة من القصدير ملصقة على سطحها الخارجى الى ما يقرب من أربعة أخماسها والخمس الباقى مدهون بطبقة من صمغ اللك (شكل ٥٢)

(٥٢ شكل)

وتنفذ من سداد الزجاجة المدهون بصمغ اللك أيضاً ساق من النحاس ينغمر طرفها الاسفل المحدد فى أوراق القصدير أو الذهب (شكل ٥٣) أما طرفها الاعلى فمنحن ومنته بكرة . وهناك زجاجات ليد كبيرة الحجم واسعة الفوهة (شكل ٥٤) يمثل فيها اللبوسَ الداخلى ورقة من القصدير ملصقة بجدارها الباطنى وقد جرت

(٥٣ شكل)

العادة فى هذه الحالة ان تكون الساق المارة من فوهة القنينة مستقيمة ومنتهية من الاسفل بسلسلة يرتكز جزء منها على قرار القنينة ويطلق على المكثف حينئذ اسم **قارورة**

(شكل ٥٤)

ولما كان من الممكن اعتبار زجاجة ليد مكثفاً مقفلا أمكن القول على وجه التقريب ان الشحنة الخارجية تساوى الشحنة الداخلية لان الاولى تنقص قليلا عن الثانية بسبب بروز جزء من اللبوس الداخل خارج الزجاجة

٦٦ — **شحن زجاجة ليد** — لذلك تقبض على لبوس الزجاجة الخارجى باليد وهذا ما يجعله متصلا بالارض وتطبق الكرة التى ينتهى بها الساق على اقطب الموجب من آلة كهربائية بعد ان نصل قطبها السالب بالارض ثم ندبرها (شكل ٥٥) فبعد هنيهة تنجمع

(شكل ٥٥)

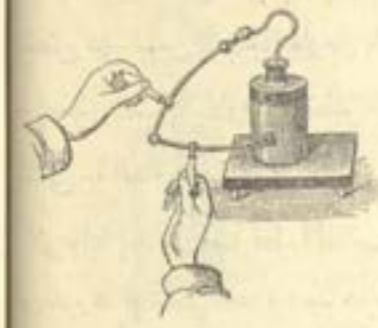
فى اللبوس الداخلى شحنة كهربائية موجبة ≤ = س م وعلى اللبوس الخارجى شحنة سالبة مساوية لها تقريباً — على فرض ان س رمز الى سعة المكثف ى م رمز الى جهد قطب الآلة الموجب

٦٧ — **تفريغ المكثفات** — لذلك تستعمل اما طريقة التفريغ البطىء واما طريقة التفريغ الفجائى

٦٨ — التفريغ البطىء — ليس لهذه الطريقة ادنى فائدة عملية .

وهى تنحصر فى عزل المكثف ثم وصل لبوسيه الداخلى والخارجى على التعاقب بالارض وذلك بلمسه بالاصبع فتطاير شرارة صغيرة عند كل ملامسه و ينقص الفرق بين جهدى اللبوسين تدريجا الى ان يمحى

٦٩ — **التفريغ الفجائى** — الطريقة التى تستعمل عادة لاعادة المكثفات المشحونة الى حالة التعادل هى طريقة التفريغ الفجائى . وحاصلها ان يوصل اللبوسان الداخلى والخارجى بوساطة موصل يقع التفريغ خلاله . ويمكن الوصول الى ذلك بوضع احدى اليدين على أحد اللبوسين والثانية على الآخر غير ان التفريغ يقع حينئذ خلال جسم الانسان وينجم عنه انقباض مؤلم. لذلك يفضل استعمال مايسمى **بالمنبه الكهربائى** وهو مكون من ساقين من المعدن متصلتين اتصالا مفصلياً ومنته كل منهما بكرة . وحينما يراد تفريغ مكثفات عظيمة الشحنة تعزل



(شكل ٥٦)

الساقان بمقبضين من الزجاج (شكل ٥٦) وتوضع احدى الكرتين على اللبوس الظاهرى وتقرب الثانية من كرة اللبوس الداخلى حتى اذا ما قلت المسافة بينهما حصل التفريغ مصحوباً بتطاير شرارة رنانة لامعة

تدريب ٤٧ — ا — نشحن زجاجة ليد ثم نصل لبوسيها بوساطة المنبه فنشاهد تطاير الشرارة

ب — ننتظر هنيهة ثم نصل اللبوسين فنشاهد تطاير شرارة أصغر من الاولى

ح — نكرر ذلك فنشاهد تطاير بضع شرارات أخرى

ولايضاح هذه النتيجة نستعمل زجاجة من الزجاجات التى يمكن فصل لبوسيها من الاناء الزجاجى الفاصل بينهما (شكل ٥٧)

(شكل ٥٧)

تدريب ٤٨ — ا — نشحن الزجاجة ونضعها على قرص عازل ثم نرفع لبوسها الداخلى فيتصل حينئذ بالارض و بعدئذ نرفع الاناء الزجاجى ونصل اللبوس الخارجى بالارض

ب — نركب الزجاجة ثانية ونصل لبوسيها بالمنبه فنشاهد تطاير شرارة فى غاية الشدة

ح — نفصل اللبوسين كما تقدم ثم نعيدهما ونصلهما بالمنبه فنرى تطاير شرارة صغيرة. يتبين من هذا ان معظم كهرباء اللبوسين يستقر على وجهى الزجاج وان جزءا قليلا منها يتخللهما

٧٠ — **البطاريات الكهربائية** — لما كان لزجاجات ليدن حد لا يمكن ان تتجاوزه شحناتها دون ان تكون عرضة للتحطم كان من

الضرورى عند ما يراد الوصول الى نتائج قوية حين افراغها ان يجمع بين عدة زجاجات أو قارورات اما بطريقة الجمع بالسطوح واما بطريقة الجمع بالانحدار

٧١ — **البطاريات السطحية** — تنحصر طريقة الجمع بالسطوح فى جمع الالبسة الداخلية على حدة والألبسة الخارجية كذلك (شكل ٥٨) وكيفية ذلك ان نضع القوارير فى صندوق قد ألصق بباطنه ورقة من القصدير متصلة بعروتيه المعدنيتين المثبتتين فى جداره الخارجى وبهذه الصفة تتصل ألبسة القوارير الداخلية بعضها ببعض أما الألبسة الخارجية فتتصل بسيقان غليظة معدنية بحلقة

(شكل ٥٨)

ولشحن البطارية نصل احدى عروتى صندوقها بسلسلة متصلة بالارض . وحلقتها بينبوع كهربائى فتستمد حينئذ كل قارورة شحنتها كما لو كانت منفردة لان ألبستها الخارجية المتصلة بالارض تؤلف حواجز كهربائية حقيقية ولذلك يتساوى الجهد الكهربائى فى جميعها وتكون الشحنة الكلية ك للبطارية تساوى مجموع شحنات القارورات المركبة لها أى ان ك = ن ك . وكذلك س = ن س على

فرض ان ن عدد القوارير

٧٢ — **البطاريات الانحدارية** — تنحصر هذه الطريقة فى جعل الزجاجات متوالية بان يوصل اللبوس الخارجى لكل زجاجة بالداخلى التالية لها واللبوس الخارجي للاخيرة بالارض والداخلى للاولى بالينبوع الكهربائى عند ما يراد شحن البطارية (شكل ٥٩)

(شكل ٥٩)

فاذا مددنا هذا اللبوس بشحنة موجبة تساوى ك تولد بالتأثير فى لبوس الزجاجة الاولى الخارجى شحنة تساوى — ك وأخرى فى لبوس الزجاجة الثانية الداخلى تساوى ك ثم ان هذه الاخيرة تؤثر بالطريقة عينها فى لبوس الزجاجة الثانية الخارجى ولبوس الزجاجة الثالثة الداخلى وهلم جرا أى ان كل شحنة من الشحنات المتولدة على الألبسة الداخلية تساوى ك وكل شحنة متولدة على الالبسة الخارجية تساوى — ك أو بعبارة أخرى أن جميع الزجاجات مشحونة على وتيرة واحدة . فاذا فرضنا ان جميعها متساوية أى ان سعة كل منها تساوى س كان الفرق بين جهدى لبوسى كل منها

$$م = \frac{ك}{س}$$

ولما كان اللبوس الخارجى للزجاجة الاخيرة متصلا بالارض كان جهد كل من لبوسها الداخلى واللبوس الخارجى للزجاجة التى قبلها يساوى م وكان جهد اللبوس الداخلى لهذه الزجاجة واللبوس الخارجى التى قبلها

يساوى ٢ ﻫ وهلم جرا الى الزجاجة الاولى التى يكون جهد لبوسها الداخلى
ﻫ = ٥ ﻫ

وتستعمل هذه الطريقة حينما يكون هبوط الجهد الكهربائى من ﻫ الى الصفر لا يمكن ان تتحمله زجاجات ليد أو البطاريات السطحية دون أن تتحطم عوازلها

٧٣ — **الطاقة المختزنة فى المكثفات المشحونة** — سبق ان ذكرنا إبان الكلام على الالكترونور (٤٢) ان النتيجة المباشرة لكهربة الموصلات هى ارتفاع طاقة جهدها ونريد الآن أن نبحث عن مقدار ما يمكن ان نحصل عليه من الشغل حينما نفرغ مكثفا

وللوصول الى ذلك نرجع الى شكل ٣٩ . فنرى ان وزن ما يوجد من الماء فى الاسطوانة ا يساوى و وان ارتفاع سطحه عن مستوى سطح الماء فى البركة يساوى ع . فاذا فرغنا الاسطوانة وفرضنا ان مائها منقسم الى طبقات رقيقة كان سقوط الطبقة الاولى من ارتفاع يساوى لا شئ بينما يكون سقوط الطبقة الأخيرة من ارتفاع يساوى ع وكانت النتيجة كما لو كان الماء جميعه ساقطاً من ارتفاع يساوى $\frac{1}{2}$ ع وكان الشغل المنصرف

$$\text{ش} = \text{و} \times \frac{1}{2} \text{ع} = \frac{1}{2} \text{و ع}$$

ويقع مثل ذلك تماماً اذا فرغنا مكثفاً شحنته ك وجهده ﻫ أى أن

$$\text{ش} = \frac{1}{2} \text{ك ﻫ} \qquad (١)$$

ذلك لأن الجهد ﻫ لا يبقى اثناء التفريغ ثابتاً بل ينقص تدريجا

تبعاً لسيلان شحنة المكثف

نستنبط من ذلك أن **الشغل المنجز اثناء تفريغ مكثف يساوى نصف شحنته فى مجهده** أى نصف ما ينجز من الشغل اذا هبط جهد شحنة كهربائية مقدارها ك من الكولن دفعة واحدة بمقدار ﻫ من الفلط

ولما كانت ك = س ﻫ

$$\therefore \quad \text{ش} = \frac{1}{2} \text{س ﻫ}^2 \qquad (٢)$$

أى أن **طاقة المكثفات تساوى نصف سعتها فى مربع مجهدها**

واذا كان لبوسا المكثف متساويين ومتسعى السطح والمسافة التى تفصل بينهما صغيرة جداً كانت

$$\text{ش} = \frac{1}{2} \times \frac{\text{ع ع}}{4 \text{ ط ب}} \text{ﻫ}^2 \qquad (٣)$$

مثال ١ — اذا كان الفرق بين جهدى لبوسى احدى زجاجات ليد ٦٠٠٠٠ فل وسعتها $\frac{20}{11 \times 9 \times 10}$ من الفراد فما كل من طاقتها وشحنتها

أولاً — ينتج من (٢) ان : $\text{ش} = \frac{1}{2} \times \frac{20}{11 \times 9 \times 10} \times 36 \times 10^8$

$$\therefore \quad \text{ش} = \frac{36 \times 10^8}{11 \times 9 \times 10^2} = \frac{4}{10^2} = \frac{1}{25} \text{ من الجول}$$

ثانياً — ينتج من القانون ك = س ﻫ أن

$$\text{ك} = \frac{60000 \times 20}{11 \times 9 \times 10^6} = \frac{12}{10^6} = \frac{1}{750000} \text{ من الكولن}$$

٧٤ — **طاقة البطاريات** — اذا شحنا عدة قوارير متشابهة تمام

التشابه قد جمعت بالسطوح وكانت شحنة كل منها ≤ وعددها ن كانت شحنتها الكلية تساوى ن ≤ وطاقتها الكلية :

ش = ½ ن ≤ م

أما اذا كانت مجموعة بالانحدار فيكون الفرق بين جهدى اللبوسين المتطرفين يساوى ن م . أما الالبسة المتوسطة فلا يكون لها شأن فى طاقة البطارية لان مجموع شحناتها يساوى صفرا وعلى ذلك يكون

ش = ½ ن ≤ م

يتبين من ذلك ان الطاقة واحدة فى حالتى الجمع بالسطوح والانحدار وان كان هناك فرق فانه يشبه الفرق بين جسم يزن خمسين كيلوجراما نلقيه من ارتفاع متر وآخر يزن كيلوجراماً نلقيه من ارتفاع خمسين مترا

٧٥ — **الكشاف المكثف لفولطا** — تقدم انه حينما يكون قفص الكشاف متصلا بالارض يعين انفراج ورقتيه الجهود النسبية للموصلات التى توصل به. ولما كان انفراج ورقتيه لا يكون محسوساً الا اذا كان جهد الموصل يساوى ٢٠ فلطا على الاقل استعمل لتعيين ما دون ذلك من الجهود ما يسمى بالكشاف المكثف . وهو عبارة عن كشاف عادى (شكل ٦٠) دهن سطح قرصه العلوى الذى يكون متسعا

(شكل ٦٠)

بطبقة من صمغ اللك . وهناك قرص معدنى آخر ذو مقبض عازل ينطبق على القرص الاول وقد دهن وجهه السفلى بالطلاء السابق

فاذا وصلنا القرص العلوى بالارض بوضع احدى أصابعنا عليه مثلا حصلنا على مكثف سعته س كبيرة لصغر المسافة بين القرصين المفصولين بطبقة رقيقة من الطلاء

وبعد وصل القرص العلوى بالارض نصل القرص السفلى بجسم جهده م لا يؤثر تأثيرا محسوسا فى الكشاف ولكنه قادر على احداث كيات متتالية من الكهرباء كلما نقص جهده عن م فيمد القرص المذكور بعد هنيهة بشحنة مقدارها س م

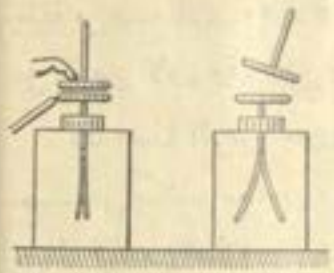
فاذا قطعنا الاتصال بين القرص السفلى والجسم ورفعنا القرص العلوى بقيت الشحنة س م على القرص السفلى حافظة مقدارها . ولما كانت سعة هذا القرص س وهو منفرد أصغر منها كثيرا حينما يكون مصاحبا للقرص الآخر المتصل بالارض وجب ان يرتفع جهد القرص الى مقدار يذكر فاذا فرضنا انه ارتفع الى م' نتج ان

س م' = س م

يتبين من ذلك ان الجهد م' يرتفع الى مقدار كاف يجعل انفراج الورقتين واضحا

تدريب ٤٩ — نأخذ ساقاً احد نصفيها من النحاس ونصفها الآخر من الخارصين ونقبض عليها من طرفها الخارصينى ثم نمس القرص الأسفل من الكشاف المكثف بطرفها النحاسى ونلمس قرصه الأعلى

بالأصبع (شكل ٦١) و بعد هنيهة نرفع الأصبع ثم القضيب ثم القرص الأعلى فنشاهد انفراج الورقتين



(شكل ٦١)

نستنبط من ذلك ان مجرد ملامسة النحاس للخارصين ينتج عنها تكهرب النحاس

تمرينات

١ — اذا كان نصف قطر اللبوس الداخلي من مكثف كرى الشكل ١٠سم وقوة التأثير النوعية لعازله ٩ وسمك هذا العازل $\frac{١}{١٠}$ سم فما سعة المكثف بكل من الوحدات العلمية والميكروفراد

٢ — اذا كانت مساحة اللبوس الداخلي لاحدى قرورات بطارية مكونة من عشر قرورات متماثلة قد جمعت بالسطوح تساوى ٢٥٠ سم^٢ وقوة التأثير النوعية لكل من عوازلها ٩ وسمكه $\frac{١}{١٠}$ سم فما سعة البطارية

٣ — ما عدد القوارير المماثلة للسابقة التى لو جمعتها على الطريقة المتقدمة لكانت سعتها ميكروفرادا وما مجموع مساحات البستها الداخلية مقدرة بالمتر المربع

٤ — اذا كانت سعة بطارية ميكروفرادا والفرق بين جهدى لبوسيها ٤٠٠٠ فل فما كل من شحنتها وطاقتها

٥ — اذا كان جهد احدى زجاجات ليد ٦٠٠٠٠ فل ونصف شحنتها موصل كرى الشكل نصف قطره ٢٠سم وتبين ان جهد الموصل

المذكور أصبح ٣٠٠٠٠ فل فما سعة الزجاجة وما جهدها قبل المناصفة و بعدها وما تفقده من الطاقة أثناء المناصفة

٦ — لماذا لا تؤثر شحنات قوارير البطاريات المجتمعة بالسطوح بعضها فى بعض

٧ — قبض شخص على زجاجة ليد مشحونة من لبوسها الخارجي. وقبض آخر على زجاجة ثانية غير مشحونة بالطريقة عينها . فماذا تتوقع حدوثه اذا مس اللبوس الداخلي من احدى الزجاجتين نظيره من الثانية

٨ — اذا قبضت على اللبوسين الخارجيين لزجاجتين متساويتين من زجاجات ليد ثم شحنتهما شحنة واحدة فما الذى تتوقع حدوثه اذا مست : أولا — اللبوس الداخلي من احداهما بنظيره من الاخرى .

ثانياً — اللبوس الداخلي من احداهما باللبوس الخارجي من الأخرى

٩ — اذا شحنت وعاء فراداى بعد عزله حتى يبلغ جهده ح . ثم أجريت العمليات الآتية بالتتابع

أولاً — ادخلت فيه كرة معزولة دون ان تمسه بها

ثانياً — وصلت الكرة المذكورة هنيهة بالارض

ثالثاً — وصلت الوعاء هنيهة بالارض

رابعاً — نحيت الكرة

فكيف يتغير جهد كل من الوعاء والكرة فى كل حالة

الباب الخامس

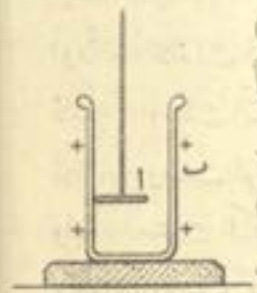
الآلات الكهربائية والتفريغ الكهربائى

آلات الكهرباء الثابتة الاتزان

٧٦ — **تعريف** — يطلق اسم ينبوع كهربائى أو مولد كهربائى على كل جهاز قادر على احداث وحفظ الفرق بين جهدى موصلين يسميان قطبى المولد

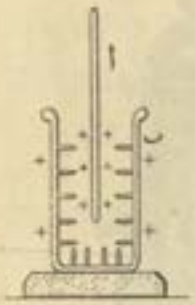
ويعرف من المولدات الكهربائية عدة أنواع منها الاعمدة الكهربائية والمحركات الكهربائية وسنشرحها فيما بعد . وآلات الكهرباء الثابتة الاتزان وسنذكر عنها شيئاً الآن

٧٧ — **آلات الكهرباء الثابتة الاتزان** — ان أبسط هذه الآلات هو الالكتروفور وقد شرحنا فى (٤٢) كيفية شحن جامعه كما أوضحنا انه يمكن نظرياً رفع شحنته الى ما لانهاية له . ويجب ان يكون الناقل فى هذه الحالة جسما موصلا (شكل ٦٢) فاذا كان عازلا وأردنا ان نشحن به جامعا وجب استعمال وعاء بباطنه عدة نوائ محددة (شكل ٦٣)



(شكل ٦٢)

فمتى جعلنا فيه قضيباً من الزجاج مكهرباً ايجابياً مثلا تسربت الكهرباء السالبة المتولدة على السطح الباطنى للوعاء بطريق الاسنان الى القضيب



(شكل ٦٣)

واعادته الى حالة التعادل أما الكهرباء الموجبة فتستقر على سطحه الخارجى ويكون مقدارها مساوياً تماماً لمقدار كهرباء القضيب

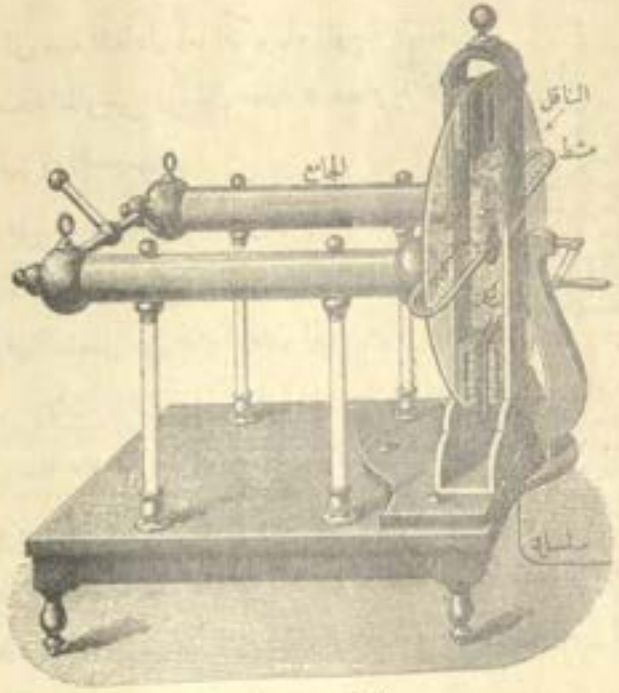
وعلى حسب تكهرب الناقل بالدلك أو بالتأثير تسمى الآلة آلة دلك أو آلة تأثير

وقد استعمل من قديم الزمان الى عهد قريب عدة من آلات الدلك أولها آلة اوتودى جيريك Otto de Guerick (حوالى سنة ١٦٧٠) ثم آلة رمسدن Ramsden سنة ١٧٦٦ وأخيراً آلة نيرُن Neron سنة ١٧٧٢ . على ان آلات الاحتكاك لا تستعمل الآن الا نادراً ولم تبق لها الا ذكرى تاريخية ولكنا مع هذا سنشرح احداها وهى آلة رمسدن التى لا تزال باقية الى الآن فى بعض المعامل الدراسية

على ان آلات الكهرباء الثابتة الاتزان على اختلاف أنواعها لا تستعمل الا فى الدراسة وفى معالجة بعض الامراض العصبية

٧٨ — **آلة رمسدن** — تتركب آلة رمسدن من جزأين رئيسيين

اولا — قرص من الزجاج يدار برشد على محور أفقى بين زوجين من المدالك قد ثبت كل منهما قريباً من احدى نهايتى قائمين متوازيين من الخشب (شكل ٦٤) . ويمثل الناقل فى آلة رمسدن القرص الزجاجى كما يمثل المنتج المدالك الاربعة التى تصنع عادة من الحرير أو الجلد المحشو بشعر الخيل



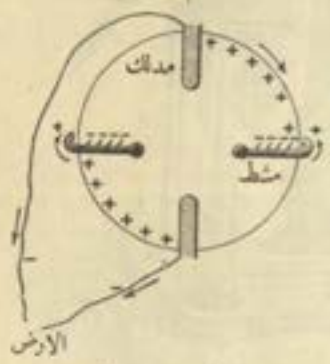
(شكل ٦٤)

ثانيا — الجامع وهو مكون من اسطوانتين غليظتين معزولتين من المعدن تنتهيان من طرفيهما القريبين من القرص بمشطين على شكل حذاء الفرس يكتنفان القرص فى المستوى المار بمحوره الافقى وموصولتان من طرفيهما الآخرين بثالثة أدق منهما

٧٩ — **عمل الآلة** — متى أديرت الآلة احتكت المدالك بالقرص وحدثت كهرباء سالبة فى المدالك وأخرى موجبة فى القرص فتسرى الاولى منهما الى الارض عن طريق اوراق من القصدير وسلسلة نحاسية أما الاخرى أى الموجبة الحادثة فى القرص فانها تؤثر أثناء مروره أمام المشطين

فى الجامع وتحدث كهرباء موجبة تُدفع الى اجزائه البعيدة وأخرى سالبة تنسرب من أسنة المشطين وتعيد أجزاء القرص التى تمر أمامهما الى حالة التعادل

يتبين من هذا أن قرص آلة رمسدن ينقسم أثناء دورانه أربعة أقسام اثنان منها مكهربان كهربة موجبة والآخران على حالة التعادل (شكل ٦٥)



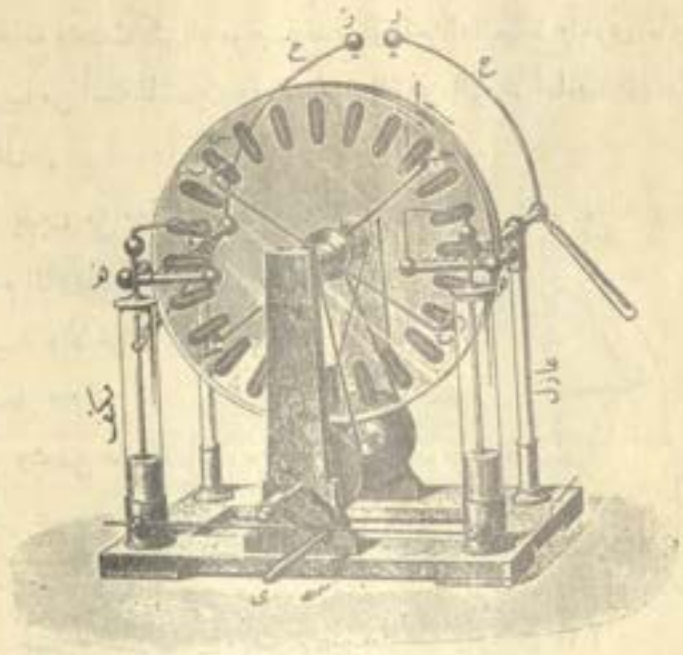
(شكل ٦٥)

ويحسن طلى المدالك من آن لآخر بمسحوق ذهب موسى (ثانى كبريتور القصدير)

تنبيه — اذا وصلنا المدالك بموصل معزول تولدت عليه كهرباء سالبة وكان حينئذ للآلة جامعان احدهما موجب والآخر سالب

٨٠ — **آلات التأثير** — اذا كانت شحنة المنتج ثابتة ومقدار ما ينقله الناقل فى كل مرة الى الجامع لا يتغير كما فى الالكتروفور سميت الآلة آلة اضافة أما اذا كانت شحنة المنتج تزيد على التوالى بتأثير عمل الآلة فيزيد مقدار الكهرباء المتولدة فى كل دورة قيل ان الآلة آلة تضعيف

٨١ — **آلة ومز هرست** Wimshurst — هى آلة تضعيف ومن أهم آلات التأثير وأكثرها انتشاراً (شكل ٦٦) . وتتركب من قرصين متساويين ا ، ا من الزجاج يمكن ادارتهما فى جهتين متضادتين براند

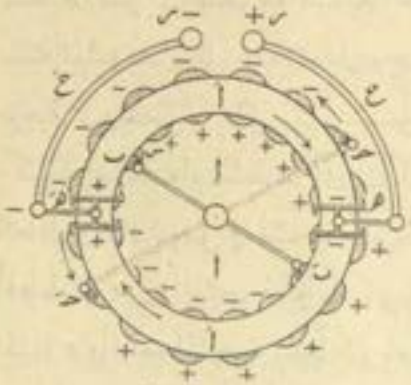


(شكل ٦٦)

وترين غير نهائيين متصالبين . ويواجه القرص الامامى منهما موصل ب ب يتصل طرفاه بفرجونين يمس كل منهما على التوالى اثناء دوران الآلة اوراقاً قطاعية الشكل من القصدير قد ألصقت على سطح القرص كما انه يوجد وراء القرص الخلفى موصل آخر د د يشبه المتقدم تماما ويمس أيضاً على التوالى أوراقاً من القصدير تشبه الأولى شكلا ووضعاً . وقد وضع الموصلان ب ب ، د د فى موضعين متماثلين بالنسبة للمستوى الافقى المار بمحور الدوران ويصنع أحدهما مع الآخر زاوية تساوى ٦٠° وهناك مشطان معدنيان هـ ، هـ كل منهما على شكل حذاء الفرس يكتنفان القرصين فى اتجاه قطرهما الافقى وكل منهما متصل باللبوس الداخلى لزجاجة

ليد التى يتصل لبوسها الخارجى بالارض . وبهذه الطريقة تكون سعة الجامع كبيرة جداً مع صغر حجمه . ويتصل أيضاً بالمشطين ساقان منحنيتان من المعدن ع ، ع تنتهيان بكرتين ر ، ر يمكن تقريب احداهما من الأخرى على حسب الارادة . وهذان الموصلان هما جامعا الآلة

ولايضاح عمل آلة ومزهرست نمثل قرصها الخلفى فى الرسم اكبر قليلاً من قرصها الأمامى (شكل ٦٧) ونفرض أن قطعة القصدير ص الواقعة مباشرة على يمين الفرجون ب تحمل شحنة صغيرة من الكهرباء الموجبة وان القرص الامامى يدور فى اتجاه حركة عقارب الساعة والقرص الخلفى يدور فى اتجاه مضاد لهذه الحركة . فمتى وصل القطاع ص امام الفرجون د أحدث بالتأثير فى الموصل د د كهرباء موجبة تسرى الى الفرجون د وتشحن أقطعة القرص الخلفى ا التى تمر امامها ملامسة لها كهرباء موجبة أما الكهرباء السالبة الحادثة بالتأثير فى الفرجون د فانها تمد أقطعة نفس القرص التى تمر امامها بكهرباء سالبة . ومتى مرت أقطعة القرص ا التى شحنت كهرباء موجبة امام الفرجون ب من الموصل ب ب أحدثت بالتأثير كهرباء سالبة فى ب وكهرباء موجبة فى ب ويحصل مثل ذلك اثناء مرور أقطعة القرص المذكور التى تكهربت كهربة سالبة امام



(شكل ٦٧)

الفرجون ـ من الموصل ـ ـَ أى انها تحدث كهرباء سالبة فى ـَ وكهرباء موجبة فى ـ

يتضح من هذا أن الشحنة الصغيرة الابتدائية التى فرضنا وجودها على القطاع ـ تزيد تدريجاً كلما دارت الآلة

ومتى مرت أقطعة القرص ا التى شحنت كهرباء موجبة امام المشط هـ تسربت الكهرباء السالبة الحادثة بالتأثير فى الموصل ع من أسنته اليها واعادتها الى حالة التعادل ويصير الموصل ع مشحوناً كهرباء موجبة . ويحصل ما يماثل ذلك عند مرور أقطعة هذا القرص المشحونة كهرباء سالبة امام المشط هَ أى أن الاقطعة المذكورة تعود الى حالة التعادل وتترك الموصل عَ مشحوناً كهرباء سالبة . وعلى هذا النمط تحدث أقطعة القرص اَ المشحونة ايجابياً كهرباء موجبة فى ع متى مرت امام المشط هـ وأقطعته المشحونة سلبياً كهرباء سالبة فى عَ متى مرت امام المشط هَ

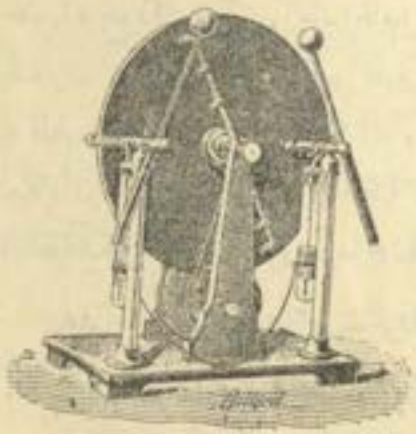
نرى من ذلك أن أقطعة القرص ا تكون مكهربة ايجابياً من الفرجون ـ الى المشط هـ وسلبياً من الفرجون ـَ الى المشط هَ وأن أقطعة القرص اَ تكون مكهربة سلبياً من الفرجون مـ الى المشط هَ وايجابياً من الفرجون مـَ الى المشط هـ

تنبيه — فرضنا فيما تقدم ان أحد الاقطعة القصديرية مشحون شحنة ضعيفة والواقع أن هذا لم يكن فرضاً بل حقيقة واقعة لانه يشاهد ظهور الكهرباء فى جامعى الآلة بعد ادارة قرصها بضع دورات ويعلل ذلك بانه بمجرد دوران القرص تتولد كهرباء التماس (٧٥) حينما يمس نحاس الفرجون أقطعة القصدير

ولشحن آلة ومز هرست يكفى تقريب احدى كرتى الجامع من الاخرى الى أن تتماسا ثم تدار الآلة الى ان يسمع دوى خاص فاذا ما فصلت الكرتان شوهد تطاير شرارات متتالية رنانة لامعة بينهما

٨٢ — **آلات ومز هرست المركبة** — يصنع الآن نوع من آلات ومز هرست مكون من أربعة اقراص أو أكثر تدور حول محور واحد . ولا تخرج هذه الآلات عن كونها مركبة من آلتين أو أكثر قد جمعت بأقطابها التى هى من نوع واحد ويزيد مقدار ما تحدثه هذه الآلات من الكهرباء زيادة عظيمة تبعاً لزيادة عدد أقراصها وقد امكن الحصول على شرارات يبلغ طول كل منها ٤٠ سنتيمتراً باستعمال آلة من هذا النوع مركبة من اثنى عشر قرصاً

وقد ادخل فى آلة ومز هرست اتقان آخر ترتب عليه زيادة مقدار ما تولده من الكهرباء وذلك بجعل أقراصها من الابونيت دون الصاق الأقطعة على سطحها مع زيادة عدد الفراجين المثبتة فى موصليها (شكل ٦٨) . ولا تتكهرب هذه الآلة من نفسها كالسابقة بل يجب بعد ادارتها وضع الاصبع على احد اقراصها بعد غمسه فى مسحوق الذهب اليوسفى



(شكل ٦٨)

٨٣ — **قطبا الآلات الكهربائية** — ذكرنا فيما تقدم انه لا يمكن احداث احد نوعى الكهرباء فى موضع دون ان يتولد مقدار مساو ومخالف له فى موضع آخر . ولذلك قيل ان لكل آلة كهربائية قطبين قطبا موجبا يولد كهرباء موجبة اذا وُصل القطب السالب بالارض وقطبا سالبا يولد كهرباء سالبة اذا وُصل القطب الموجب بالارض

والقطبان الموجب والسالب فى آلة ومزهرست هما الموصلان ع ، ك .

٨٤ — **مر الشحنة** — يجب نظرياً فى كل آلة كهربائية امكان زيادة شحنة الآلة وكذلك الفرق بين جهدى قطبيها الى ما لا نهاية غير ان الواقع غير ذلك لاننا اذا نظرنا الى الفقد الناشىء من ضياع الكهرباء من العوازل أو الهواء تبين لنا ان لكل آلة كهربائية وهى فى أوضاع معينة حداً لا تتعداه شحنتها ويتبع ذلك الفرق بين جهدى قطبيها ويقع ذلك متى كان الفقد الحاصل مساوياً لمقدار الكهرباء المتولدة بالدوران . ويسمى الحد الاقصى للفرق بين جهدى قطبى آلة كهربائية « فلطية الآلة » فاذا كان هناك آلة بسيطة متقنة الصنع وكان الهواء جافا وأدرناها امكننا الوصول الى فلطية تساوى ١٠٠٠٠٠ فلط . وهذه الفلطية تكفى لاحداث شرارة طولها خمسة عشر سنتيمتراً بين قطبى الآلة

٨٥ — **تصرف الآلات وقدرتها** — **تصرف الآلة الكهربائية هو مقدار ما تنتجه من الكهرباء فى الثانية الواحدة .** وتصرف آلات الكهرباء الثابتة الاتزان الذى يناسب عادة سرعة

دوران اقراصها ضعيف جداً رغماً من ارتفاع فلطيتها ولذلك كانت قدرة الآلة ضعيفة الى درجة تجعلها غير صالحة للاستعمال فى الصناعة . ولكى يدرك الطالب درجة هذا الضعف نعين ما يلزم من الزمن لشحن بطارية معلومة السعة الى ان يرتفع جهدها الى عدد معين من الافلاط

فاذا فرضنا انه يلزم ٢٠ ثانية لشحن بطارية سعتها $\frac{١}{٣٠}$ من الميكروفراد للوصول الى رفع جهدها الى ٢٤٠٠٠ فلط كانت الشحنة المذكورة بناء على ماسبق فى (٥٢)

$$ك = س \times م = \frac{١}{٣٠} \times \frac{١}{٦٠٠} \times ٢٤٠٠٠$$

$$= ٠٫٠٠٠٨ \text{ من الكولن}$$

وكان الشغل المتصرف بناء على ماتقدم فى (٧٣)

$$ش = \frac{١}{٢} ك \times م$$

$$= \frac{١}{٢} \times ٠٫٠٠٠٨ \times ٢٤٠٠٠ = ٩٫٦ \text{ من الأجوال}$$

ويكون الشغل الحاصل فى الثانية أى قدرة الآلة

$$ق = \frac{٩٫٦}{٢٠} = ٠٫٤٨ \text{ من الوات}$$

وهذا يساوى $\frac{١}{٣٠}$ من الكيلوجرام متر او $\frac{١}{١٥٠٠}$ من الحصان البخارى

٨٤ — **انقلاب عمل آلة ومزهرست** — حينما نشرع فى ادارة آلة ومزهرست نجد اننا لا نكاد نشعر بالجهد الذى نبذله ولكن متى ولدت كهرباء لزم بذل جهد نحس انه يأخذ فى الازدياد تبعاً لزيادة شحنة الآلة وسبب ذلك ان المقاومة الناشئة من الدفع الواقع بين قطبى الآلة وأجزاء

القرصين التى تمر أمامهما تعوق حركتها ولابد من بذل جهد كبير لقهرها وهـذا بدهى لان كهرباء القطبين من نوع كهرباء القرصين فى الاجزاء المذكورة (شكل ٦٨) من هذا يخيل الينا اننا لو أمكننا بطريقة ما حفظ الكهرباء فى الآلة لدارت من نفسها . كما يتحقق لنا ذلك من التدريب الآتى

تدريب ٥٠ — نرفع ونرى احـدى آلات ومزهرست ونبعد فراجتها عن قرصيها ثم نصل قطبيها بواسطة سلكين غليظين بقطبى آلة أخرى فاذا أدرنا هذه دارت الأولى

نستنبط من ذلك انه من الممكن ان نحصـل من الآلة التى رفعت فراجتها على بعض الطاقة التى صرفت فى ادارة الآلة المولدة مهما كان طول السلكين المستعملين. وهذا أول مثال يتبين منه امكان نقل الطاقة الكهربائية الى مسافات بعيدة

تمرينات

١ — اذا استخدمنا آلة كهربائية فى شحن بطارية سعتها $\frac{٣}{١٠٠}$ من الميكروفراد وتبين انه يجب ادارة الآلة نصف دقيقة الى ان يرتفع جهد البطارية من الصفر الى ٢٥٠٠٠ فل . فما مقدار شحنة البطارية بالكولن وما الشغل المنصرف بالجول ومامتوسط قدرة الآلة فى المدة التى استخدمت فيها فى شحن البطارية بكل من الوات والحصان البخارى

٢ — اذا وضعت دبوساً على قرص كشاف بحيث يبرز طرفه الحاد عن حافة القرص وأدنيت من هذا الطرف قضيباً مكهرباً من الايونيت

فما الذى تلاحظه وما تعليله العملى

٣ — كيف يتغير جهد وشحنة احدى أقطعة آلة ومزهرست اذا دارت دورة كاملة

٤ — اشرح عمل الالكتروفور و بين ان مقدار الشحنة الكهربائية الممكن نقلها بواسطة ناقله الى موصل معزول لاتتجاوز حداً معيناً

٥ — اشرح عمل مولد كهربائى واذكر ماهيـة الطاقة المنصرفة فى تكوين الشحنة الناتجة

التفريغ الكهربائى

٨٥ — **النتائج العامة للتفريغ الكهربائى** — تقدم ان الشغل المنصرف فى شحن موصل أو مكثف يبقى مدخراً فيـه الى ان يظهر تاماً حين افراغه . وتختلف نتائج التفريغ الكهربائى باختلاف النطاق الذى يقع فيه فتكون اما فسيولوجية واما ميكانيكية واما حرارية واما ضوئيـة واما كيمياوية

فاذا فرضنا مكثفاً شحنته $ك$ كولناً وجهده $م$ فلطاً كانت طاقته المهيئة للصرف حين افراغه تساوى $\frac{ك م}{٢}$ من الاجوال . ولما كان الموصل الذى يحصل فيه التفريغ يقاوم مرور الكهرباء خـلاله صرف جزء من الطاقة فى قهر المقاومـة التى تعترضه واستحال الى حرارة يختلف مقدارها باختلاف درجـة توصيل الموصـل للكهرباء . أما ما يبقى من الطاقة فيصرف فى تكوين الشرارة الكهربائية فاذا كانت مقاومة الموصل ضعيفة كان الجزء

المفقود من الطاقة ضعيفاً أيضاً و يترتب على ذلك ألا ترتفع درجة حرارة الجسم ارتفاعاً يذكر . أما اذا كان شديد المقاومة كالاسلاك الدقيقة الطويلة فتصرف معظم الطاقة فى رفع درجة حرارته وتكون الشرارة المتطايرة ضئيلة

٨٦ — **النتائج الفسيولوجية** — ان تفريغ المكثفات فى جسم الانسان ينشأ عنه انقباض فى العضلات وتهيج فى الاعصاب ينجم عنهما انتفاض شديد فى الجسم . فاذا استخرجنا شرارة كهربائية من آلة قليلة الشحنة بطريق الأصبع فاننا لا نشعر الا بوخزة خفيفة . أما اذا كانت الشحنة قوية فاننا نشعر بانتفاض فى اليد قد يصل الى الكرسوع وربما وصل الى المرفق . ولو أردنا تفريغ زجاجة ليدن خلال جسمنا بان قبضنا على لبوسها الخارجي باحدى يدينا وقربنا يدنا الأخرى من كرة لبوسها الخارجي فقد يصل الانتفاض الى الصدر . وقد يشعر عدة أشخاص فى آن واحد بالانتفاض اذا قبض كل منهم على يد كل من مجاوريه وأعطى أولهم احدى يديه لمن بجانبه وقبض على اللبوس الخارجي للزجاجة بالأخرى ثم قرب الأخير أصبعه من كرة لبوسها الداخلى ولكن الشعور بالانتفاض تختلف شدته تبعاً لاختلاف سعة الزجاجة وعدد الاشخاص

وليس هناك أقل خطر فى تفريغ زجاجة ليدن خلال جسم الانسان انما الخطر كل الخطر فى تفريغ البطاريات الكهربائية خلاله اذ قد تبين انه من الممكن صعق حيوانات كبيرة الجسم بتفريغ بطارية قوية خلال أجسامها . لذلك يجب شدة الاحتراس حين استعمال البطاريات الكهربائية وكثيراً ما تعالج الامراض العصبية بالتفريغ الكهربائى خلال جسم

الانسان . ويستعمل لذلك آلة ومزهرست بعد ان يرفع منها المكثفان وذلك بان يوجه الى الجزء الذى يراد علاجه من المريض عدة أسلاك محددة الأطراف قد وصلت بالأرض و يوصل الكرسى المعزول الجالس عليه المريض باحد قطبى الآلة ووصل قطبها الآخر بالارض (شكل ٦٩) فتنسرب الكهرباء من تلك الاطراف الى جسم المريض فيشعر بتيار هوائى — الريح الكهربائية — من مميزاته تسكين الآلام

(شكل ٦٩)

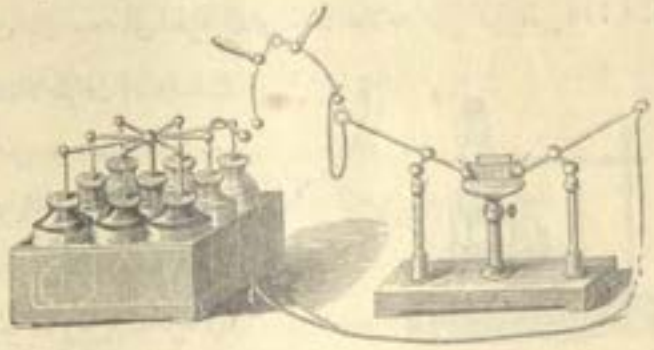
٨٧ — **النتائج الحرارية** — تنشر الشرارة الكهربائية حرارة فى الهواء الذى تمر فيه . وانتشار هذه الحرارة هو الذى يجعل مسارها منيراً و يتسبب عنه ما يسمى بالنتائج الضوئية

تدريب ٥١ — نلصق باحدى كرتى المنبه الكهربائى طبقة من قطن البارود يتخللها شىء من مسحوق الراتنج ثم نفرغ زجاجة ليدن بوساطته فنشاهد احتراق القطن

واذا فرغنا بطارية كهربائية قوية خلال سلك معدنى شاهدنا اما احماره وأما انصهاره وما نصعده وذلك على حسب ما تصل اليه رقة السلك.

ولبيان ذلك نستعمل ما يسمى بالمنبه العام وهو يتركب من ساقين من المعدن تتصل كل منهما من الوسط اتصالاً مفصلياً بحامل عازل وينتهى

طرفاها المتواجهان بكرتين فى اسفلها قرص على حامل (شكل ٧٠)



(شكل ٧٠)

تدريب ٥٢ — ا — عد بين كرتى المنبه العام سلكاً دقيقاً من البلاتين ثم نصل احدى ساقيه باللبوس الخارجى من بطارية مشحونة بوساطة سلسلة صغيرة والاخرى باللبوس الداخلى بوساطة المنبه الكهربائى فتشاهد احمرار السلك أو انصهاره

ب — نستبدل بسلك البلاتين خيطاً من الحرير مغطى بطبقة ذهبية ونضع وراءه قطعة من ورق صفيق ثم نفرغ البطارية خلاله فنشاهد أن خيط الحرير يبقى سالماً لأن الكهرباء لا تمر خلاله بل تمر كلها خلال الطبقة الذهبية وتحيلها الى بخار يتكاثف على الورقة على شكل مسحوق اسود

٨٨ — **النتائج البطانيكية** — اذا فرغت شحنة خلال جسم صلب ردئ التوصيل أحدثت صدمة شديدة فى الأجزاء التى تمر فيها

تدريب ٥٣ — ا — نضع بطاقة بين قطبى آلة ومزهرست وهى

تدور فنشاهد انثقابها ولو حركناها بين القطبين لحدثت فيها ثقوب كثيرة العدد فى لحظة يسيرة

ب — نعيد التجربة السابقة مستعملين لوحاً رقيقاً من الزجاج أو الميكا فنصل الى النتيجة عينها

ح — نضع بين ساقى المنبه العام قطعة من الخشب الجاف ونفرغ بطارية قوية مشحونة خلالها فنشاهد انها تتشقق وقد تتحطم

٨٩ — **النتائج الضوئية** — تقدم فى عدة مواضع اننا اذا قربنا موصلاً متصلاً بالارض بآخر مكهرب معزول سرت كهرباء الأخير الى الارض ونشأ عن ذلك غالباً قبل الملامسة تطاير شرارة بين الموصلين تختلف فى الاضاءة تصاحبها فرقعة تختلف فى الشدة

وترتبط المسافة التى يتطاير فيها الشرر بأمرين أولهما الفرق بين جهدى الموصلين وثانيهما طبيعة العازل الذى يتطاير فيه الشرر كما انها ترتبط لدرجة كبيرة اذا كان العازل غازياً بضغط الغاز الذى تتطاير فيه

وفى حالة ما يكون العازل الهواء الجوى فى ضغطه المعتاد لا تتقيد المسافة التى يتطاير فيها الشرر الا بالفرق بين جهدى الموصلين وهى أيضاً تعين مقدار هذا الفرق . وقد طبقت هذه الخاصة فى تعيين الفرق بين الجهود المرتفعة لصعوبة ايجادها بالطرق المعتادة . فقد تبين مثلاً انه اذا كان الفرق بين جهدى موصلين ٥٠٠٠ فلط كانت المسافة التى يتطاير فيها الشرر ملليمتراً واذا كانت ٢٥٠٠٠ فلط كانت المسافة سنتيمتراً واذا كانت ١٠٠٠٠٠ فلط كانت المسافة ١٥ سم

يظهر من هذا ان زيادة الشرارة تفوق كثيراً زيادة الفرق بين

الجهدين ويمكننا ان نستنبط من ذلك ان سلاسل البرق التى لا تخرج عن كونها شرارات كهربائية والتى يبلغ طولها أحياناً بضعة آلاف من الامتار لا تنشأ عن فروق فى الجهود تزيد كثيراً على الفروق التى نحصل عليها عملياً الآن

وقد دلت التجربة على ان شكل الشرارة يتغير تبعاً لتغير طولها فاذا كان طولها لايتجاوز ٥سم كانت مستقيمة (شكل ٧١) واذا كانت

(شكل ٧١)

أطول من ذلك ظهر فيها شئ من الانحناء والتعرج (شكل ٧٢) وقد

(شكل ٧٢)

تتفرع أحياناً كما نشاهد ذلك فى الشرارات الطويلة المكونة لسلاسل البرق وفى الصور المرسومة فى الاشكال (٧٣و٧٤و٧٥) التى تبين أولاها

القطب الموجب (شكل ٧٣) القطب السالب

القطب السالب
(شكل ٧٤)

القطب الموجب
(شكل ٧٥)

صورة فوتوغرافية لشرارة طولها ١٦ سم أمكن الحصول عليها مباشرة

على الوجه الحساس من لوح فوتوغرافى بايصال قطبى ملف رُمْكُرف اليه أما الثانية والثالثة فتبينان صورتين أمكن الحصول عليهما بايصال أحد القطبين اما الموجب واما السالب الى الوجه الحساس من لوح فوتوغرافى وايصال القطب الآخر الى وجهه غير الحساس

وليس لمقدار الشحنة تأثير فى طول الشرارة بل أن أثره مقصور على شدة اضاءتها وفرقعتها

ولا يستغرق التفريغ الكهربائى فى جميع الاحوال الا هنيهة قصيرة جداً فقد تبين انه اذا تطايرت شرارة فى الظلمة بين قطبى آلة ومزهرست ظهرت أقطعة القصدير التى تضاء فجأة ساكنة مع ان سرعتها تبلغ ١٠ م فى الثانية . على انها تظهر ساكنة أيضاً اذا بلغت سرعة دورانها عشرة أمثال ذلك

٩٠ — **الاحراق الكهربائى** — اذا زادت شحنة موصل تسربت كهرباؤه من طبيعتها الى الهواء (٢٥) وتسهل مشاهدة ظاهرة الاحراق بوضوح تام على اسنان آلة ومزهرست اذا أديرت فى الظلمة

٩١ — **الرعص الكهربائى** — يحدث الرعص على الاخص اذ وقع التفريغ الكهربائى فى الغازات المخلخلة . وتشاهد هذه الظاهرة فى أنابيب جسلر (شكل ٧٥) . وهى أنابيب مقفلة من الزجاج لا يتجاوز ضغط الغازات فيها بضعة الاعشار من المليمتر قد لحم فى طرفيها سلكان من البلاتين ينفذان الى باطنها ويوصلان عند الاقتضاء بقطبى مولد كهربائى

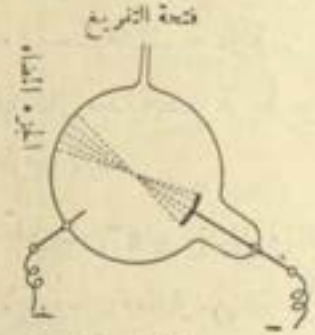
تدريب ٥٤ — نصل أنبوبة جسلر بواسطة سلكى البلاتين بقطبى آلة ومزهرست فنشاهد فى باطن الانبوبة بريقاً مكوناً من طبقات متموجة

تتخللها طبقات مظلمة.

(شكل ٧٦)

واذا استبدلنا بالانبوبة أخرى شاهدنا تغيراً فى لون البريق تبعاً لتغير غاز الانبوبة (شكل ٧٦)

تدريب ٥٥ — نستبدل بأنبوبة جسلر أنبوبة كُرُكس (شكل ٧٧) وهى أنبوبة بولغ فى الافراغ فيها الى ان يصل الضغط الى بعض أجزاء من الألف من المليمتر . فمتى وصلنا طرفيها بقطبى آلة ومزهرست وأدرنا



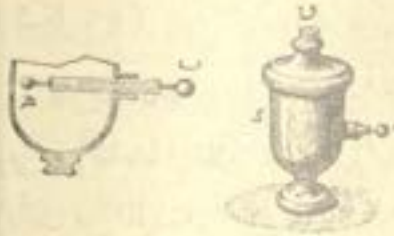
(شكل ٧٧)

الآلة نشاهد زوال التوهج وامتداد الجزء المظلم حتى يملأ الانبوبة . على ان مرور الكهرباء يظهر بمظهر جديد اذ نرى على جدار الانبوبة فى المنطقة المقابلة للمجرى السالب لمعاناً شديداً ذا لون أخضر ضارب الى الصفرة . وينشأ هذا اللمعان من أشعة خاصة ذات خواص هامة تنتشر من الموصل المتصل بالقطب السالب للآلة . وسنذكر شيئاً عن خواص هذه الاشعة عند سنوح الفرصة

ويستعمل التفريغ الارتعاصى فى تحويل الاكسيجين الى أوزون

وهو الذى يتولد دائماً قريباً من الآلات الكهربائية أثناء ادارتها فتصل حينئذ رائحته الى كل من كان قريباً منها

٩٢ — النتائج الكيمياوية — يحصل كثير من التفاعلات الكيمياوية بتأثير التفريغ الكهربائى . فامرار شرارة واحدة فى مخلوط من الاكسجين والايدروجين كاف لاحداث فرقعة تنشأ عن اتحاد الغازين



(شكل ٧٨)

ولبيان ذلك فى المعامل الدراسية يستعمل الجهاز المسمى بندقة (طبنجة) فلطا (شكل ٧٨) وهو قنينة من المعدن تنفذ من جدارها أنبوبة عازلة تخترقها ساق معدنية تصل قريباً من جدار القنينة الداخلى وينتهى كل من طرفيها بكرة

تدريب ٥٦ — ندخل فى القنينة مخلوطاً مكوناً من مقدارين من غاز الايدروجين ومقدار من غاز الأكسجين ونسد فوهتها بسداد من الفلين ونقرب الكرة المعدنية ب التى تنتهى بها الساق من ينبوع كهربائى فتطاير الشرارة فى المخلوط بين الكرة ه وجدار القنينة فيندفع السداد الى الخارج مع حصول فرقعة شديدة ناتجة من الحرارة التى تتولد من اتحاد الغازين

ويصنع أحياناً هذا الجهاز على شكل بندقة (طبنجة)

ويمكن أن يقال فى هذه الحالة أن حرارة الشرارة هى التى تولد

الاتحاد غير انه يظهر فى أحوال اخرى أن التفاعل الكيمياوى ناشئ عن الكهرباء . فاذا أمررنا عدة شرارات كهربائية متتالية فى غاز النوشادر تحلل الى نيتروجين وايدروجين على ان النيتروجين يتحد بالايدروجين ويكونان نوشادراً اذا أمررنا فى مخلوط منهما شرارات كهربائية متتالية ومع ذلك فان كلا من التحليل والتركيب السالفى الذكر لا يصلان الى النهاية بل بتجرد كل منهما بتفاعل مضاد للواقع

الكهرباء الجوية

٩٣ — الجو مكهرب كهربة دائمة — من الأمور التى لا تحتمل الجدل الآن ان بعض الظواهر الجوية كالبرق والفجرين الشمالى والجنوبى تنشأ عن كهرباء الجو . وقد ثبت ان الهواء الجوى الذى لا تتبع فيه هذه الظواهر الا عرضاً مكهرب كهربة دائمة . فاذا وضعنا فى الخلاء ذات يوم أصحت سماؤه وجف هواؤه كشافاً ذا ورقتين موصولة ساقه بأخرى طويلة محددة الطرف (شكل ٧٩) شاهدنا انفراجاً يأخذ فى الازدياد تدريجاً فى ورقتيه وتكون شحنتهما عادة موجبة . ومن البدهى أن مقداراً من الكهرباء السالبة مساوياً لمقدار الكهرباء الموجبة المتولدة فى ورقتى الكشاف يتسرب بالتدريج من السن الى ان يقف ازدياد انفراج الورقتين ويقع ذلك متى وصل جهدهما الى الجهد فى

(شكل ٧٩)

مستوى السن

وقد تبين من هـذه التجربة وتجارب أخرى كثيرة مشابهة لها أن الجهد الكهربائى فى كل نقطة بعيدة عن سطح الارض يكون عادة موجباً وان مقداره يزيد تبعاً لزيادة ارتفاع تلك النقطة

وبتكرار التجربة السابقة فى مكان واحد ظهر ان الجهد الكهربائى يتغير سريعاً بمقادير كبيرة بدون سبب ظاهر ولذلك لم يتمكن البحاثون من الوصول الى نتائج عددية قاطعة ولذا نقتصر على ذكر النتائج العامة التى هى أكثر ثبوتا

يزيد الجهد الكهربائى مبتدئاً من سطح الارض بمقادير تناسب الارتفاع مناسبة طردية على التقريب على أن هـذه الزيادة تختلف فى السرعة بحسب اختلاف درجة رطوبة الجو والاحوال الخاصة بالموقع وتكون السطوح التى يتساوى فيها الجهد أفقية فى السهول وقد تبين أن زيادة الجهد فيها تتغير من عشرة الى مائة فلط فى كل متر . ويكون هذا التغير ضعيفاً اذا كانت السماء ملبدة بسحب غير ممطرة ويصل الى نهايته العظمى فى اوقات الجفاف أو العواصف

اما فى الجهات ذوات المرتفعات فتتبع مستويات تساوى الجهد نواتئها على انها تعود فتوازى بعد بضع مئات من الأمتار

وبالاختصار يمكننا القول بأن ما يقع من الظواهر الكهربائية بجوار الارض يوافق تماماً ما يقع منها بجوار جسم مكهرب كهربة سلبية

ولا تزال الأسباب التى ترتب عليها تكهرب الجو تكهرباً دائماً غامضة. ويعلل ذلك بعضهم بأن الأرض مشحونة كهرباء سالبة لا تفقدها

لانها معزولة فى الفضاء . ويعلله الآخرون بأن المناطق المرتفعة من الجو مشحونة شحنة موجبة لا تفقدها وهذه تولدت فيها اما من تكاثف بخار الماء واما من تأثير الأشعة التى وراء البنفسجى فى ابر الجليد المكونة للقزع

ومن البدهى أن كلا الفرضين يوضح سبب زيادة الجهد عند زيادة الارتفاع

٩٤ — الفجراء القطبيه — كثيراً ما تظهر هـذه الظواهر الضوئية التى بلغت مكاناً عظيماً من الشهرة فى الجهات القطبية ويغلب

(شكل ٨٠)

انها تظهر فى آن واحد فى كل من نصفى الكرة الأرضية وهى ترى على شكل اقواس تمتد الى مسافات شاسعة ترسل أشعتها نحو الارض (شكل ٨٠)

وقد علم الأقدمون من زمن بعيد تأثير هـذه الظاهرة فى الابر

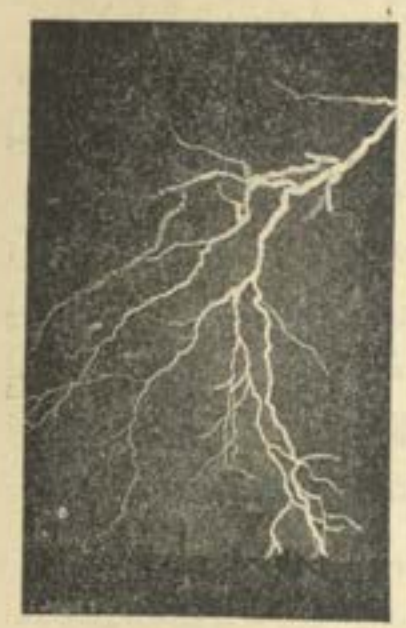
المغناطيسية . ولذلك يقال الآن إن السبب المحدث لها دقائق مكهربة تسمى كهارب منبعثة من الشمس تتحرك فى اتجاه خطوط قوة المجال المغناطيسى الأرضى

ولما كانت هذه الكهارب تخترق هواء قليل الضغط فتصيره لامعاً امكن ايضاح سبب اللمعان البنفسجى اللون الذى نشاهده فى كل من الفجرين القطبيين . هذا اللمعان الذى يذكرنا منظره على وجه التقريب ما يحدثه حين احداث التفريغ الكهربائى فى انبوبة من أنابيب جسر بها هواء قليل الضغط .

٩٥ — البرق والرعد — أول من أثبت بطريقة واضحة غير قابلة للجدل ان السحب تكون مشحونة بالكهرباء اثناء العواصف هو البحاثة الشهير بنيامين فرنكلن Benjamen Franklin وذلك بعمل تجربة لا تزال شهرتها قائمة . فقد اطلق ذات يوم عاصف فى سهل منسع طيارة ذات سن معدنية قد ربطت فى خيط من الكتان معزول بشريط من الحرير و بعد ان ارتفعت وسقط رذاذ بلل خيط الكتان فجعله جيد التوصيل حصل على شرارات كهربائية طويلة من طرف خيط الكتان

واذا وضعنا فى اخلاء الكشاف ذا الساق المحددة (شكل ٧٩) تبين لنا ان بعض السحب يكون مشحوناً ايجابياً والآخر يكون مشحوناً سلبياً . فاذا دنت سحابة مشحونة ايجابياً من أخرى مشحونة سلبياً تطايرت شرارة بينهما ونتج عنها ما يسمى بالبرق . واذا تطايرت الشرارة بين سحابة والارض سميت بالصاعقة . ويبلغ طول الشرارات المتطايرة

(السلاسل أو العقائق) احياناً من ١٥ الى ٢٠ كيلو متراً . وتظهر سلاسل البرق لأول وهلة على شكل خطوط نارية متعرجة اما القمتية فهى التى ترى فى وسط السحاب كأنها سيف مسلول غير أن الصور الفوتوغرافية الكثيرة لتلك الشرارات أظهرت انه يتفرع منها فروع دقيقة كثيرة العدد (شكل ٨١)



(شكل ٨١)

أما الرعد فهو الصوت الحاصل عند تطاير الشرر السالف الذكر . ولا يسمع الرعد الا بعد مضى بضع ثوان من حصول البرق . ذلك لأن الصوت يحتاج لشىء من الزمن ليصل الينا من البقعة التى يقع فيها التفريغ . والمعلوم ان سرعة انتشار الأمواج الصوتية فى الهواء تساوى ٣٤٠ متراً فى الثانية أما الضوء فانه يصل الينا فى حينه . من هذا نرى انه يسهل تعيين بعد الغيم الذى يلمع فيه البرق اذا عينا الزمن الذى يمضى من وقت لمعانه الى وقت سماع الرعد

وتنشأ جلجلة الرعد عن طول الشرارة العظيم وشكلها غير المنتظم . لان الهواء يرج حينئذ فى آن واحد على طول خط منكسر يبلغ طوله بضعة كيلو مترات فى نقط يختلف بعدها كثيراً عن الراقى فلذا

لاتصل الامواج الصوتية الصادرة من نقط يختلف بعدها عنه اختلافاً كبيراً الا على التوالى و بعدفترات غير منتظمة . زد على هذا ان انعكاس الامواج الصوتية على بعض الموانع الارضية بل على السحب نفسها يطيل أيضاً فى زمن الجلجلة

واذا كان شكل السلسلة يقرب من قوس دائرة يشغل السامع مركزها وصل اليه الصوت فى آن واحد وأحدث فى أذنه فرقعة هائلة . وهذا مايقع اذا سقطت صاعقة دلى الارض وكان السامع بعيداً عنها بعداً يسيراً لان السلسلة تكاد تكون حينئذ رأسية وتكون تبعاً لذلك أبعادها المختلفة عن السامع متساوية على وجه التقريب

٩٦ — **نتائج الصاعقة** — ان نتائج تأثير الصاعقة لا تختلف عن نتائج تفريغ كهرباء البطارية الا فى شدتها . فقد تبين انها تسخن القضبان المعدنية الى درجة الانصهار بل الى درجة التصعد وتلهب المواد القابلة للالتهاب وتحطم الاشجار والمبانى وتقتل أو تشل الحيوان وربما أحدثت فى جسمه جروحاً بالغة

وتسقط الصواعق عادة على ما يكون عالياً كقمم الاشجار والمبانى ومن الحكمة ألا يلتجئ الانسان أثناء العواصف الى الاشجار وعلى الاخص اذا كانت منعزلة فى فضاء متسع على انه من الجائز ان يصعق الانسان دون ان تصيبه الصاعقة . ذلك لان الارض التى تقابل السحابة المكهربة تكون قبل الافراغ مشحونة شحنة قوية بالتأثير ولنفرض ان شحنتها سالبة فمتى تطايرت الشرارة عاد سطح الارض الى حالة التعادل فاذا كان هناك شخص متأثر بالسحابة بعيد عن النقطة التى تسقط فيها

الصاعقة تسربت الى جسمه شحنة موجبة تساوى شحنته السالبة فتحدث فى جسمه الرجة التى ربما تقضى على حياته . وتسمى هذه الظاهرة **الصدمة الرجعية**

٩٧ — **مانعة الصواعق** — تتركب مانعة الصواعق التى ابتدعها فرنكلن لوقاية المبانى من الصاعقة (شكل ٨٢) من ساق من الحديد يبلغ طولها من ٨ الى عشرة أمتار تثبت وهى فى وضع رأسى أعلى البناء وتنتهى قمتها بساق صغيرة محددة الطرف من البلاتين أو النحاس المطلى بالذهب لمنع تراكم الصدأ عليها

(شكل ٨٢)

وتتصل الساق الحديدية من أسفلها بالارض بحبل غليظ مجدول من عدة أسلاك معدنية

فاذا مرت سحابة مشحونة كهرباء موجبة مثلا فوق البناء أحدثت فيه كهرباء سالبة تتسرب من السن بطريقة مستمرة وتعيد السحابة تدريجاً الى حالة التعادل (تدريب ٤١) وعلى ذلك يصبح تطاير الشرر مستحيلا

وقد تبين انه فى حالة ما تظهر العواصف فجأة تتراكم الكهرباء على

البناء بكثرة و يترتب على ذلك تطاير الشرارة غير ان التفريغ الكهربائى يقع عن طريق مانعة الصواعق التى تكون أكثر تعرضاً من جميع أجزاء البناء وأكثر توصيلا فتسرى منها الكهرباء الى الارض عن طريق الحبل الموصل دون ان يحدث فى البناء ضرر يذكر

ينتج مما سبق انه لكى تقوم مانعة الصواعق بالغرض الذى وضعت له يجب ان تكون متصلة تمام الاتصال بالارض وللوصول الى ذلك يستعمل حبل معدنى ضخم يغمر طرفه فى ماء بئر وان لم يتيسر ذلك يوصل بلوح عريض من الحديد قد وضع فى حفرة أرضها مبللة أو فى حفرة ممتلئة بالفحم المطفأ المبلل

ومن الواجب وصل مانعة الصواعق بوساطة أسلاك معدنية غليظة بما فى البناء من قطع الحديد الكبيرة و بأنابيب المياه والغاز حتى تسرى الكهرباء التى تتولد فيها الى مانعة الصواعق ثم الى السحب والارض

واذا ركبت عدة من موانع الصواعق فى بناء واحد وجب ان يتصل بعضها ببعض اتصالا معدنياً حتى يقوم بعضها مقام الآخر اذا لم يكن مستوفياً لجميع الشروط

ومما يحسن التنبه له انه اذا تراكم الصدأ على سن مانعة الصواعق أو لم تكن متصلة تمام الاتصال بالارض كان وجودها جالباً للصواعق لا مانعاً لها

٩٨ — مانعة الصواعق التى ابتدعها ملسن Melsens — يمكن أيضاً بناء على تعليمات ملسن وقاية البناء من الصاعقة بجعله فى شبه قفص (٣٧) مكون من قضبان معدنية موصول بعضها ببعض و بالارض بالطريقة المتقدمة

(شكل ٨٣)

ومن الواضح انه يجب وضع القضبان فى مواضع بحيث تلائم زخرف البناء (شكل ٨٣)

ومن الواجب هنا أيضاً أن تتصل القطع المعدنية الكبيرة وأنابيب المياه والغاز بالقفص كما يحسن وصل القضيب الذى فى قمة البناء بأسلاك محددة الأطراف

تمرينات

١ — هل يكون الهواء مكهرباً فى أوقات الصحو

٢ — ما كنه البرق

٣ — كيف توضح أن صوت البرق يقع فجأة وأن جلجلة الرعد تستمر زمناً طويلاً

٤ — اشرح عمل احدى مانعتى الصواعق

المبحث الثانى

التيارات الكهربائية وخواصها

الباب الاول

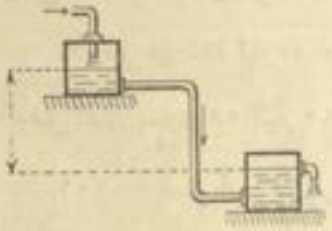
قانون أوم

٩٩ — مبادئ أولية فى التيارات الكهربائية — لو وصلنا قطبى آلة كهربائية يدور قرصها بسرعة منتظمة بسلك معدنى لآل الأمر بعد زمن وجيز الى نظام ثابت يستمر اثناءه فرق جهدى القطبين أو بعبارة أخرى طرفى السلك حافظاً لمقدار لا يتغير مع سريان الكهرباء فى السلك باستمرار وانتظام ما دامت الآلة تدور دوراناً منتظماً

ومن الواضح اننا اذا أمددنا جسماً بمقدار من الكهرباء السالبة أو انتزعنا منه مقداراً مساوياً له من الكهرباء الموجبة كانت النتيجة واحدة فى كلتا الحالتين . وبناء على ذلك يمكن القول بان السلك الواصل بين القطبين يكون مجالاً لمرور تيار كهربائى موجب يسرى من القطب الموجب الى القطب السالب كما يمكن ان يقال ان السلك المذكور مجال لمرور تيار سالب يسرى من القطب السالب الى القطب الموجب . ولكن المتفق عليه هو القول بان السلك مجال لتيار يسرى من الجهة التى ينقص فيها الجهد أى من القطب الموجب

١٠٠ — مبادئ أولية فى التصرف الكهربائى وسرة التيارات الكهربائية — لما كان القطب السالب يستمد بالاستمرار جميع الكهرباء التى يولدها القطب الموجب كان من الواضح استحالة تراكم الكهرباء فى نقطة أيا كانت من السلك الموصل ومعنى هذا أن مقدار ما يمر من الكهرباء من أى مقطع من السلك لا يتغير مهما كان المقطع

ولايضاح ذلك نرجع الى طريقة المضاهاة بين الماء والكهرباء وذلك بان نفرض حوضين أحدهما أكثر ارتفاعاً من الآخر فيهما ماء وقد وصلا بأنبوبة ضيقة (شكل ٨٤) وان ما يصل من الماء الى الحوض السفلى يرفع بوساطة مضخة ويعاد ثانية الى الحوض العلوى بحيث يبقى البعد الرأسى بين سطحى الماء فيهما ثابتاً فيترتب على ذلك حدوث تيار مائى دائم ثابت الحركة فى انبوبة الاتصال يمكن تمييزه بأمور ثلاثة أولها وأهمها مقدار تصرف الماء وثانيها فرق ارتفاع الماء فى الحوضين وثالثها المقاومة التى تعترض بها الأنبوبة سير الماء . كذلك يميز التيار الكهربائى بأمور ثلاثة تشبه الأمور السابقة تمام الشبه أولها وأهمها مقدار تصرف الكهرباء وثانيها الفرق بين الجهدين فى قطبى الينبوع المولد للتيار أو فى نقطتين أيا كانتا من دائرته وثالثها المقاومة التى يعترض بها الموصل سير التيار



(شكل ٨٤)

وأهم هذه المقادير اعتباراً فى كلتا الحالتين هو مقدار **التصرف**

اعنى مقدار الماء أو الكهرباء الذى ينتقل فى كل ثانية وقد أطلق لفظ « **الشدة** » على تصرف التيارات الكهربائية

تعريف — شدة التيار هى العدد الدال على مقدار الكهرباء الذى ينتقل فى الموصل فى الثانية الواحدة

وحدة الشدة — الوحدة العملية لشدة التيارات تسمى **أمبيراً — ص.**

وهى شدة تيار ينقل كولنا فى كل ثانية

فاذا قيل ان شدة تيار تساوى ١٢ امبيراً دل هذا على انه يمر فى الموصل الذى يسرى فيه التيار ١٢ كولنا فى الثانية

١٠١ — سريان الكهرباء — ينتج من الاعتبارات السابقة ان الكهرباء الموجبة تجتاز دائرة مقفلة اى انها تسرى من القطب الموجب للآلة الى قطبها السالب خلال السلك الموصل ثم من القطب السالب الى القطب الموجب خلال الآلة نفسها

(شكل ٨٥)

ويرى الطالب فى شكل ٨٥ كيف تسرى الكهرباء الموجبة اذا كانت الآلة المستعملة احدى التى شرحناها فيما تقدم (٧٧) غير ان التيارات التى تحدثها هذه الآلات تكون دائماً فى غاية الضعف ولا يتجاوز تصرفها بضعة أجزاء

من ألف جزء متساوية من الامبير . لذلك تستعمل مولدات أخرى تختلف عنها اختلافاً بيناً

ويعرف من هذه المولدات ثلاثة أنواع أولها **الاعمدة الكهربائية** وثانيها **المراكم الكهربائية** وثالثها **الدينام**

وليس لدينا الآن ما يكفى من المعلومات لوصف هذه الآلات ولذا نرجئه الى ما بعد ويكفى هنا ان نعلم انها لا تحدث تياراً الا اذا صرفت طاقة

وتنتج الطاقة التى تصرف فى الاعمدة من التأثيرات الكيمياوية التى تقع داخل العمود أو بعبارة أخرى يأتكل العمود تدريجاً

وتنتج الطاقة التى تصرف فى المراكم من التيار الذى استعمل فى شحنها

أما الدينام فلا تولد تياراً الا اذا أديرت بتأثير طاقة خارجة عنها كالناتجة من سقوط المياه أو من آلة بخارية أو غيرها مما يماثلها. ويتوقف الدينام دائماً عن توليد الكهرباء متى أوقفت حركته

١٠٢ — القوة الكهربائية المحركة : — تميز مولدات الكهرباء بعضها من بعض بما يسمى « **قوتها الكهربائية المحركة** » **وهى تساوى الفرق بين جهدى قطبيها اذا كانا موصولين بسلك رفيع وطويل للغاية** . ويرمز اليها عادة بالرمز ق م

وأكثر الاعمدة الكهربائية استعمالا هى :

عمود فلطا وتبلغ قوته المحركة فلطا واحدا

» دانيل » » » » »

عمود لكلانشيه وتبلغ قوته المحركة ١٫٦ من الفلط

» بنزنه » » » ١٫٨ من الفلط

اما المراكم الكهربائية فتكون عادة قوتها المحركة أثناء تفريغها حوالى فلطين ويجب ألاّ تنقص أثناء ذلك عن ١٫٨ من الفلط . أما **الربائم** فتتغير قوتها المحركة تبعاً لتغير سرعة دورانها وتزيد تبعاً لهذه السرعة

جمع المولدات الكهربائية — اذا كانت القوة المحركة لمولد كهربائى غير كافية لعمل بعض التجارب نجمع بعضاً منها بالطريقة المسماة « **بالجمع على التسلسل** » (شكل ٨٦) ومعنى هذا ان نصل القطب السالب لكل عنصر بالقطب الموجب

(شكل ٨٦)

للذى يليه بحيث يتكون منها متسلسلة يكون أحد طرفيها قطباً موجباً لها وطرفها الآخر قطباً سالباً فاذا فرضنا ان الفرق بين جهدى قطبى كل من العناصر المكونة لهذه المتسلسلة واحد مقداره م بقى هذا الفرق ثابتاً فى كل منها بعد جمعها على الطريقة المتقدمة فاذا وصلنا قطب عنصرها الاخير السالب بالارض كان جهد قطب هذا العنصر الموجب وتبعاً لذلك القطب المتصل به من العنصر التالى له يساوى م وكان جهد القطب الموجب لهذا الاخير والمتصل به من العنصر الثالث يساوى ٢ م وهلم جرا الى القطب الموجب

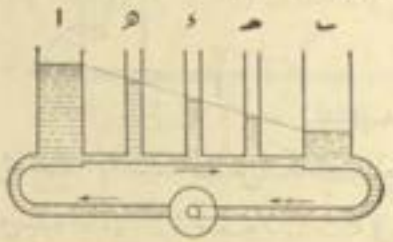
من العنصر الاخير فيكون جهده ن م على فرض ان عدد العناصر يساوى ن . واذا فرضنا اننا وصلنا القطب الموجب من العنصر الاول بالارض كان جهد القطب السالب من العنصر الاخير يساوى — ن م واذا لم نصل هذا ولا ذاك بالارض ووصلنا الجزء الاوسط من المتسلسلة بها كان جهد القطب الموجب $\frac{ن م}{٢}$ وجهد القطب السالب — $\frac{ن م}{٢}$ أى ان الفرق بين جهدى قطبى العمود الذى تكونه المتسلسلة يكون فى جميع الاحوال مساوياً ن م

ينتج من ذلك القاعدة العمومية الآتية

اذا جمعت عدة عناصر على التسلسل كانت القوة المحركة للعمود الناتج تساوى مجموع القوات المحركة للعناصر المكونة له

مثال — اذا جمعنا ٢٠ عنصراً من عناصر بنزن على التسلسل وكانت القوة المحركة لكل منها تساوى ١٫٨ فل كانت القوة المحركة للعمود الكلى تساوى ٢٠ × ١٫٨ = ٣٦ فل

١٠٣ — تغير الضغط فى انبوبة يسرى فيها الماء سريانا مستمرا — اذا فرضنا مضخة م (شكل ٨٧) موصولة بواسطة انبوبة مص باناء ب وبواسطة انبوبة كبس باناء ا وان هذين الاناءين موصلان من طريق آخر بأنبوبة اخرى مركب عليها أنابيب رأسية ه ما ، و ما ، هـ .



(شكل ٨٧)

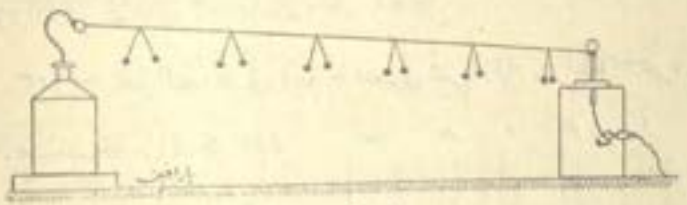
فاذا وضعنا ماء فى

أحد الاناءين استوى سطحه فيهما وفى الأنابيب التى بينهما. على اننا اذا أعملنا المضخة سرى الماء من الأناء ـ الى الأناء ا ومن هذا الى الأناء ـ عن طريق الأنبوبة وتبين لنا بعد هنيهة ان سطحه فى ا أكثر ارتفاعاً منه فى ـ وان سطوح الماء فى الأنابيب الرأسية تهبط الى ارتفاعات منحصرة بين ارتفاعيها فى ا ، ـ

نستنبط مما تقدم ان ضغط الماء فى النقط المختلفة من انبوبة يسرى فيها ينقص تدريجاً فى اتجاه سريانها كما يتضح لنا ذلك جلياً من الشكل

١٠٤ — **تغير الجهد الكهربائى على طول موصل يسرى فيه تيار كهربائى منتظم** — يقع مثل ما سبق تماماً فى كل سلك موصل يسرى فيه تيار كهربائى منتظم أى أن الجهد الكهربائى ينقص تدريجاً فى اتجاه سريان التيار

تدريب ٥٥ — نستعمل فى هذا التدريب زجاجة ليد وخيطاً طويلا من القطن والكشاف المنسوب الى جوجان (شكل ٨٨) . ولا



(شكل ٨٨)

يختلف هذا الكشاف عن الكشاف المعتاد الا فى كون ساقه متصلة بورقة واحدة أمامها كرة صغيرة ـ مثبتة فى ساق صغيرة من الشبه تخترق قفص الكشاف . فبعد ان نضع زجاجة ليد على قرص عازل نصل كرتها بكرة الكشاف بواسطة خيط من القطن ثم نضع عدة بناديل مزدوجة

على طول الخيط و بعدئذ نصل الكرة ـ بالأرض . ومتى تم ذلك نكهرب زجاجة ليد بان نمس كرتها بكرة زجاجة أخرى مشحونة فنشاهد انفراج كرات البناديل المزدوجة وان مقدار انفراجها يأخذ فى النقصان بانتظام من الزجاجة الى الكشاف وهذا يدل على نقص مستمر منتظم فى الجهد الكهربائى على طول الخيط . ونلاحظ أيضا ان ورقة الكشاف تمس الكرة ـ فى غضون أوقات متساوية وتفقد كهرباءها فى كل مرة بعد كل تماس . وتعين النسبة بين عدد مرات التماس فى زمن واحد النسبة بين شدة تيارين مختلفين بعد اختبارهما على التوالى على الوجه الذى ذكر

١٠٥ — **تعيين مقادير نقص الجهد — الفلطمتر** — اذا أردنا الوقوف على الفرق بين جهدى نقطتين من موصل يسرى فيه تيار كهربائى يكفى ان نصل احدى النقطتين بواسطة سلك موصل بقرص الكشاف والاخرى بواسطة سلك آخر بقفصه بعد عزله ثم نلحظ مقدار انفراج الورقتين ونستنبط منه مقدار الفرق المذكور

على انه من المستحسن هنا عدم استخدام هذا الكشاف فى اختبار التيارات الكهربائية لان ورقتيه سريعتا العطب ولانه لا يتأثر الا اذا كان الفرق بين الجهدين مرتفعا كما سبق لنا ذكره (٧٥)

وهناك جهاز آخر يصلح استعماله لهذا الغرض يسمى فلطمترا . وسنرجئ شرح النظرية التى أسس عليها هذا الجهاز الى ان تسنح لنا الفرصة قريبا

و يشبه منظر الفلطمتر علبة اسطوانية صغيرة فى باطنها الاجزاء الفعالة من الجهاز التى تتصل بمرقابل للحركة امام قوس مدرجة (شكل ٨٩)

وعلى جانبى العلبة زوان ضاغطان يمكن وصلهما على التناظر بالنقطتين اللتين يراد قياس الفرق بين الجهدين فيهما . ويعلم هـذا الفرق مقدراً بالفلط بقراءة العـدد الذى يقف أمامه المرى

(شكل ٨٩)

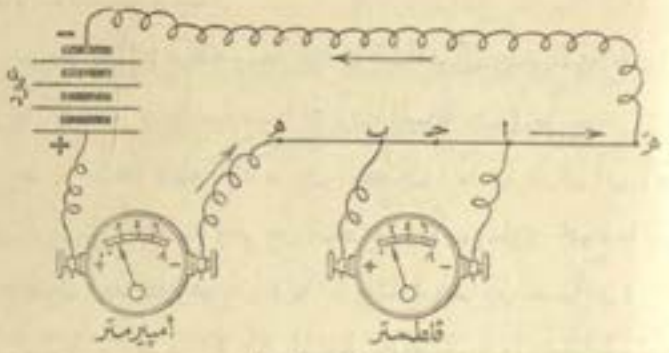
١٠٦ — **الامبير متر** — يستخدم فى عمل التجارب التالية مولدا كهربائيا بسيطا معروفا حق المعرفة وهو المسمى عمود لكلانشيه الذى يستخدم فى المنازل لتحريك الاجراس الكهربائية . ويكفينا الآن ان نعلم انه مولد كهربائى ذو قطبين أحدهما موجب والآخر سالب

فاذا وصلنا قطبى هذا العمود بسلك معدنى سرى فى الدائرة المكونة من كل من السلك والعمود تيار كهربائى شدته واحدة فى جميع أجزائه

ولقياس شدة التيارات يستعمل جهاز يسمى أمبير متر . ويشبه منظر هـذا المقياس تماماً منظر الفلطمتر (شكل ٩٠). ولاستعماله يدمج فى دائرة التيار فيعين مروره فى الحال العدد الدال على شدة التيار مقدرة بالامبير على القوس المدرجة

(شكل ٩٠)

تدريب ٥٧ — نهيئ تهيئة كالمرسومة فى (شكل ٩١) وذلك



(شكل ٩١)

بان ندمج أمبير مترا وسلكاً من النحاس الأبيض (المَيْشور) د هـ طوله متران فى دائرة تيار ثم نصل الفلطمتر بواسطة سلكين بلمسين ا ، ب ـ قابلين للحركة على طول السلك ا ـ ونقفل دائرة التيار ثم نقرأ العدد الذى يعينه الفلطمتر على انه قياس لفرق الجهدين فى ا ، ب ـ والعدد الذى يعينه الأمبير متر على انه قياس لشدة التيار

تعبير — يقال للفلطمتر فى مثل هذه الحالة انه مدمج فى مشتق من التيار المار بالنقطتين ا ، ب ـ

ويجب أن نتحقق بادئ بدء ان النتائج التى نحصل عليها باستعمال الفلطمتر توصلنا الى حقائق مؤكدة

تدريب ٥٨ — ا — بعد أن نعين الفرق بين الجهدين فى ا ، ب ـ نختار نقطتين أخريين ا ، ب ـ أياً كانتا على شرط أن تكون المسافة بينهما تساوى المسافة ا ـ فنشاهد ان عدد الافلاط الذى يعينها الفلطمتر

لا يتغير . ومعنى هذا أن الضغط الكهربائى بين النقطتين يبقى ثابتاً ما دام البعد بينهما لم يتغير

ب — نترك ا مكانه ونبعد عنه ب فنشاهد أن عدد الافلاط يزيد تدريجاً كما انه يزيد بالنسبة عينها اذا زدنا المسافة بين ا ، ب

ح — نأخذ نقطة ثالثة ح بين النقطتين ا ، ب فنرى أن العدد الذى تقرؤه على الفلطمتر وهو بين النقطتين ا ، ب يساوى مجموع ما تقرؤه على دفعتين احداهما وهو بين ا ، ح والثانية وهو بين ح ، ب

نستنبط من هذا انه يمكن استعمال الفلطمتر بدون تحفظ فى تعيين الفرق بين الجهدين فى نقطتين ايا كانتا من دائرة تيار كهربائى مقفل

تدريب ٥٩ — نرجع الى تدريب ٥٧ ونرمز بالرمز ب الى عدد الافلاط الذى يعينه الفلطمتر على انها قياس للفرق بين الجهدين فى ا ، ب وبالرمز و الى عدد الأمابير التى يعينها الأمبير متر على انها قياس لشدة التيار فى الدائرة الرئيسية

ب — نتحى بعضاً من العناصر المكونة للعمود الذى استعملناه فى احداث التيار ونرمز بالرمز ب' للعدد الذى يعينه الفلطمتر وبالرمز و' للذى يعينه الامبير متر فنجد أن

$$\frac{ب}{و} = \frac{ب'}{و'}$$

نستنبط من ذلك القانون الآتى المسمى قانون أوم نسبة لمبتدعه

الفرق بين الجهدين الكهربائيين ب فى طرفى سلك ا ب يسرى فيه تيار يناسب شدة التيار المذكور مناسبة طردية

١٠٧ — **مبادئ أولية فى المقاومة الكهربائية** — يمكن ان ينص على قانون أوم بطريقة أخرى وهى

فى كل موصل معين لا تتغير النسبة بين العددين ب ، و اللذين يعينان اولهما الفلطمتر وثانيهما الامبير متر أى أن

$$\frac{ب}{و} = م \qquad (١)$$

ويعين مقدار م فى المتساوية السابقة قدرا جديداً يسمى المقاومة الكهربائية للموصل وسنثبت فيما بعد ان هذا القدر يرتبط بكل من مادة الموصل وابعاده أى انه يتغير اذا تغير الموصل ويبقى ثابتاً اذا لم يتغير

١٠٨ — **وحدة المقاومة** — الاوم — لما كانت المقاومة قدرا قابلا للقياس اختيرت لها وحدة خاصة تسمى اوما يرمز اليها عادة بالرمز هم

تعريف — الاوم هو المقاومة الكهربائية للموصل الذى اذا مر فيه تيار شدته امبير كان فرق جهدى طرفيه يساوى فلطا

ونستخدم فى قياس المقاومات اسلاك مختلفة الطول قد وضعت فى علب على الترتيب المتبع فى وضع السنجات المستعملة فى وزن الاجسام فى علبها

وقد دلت المباحث الدقيقة على ان الاوم يساوى مقاومة عمود من الزئبق مقطعه مليمتر مربع وطوله ١٠٦ من السنتيمترات وهو فى درجة الصفر

يتضح مما سبق اننا اذا قدرنا مقاومة موصل بالاوم ولتكن م وشدة

التيار بالأمبير ولتكن و وفرق جهدى طرفى الموصل بالفلط وليكن ب نتج ان

ب فلطا = م أوما × و أمبيرا

مثال — أوجد مقاومة مصباح كهربائى مع العلم أن الفرق بين جهدى طرفى خيطه يساوى ١١٠ فل وشدة التيار الذى يسرى فيه ½ هب

الحل — اذا طبقنا القانون (١) نجد ان

م = ١١٠ ÷ ½ = ٢٢٠ هم

١٠٧ — الموصلات تقاوم سير التيارات الكهربائية — اذا أنعمنا النظر ظهر لنا بدون عناء ان لفظة « مقاومة » اختيرت للدلالة على مايفهم من لفظها

ولبيان ذلك نعود الى الموازنة بين الظواهر المائية والظواهر الكهربائية

اذا أردنا الحصول على تصرف مائى واحد خلال أنبوبتين مختلفتى القطر وجب ان يكون فرق الضغط فى طرفى أضيقهما أكبر منه فى طرفى الاخرى ولذا يقال ان مقاومة الاولى لسريان الماء أكبر من مقاومة الثانية له لاننا نعتبر ان أكثرهما مقاومة ما يستلزم سريان الماء فيها زيادة فى الضغط وكذلك اذا كان فرق الضغط فى طرفى انبوبتين واحداً وكان تصرف احداهما أقل من تصرف الاخرى قيل ان مقاومة الاولى لسريان الماء أقل من مقاومة الثانية له

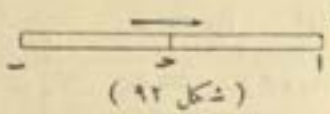
يقع مثل ذلك تماماً فى الموصلات التى تسرى فيها التيارات الكهربائية اى ان المقاومة الكهربائية لموصل تزيد كمقاومة الأنابيب المائية تبعاً لزيادة طوله ونقص سمكه . وليس هناك فرق الا فى ان قوانين

تحرك المياه معقدة وتقريبية فى حين ان قوانين سريان الكهرباء فى منتهى البساطة وغاية فى الدقة

١١٠ — مقاومة الموصل تتعلق بطبيعة مادته — نرجع الى التهيئة السابقة (شكل ٩١) ونستبدل بسلك النحاس الأبيض آخر من النحاس يساويه طولاً ومقطعاً . فنشاهد أن فرق جهدى طرفيه يخالف كثيراً فرق جهدى طرفى السلك الاول

نستنبط من ذلك ان **مقاومة الموصلات تختلف تبعاً لاختلاف مادتها**

١١١ — المقاومة الكهربائية لموصل اسطوانى تناسب طوله مناسبة طردية — اذا كان هناك موصل اسطوانى ا ﻫ (شكل ٩٢) مقاومته م هم وشدة التيار الذى يسرى فيه و هب امكن ايجاد فرق جهدى طرفيه بتطبيق القانون ف = م × و


(شكل ٩٢)

فاذا فرضنا اننا وضعنا عقب هذا الموصل موصلا آخر ﻫ ب يماثله من جميع الوجوه وكانت شدة التيار الذى يسرى فيهما تساوى أيضاً و هب كان فرق جهدى طرفى كل من ا ﻫ ، ﻫ ب يساوى ب فل وكان بناء على ذلك فرق جهدى ا ، ب = ٢ ب فل (تدريب ٥٨)

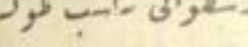
فاذا رمزنا الى مقاومة ا ب بالرمز مَ نتج ان

٢ ف = مَ × و

وهذا لا يكون الا اذا كانت مَ = ٢ م

نستنبط من ذلك ان **مقاومة السلك الاسطوانى تناسب طوله مناسبة طردية**

١١٢ — **المقاومة الكهربائية لسلك اسطوانى تناسب مقطعه العمودى مناسبة عكسية** — اذا فرضنا اننا وضعنا السلك حـ ب جنباً السلك ا حـ بدلا من ان نضعه عقبه (شكل ٩٣) وان شدة التيار الذى يسرى فى كلا السلكين تساوى ، كانت شدة التيار الذى يسرى فيهما معاً تساوى ٢ ، اما فرق جهدى طرفيهما فيبقى بالبداهة محافظاً لمقداره د كما لو كان أحد السلكين منفردا


(شكل ٩٣)

فاذا رمزنا بالرمز م' الى مقاومة السلكين معاً نتج ان

د = م ، اذا كان التيار يسرى فى سلك واحد

د = م' × ٢ ، « « « « السلكين معا .

وهذا لايكون الا اذا كانت م' = ½ م

نستنبط من ذلك ان **مقاومة الموصل الاسطوانى تناسب مقطعه العمودى مناسبة عكسية**

١١٣ — **وضع القوانين السابقة على صورة جبرية** — اذا رمزنا بالرمز م الى مقاومة موصل مقدرة بالاوم ، وبالرمز ل الى طوله مقدراً بالسنتيمتر ، وبالرمز س الى مساحة مقطعة مقدرة بالسنتيمتر المربع نتج ان

$$م = ث \frac{ل}{س} \qquad (١)$$

على فرض ان ث عامل ثابت يرتبط بطبيعة الموصل لا غير ، ويسمى **المقاومة النوعية** للمادة المصنوع منها

واذا فرضنا فى القانون (١) ان ل = ١ ، س = ١ كانت م = ث وكان التعريف الآتى

تعريف — المقاومة النوعية لجسم هى مقاومة قطعة منه طولها سنتيمتر ومقطعها سنتيمتر مربع

ومن المستحسن تقدير هذا العامل على حسب التطبيقات العملية التى يستعمل فيها اما بالميكروم وهو يساوى جزءا من مليون من الأوم واما بالميجوم وهو يساوى مليون اوم

ويشمل الجدول الآتى المقاومة النوعية لبعض الأجسام فى درجة الحرارة المعتادة

الاجسام	المقاومات النوعية		الاجسام	المقاومات النوعية	
الفضة	١٫٤٦	من الميكروم بسم	لحم الموجات	٠٫٠٧	من الاوم بسم
النحاس	١٫٦٠	« «	محلول ملح الطعام	٦٫٤٠	« « «
الخارصين	٥٫٥٠	« «	مشبع كبريتات الخارصين	٣٥٫٠٠	« « «
البلاتين	٩٫١١	« «	من ١ « النحاس	٣٧٫٠٠	« « «
الحديد	٩٫٧٠	« «	حامض الازوتيك ٦٠° ب	٢٫١٠	« « «
الرصاص	١٩٫٥٠	« «	ارجاج المعتاد	٧٠٫٣٠	ميجوم تقريبا
النحاس الابيض	٣٠٫٠٠	« «	الورق	٢٠٠٠٫٠٠	ميجوم «
الزئبق	٩٤٫٠	« «	الاوبنيت	٢٨٠٠٠٫٠٠	« « «

تنبيه — يجب الالتفات عند تطبيق القانون (١) الى تقدير الاطوال بالسنتيمتر والمقاطع بالسنتيمتر المربع

مثال ١ — أوجد بالاوم مقاومة سلك من النحاس طوله كيلومتر ومقطعه مليمتر مربع

الحل — تقدم أن $م = ث \frac{ل}{س}$

ولما كانت ث = ١٦ × $١٠^{-٣}$ ه‌م سم، ل = $١٠^{٥}$ سم، س = $١٠^{-٢}$ سم^{٢}

تنتج أن $م = ١٦ \times ١٠^{-٣} \times ١٠^{٥} \times ١٠^{٢} = ١٦$ ه‌م

مثال ٢ — اذا كانت مقاومة سلك من النحاس طوله متر ومساحة مقطعه مليمتر مربع تساوى مقاومة عمود من محلول مشبع من كبريتات النحاس ارتفاعه سنتيمتر فما مساحة مقطع العمود

الحل — مقاومة سلك النحاس = $١٦ \times ١٠^{-٧} \times \frac{١٠^{٢}}{١٠^{-٣}}$

$= ١٦ \times ١٠^{-٧} \times ١٠^{٤} = ١٦ \times ١٠^{-٣}$

مقاومة العمود السائل = $\frac{١}{س} \times ٣٧$

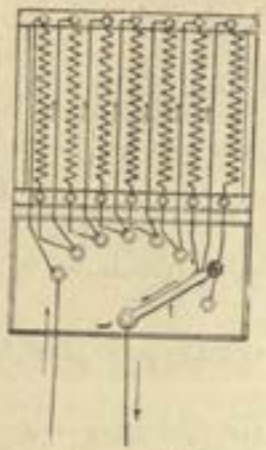
$\therefore \quad \frac{٣٧}{س} = ١٦ \times ١٠^{-٣}$

$\therefore \quad س = \frac{٣٧ \times ١٠^{٣}}{١٦} = ٢٣١٢٫٥$ سم^{٢}

$=$ ٢٣ ديسمتراً مربعاً تقريباً

١١٤ — المعترضات الكهربائية — كثيراً ما تمس الحاجة فى الاعمال الصناعية الى تغيير شدة التيارات . ويتوصلون الى ذلك بما

يسمى بالمعترض الكهربائى (شكل ٩٤) . وهو جهاز مركب من عدة أسلاك يمكن وصل بعضها ببعض على صور مختلفة بعونة ساق ا قابلة للدوران حول محور ب وبذلك يمكن تغيير المقاومة الكلية للتيار فيترتب على تغييرها تغيير شدته . ويكفى للوقوف على عمل المعترض القاء نظرة على الشكل



(شكل ٩٤)

تمرينات

١ — اذا كان فرق جهدى طرفى سلك من النحاس ٥ فل وشدة التيار الذى يسرى فيه ١٠ صب فما يصير هذا الفرق اذا سرى فى السلك تيار شدته ٢ صب

٢ — أوجد مقاومة سلك من النحاس طوله ١٠ كم وقطر مقطعه ٢ مم

٣ — ما النسبة بين مقاومتى سلكين من الحديد اذا كان طول أحدهما تسعة أمثال طول الثانى وقطره ثلاثة أمثال قطره

٤ — سلك من النحاس طوله ٢٠٠ م وقطره ٢ مم وآخر من الحديد طوله ٥٠ م وقطره ٣ مم فما النسبة بين مقاومتيهما

٥ — اذا كانت كتلة اسطوانة من الزئبق وهى فى درجة الصفر تساوى ١٤٠٠ جم وطولها يساوى متراً واحداً فما مقاومتها فى هذه

الدرجة (كثافة الزئبق فى درجة الصفر ١٣٫٦ جم)

٦ — اذا كانت مقاومة قطعة من البلاتين تماثل تماماً فى الشكل والابعاد سنتيمتراً مكعباً تساوى ٩ ميكرومات وصنعنا منها سلكاً مقاومته ٤ هم فما طول هذا السلك

٧ — سلكان من النحاس طول أحدهما ١٠٠ م وكتلته ٣ كجم وطول الآخر ٥٠٠ م وكتلته ٢٥ كجم فما النسبة بين مقاومتيهما

٨ — وصلنا قطبى عمود بسلك مقاومته ١٠ هم ثم استعضنا عنه سلكاً آخر مقاومته ٢٥ هم فنقصت شدة التيار الى النصف فما مقاومة العمود الداخلية

٩ — اذا أدمجنا على التعاقب فى دائرة تيار واحد سلكين متساويين طولاً ومقطعاً أحدهما من الحديد والثانى من النحاس وكان الفرق بين الجهدين فى نهايتيهما المتطرفتين ٢١ فل فما الفرق بين جهدى طرفى كل منهما

١٠ — اذا أحدث أحد عناصر بنزن تياراً شدته ٠٫٦ صب فى سلك مقاومته ٢ هم فما مقدار المقاومة الداخلية لهذا العنصر اذا كانت قوته المحركة ١٫٨ فل

١١ — اذا مر تيار شدته ١٠ صب فى موصل من النحاس طوله ٥٠٠ م وكان الفرق بين جهدى طرفيه ٥ فل فما مقاومة هذا السلك وما مقطعه وما قطره

١٢ — اذا حوت انبوبة ضيقة من الزجاج خيطاً زئبقياً كتلته فى درجة الصفر ١٤٫٤١ جم وطوله ١٠٦ سم ومقاومته أوماواحدا فامقطعه وما المقاومة النوعية للزئبق فى درجة الصفر (كثافة الزئبق ١٣٫٦ جم)

تطبيقات قانون اوم

١١٥ — تطبيق قانون اوم على دائرة مقفلة — من البدهى ان قانون اوم الذى ينطبق على كل جزء من أجزاء الدائرة ينطبق أيضاً على الدائرة بتمامها أى ان القانون الجبرى ق = م و يلبث صحيحا اذا دلت ق على القوة المحركة ق م للمولد الكهربائى م ؟ م على مقاومة دائرته الكلية

فاذا رمزنا بالرمز مَ الى مقاومة الموصل الواصل بين القطبين و بالرمز هـ الى المقاومة الداخلية للمولد الكهربائى كانت م = مَ + هـ ونتج ان

$$ق م = (مَ + هـ) و \qquad (١)$$

واذ رمزنا بالرمز ق الى فرق الجهدين فى قطبى اتصال الموصل الخارجى بقطبى العمود نتج ان

$$ق = مَ و \qquad (٢)$$

ومن الواضح ان كلا من القانونين (١) ؟ (٢) يعين قانون اوم و ينطبق أولهما على الدائرة بتمامها وثانيهما على السلك الواصل بين القطبين فقط

١١٦ — التمييز بين القوة المحركة لمولد كهربائى وفرق جهدى قطبيه — اذا قسمنا طرفى المتساويتين (١) ؟ (٢) كلا على نظيره نتج ان

$$\frac{\text{قم}}{\text{ب}} = \frac{\text{م} + \text{هـ}}{\text{م}} = ١ + \frac{\text{هـ}}{\text{م}}$$

نستنبط من هذه المتساوية النتيجة الآتية

القوة المحركة لمولد كهربائى تكون دائما أكبر من فرق جهدى قطبيه

ومن الواضح انهما يتساويان اذا كانت م أكبر ما يمكن

مثال ١ — اذا جمعنا خمسة من عناصر بنزن على التسلسل وكانت القوة المحركة لكل منها ١٫٨ فل ومقاومته الداخلية $\frac{1}{2}$ هم ومقاومة السلك الواصل بين القطبين ٣٫٥ هم فما شدة التيار

الحل — المقاومة الداخلية لخمسة العناصر المتتالية تساوى خمسة أمثال مقاومة أحدها أى أوما واحدا

ولما كانت مقاومة السلك الواصل بين القطبين ٣٫٥ هم كانت المقاومة الكلية للدائرة : ١ + ٣٫٥ = ٤٫٥ هم

أما القوة المحركة قم للعمود فتكون قم = ٥ × ١٫٨ = ٩ فل

ولما كان قم = م ء ∴ ء = $\frac{\text{قم}}{\text{م}} = \frac{٩}{٤٫٥} = ٢$ ءب

مثال ٢ — اذا كانت شدة تيار يسرى فى دائرة مقفلة تساوى ١٥ ءب وحذفنا من الدائرة مقاومة تساوى أوما واحدا فارتفعت شدة التيار الى ٢٠ ءب فما مقدار المقاومة الاصلية وما مقدار القوة المحركة للمولد الكهربائى وما تؤول اليه شدة التيار اذا نقصنا المقاومة اوما آخر

الحل — نرمز بالرمز س الى مقاومة الدائرة المجهولة فينتج ان

قم = ١٥ س

ولما كان المفهوم من منطوق المسألة انه اذا نقصت هذه المقاومة اوما ارتفعت شدة التيار الى ٢٠ ءب دون ان تتغير القوة المحركة للمولد نتج ان

قم = ٢٠ (س — ١) ∴ ١٥ س = ٢٠ (س — ١) ∴ س = ٤ هم

ولما كانت : قم = ١٥ س ∴ قم = ٦٠ فل

من ذلك نرى ان المقاومة الاصلية كانت ٤ هم . فاذا حذف منها اوم آخر بعد الاول آلت الى ٢ هم وكانت شدة التيار الناتج حينئذ

$$\text{ء} = \frac{\text{قم}}{\text{م}} = \frac{٦٠}{٢} = ٣٠ \text{ ءب}$$

١١٧ — الاوم العيارى — ذكرنا فيما تقدم ان مقاومة الاوم تعادل مقاومة عمود من الزئبق طوله ١٠٦ سم ومقطعه مم^٢ . متى علمنا ذلك امكننا ان نصنع اوما عياريا على ان نستعمله هو ومضاعفاته وعوامله فى تعيين مقاومات الموصلات المختلفة

ويتركب الأوم العيارى كما فى (شكل ٩٥) من أنبوبة زجاجية ملتوية على نفسها عدة مرات قد ملئت زئبقا وقد وصل كل من طرفيها بقمع زجاجى مملوء زئبقا . ومن البين ان مقاومة زئبق القمعين لا تؤثر تأثيراً يذكر فى النتائج الحاصلة نظراً لكبر مقطعيهما . وقد

(شكل ٩٥)

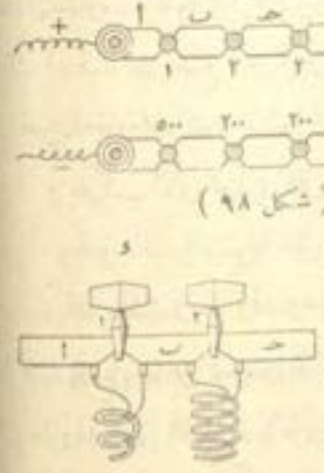
يصنع الاوم العيارى من سلك من النحاس الابيض قد لحم طرفاه بساقين غليظتين من النحاس (شكل ٩٦)

(شكل ٩٦)

علب المقاومة — ذكرنا فيما تقدم انه لقياس المقاومات تستعمل اسلاك مختلفة الطول قد وضعت فى علب كالمرسومة فى (شكل ٩٧) على الترتيب المتبع فى ترتيب الصنجات المستعملة فى الوزن كما هو واضح فى (شكل ٩٨) .

(شكل ٩٧)

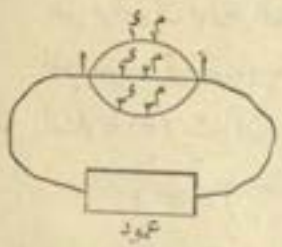
ويتركب كل من هذه المقاومات من سلك من النحاس الابيض ملفوف على بكرة وينتهى طرفاه بقطعتين غليظتين من المعدن ا ، ب مثبتتان على لوح من الابونيت ويفصل بينهما مسافة يمكن سدها بتد معدنى و (شكل ٩٩). ويتصل كل من الطرفين الخالصين من كل


(شكل ٩٩)

من الملفين الأول والأخير بزر ضاغط يوصل به أحد طرفى سلك الدائرة الكهربائية . فمتى كانت جميع الأوتاد فى اماكنها مر التيار بجملته فى القضيب الناتج من اجتماع القطع المعدنية والأوتاد لان مقاومتها لا تكاد تذكر وكفى رفع احد الاوتاد لادخال سلك الملف الذى يقابله فى دائرة التيار

ويكفى للوقوف على المقاومة الكلية للعلبة عقب كل تجربة جمع الاعداد التى تقابل الاوتاد المرفوعة

١١٨ — **التيارات المشتقة** — اذا فرضنا دائرة تيار تشمل عدة مشتقات تبتدئ من نقطة ا وتنتهى فى نقطة آ (شكل ١٠٠) فمتى سرى تيار فى الدائرة كان فرق جهدى النقطتين ا ، آ ثابتاً ما دامت شدة التيار لم تتغير وتجزأ التيار بين المشتقات ثم تجمع برمته فى النقطة آ



(شكل ١٠٠)

فاذا رمزنا بالرموز $ق_1$ ، $ق_2$ ، $ق_3$ ، .... الى شدة التيارات التى تسرى على التناظر فى الموصلات المشتقة وبالرموز $م_1$ ، $م_2$ ، $م_3$ ، .... الى مقاوماتها وبالرمز و الى شدة التيار فى الدائرة الرئيسية وبالرمز ه لفرق الجهدين فى ا ، آ كان مجموع شدات التيارات المشتقة يساوى شدة تيار الدائرة الرئيسية اى ان

$$و = ق_1 + ق_2 + ق_3 + \ldots \quad (١)$$

اضف الى اننا اذا اعتبرنا كلا من المشتقات على حدة تبين لنا ان فرق جهدى طرفى كل منها يساوى مقاومته مضروبة فى شدة التيار الذى يسرى فيه اى ان

$$ه = ١ م_{١} = ٢ م_{٢} = ٣ م_{٣} \ldots \quad (٢)$$

وتسمى العلاقتان (١) ، (٢) قانونى التيارات المشتقة

١١٩ — المقاومة الكهربائية لعدة موصلات مجتمعة فى نقطتين من دائرة تيار — يمكن استعمال العلاقتين السابقتين فى ايجاد المقاومة الكلية لعدة موصلات مجتمعة أطرافها فى نقطتين ا ، ا' من دائرة تيار . فاذا رجعنا الى الرموز السابقة ينتج ان

$$و م = ه \quad (٣)$$

على فرض ان م رمز الى المقاومة الكلية للموصلات المجتمعة الاطراف

فاذا عوضنا فى المتساوية (١) مقادير $١ ، ٢ ، ٣ \ldots$ المستخرجة من المتساوية (٢) ينتج ان

$$و = ه \left(\frac{١}{م_{١}} + \frac{١}{م_{٢}} + \frac{١}{م_{٣}} \ldots \right) \quad (٤)$$

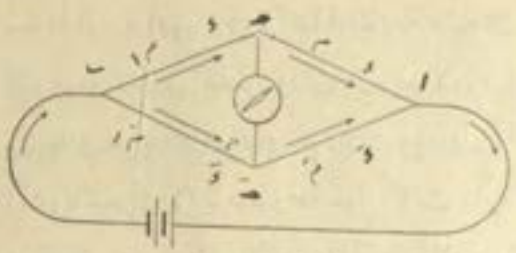
وبقسمة طرفى المتساوية (٤) على طرفى المتساوية (٣) كل على نظيره نتج ان

$$\frac{١}{م} = \frac{١}{م_{١}} + \frac{١}{م_{٢}} + \frac{١}{م_{٣}} \ldots$$

ومعنى هذا ان مقلوب المقاومة الكلية يساوى مجموع مقلوبات المقاومات الجزئية

١٢٠ — قياس مقاومة الموصلات — انا اكثر الطرق المستعملة فى قياس مقاومة الموصلات هى طريقة قنطرة هوتستون Wheatstone وهى تنحصر فى استعمال أربع مقاومات م ، م' ، م_{١} ، م'_{١} تكون شكلا رباعياً ا ح ب ح' (شكل ١٠١) يوصل رأساه ا ، ب بقطبى

عمود كهربائى ورأساه الآخران ح ، ح' بسلك من النحاس أدمج فيه مقياس كهربائى يسمى جلفانومترا خاصته اظهار مرور التيارات الكهربائية مهما ضعفت فاذا



(شكل ١٠١)

توصلنا بطريق ما الى ايقاف سريان التيار فى القنطرة ح ح' آل الأمر الى

أولا — تساوى شدة التيار فى الجزأين م ، م'

ثانيا — « « « « « م ، م'

ثالثا — تساوى الجهد فى كل من ح ، ح'

رابعا — تساوى الفرق بين جهدى النقطتين ا ، ح والنقطتين ا ، ح'

خامسا — « « « « ا ، ح والنقطتين ا ، ح'

فاذا رمزنا الى شدة التيار فى المقاومتين م ، م بالرمز و ولشدته فى المقاومتين م' ، م'_{١} بالرمز و' نتج ان

$$و م = و' م' \quad \text{وأيضاً} \quad و م_{١} = و' م'_{١}$$

واذا قسمنا طرفى المتساوية الاولى على طرفى الثانية كلا على نظيره نتج ان

$$\frac{م}{م_{١}} = \frac{م'}{م'_{١}}$$

يتبين من ذلك انه حينما يقف سريان التيار فى القنطرة يكون حاصل ضرب كل مقاومتين متقابلتين يساوى حاصل ضرب الأخريين

فاذا أردنا تعيين مقاومة أيا كانت مثل م نضع فى م، ومَ، مقاومتين معلومة النسبة بينهما وفى مَ علبة مقاومة ثم نبحث عن مقدار المقاومة التى تمنع مرور التيار فى القنطرة وذلك بان نرفع الاوتاد على الترتيب الذى سبق شرحه فى طريقة وزن الاجسام (٦٣ جزء أول) الى ان نصل الى الوتد الذى لاتتحرك الابرة عند رفعه سواء أكانت دائرة التيار مفتوحة أم كانت مقفلة فتعين حينئذ الاعداد المقابلة للاوتاد التى رفعت المقاومة مَ وبذلك تكون

$$م = \frac{م_{١}}{م_{٢}} مَ$$

مثال ١ — اذا جمعنا عشرة من عناصر قلطا على التسلسل وكانت المقاومة الداخلية لكل منها ½ ﻫم وقوته المحركة قلطا واحدا ووصلنا قطبي المتسلسلة بسلك مقاومته ٤ ﻫم قد أدمج فيه مشتقان مقاومة كل منهما ٢ ﻫم فما شدة التيار الناتج

الحل — المقاومة الداخلية لعشرة العناصر المجموعة على التسلسل تساوى عشرة أمثال مقاومة أحدها أى : ١٠ × ½ = ٥ ﻫم

أما مقاومة الموصلات فتساوى مقاومة سلك الدائرة أى ٤ ﻫم مضافا اليه مقاومة السلكين المشتقين

ولما كانت مقاومة كل سلكين متماثلين تساوى نصف مقاومة احدهما (١١٩) كان مقدار المقاومة الكلية : ٥ + ٤ + ١ = ١٠ ﻫم

وبما ان القوة المحركة للعمود تساوى ١٠ فول

$$\text{تنتج ان} \quad و = \frac{\text{ق م}}{م} = \frac{١٠}{١٠} = ١ \text{ ﻫب}$$

أى ان شدة التيار تساوى امبيرا واحدا فى كل من العمود والسلك الذى تبلغ مقاومته ٤ ﻫم أما فى سلكى الاشتقاق فيبلغ مقدارها ½ ﻫب فى كل منهما

مثال ٢ — أدمجنا سلكين يعقب أحدهما الآخر فى دائرة تيار فظهر أن مقاومتهما معاً تساوى ٢٥ ﻫم ثم كونا منهما مشتقين فى نفس الدائرة فتبين ان مقاومتهما أصبحت ٤ ﻫم فما مقاومة كل منهما

الحل — نرمز بالرمزين س، ص الى المقاومتين فينتج

$$س + ص = ٢٥ \quad \text{وأيضاً} \quad \frac{١}{س} + \frac{١}{ص} = \frac{١}{٤}$$

$$\therefore س = ٥ \text{ ، } ص = ٢٠$$

تمرينات

١ — اذا صنعنا من سلك مقاومته ٤ ﻫم مربعا ثم وصلنا رأسين متقابلين من رؤوسه بقطبى عمود فما تؤول اليه مقاومته

٢ — اذا كانت المقاومة الداخلية لمولد كهربائى ٢ ، ٠ ﻫم ولحظنا انه حينما تكون شدة التيار الذى يسرى فى السلك الواصل بين قطبيه تساوى ٤٠ ﻫب يكون فرق جهدى زوبه الضاغطين ١١٠ فول فما القوة المحركة لهذا المولد

٣ — اذا كانت المقاومة الكلية فى دائرة تيار ١٨ ﻫم ووصلنا نقطتين من دائرته الخارجية المقاومة بينهما ١٢ ﻫم بموصل اضافى مقاومته

٤هم فعلى أى نسبة تتغير شدة التيار

٤ — اذا جمعنا خمسة من عناصر بنزن على التسلسل وكانت القوة المحركة لكل منها ١٫٨ فل ومقاومته الداخلية ½ هم ومقاومة السلك الواصل بين قطبى المتسلسلة ٥٫٣هم فما شدة التيار الذى يسرى فى السلك

٥ — اذا جمعنا ٢٠ عنصرا من عناصر فلطا على التسلسل وكانت المقاومة الداخلية لكل منها ½ هم وقوته المحركة فلطا ثم أوجدنا بين قطبى المتسلسلة دائرة مكونة من سلك مقاومته ٨ هم قد أدمج فيه مشتقان مقاومة كل منهما ٤ هم . فما شدة التيار فى كل من السلك والمشتقين

٦ — اذا كانت القوة المحركة لأحد عناصر دنيل فلطا واحدا ومقاومته الداخلية ٠٫٨ هم ووصلنا قطبيه بزرى جلفانومتر بوساطة موصلين لاتكاد مقاومتهما تذكر فتبين من انحراف ابرة الجلفانومتر ان شدة التيار ٠٫٠١٢ صب فما مقاومة سلك الجلفانومتر

٧ — مامقدار المقاومة التى تعترض بها ثلاث مشتقات سريان تيار اذا كانت مقاومة احداها ٣هم والثانية ٥هم والثالثة ٢٠هم

٨ — ادمجنا فى دائرة تيار شدته ٢٠ صب مقاومة اضافية فنزلت الى ١٢ صب ثم اعتضنا عن هذه المقاومة مقاومة اخرى فنزلت شدة التيار الى ١٠ صب فما النسبة بين المقاومتين . وما تؤول اليه شدة التيار اذا ادمجنا فى دائرته المقاومتين السالفتى الذكر احداهما عقب الاخرى

٩ — اذا كانت شدة التيار الحادث من متسلسلة مكونة من ٣ عناصر متماثلة فى دائرة تساوى ٦ صب وشدة الذى يحدث فى نفس الدائرة من متسلسلة مكونة من ٢٤ عنصراً مماثلة للسابقة تساوى ٢٠ صب . فما عدد العناصر

التى لو جمعت على التسلسل لأحدثت فى نفس الدائرة تياراً شدته ١٠ صب

٩ — اذا كانت شدة التيار الحادث من عنصر واحد فى دائرة ٠٫٢٥٠ صب وشدة الذى يحدث فى نفس الدائرة من متسلسلة مكونة من عنصرين من نوع الأول ٠٫٣٧٥ صب وكانت المقاومة الداخلية لكل عنصر ٢ هم . فما القوة المحركة لكل من العنصرين . وما مقاومة الدائرة فى الحالة الأولى

١٠ — اذا كانت القوة المحركة لمولد كهربائى ٩ فل (شكل ١٠٢) ومقاومته الداخلية ٢ هم ومقاومات الأسلاك ا ب ح ء ه و ز ح ط ى المكونة منها دائرته الخارجية ١ ١ ٦ ٣ ٦ ٢ على التناظر فما شدة التيار فى كل من أجزاء هذه الدائرة وما الفرق بين الجهدين فى ب ز و

(شكل ١٠٢)

١١ — اذا أدمجنا فى دائرة تيار شدته ٤ صب سلكاً دائرياً مقاومته ٨ هم وكانت النقطة التى يدخل منها التيار فى هذا السلك تبعد عن التى يخرج منها بمقدار ٩٠° فما شدة التيار فى كل من قوسى السلك الدائرى وما الفرق بين الجهدين فى طرفيهما

الباب الثانى

طاقة التيارات وقانون جول

١٢١ — الطاقة الكهربائية — ذكرنا فيما تقدم أنه لإيصال شحنة كهربائية مقدارها ك كولنًا الى منسوب كهربائى يزيد على منسوبها بمقدار هـ فولت وجب صرف شغل

$$ش = (ك \times هـ) \text{ جولاً} \qquad (٤٧)$$

وعلى عكس ذلك اذا هبط جهد شحنة كهربائية مقدارها ك كولنًا بمقدار هـ فولت كانت قادرة على انجاز شغل

$$ش = (ك \times هـ) \text{ جولاً}$$

وقد ثبت لنا أيضًا أنه يمكن تحويل الطاقة المدخرة التى تخلف هذا الشغل الى حرارة تظهر فى الموصل الذى يحصل فيه الافراغ (٨٧)

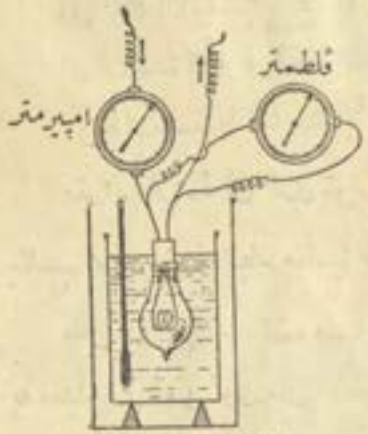
نعود الآن الى التيارات الكهربائية التى تسرى باستمرار فى الموصلات من جهد ثابت الى آخر ثابت أقل منه ارتفاعًا . فمن البدهى أنه يجب أن يكون الموصل المذكور مجالاً لتحولات مستمرة فى الطاقة الكهربائية . فقد نحصل على هذه الطاقة على صورة آلية يمكن استخدامها فى ادارة محرك كهربائى (٨٤) كما قد نحصل عليها على صورة تأثيرات كيمياوية كما سنشرح ذلك فى الباب التالى

ولا بد على كل حال أن يتحول جزء من هذه الطاقة الى حرارة اذ

من المحال ان يسرى تيار فى موصل دون ان يسخنه

١٢٢ — النتائج الحرارية للتيارات — **تدريب ٦٠** — نمد بين كرتى المنبه العام سلكًا رفيعًا من الحديد ثم نصل احدى ساقيه بالقطب الموجب من متسلسلة مكونة من بضعة مراكم وساقه الاخرى بقطبها السالب فنشاهد احمرار السلك أو انصهاره أو تحوله الى بخار

تدريب ٦١ — **ا** — نضع فى مسعر مقدارا معينا من الماء ولتكن كتلته ٣٤٥ جم ثم نغمر فيه مصباحا متألقا مقاومته ١٥ هم بعد ان نصل بين زريه وقطبى متسلسلة مكونة من ستة مراكم تبلغ القوة المحركة لكل منها ٢ فولت (شكل ١٠٣)



(شكل ١٠٣)

ب — نضع بجوار المصباح ترمومترا نحرك به الماء آنا فآنا حتى تتوزع الحرارة بمقدار واحد فى جميع أجزائه ونلدون درجات الحرارة التى يعينها الترمومتر بعد فترات متساوية

فاذا فرضنا ان درجة حرارة الماء كانت قبل وضع المصباح فيها ١٥° وانها ارتفعت فى مدة ٥ دقائق من ١٥° الى ١٧° رأينا انها ترتفع فى خمس الدقائق التالية من ١٧° الى ١٩°

من ذلك نستنبط القاعدة الآتية

مقدار الحرارة ك الذى يتولد فى موصل يسرى فيه تيار كهربائى يناسب المربع الذى يتولد فيه مناسبة طردية

هـ — تنحى ثلاثة عناصر من المتسلسلة فنجد ان درجة حرارة ماء المسعر ترتفع فى فترة قدرها عشر دقائق درجة واحدة أى ان ارتفاع درجة الحرارة فى هذه الحالة يكون أبطأ منه فى الأولى أربع مرات أو يقال بعبارة أخرى ما يتولد من الحرارة فى الحالة الأولى فى زمن معين أربعة أمثال ما يتولد منها فى الحالة الثانية

ولما كانت المقاومة الداخلية للمراكم لا تكاد تذكر نتج ان شدة التيار تكون : فى الحالة الأولى $\frac{٦ \times ٢}{١٠} = ٠٫٨$ ءب

وفى الحالة الثانية $\frac{٣ \times ٢}{١٠} = ٠٫٤$ ءب

اى ان شدة التيار فى الحالة الثانية نصف شدته فى الحالة الاولى

من ذلك نستنبط القاعدة الآتية

مقدار الحرارة ك الذى يتولد حين مرور تيار يسرى فى موصل يناسب مربع شدة التيار مناسبة طردية

تدريب ٦٢ — نضع مصباحين متصلين على التوالى كلا فى مسعر به مقدار من الماء يساوى ما فى الآخر ثم نصل بينهما و بين قطبى متسلسلة من المراكم فنشاهد ان ارتفاع درجة الحرارة فى أحد المسعرين يخالف مقدار ارتفاعها فى الآخر اللهم الا اذا كانت مقاومة المصباحين واحدة . اما اذا كانت مقاومة أحدهما اكبر من مقاومة الآخر فاننا نجد ان ارتفاع درجة الحرارة فى ماء المسعر الحاوى للاول يزيد على ارتفاعها فى ماء المسعر

الحاوى للآخر . واذا كنا على بينة من مقاومة كل من المصباحين شاهدنا ان ارتفاع درجة الحرارة فى كل من المسعرين يناسب مقاومة كل من المصباحين مناسبة طردية

فاذا لحظنا ان شدة التيار الذى يسرى فى المصباحين واحدة امكننا ان نستنبط النتيجة الآتية

مقدار الحرارة ك الذى يتولد حين مرور تيار كهربائى واحد فى موصلات مختلفة يناسب مقاوماتها مناسبة طردية

١٢٣ — **وضع النتائج السالفة على صورة جبرية — قوانين جول** — نستنبط من النتائج السابقة ان **مقدار الحرارة ك الذى يتولد حين سريان تيار كهربائى فى موصل يناسب**

أولاً — الزمن ز

ثانياً — مقاومة الموصل م

ثالثاً — مربع شدة التيار د

مناسبة طردية

ويمكن تلخيص قوانين جول اذا رمزنا بالرمز ك الى مقدار الحرارة التى تتولد فى زمن ز بقانون جبرى واحد وهو

$$ك = \frac{م د^{٢} ز}{ث}$$

وتعين ث فى المتساوية السابقة مقداراً ثابتاً نبينه الآن . وللوصول الى ذلك

تعود الى التدريب الأسبق ونضع النتائج التى حصلنا عليها على الوجه الآتى

مقدار ما يلزم من الحرارة لرفع درجة حرارة ماء المسعر من ١٥° الى ١٩° هو ك = ٤ × ٣٤٥ = ١٣٨٠ سع

شدة التيار و = ٠٫٨ أمب

مقاومه المصباح م = ١٥ أهم

الزمن الذى استغرقته التجربة ن = ١٠ × ٦٠ = ٦٠٠ ثانية

فاذا وضعنا هذه المقادير فى القانون السابق نتج ان

$$ث = \frac{١٥ \times ٠٫٦٤ \times ٦٠٠}{١٣٨٠} = ٤٫١٨$$

وبناء على ما تقدم يرى انه يمكن تلخيص قوانين جول فى القانون الجبرى الآتى

$$ك = \frac{م \times و^{٢} \times ن}{٤٫١٨} \text{ سع} \qquad (١)$$

١٢٤ — نظرية التطاقو — نعلم أنه اذا هبط جهد شحنة كهربائية مقدارها ك كولناً بمقدار هـ فلطاً كانت قادرة على انجاز شغل

ش = (ك × هـ) جولا

ونعلم أيضا انه اذا مر تيار شدته و فى موصل مقاومته م والفرق بين جهدى طرفيه هـ كان

هـ = (م × و) فلطا

ونعلم من جهة أخرى انه ينتج من تعريف الامبير ان مقدار الكهرباء ك الذى يسرى فى سلك لمدة مقدارها ن هو

ك = (و × ن) كولنا

ينتج من ذلك ان ما يلزم من الشغل لحفظ سريان التيار بطريقة مستمرة ومنتظمة فى الموصل لمدة مقدارها ن هو

ش = (ك × هـ) = م و^٢ ن جولا (٢)

وقد تبين لنا من التجارب السابقة ان مقدار الحرارة المتولدة فى الزمن ن يساوى $\frac{م\ و^{٢}\ ن}{٤٫١٨}$ سعرا

∴ $\frac{م\ و^{٢}\ ن}{٤٫١٨}$ سعرا ينتج من صرف شغل = م و^٢ ن جولا

∴ م و^٢ ن سعرا « « « « = ٤٫١٨ م و^٢ ن جولا

∴ السعر الواحد ينتج « « « = ٤٫١٨ من الاجوال

فيمكن القول بأنه **كلما صرف شغل يساوى ١٨٫٤ من الاجوال نتج عنه مقدار من الحرارة يساوى سعرا**

وهذه النتيجة هى ما يعبر عنها بنظرية **التطاقو الكهربائى**

١٢٥ — القدرة الكهربائية للتيارات — نعلم ان م و يساوى الفرق ف بين الجهدين فى طرفى الموصل الذى يسرى فيه التيار . فاذا استعضنا فى القانون (١) عن حاصل الضرب م و الفرق ف السالف الذكر نتج ان

$$ك = \frac{ف \times ن}{٤٫١٨}$$

∴ ٤٫١٨ ك = ف و ن

واذا فرضنا ان (ن = ١) نتج ان

٤٫١٨ ك = ف و

ولما كان السعر الواحد ينتج من صرف شغل يساوى ٤٫١٨ من الاجوال
كانت ك سعرا تنتج « « « « ٤٫١٨ك = ط وجولا (٣)

∴ و ط تعين بالاجوال مقدار الشغل الذى يصرفه الموصل الكهربائى
فى الثانية الواحدة أى **قدرة التيار**

نستنبط من ذلك النتيجة الآتية — ***لايجاد قدرة تيار يسرى فى موصل مقدرة بالاجوال يكفى ان نضرب شدته مقدرة بالامابير فى الفرق بين الجهدين فى طرفى الموصل مقدرا بالافولط***

واذا فرضنا فى (٣) ان ف تساوى فلطا واحدا ى و تساوى امبيرا واحدا كان التعريف الآتى . ***الوات هو قدرة تيار شدته امبير يسرى فى موصل فرق جهدى طرفيه فلط***

مثال ١ — اذا كان مقدار ما يتولد من الحرارة فى موصل مقاومته ٢ هم فى ٥٫٥ من الدقائق يساوى ٥٧٠ سع فما قدرة التيار وما شدته

الحل ـ أولاً ـ عدد الاجوال المنصرفة فى ٥٫٥ = ٥٧٠ × ٤٫١٨ من الاجوال

عدد الاجوال المنصرفة فى الثانية أى القدرة تساوى

$$\frac{٥٧٠ \times ٤٫١٨}{٣٣٠} = ٧٫٢٢ \text{ من الوات}$$

ثانياً — ينتج من القانون ك = $\frac{م و^٢ ن}{٤٫١٨}$ اذا كانت ن = ١ ان

$$ك = \frac{م و^٢}{٤٫١٨}$$

$$\therefore \quad و^٢ = \frac{٤٫١٨ ك}{م} = \frac{٧٫٢٢}{٢}$$

$$\therefore \quad و = \sqrt{\frac{٧٫٢٢}{٢}} = ١٫٩ \text{ صب}$$

مثال ٢ — اذا كانت شدة تيار تساوى ١٠ صب والفرق بين جهدى طرفى الموصل الذى يسرى فيه يساوى ١١٠ فل فما قدرة التيار

الحل — سبق ان قدرة التيار مقدرة بالأوتات تساوى حاصل ضرب شدته مقدرة بالامابير فى الفرق بين جهدى طرفى الموصل الذى يسرى فيه مقدرة بالافلاط اى ان القدرة = ١٠ × ١١٠ = ١١٠٠ وات

١٢٦ — نتائج قوانين جول — ذكرنا فيما تقدم انه لو مر تيار كهربائى شدته و صب فى موصل مقاومته م هم ظهر فى الموصل المذكور فى كل ثانية مقدار من الحرارة

$$ك = \frac{م و^٢}{٤٫١٨}$$

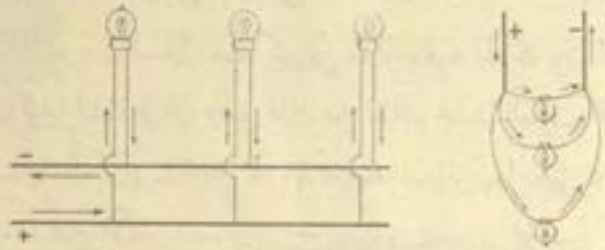
فاذا لم ينقد الموصل شيئاً من حرارته بطريق الاشعاع وجب أن ترتفع درجة حرارته الى مالا نهاية له غير ان الواقع يخالف ذلك لاننا اذا اعتبرنا الفقد الحادث من ضياع الحرارة بطريق الاشعاع تبين لنا ان لكل مصباح حداً لا تتعداه اضاءته وذلك حينما يكون فقد الحرارة الحادث بالاشعاع مساوياً لمقدار الحرارة المتولدة بالتيار . فاذا وصلت هذه الدرجة النهائية الى درجات الاحتراق امكننا استعمالها فى الاضاءة . والوصول الى هذه الغاية يجب ان يكون انتشار الحرارة فى منطقة ضيقة حتى يصل ارتفاع درجتها الى أقصى ما يستطاع

ويتضح من قانون جول انه اذا مر تيار كهربائى ثابت الشدة على التوالى فى عدة موصلات متحدة المادة ومختلفة القطر كان اكبرها قطراً اقلها سخونة وذلك لضعف مقاومته . ولما كان أقل الاسلاك المعدنية المتحدة فى القطر مقاومة لسريان الكهرباء هى الاسلاك النحاسية اختيرت للاستعمال فى الدوائر الكهربائية التى تستخدم فى كل من الاضاءة ونقل الطاقة الى مسافات بعيدة وقد امكن باتباع هذه الطريقة تجنب فقد مقدار عظيم من الطاقة التى تصرف بدون فائدة فى تسخين السلك الموصل قبل ان تصل الى الآلات المراد استعمالها فى إشغالها

١٢٧ — **تطبيقات قانون جول** — المصابيح الكهربائية المتألقة — هذه المصابيح تطبيق مباشر لقانون جول وهى تتركب من خيط دقيق من الفحم (شكل ١٠٤) ملتفة قته على شكل حلقى أو حلزونى موضوع داخل زجيجة قد فرغت من الهواء . فمتى مر تيار مناسب الشدة فى الخيط ارتفعت درجة حرارته الى درجة الاحمرار المبيض دون ان يحترق لخلو المنطقة التى تحيط به من الاكسجين وقد ظهرت بعض العيوب فى هذا المصباح أهمها ضعف اضاءته لان درجة حرارته لا تزيد على ١٧٠٠° هذا الى أن خيوطه تتصعد فى هذه الدرجة ثم تتكثف على جدار (شكل ١٠٤) الزجيجة فتصبح مظلمة بعد بضع مئات من الساعات وقد دلت التجربة ان الاضاءة تكون بيضاء ساطعة لو ارتفعت درجة حرارة الخيوط الى حوالى ٢٥٠٠°

(شكل ١٠٤)

ومنذ الوقوف على طريقة صنع اسلاك معدنية غاية فى الدقة (٠٫٠٣ مم) تستعمل خيوط من معادن لا تتأثر بالحرارة كالأزميم والتنتال وخصوصاً التنجستين الذى لا ينصهر الا فيما فوق ٣٠٠٠° على ان مقدار ما يصرف فيه من الطاقة يساوى ربع ما يصرف منها فى الخيوط الفحمية . وتختلف شدة اضاءة المصابيح المتألقة ذوات الخيوط المعدنية المستعملة الآن بين ٢٤ و ٢٥ شمعة . وقد يصنع منها ما لا تزيد شدة اضاءته على شمعتين وما تصل شدة اضاءته الى الفى شمعة



(شكل ١٠٦)

وتركب غالباً المصابيح المتألقة المكونة لمجموعة واحدة فى اشتقاقات من الدائرة العمومية حتى يتوزع التيار بينها توزعا منتظما (شكلا ١٠٥ و١٠٦) وبهذه الطريقة تستمر المصابيح مضيئة اذا جبر احدها

مثال — اذا كانت شدة التيار التى تغذى مصباحاً متألقاً شدة اضاءته ٢٤ شمعة تساوى ٠٫٤ امب والفرق بين الجهدين فى طرفى خيطه ١١٠ فلت فما مقاومة المصباح وما مقدار كل من قدرة التيار والحرارة الحادثة فى الثانية

أولاً — المقاومة $م = \frac{ف}{و} = \frac{١١٠}{٠٫٤} = ٢٧٥$ اهم

ثانيا — قدرة التيار أى الشغل المنصرف فى الثانية

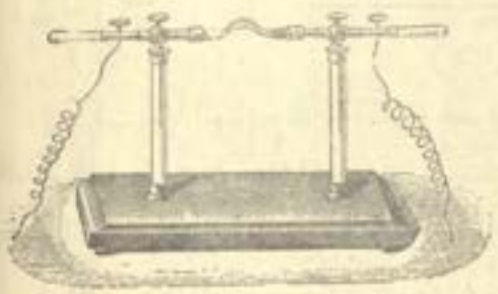
$$ن = م و^{٢} = ٢٧٥ \times ٠٫٤^{٢} = ٤٤ \text{ واتا}$$

ثالثا — مقدار الحرارة الناتجة

$$ك = \frac{٤٤}{٤٫١٨} = ١٠٫٥٢ \text{ سع فى الثانية}$$

وقد تبين ان هذا المقدار يساوى عشر ما يلزم من الحرارة لاضاءة مصباح غازى تساوى شدة اضاءته شدة اضاءة المصباح السالف الذكر أى ٢٤ شمعة وهذه احدى مزايا الاضاءة بالكهرباء

١٢٨ — القوس الفلطائى — تدريب — ٦٣ — يلزم لاجراء هذا التدريب استعمال مولد كهربائى تتراوح قوته المحركة بين ٨٠ و٥٥ فلطا وكيفية ذلك هى ان يوصل قلمان من الفحم محددا الطرف كل بأحد قطبى المولد الكهربائى (شكل ١٠٧) ثم بعد ان تقربهما حتى يتماسا تبعد أحدهما عن الآخر تدريجا فنشاهد انفجار ضوء باهر بينهما يعرف بالقوس الكهربائى أو القوس الفلطائى



(شكل ١٠٧)

وأسهل الطرق للوصول الى معرفة كنه القوس الفلطائى هى ان نسقط صورته بعونة عدسة لامة على حجاب فى غرفة مظلمة فنشاهد ان القوس أقل اضاءة من طرف قلمى الفحم ولاسيما طرف القلم الموصل بالقطب الموجب اذ يشاهد ان هذا الطرف محتفر والآخر محدد . ويشاهد أيضا

انتقال مواد دقيقة من أحدهما الى الآخر فى اتجاه سير التيار (شكل ١٠٨) ولذلك كان اتكال القلم الموصل بالقطب الموجب ضعفى اتكال الآخر

(شكل ١٠٨)

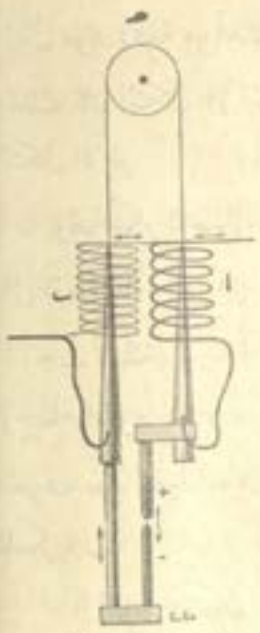
وقد امكن الوصول بعد تعيين درجة حرارة القوس الى نتيجة هامة وهى ان درجة حرارة طرف القضيب الموجب لا تتغير سواء أكان القوس صغيراً أم كبيراً و يبلغ مقدارها حوالى ٣٥٠٠° . وهذا يدل على أن هذا الطرف مقر لتحول معين لا يمكن ان يكون الا غليان الكربون

أما القوس فيتكون من مخلوط من الهواء و بخار الكربون تبلغ درجة حرارته ٣٥٠٠° ينتج عنه موصل ردئ التوصيل جداً يحدث فيه التيار ارتفاعاً جسيماً فى درجة الحرارة طبقاً لقانون جول

ولما كان الجزء الاكثر اضاءة من القوس هو طرف القلم الموجب وجب ان يكون القلمان رأسيين يعلو الموجب منهما الآخر اذا كان المراد اضاءة سطح الارض

وصعوبة الاضاءة بالقوس الكهربائى تنحصر فى حفظ قلمى الفحم على بعد ثابت مع اتكالهما المتوالى . وقد وضعت عدة طرق للوصول الى هذه الغاية نذكر منها الآتية

يثبت كل من قلمى الفحم فى قاعدة نواة من الحديد المطاوع يندمج طرف المتصلة منهما بالقطب الموجب فى ملف ا ذى سلك غليظ يمر

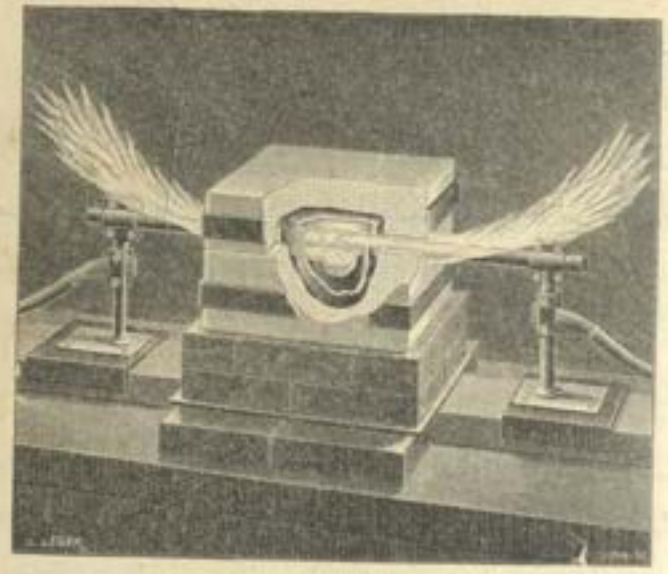


(شكل ١٠٩)

فيه التيار الذى يمد القوس (شكل ١٠٩) ويندمج الآخر فى ملف ب ذى سلك دقيق يشتق من السلك الاول . ويتصل بطرفى النواتين حبل يمر فى محز بكرة م . فاذا زادت شدة التيار فى أحد السلكين اجتذب بشدة نواته الحديدية ويرى من الشكل أن تأثير الملف ذى السلك الغليظ يعمل على تباعد القلمين ويكون تأثير ذى السلك الدقيق عاملا على تقاربهما .

فاذا كانت شدة التيار عادية عادلت تأثير الملفين اما اذا نقصت فى الدائرة الاصلية — وهذا يكون اذا زادت المسافة بين القلمين — زادت شدة التيار الذى يمر فى الدائرة المشتقة ونقص جذب السلك الغليظ لنواته وزاد جذب الآخر لنواته وترتب على ذلك اقتراب القلمين الى أن يأخذ القوس طوله الطبعى

١٢٩ — استعمال القوس الفلطائى فى ادراك درجات الحرارة الكثيرة الارتفاع — المواقد الكهربائية — ان ارتفاع درجة حرارة القوس الفلطائى الفائقة الحد التى لم يوفق الانسان الى الحصول على درجة أكثر ارتفاعا منها استعملت فى انشاء الموقد الكهربائى . وهو يتركب من قطعة جوفاء من الفحم مغلفة بكتلة من حجر الجير وينفذ فى باطنها



(شكل ١١٠)

قلمان غليظان من الفحم يتطاير بينهما القوس الكهربائى (شكل ١١٠)

وتعمل المواقد الكهربائية بتأثير تيارات شدتها ٣٠ مب تحت تأثير فرق فى الجهدين يساوى ٨٠ فلطا . وقد استعمل منها ما كانت شدة تياره تساوى ١٠٠٠ مب تحت تأثير فرق فى الجهدين يساوى ٨٠ فل

وقد تمكن العلماء باستعمال درجات الحرارة العظيمة الارتفاع الحادثة فى هذه الافران من صهر بل تصعيد الاجسام الاكثر مقاومة للتأثيرات الحرارية كالرمل والجير ومن تحليل الاكاسيد الاكثر ثباتا كأكاسيد الكروم والمنجنير التى يمكن اختزالها بالفحم كما ان الجير والباريتا اذا اختلطا بالفحم يتحولان بتأثير حرارة القوس الى الكربورات المعدنية المستعملة فى تجهيز غاز الآسيتيلين

١٣٠ — **اللحام الكهربائى** — قد استعمل القوس الكهربائى فى لأم المعادن لأما مباشرا فللأم لوحين من الحديد مثلا يجمع بين طرفيهما ويوصل أحدهما بأحد قطبى مولد فلطتيه ١١٠ فول ثم يمر قلم من الفحم متصل بالقطب الآخر على الأجزاء المجتمعة فيتطاير القوس بين القلم وأطراف اللوحين فتنصهر فتلتئم بدون احتياج الى مادة أخرى

تمرينات

١ — كم حصانا بخاريا يجب استعمالها فى توليد ما يلزم من الكهرباء لاضاءة ٢٥ مصباحا متألقا اذا كانت شدة اضاءة كل منها ١٦ شمعة وشدة التيار الذى يسرى فى خيطه $\frac{1}{2}$ صب والفرق بين الجهدين فى طرفى هذا الخيط ١١٠ فول

٢ — اذا كان المصباح الذى تبلغ شدة اضاءته ١٦ شمعة وفرق جهدى طرفى خيطه ١١٠ فول يستنفد واتين فى كل شمعة فما شدة التيار الذى يسرى فى خيطه وما مقاومة هذا الخيط

٣ — اذا استعملنا ٢٠ مصباحا متألقا من نوع الذى فى التمرين السابق فى اضاءة مكان فما ينفق للاضاءة فى الساعة الواحدة اذا كان ثمن الكيلو وات ٤٠ مليما

٤ — اذا أردنا ان نرفع درجة حرارة ٢٫١٠٠ كجم من الماء من درجة ١٠ الى درجة ٦٠ بمعونة موصل يسرى فيه تيار كهربائى وكان الفرق بين جهدى طرفى هذا الموصل ١١٠ فول وشدة التيار الذى يسرى فيه ١٠ صب . فما الزمن الذى يتم فيه ذلك

٥ — اذا كانت شدة التيار الذى يمد فرنا كهربائيا ٨٠٠ امپير وفرق جهدى قطبيه ٥٠ فلطا فما قدرة هذا التيار بكل من الوات والحصان البخارى

٦ — اذا كانت المقاومة الداخلية لدينم أوما واحدا وقوته المحركة ٤٨٠ فلطا وتشمل دائرته الخارجية ٢٠٠ مصباح متألق مركبة فى ٢٠ متسلسلة تشمل كل منها ١٠ مصابيح مقاومة كل مصباح ٣٠ أوما فما شدة التيار فى كل من المصابيح

٧ — اذا وجب أن يكون الفرق بين جهدى قطبى قوس كهربائى ٥٠ فلطا حتى يكون جيد الاضاءة وكانت هناك دائرة يسرى فيها تيار قوته المحركة ٢٦٠ فلطا فكم مصباحا يمكن اضاءتها بهذا التيار

٨ — ما عدد ما يلزم من الأوتات لاحداث تيار شدته ١٠ أمپير فى سلك من النحاس طوله كيلومتر وقطره ٥ ملليمترات

٩ — اذا كان مقدار ما يتولد من الحرارة فى موصل مقاومته أومان أثناء ٥٫٥ من الدقائق يساوى ٥٧٠ سعرا فما قدرة التيار الذى يسرى فى الموصل وما شدته

١٠ — اذا انقسم تيار فى مشتقين متساويين طولا ومقطعا وكان أحدهما من الحديد والآخر من النحاس ثم زادت شدة التيار تدريجا ففى أى الموصلين المشتقين ترتفع درجة الحرارة الى درجة الاحمرار قبل الآخر

الباب الثالث

﴿ التأثير الكيمياوى للتيارات ﴾

١٣١ — السوائل المختلفة اما موصلة أو عازلة أو متحللة — اذا أدمجنا عموداً من سائل فى دائرة يسرى فيها تيار كهربائى وقع أمر من ثلاثة أمور

أولاً – أن يكون السائل جسماً بسيطاً موصلاً للكهرباء كالزئبق ومعظم المعادن المنصهرة فيسرى التيار خلاله ويرفع درجة حرارته كغيره من الموصلات الصلبة

ثانياً – أن يكون السائل جسماً بسيطاً أو مركباً غير موصل للكهرباء كالكبريت المنصهر والماء النقى والكؤل والبترول وكبريتور الكربون فيعترض سريان التيار دون أن يتأثر

ثالثاً – أن يكون السائل جسماً مركباً جيد التوصيل كالأملاح المذابة فى الماء أو المنصهرة فيسرى فيه التيار ويتحول جزء من طاقته الى حرارة وينصرف الباقى منها فى تحليل السائل تحليلاً كيمياوياً . وقد دلت التجربة على أن مرور التيار والتحليل الكيمياوى يتلازمان أى لا يقع أحدهما دون أن يقع الآخر

وقد سميت هذه الظاهرة أى ظاهرة تحليل السوائل المركبة الجيدة التوصيل بالكهرباء « التحلل » والسائل الذى يسرى فيه التيار « المتحلل »

والجسمان الصلبان المنغمسان فى السائل الذى يمر التيار بواسطتهما الى باطنه « المسريان » (شكل ١١١) والموصل منهما بالقطب الموجب « المسرى الموجب أو المصعد » والموصل بالقطب السالب « المسرى السالب أو المهبط »

(شكل ١١١)

والسوائل الوحيدة القابلة للتحلل هى الحوامض والأملاح المذابة فى الماء أو المنصهرة التى يمكن وضع علاماتها الكيمياوية على الصورة م ف على فرض أن م رمز الى معدن الحامض وان ف رمز الى فلز الملح أو ايدروجين الحامض. ويجب أن يضاف الى هذين النوعين القواعد الايدراتية المعدنية المذابة فى الماء كالبوتاسا (بو ا يد) والصودا (ص ا يد) التى يعتبر فى كل منهما (ا يد) مصدراً

١٣٢ — قوانين التحلل العنصرى — ينقاد التحلل العنصرى الى الثلاثة القوانين الآتية

أولاً — كل متحلل علامته العامة م ف يتحلل الى م ما ف

ثانياً — تظهر نتائج التحلل على المسريين فقط ولا يكون لها أقل أثر فى باطنه السائل

ثالثاً — يرتبط الفلز أو الايدروجين مع التيار ويظهر على المهبط ويسير المصدر مضاداً للتيار ويظهر على المصعد

تدريب ٦٤ – نصهر فى بوتقة أو فى وعاء رقيق الجدر من الزجاج مقداراً من كلورور الخارصين ثم نغمر فيه قضيبين من الفحم نصل بينهما وبين قطبى عمود كهربائى تبلغ قوته المحركة حوالى عشرة أفلاط فنشاهد تصاعد فقاقيع من الكلور على المصعد ويتغطى المهبط الذى يحسن أن يكون محوطاً بأنبوبة مساميه بطبقة من الخارصين

الأيُنات — لايضاح الظواهر السابقة أجمع العلماء على قبول التعليل الآتى وهو ان جزيئات الجسم المركب المنصهر أو المذاب فى الماء ينفصل كل منها الى جزأين (أينين) المصدر من جهة والمعدن أو الايدروجين من جهة أخرى وان ايُنات المعدن تكون مكهربة كهربة موجبة وايُنات المصدر مكهربة كهربة سالبة فمتى سرى التيار انجذبت الأولى الى المسرى السالب والأخيرة الى المسرى الموجب

١٣٣ — **التفاعلات الثانوية** — ليس التحلل الكهربائى بالبساطة المشار اليها فى القوانين المتقدمة بل الواقع فى الغالب هو أن الأينين المنفصلين إما أن يؤثرا حين انفصالهما فى المسريين أو فى نفس المتحلل أو يؤثر أحدهما فى الآخر فتحدث حينئذ تفاعلات كيمياوية أخرى متتابعة تسمى التفاعلات الثانوية . ولبيان ذلك نذكر الأمثلة الآتية :

	المصدر	الغاز
أولاً – تحلل كبريتات النحاس	كب ا$_{٤}$	نح
ثانياً – « « البوتسيم	كب ا$_{٤}$	بو$_{٢}$
ثالثاً – « حامض الكبريتيك	كب ا$_{٤}$	بد$_{٢}$
رابعاً – « الصودا الكاوية	بد ا	بو

١٣٤ — **تحلل كبريتات النحاس** — **تدريب ٦٥** – نضع فى وعاء من الزجاج مقداراً من محلول كبريتات النحاس نغمر فيه مسريين من البلاتين فنشاهد أن النحاس يرسب على المسرى السالب ويكوّن على سطحه طبقة مغراء ويتصاعد غاز الأكسجين على المسرى الموجب بدل المصدر كب ا$_{٤}$ وسبب ذلك التفاعل الثانوى السالف الذكر وهو أن المصدر كب ا$_{٤}$ الذى لا وجود له منفرداً يؤثر فى الماء المذاب فيه كبريتات النحاس وينتج عنهما حامض الكبريتيك والأكسجين

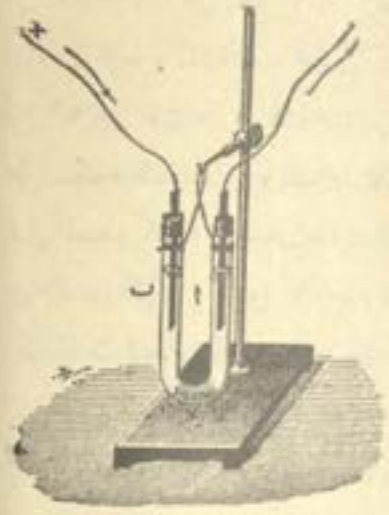
كب ا$_{٤}$ + بد$_{٢}$ ا = كب ا$_{٤}$ بد$_{٢}$ + ا

المصدر ماء حامض الكبريتيك اكسجين

تدريب ٦٦ – نعاض عن المسرى الموجب البلاتينى مسرى آخر من النحاس فنشاهد عدم تصاعد الأكسجين لأن المصدر كب ا$_{٤}$ يتحد مباشرة بالنحاس ويكون مقداراً من كبريتات النحاس يساوى بالضبط المقدار الذى تحلحل فينترتب على ذلك أن مقدار كبريتات النحاس المذاب فى الماء يبقى ثابتاً . وهذا الى أن المسرى الموجب يأتكل تدريجاً ويتغطى المسرى السالب بطبقات متتالية من النحاس . وتكون النتيجة كما لو كان التيار ينقل النحاس من المسرى الموجب الى المسرى السالب . وهذا ما بنيت عليه عمليتا الطبع والطلى بالمعادن

١٣٥ — **تحلل كبريتات البوتسيم** – **تدريب ٦٧** – نضع مقداراً من كبريتات البوتسيم بعد أن نضيف اليه قليلاً من شراب البنفسج فى أنبوبة ذات شعبتين نغمر فى كل منهما مسرى من البلاتين (شكل ١١٢)

فيؤثر المصدر كب ا ٤ الواجب ظهوره على المسرى الموجب فى الماء وينتج عنهما حامض الكبريتيك واكسجين ولذلك يتصاعد الأكسجين بدل المصدر على المصعد ويتلوّن السائل حول هذا الأخير باللون الأحمر لأنه صار حامضياً



(شكل ١١٢)

ومن طريق آخر يؤثر البوتسيم الواجب ظهوره على القطب السالب فى الماء وينتج عنهما بوتاسا كاوية وايدروجين

بو + بد٢ ا = بو ا بد + بد

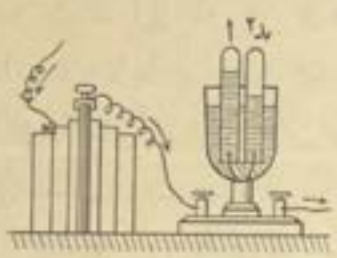
بوتسيم ماء بوتسا ايدروجين

ولذلك يتصاعد الايدروجين بدل البوتسيم على المنحدر ويتلوّن السائل حول هذا الأخير باللون الأخضر لكونه صار قلوياً واذا أوقفنا سير التيار وانتظرنا قليلاً اختلط سائلا الفرعين واتحد حامض الكبريتيك بالبوتسا ونشأ عن اتحادهما كبريتات البوتسيم ثانية وكانت النتيجة كما لو كان التيار يحلل الماء الى اكسجين وايدروجين فقط

١٣٦ – تحلل حامض الكبريتيك – اذا أضفنا الى الماء قليلاً من حامض الكبريتيك وأمررنا فيه تياراً كهربائياً بوساطة مسريين من البلاتين

شاهدنا تصاعد الاكسجين على المسرى الموجب والايدروجين على المسرى السالب . وربما يخطر على بال الطالب أن الماء هو الذى تحلل الى اكسجين وايدروجين غير أن هذا يخالف الواقع إذ أن الحقيقة هى أن الاكسجين ينتج من تأثير المصدر كب ا ٤ فى الماء واستيلائه على ايدروجينه

ويستعمل فى عمل هذه التجربة جهاز يسمى فلطامترا (شكل ١١٣) وهو يتركب من اناء زجاجي مثبت فى قاعدة من الخشب وينفذ من قراره مسريا التيار وهما شريطان من البلاتين موصلان بسلكين من النحاس يزوى ضغط مثبتين فى قاعدة الجهاز



(شكل ١١٣)

تدريب ٦٨ – نضع فى الاناء ماء محمضاً بقليل من حامض الكبريتيك ثم نملأ أنبوبتى اختبار متماثلتين من نفس الماء وننكسهما فى الاناء كلاً فوق أحد المسريين فنشاهد تصاعد فقاعات غازية حول المسريين تتجمع أعلى المختبارين . هذا الى أننا نلحظ بعد برهة أن الغاز المتجمع فى مختبار المسرى السالب يساوى ضعف المتجمع فى المختبار الآخر

ومن السهل أن نثبت أن الغاز المتجمع فى مختبار مسرى الهبوط هو غاز الايدروجين وأن المتجمع فى مختبار مسرى الصعود هو غاز الاكسجين أى أن النتيجة تكون كما لو كان التيار يحلل الماء الى عنصريه

نستنبط مما تقدم أن تحلل حامض الكبريتيك يُظهر لنا بكل وضوح

التركيب الكمى للماء وكثيراً ما يستعمل الفلطامتر فى قياس شدة التيارات إذ يكفى لذلك أن نعين حجم الايدروجين الذى يتجمع فى المخبار فى زمن معين

١٣٧ — **تحلل القواعد القلوية** — يستعمل مقياس فلطا فى تحلل القلويات المذابة فى الماء ويمكن فى هذه الحالة أن يكون المسريان من الحديد لأنه لا يتأثر بالمحلولات القلوية . فاذا كان المستعمل محلول الصودا الكاوية انتقل أين الصوديم الى المسرى السالب وأين المصدر (١ بد) الى المسرى الموجب

أما الصوديم فانه يؤثر فى الماء ويستحيل ثانية الى صودا كاوية ويتصاعد الايدروجين على المسرى السالب

٢ ص + ٢ بد$_{٢}$ ١ = ٢ (ص ١ بد) + ٢ بد

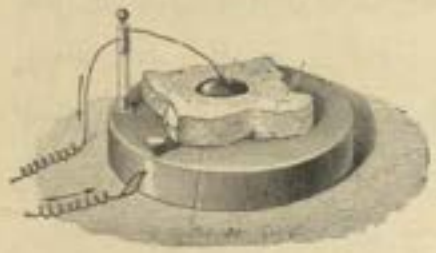
صوديم ماء صودا ايدروجين

وأما المصدر ١ بد الذى لا يوجد منفرداً فانه يكون مع الماء أكسجيناً وماء

١٢ بد + بد$_{٢}$ ١ = ٢ بد$_{٢}$ ١ + ١

المصدر الماء ماء اكسجين

وقد توصل السير همفرى ديفى (Sir Humphry Davy) فى سنة ١٨٠٨ الى فصل كل من الصوديم والبوتسيم بتجربة لا تزال شهرتها قائمة . وذلك بأن وضع قطعة مبللة من البوتاسا الكاوية بعد أن احتفر وسطها على لوح من البلاتين أوصله بالقطب الموجب من بطارية قوية ثم وضع فى الحفرة التى بالبوتاسا قليلاً من الزئبق وغمر فيه المسرى السالب (شكل ١١٤) . فشاهد حين سريان التيار انفصال البوتسيم وانتقاله الى

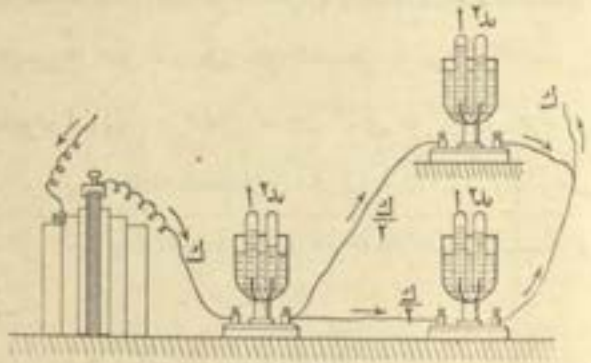


(شكل ١١٤)

المسرى السالب حيث كوّن ملغماً مع الزئبق يكفى لفصله منه تصعيده فى نطاق من غاز لا يؤثر فى البوتسيم كالنيتروجين وقد توصل بتزن بطريق التحلل الى فصل كل من المغنسيم والسترنسيم والكلسيم من كلورور كل منها

١٣٨ — **التحلل الكمى وقانونا فراداى** — ينقاد التحلل الكمى الى قانونين كشفهما فراداى وهما

القانون الاول - تدريب ٦٩ - تقطع دائرة تيار فى احدى نقطها ونوصل طرفى المقطع باشتقافين متحدى المقاومة (شكل ١١٥)



(شكل ١١٥)

وندمج فلطامتراً فى الدائرة الرئيسية وآخرين فى الاشتقافين فلاحظ أن حجم الايدروجين الذى يتصاعد فى الفلطامتر الأول يساوى مجموع الحجمين

المتساويين اللذين يتصاعدان منه فى فلطامترى الاشتقاقين . ومن حيث إن مقدار الكهرباء الذي يمر فى الفلطامتر الأول يساوى مجموع المقدارين المتساويين اللذين يمران منها فى الفلطامترين الأخيرين كان مقدار الايدروجين المتولد فى الفلطامترات الثلاثة مناسباً لمقادير الكهرباء التى تمر فيها

ونصل الى النتيجة عينها اذا كان المتحلل كبريتات النحاس أو أى متحلل آخر

نستنبط من ذلك القانون الأول من قانونى فراداى وهو

فى كل متحلل معين تناسب كتلة المعدن التى ترسب على المربط كمية الكهرباء التى تمر فيه مناسبة طردية

وكمية الكهرباء السالفة الذكر هى التى تؤثر دون غيرها فى تحديد كتلة المعدن أو الايدروجين الذى يرسب على مسرى الانحدار . أما الأمور الأخرى كطبيعة المسريين ودرجة الحرارة وحجوم الأجهزة المستعملة وكيفية تركيبها فليس لها أدنى تأثير فى نتائج التحلل

القانون الثانى — يختص القانون الثانى من قانونى فراداى بنتائج تأثير تيار واحد فى عدة متحللات مختلفة المادة . ولذا وجب علينا الوقوف على كنهه بيان معنى الكفاءة الذرية للأجسام البسيطة وبخاصة المعادن

تعريف — الكفاءة الذرية لمعدن هى عدد ذرات الايدروجين التى يمكنه أن نعتاض بها فى جسم مركب ذرة واحدة من هذا المعدن

ولنذكر لذلك الأمثلة الآتية :

أولاً – يمكننا أن نعتبر كلورور الصوديم (ص كل) ناتجاً من استعاضة ذرة من ايدروجين حامض الكلوريدريك (يد كل) بذرة من الصوديم . كذا يمكننا أن نعتبر كبريتات الصوديم ص$_2$ كب ا$_4$ ناتجاً من استعاضة ذرتين من ايدروجين حامض الكبريتيك بذرتين من الصوديم

يتبين من ذلك أن النكافؤ الذرى للصوديم يساوى الوحدة

ثانياً – ينتج كبريتات النحاس نح كب ا$_4$ من استعاضة ذرتين من ايدروجين حامض الكبريتيك يد$_2$ كب ا$_4$ بذرة واحدة من النحاس.

لذلك تكون الكفاءة الذرية للنحاس تساوى ٢ وهلم جرًّا

تدريب ٧٠ – ندخل عدة متحللات مختلفة المادة فى دائرة تيار واحد ولنفرض أننا اخترنا ازوتات الفضة وكبريتات النحاس وكلورور الذهب وكلورور البلاتين فنشاهد أن كتلة كل من المعادن الأربعة التى ترسب على المنحدرات تناسب كتلها الذرية مناسبة طردية والأعداد الدالة على مكافئاتها الذرية مناسبة عكسية

المتحلات	المكافئات الذرية للمعادن		الكتل الذرية للمعادن	المقادير التى تناسب مقادير الرسوب
ف ز ا$_3$	المكافئ الذرى للفضة	١	١٠٨	$\frac{١٠٨}{١}$
نح كب ا$_4$	» » للنحاس	٢	٦٣٫٥	$\frac{٦٣٫٥}{٢}$
ذ كل$_3$	» » للذهب	٣	١٩٦	$\frac{١٩٦}{٣}$
بلا كل$_4$	» » للبلاتين	٤	١٩٧	$\frac{١٩٧}{٤}$

ونعلم أن كلاً من الكتلة الذرية والمكافئ الذرى للايدروجين يساوى الوحدة

نستنبط من ذلك منطوق القانون الثانى لفراداى وهو

اذا وضعنا فى دائرة تيار واحد عدة فلطامترات بها أملاح مختلفة معادنها كانت كتلة ما يرسب منها كل معدن مناسبة لخارج قسمة كتلته الذرية على مكافئه الذرى

١٣٩ — **التعريف العملى للاميير** — قد دلت التجربة على أنه لفصل جرام من الايدروجين فى فلطامتر به حامض الكبريتيك الممدود بالماء وجب أن يمر فيه مقدار من الكهرباء يساوى ٩٦٥٠٠ كولنًا . وعلى ذلك يكون الكولن مقدار الكهرباء الذى يفصل $\frac{١}{٩٦٥٠٠}$ جم = ٠٫٠١٠٣٥ مليجرامًا من الايدروجين

ولما كان الاميير يعين شدة التيار الذى ينقل كولنًا فى الثانية نتج أن

كتلة ما يفصله تيار شدته اميير واحد من الايدروجين فى الثانية $\frac{١}{٩٦٥٠٠}$ جم

» » » ع » » » » » » $\frac{١}{٩٦٥٠٠} \times$ ع جم

» » » » ن ثانية » » » » » » $\frac{١}{٩٦٥٠٠} \times$ ع ن جم

» » » » من أى معدن آخر فى ن ثانية هو :

$$و = \frac{١}{٩٦٥٠٠} \times ع \times ن \times \frac{ك}{ك'} \text{ جم} \qquad (١)$$

على فرض أن م رمز الى الكتلة الذرية للمعدن ، ك رمز الى مكافئه الذرى ويمكن وضع القانون السابق أيضًا على الصورة

$$و = ٠٫٠١٠٣٥ \times ع \times ن \times \frac{ك}{ك'} \text{ مليجرامًا} \qquad (٢)$$

مثال – اذا أمررنا تيارًا شدته اميير واحد فى محلول نترات الفضة فما مقدار ما ينفصل من المعدن فى الثانية الواحدة

ينتج من (٢) أن

و = ٠٫٠١٠٣٥ × ١٠٨ = ١٫١١٨ مليجرامًا

نستنبط من ذلك التعريف الآتى :

الاميير هو شدة التيار الثابت الذى يفصل فى الثانية الواحدة ١٫١١٨ مجم من الفضة أو ٠٫٠١٠٣٥ مجم من الايدروجين

ينتج مما تقدم انه يمكن استخراج شدة تيار بايجاد كتلة ما يرسب من الفضة فى الثانية الواحدة

ولما كان حجم ٠٫٠١٠٣٥ مليجرامًا من الايدروجين فى درجة الصفر وتحت ضغط يعادل ٧٦ سم من الزئبق ٠٫١١٥٥ سم³ كان حجم الايدروجين ع الذى ينفصل اذا مر فى الفلطامتر تيار شدته ع ومدة تساوى ن ثانية هو

$$ع = ٠٫١١٥٥ \times ع \times ن \text{ سم}^٣ \qquad (٣)$$

مثال ١ — اذا كان الكولن يفصل ٠٫٠١٠٣٥ مجم من الايدروجين فما مقدار ما يفصله من النحاس مع العلم أن الوزن الذرى للنحاس ٦٣٫٥ ومكافئه الذرى ٢

ينتج من (١) أن

$$و = ٠٫٠١٠٣٥ \times \frac{٦٣٫٥}{٢} = ٠٫٣٢٨٦١ \text{ مجم}$$

مثال ٢ — اذا مر تيار كهربائى فى متحلل من كبريتات النحاس مدة عشرين دقيقة وكان المسريان من النحاس فما شدة التيار اذا كان مقدار ما يرسب من المعدن على المهبط = ٠٫٣٩٦ جم

الحل – ينتج من القانون (٢) أن

$$\frac{٦٣}{٢} \times ١٢٠٠ \times ٤ \times ٠٫٠١٠٣٥ = ٣٩٦٠$$

$$\therefore \quad ع = \frac{٣٩٦٠}{٣٩١٫٢٣٠} = ١٠ \text{ مب}$$

مثال ٣ – اذا أمررنا تياراً شدته ١٠ امابير في فلطامتر ماء محمض بحامض الكبريتيك فما يلزم من الزمن للحصول على لتر من الايدروجين

ينتج من القانون (٣) أن

$$١٠٠٠ = ٠٫١١٥٥ \times ١٠ \times ز$$

ثانية دقيقة

$$\therefore \quad ز = \frac{١٠٠٠}{٠٫١١٥٥ \times ١٠} = ٨٦٨ \text{ ثانية} = ٢٨ \quad ١٤$$

مثال ٤ – ما حجم الايدروجين الذي يتصاعد في الدقيقة اذا كانت شدة التيار تساوى امبيراً

ينتج من (٣) أن $ح = ٠٫١١٥٥ \times ٦٠ = ٦٫٩٣$ سم^٣

١٤٠ — تذكر تعاريف الوحدات الكهربائية العملية – متى وقفنا على تعريف الكولن كان من السهل تعريف جميع الوحدات العملية التي تقدمت بكل دقة . ولما كان من المفيد الآن مراجعة هذه التعاريف فقد دوناها في الجدول الآتي :

نوع الوحدة	اسم الوحدة العملية المستعملة	تعريف الوحدة العملية
كميات الحرارة	سعر	هو كمية ما يلزم من الحرارة لرفع درجة حرارة جرام من الماء درجة واحدة
الشغل	جول	هو شغل يساوى $\frac{١}{٩٫٨١}$ من الكيلوجرام متر
القدرة	وات	هو قدرة آلة تنجز شغلا يساوى جولا في الثانية الواحدة
كمية الكهرباء	كولن	هو كمية الكهرباء التي تفصل ١١٨ر١ مجم من الفضة في ظواهر التحلل
شدة التيارات	امبير	هو شدة تيار تصرفه كولن في الثانية
الجهد	فلط	هو فرق في الجهدين ينتج عنه سريان كولن يصحبه صرف شغل يساوى جولا
المقاومة	أوم	هو مقاومة السلك الذي اذا مر فيه تيار شدته أمبير كان فرق جهدي طرفيه فلطا
السعة	فراد	هو سعة الموصل الذي اذا كانت شحنته كولنا كان جهده فلطا

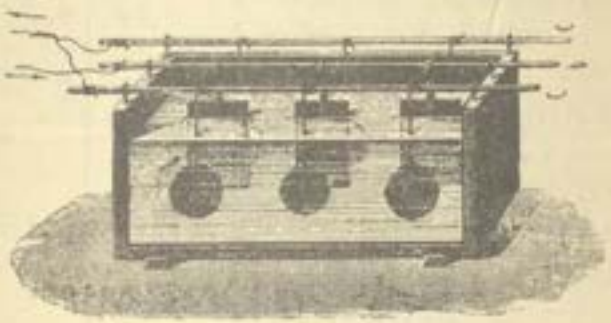
١٤١ — تطبيقات التحلل – كانت ظاهرة التحلل الكهربائي أساساً لعدة تطبيقات هامة في الصناعة منها الطلي بالمعادن وتجهيز بعضها

١٤٢ — الطلي بالمعادن – هو عملية الغرض منها تغطية سطح جسم أيًا كان بطبقة من معدن تلتصق به . ويقتصر في الصناعة على استعمال النحاس والنيكل والفضة والذهب

ويجب أن يكون سطح الجسم المراد طليه متقن الصقل واذا كان سطحه رديء التوصيل للكهرباء من طبيعته وجب دلكه بمسحوق الجرافيت حتى يصير جيد التوصيل

ولاجراء العمل نضع القطعة المراد طليها فى محلول أحد أملاح المعدن المراد الطلى به بعد ايصالها بالقطب السالب من عمود كهربائى حتى يتكون منها المسرى السالب أما المسرى الموجب فيختار له لوح من نفس المعدن فيأتكل ويتغطى المسرى السالب بطبقة من معدنه ويستمر المحلول ثابت الاشباع

ويرى فى (شكل ١١٦) حوض يمكن بوساطته طلى عدة قطع فى



(شكل ١١٦)

آن واحد وذلك أن يعلق فى الساق المعدنية ه المتصلة بالقطب الموجب عدة ألواح من المعدن المراد الطلى به و بالساقين ب المتصلتين بالقطب السالب القطع المراد طلاؤها

ولا تحتاج عملية الطلى لقوة محركة كبيرة لأن المتحلل يكون مجالاً لتفاعلين كيمياويين متساويين ومتضادين وكل ما يلزم من الطاقة هو ما يكفى للتغلب على مقاومة دائرة التيار

الطلى بالنحاس - يستعمل الطلى بالنحاس لحفظ المشامع والتماثيل المصنوعة من زهر الحديد من الصدأ والمتحلل الذى يستعمل فى ذلك

محلول مشبع من كبريتات النحاس المحمض بحامض الكبريتيك

الطلى بالنيكل — يستعمل النيكل فى طلى الأدوات المصنوعة من الحديد أو الشبه والمتحلل الذى يستعمل فى ذلك محلول الكبريتات المزدوج للنيكل والنوشادر

الطلى بالفضة — يستعمل محلول من السيانور المزدوج للفضة والبوتسيم

الطلى بالذهب — يستعمل محلول من السيانور المزدوج للذهب والبوتسيم

الطبع — يمكن احداث أحد وجهى نوط أو ما شابهه بطريق التحلحل وذلك بأن نأخذ صورته الجوفاء على قطعة من الجوتابركا التى تلين اذا سخنت وتعود الى صلابتها متى بردت ثم ندلك القالب الناتج بمسحوق الجرافيت ليصير سطحه موصلاً للكهرباء ويستمر فى العمل على الوجه الذى سبق فى الطلى . ومتى وصل سمك طبقة النحاس التى ترسب على القالب الأجوف الى الدرجة المرغوبة نفصلها منه مطبوعاً عليها صورة مضبوطة لوجه النوط الذى أخذت صورته الجوفاء على قطعة الجوتابركا

تجريد المعادن بالتيارات الكهربائية — يجهزون كثيراً من المعادن الآن فى الصناعة بامرار تيار كهربائى فى بعض مركباتها المنصهرة . فلتجهيز البوتسيم والصوديم يمر تيار فى قاعدتيهما المنصهرتين ولتجهيز المغنسيم والكالسيم يمر التيار فى كلوريديهما المنصهر ولتجهيز الألومنيم وهو أهمها يمر التيار فى الألومين المنصهر . ولم يشع استعمال الألومنيم فى السنين الأخيرة الا بفضل استخدام هذه الطريقة

تنقية النحاس — يستعمل النحاس غير النقى على انه المسرى الموجب فى محلول من كبريتات النحاس فيرسب النحاس النقى على مسرى سالب مكوّن من لوح رقيق من النحاس وتسقط المواد الأخرى فى قرار الحوض

تمرينات

١ – ما شدة التيار الذى يحدث رسوب ٥ ديسيجرامات من النحاس فى ساعتين

٢ – اذا كانت شدة تيار امبيرين فما الزمن الذى يحدث فيه رسوب ٥ ،جم من الفضة

٣ – اذا أدبجنا على التسلسل فى دائرة تيار واحد فلطامتراً به محلول من كبريتات النحاس وآخر به محلول من أزوتات الفضة . فما مقدار ما يرسب من الفضة فى الوقت الذي يرسب فيه جرام من النحاس

٤ – اذا أردنا أن نغطى وجهى صفيحة مساحتها ديسيمتران مربعان بطبقة منتظمة من النحاس سمكها $\frac{١}{١٠}$ مم فما الزمن الذى يجب أن نضع فيه الصفيحة فى محلول كبريتات النحاس اذا علمنا أنه يمر فى كل سنتيمتر مربع من سطحها تيار شدته $\frac{١}{١٠}$ من الأمبير – كثافة النحاس ٨٫٨ ،جم

٥ – كم جولاً تلزم لاحداث مقدار من الحرارة يساوى سعراً

٦ – كم جولاً تلزم لتصعيد جرام من الماء

٧ – ما قدرة مولد كهربائى شدته ١٠ أمابير وفرق جهدى قطبيه ١٢٠ فلطاً

٨ – ما قدرة المولد الكهربائى الذى يرفع فى ٥ دقائق حرارة ٣ كيلوجرامات من الماء من درجة الصفر الى درجة ١٠٠

٩ – اذا كانت شدة تيار ١٠ أمابير وفرق جهدى طرفى دائرته الخارجية ١١٠ فلطاً فما قدرته بكل من الكيلووات والحصان البخارى

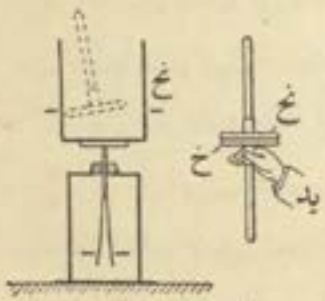
الباب الرابع

المولدات الكهربائية المستمدة طاقتها من التفاعلات الكيمياوية

الأعمدة الكهربائية

١٤٣ — **قانون النحاس المسمى قانون فلطا** — ثبت فيما سبق (شكل ٤٢) ان الجهد الكهربائى فى موصل أياً كان لا يختلف فى جميع أجزائه ما دامت كهرباؤه فى حالة التوازن غير أن هذا لا يتحقق الاّ اذا كان الموصل متجانس لأجزاء أى مصنوعاً من مادة واحدة . أما اذا كان مكوناً من معدنين مختلفين كالنحاس والخارصين مثلاً فيكون الجهد واحداً فى جميع أجزاء النحاس وكذلك فى جميع أجزاء الخارصين غير أنه يختلف فى أحدهما عنه فى الآخر

تدريب ٧١ – ١ – نضع على قرص الكشاف وعاء اسطوانى الشكل من النحاس (شكل ١١٧) ثم نأخذ قرصين لكل منهما مقبض عازل أحدهما من النحاس والثانى من الخارصين ونطبق أولهما على ثانيهما ممسكين قرص الخارصين من لبوسه المعدنى حتى يكون على اتصال بالأرض ثم نرفع بعد هنيهة قرص النحاس



(شكل ١١٧)

من مقبضه العازل ونلمس به باطن الوعاء . وبتكرار هذه العملية نشاهد انفراج الورقتين الذى يأخذ فى الازدياد تدريجاً

ب – نقرب قضيباً من الراتنج بعد دلكه بجلد سنور من الكشاف فنشاهد زيادة انفراج الورقتين وهذا يدل على أن كهرباء ﻫ سالبة

نستنبط من هذا أن قرص النحاس يتكهرب بمجرد مس قرص الخارصين كهربة سالبة

حـ – نعيد العمل على الوجه السابق بمسكين قرص النحاس من لبوسه المعدنى فنلحظ أن قرص الخارصين يتكهرب بمجرد مس قرص النحاس كهربة موجبة

ويمكن الوقوف على مقدار الفرق بين جهدى القرصين على وجه التقريب بمشاهدة انفراج الورقتين على أنه قد امكن الوصول باستعمال جهاز أدق من الكشاف الى أن هذا الفرق ٨٥ر٠ من الفلط . ويسمى هذا الفرق قوة التماس المحركة

واذا أعدنا التدريب السابق مستعملين معادن أخرى نصل الى النتيجة عينها وقد تبين زيادة على ما ذكر أن انفراج الورقتين لا يرتبط فى أى حال من الأحوال بمساحة سطح النحاس أى أن الانفراج لا يتغير سواء أكان التماس حاصلاً فى نقطة أم فى سطح متسع

وأول من أجرى تجارب من هذا النوع هو العلامه الشهير فلطا (Volta) وقد توصل بتجاربه هو وتجارب بعض العلماء المعاصرين له الى وضع النص الآتى المسمى قانون فلطا أو قانون التماس

اذا تماس معدنان أو بطريق أعم جسمان مختلفان أيا كانا . كان هذا التماس كافيا لاحداث فرق فى جهديهما لا تكون له علاقة الا بكل منهما عادتى الجسمين ودرجة حرارتهما وليس له أدنى ارتباط باتساع سطح التماس ولا بشكله ولا بالمقدار المطلق للجهد الكهربائى فى أحد الجسمين

تتصور الآن صفيحة من الخارصين قد لئمت بأخريين من النحاس (شكل ١١٨) فاذا رمزنا بالرمز حـ الى جهد صفيحة النحاس الأولى وبالرمز حـ' الى الفرق بين الجهدين الناتج من تماس النحاس والخارصين كان جهد صفيحة الخارصين حـ + حـ' وجهد صفيحة النحاس الثانية حـ + حـ' – حـ' = حـ

نحاس	خارصين	نحاس
حـ	حـ+حـ'	حـ

(شكل ١١٨)

ومعنى هذا أن صفيحتى النحاس تكونان كما لو كانت احداهما تمس الأخرى بدون وساطة ولا يقع حينئذٍ أقل انتقال كهربائى اذ وصلنا احداهما بالأخرى

(شكل ١١٩)

تدريب ٧٢ – نعيد تدريب ٤٩ – ممسكين الساق من جزئها النحاسى (شكل ١١٩) فنرى عدم انفراج ورقتى الكشاف وفى هذا دلالة على أن قرصى الكشاف لا يتكهربان . ومن السهل ايضاح هذه النتيجة اذا لحظنا أن جهدى قرص الكشاف العلوى والجزء النحاسى من الساق متساويان لاتصال كليهما

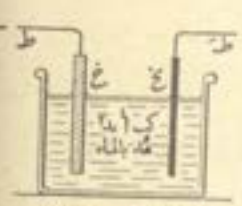
بالأرض . كما اننا نشاهد أن جهد قرص الكشاف السفلى يساوى جهد النصف النحاسى من الساق لأنهما من معدن واحد يتكوّن منه طرفا متسلسلة معدنية واحدة : نحاس | خارصين | نحاس

ولا تخرج هذه النتيجة عن كونها حالة خاصة من قانون فلطا وهى :

فرق جهدى معدنين قد وصل بينهما بعدة معادن أخرى متحدة فى درجة الحرارة لا يختلف عنه اذا كان نحاس المعدنين مباشراً

١٤٤ — *العنصر المكوّن من النحاس والخارصين والماء المحمض* لا يتحقق القانون السابق اذا وضعنا بين المعدنين سائلاً يؤثر تأثيراً كيمياوياً فى أحدهما

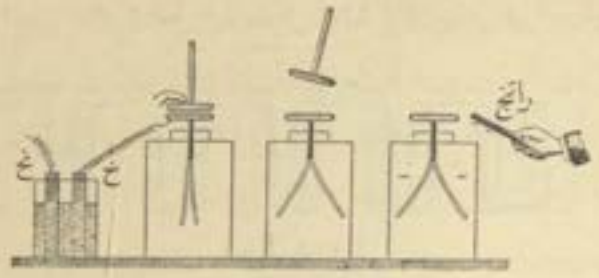
تدريب ٧٣ - ا - نغمس فى ماء محمض بحامض الكبريتيك لوحاً من الخارصين وآخر من النحاس ونثبت فى كل منهما سلكاً من النحاس (شكل ١٢٠) فالتهيئة التى نحصل عليها وهى المكوّنة من النحاس والماء المحمض والخارصين تسمى عنصراً كهربائياً



(شكل ١٢٠)

لأننا نشاهد فرقاً بين جهدى السلكين النحاسيين يساوى المجموع الجبرى للقوى المحركة الناتجة من تلامس السلك النحاسى والخارصين ثم الخارصين والماء المحمض ثم الماء المحمض والنحاس ويساوى هذا المجموع الجبرى على وجه التقريب فلطاً واحداً

ب - نوصل سلك النحاس المثبت بلوح الخارصين بالقرص السفلى من كشاف مكثف ونلمس القرص العلوى بالأصبع (شكل ١٢١) ثم



(شكل ١٢١)

نرفعه بعد قليل وتقطع الاتصال بين الخارصين والقرص السفلى ثم نرفع القرص العلوى فنشاهد انفراج الورقتين وهذا يدل على أن القرص السفلى مكهرب

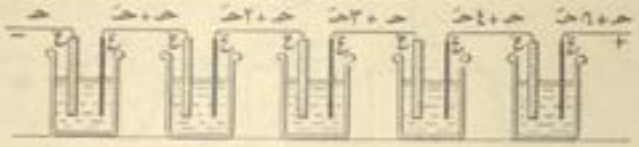
حـ - نقرب من الكشاف قضيباً من الراتنج بعد أن ندلكه بجلد سنور فنشاهد ازدياداً فى انفراج الورقتين وهذا يدل على أن لوح الخارصين مشحون كهرباء سالبة

و - نكرر العمليات السابقة مستعملين السلك الموصل بلوح النحاس فيتبين لنا أنه مشحون كهرباء موجبة

ويسمى العنصر الكهربائى السالف الذكر عنصر فلطا وطرف السلك المثبت فى لوح النحاس القطب الموجب وطرف المثبت فى لوح الخارصين القطب السالب ولوح النحاس المسرى الموجب ولوح الخارصين المسرى السالب

١٤٥ — **عمود فلطا** - اذا جمعنا عدة عناصر متشابهة من العنصر السابق بأن وصلنا القطب السالب من الأول بالقطب الموجب من الثانى والقطب السالب من الثانى بالقطب الموجب من الثالث وهلم جرًّا حصلنا

على ما يسمى « عمود فلطا » (شكل ١٢٢) وبالتأمل فى الشكل نرى



(شكل ١٢٢)

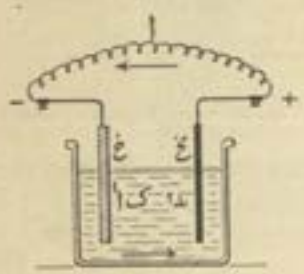
لأول وهلة أننا اذا ابتدأنا من القطب السالب للعمود الى أن نصل الى قطبه الموجب فان الجهد يزيد من عنصر الى التالى له بقدر حَ ونستنبط من ذلك أنه اذا كان عدد عناصر العمود يساوى ن كان الفرق بين الجهدين فى نهايتى المتسلسلة يساوى ن حَ

(شكل ١٢٣)

وأول من أنشأ عموداً كهربائياً هو فلطا فى سنة ١٧٩٥ فى مدينة بافى من أعمال ايتاليا ولم تبق لهذا العمود الآ ذكرى تاريخية وهو يتركب كما فى (شكل ١٢٣) من قاعدة عازلة عليها قرص من الخارصين تعلوه حلقة من منسوج الصوف مشربة بماء محمض بحامض الكبريتيك فوقها قرص من النحاس . ثم قرص من الخارصين وهكذا على الترتيب المتقدم الى القرص الأخير الذى يجب أن يكون نحاسياً ثم يثبت فى قرص الخارصين الأول سلك نحاسى يتكوّن منه قطب العمود السالب وفى قرص النحاس الأخير سلك نحاسى آخر يتكوّن

منه القطب الموجب . ومن الواضح أن وضع الأجزاء المختلفة من هذا العمود على الترتيب السابق يشبه تماماً وضعها فى سابقه وان هذا الوضع هو الذى ترتب عليه تسمية جميع المولدات الكهربائية التى سنشرحها فى هذا الباب بالأعمدة الكهربائية

١٤٦ — **عمود فلطا مولد كهربائى** — اذا وصلنا بوساطة سلك معدنى قطبى عنصر فلطا (شكل ١٢٤) تكوّنت دائرة مقفلة وسرى تيار كهربائى فى السلك متجهاً من القطب الموجب الى القطب السالب ثم فى المتحلل من القطب السالب الى القطب الموجب فيتحلل حامض الكبريتيك وتظهر أيونات الايدروجين ند٢ على لوح النحاس وتتجه أيونات المصدر كب١ نحو الخارصين فتتحد معه وتكوّن كبريتات الخارصين



(شكل ١٢٤)

$$\text{كب}_1 + \text{خ} = \text{كب}_1 \text{خ}$$

فاذا رمزنا الى القوة المحركة للعمود على انه مولد كهربائى بالرمز ق م والى المقاومة الداخلية للعنصر الى غاية الزوين الضاغطين المثبت فيهما طرفا السلك بالرمز م َ والى المقاومة الخارجية أى مقاومة السلك بالرمز م كانت شدة التيار طبقاً لقانون أوم هى

$$\text{ى} = \frac{\text{ق م}}{\text{م} + \text{م}}$$

ولما كان من الممكن قياس كل من م ق م (١١٧) ق ء (١٠٦) كان من السهل ايجاد القوة المحركة لهذا العنصر

١٤٧ — **تقطب عمود فلطا — تدريب ٧٤** - ا - تقفل دائرة تيار عمود فلطا بعد أن ندمج فيها امپير متراً فتشاهد أن التيار يأخذ فى الضعف تدريجاً الى أن يتلاشى

ب - نفتح دائرة التيار وننتظر حوالى ربع ساعة ثم نقفل الدائرة فتشاهد أن التيار يعود الى شدته الأولى ولا سيما اذا حركنا السائل

نستنبط من هذا ان مرور التيار يحدث فى العمود تنويعاً يترتب عليه نقص مستمر فى قوته المحركة الى أن تتلاشى فيقال حينئذ ان العمود تقطب

ولا يمكن أن يكون هذا النقص فى القوة المحركة ناتجاً الا من تنويع فى طبيعة الأجسام المتماسة والواقع أن فقاعات الايدروجين التى تتكون حول لوح النحاس تلتصق به . ولما كان الايدروجين قابلاً للتأكسد أكثر من الخارصين نتج عنهما عنصر كهربائى مسراه الموجب الخارصين ومسراه السالب الايدروجين فيتولد حينئذ تيار مضاد للاول فيضعفه أو بعبارة أخرى تتولد قوة محركة جديدة مضادة للقوة المحركة للعمود وبعد مدة قصيرة تتساوى القوتان المحركتان ويتلاشى التيار نهائياً . وقد سميت هذه الظاهرة تقطبا

ولمنع تكوين طبقة الايدروجين على لوح النحاس تستعمل مركبات كيمياوية كثيرة الاكسجين يتحد اكسجينها بغاز الايدروجين كلما تكون وقد أمكن بهذه الطريقة الوصول الى صنع أعمدة لا تتغير شدة تياراتها تغيراً يذكر

١٤٨ — **عنصر دانيل** Daniell — ان السائل الذى يحول دون التقطب فى هذا العنصر هو كبريتات النحاس

ويتكون من الظاهر الى الباطن من وعاء زجاجى (شكل ١٢٥) يليه لوح من الخارصين قد لوى على شكل اسطوانة ثم اناء خزفى مسامى وأخيراً اسطوانة نحاسية

ويحوى الوعاء الزجاجى ماء محمضاً بنحو عشرة من حامض الكبريتيك والاناء المسامى محلولاً دائم الاشباع من كبريتات النحاس ويتوصل الى ذلك بوضع بلورات من كبريتات النحاس على حاجز هيئ أعلى العنصر . ويتكون قطبا العنصر من صفيحتين رقيقتين من النحاس ثبتت احداهما فى المسرى الخارصينى والثانية فى المسرى النحاسى

(شكل ١٢٥)

ويجب أن يكون لوح الخارصين ممغنماً أى مغطى بطبقة رقيقة من ملغمة الزئبق والخارصين لأن الخارصين الممغنم كالخارصين النقى لا يتأثر بالماء المحمض الا اذا كانت دائرة التيار مقفلة أما الخارصين التجارى فانه يأتكل بسرعة اذا كانت الدائرة مفتوحة لأنه يحتوى على معادن أخرى كالرصاص تكون مع الخارصين عناصر يكون الخارصين فيها المعدن الذى يقع عليه تأثير الحامض

ولملغمة الخارصين نغمسه فى الماء ونحكه بفرجون حتى يتبلل سطحه

تماماً ثم نغمره فى اناء اسطوانى الشكل من الخشب أو ظهر الحديد المطلى به قليل من الزئبق وماء محمض بنحو عشره من حامض الكبريتيك ثم ندیره فيه مع العناية بحكه اما بخرقة أو بفرجون نحاسى الى أن يلمع سطحه . وأخيراً نغسله ونتركه حتى يجف

فمتى أقفلت دائرة عنصر دانيل تحلحل كل من حامض الكبريتيك وكبريتات النحاس أولهما الى كب ١ ، ٥ مد ، وثانيهما الى كب ١ ، ٥ نح . ويظهر كب ١ ، الناتج من تحلحل حامض الكبريتيك على المسرى الخارصينى ويكون معه كبريتات الخارصين كب ١ ، خ أما الايدروجين فيتجه نحو المسرى النحاسى ويتحد خلال مسام الاناء الخزفى بالمصدر كب ١ ، الناتج من تحلحل كبريتات النحاس مكوّنا حامض الكبريتيك الذى يقوم مقام الذى تحلحل ويرسب النحاس على الاسطوانة النحاسية التى لا تتغير طبيعتها

١٤٩ — **عنصر بنزن** Bunsen — السائل الذى يحول دون التقطب فى هذا العنصر هو حامض النيتريك

(شكل ١٢٦)

ويتركب هذا العنصر من وعاء من الفخار به ماء محمض بحامض الكبريتيك (شكل ١٢٦) تليه أسطوانة من الخارصين ثم وعاء مسمى به حامض النيتريك ثم متوازى مستطيلات من فحم المعوجات هو قطب العمود الموجب

فمتى مر التيار تحلحل حامض الكبريتيك الى المصدر كب ١ ، الذى يتحد مع الخارصين ويكون كبريتات الخارصين أما الايدروجين فانه يختزل حامض النيتريك فيتكون على أثر ذلك ماء ومركبات اكسجينية للازوت تتصاعد فى الهواء

على أن عنصر بنزن وان كان أقوى من عنصر دانيل لا يولد تياراً منتظماً الا بضع ساعات وذلك لأن كبريتات الخارصين الذى يتكون من اتحاد كب ١ ، بالخارصين يزيد فى المقاومة الداخلية للعنصر . هذا الى أن حامض النيتريك يزيد تدريجاً وفى النهاية لا يختزله الايدروجين اختزالاً تاماً فيتقطب حينئذٍ قضيب الفحم

١٥٠ — **عنصر ثانى الكرومات** — ان السائل الذى يحول دون التقطب فى هذا العنصر هو محلول من ثانى كرومات البوتسيم أو الصوديم وهو يتركب من دورق كرى الشكل من الزجاج (شكل ١٢٧) به مخلوط من لتر من الماء و ٣٠٠ جم من حامض الكبريتيك و ١٠٠ جم من ثانى الكرومات . قد ثبت فى غطائه الأبونيتى لوحان من فحم المعوجات متصلان من أعلى بزر ضاغط هو القطب الموجب للعنصر وبينهما لوح مملغم من الخارصين يمكن رفعه وخفضه بواسطة ساق معدنية كما يمكن تثبيته فى أى وضع

(شكل ١٢٧)

على حسب الارادة بزر ضاغط . فمتى أقفلت دائرة التيار أثر حامض الكبريتيك فى ثانى الكرومات ونتج غاز الأكسجين الذى يتحد بالأيدروجين الناتج من تأثير حامض الكبريتيك فى الخارصين فيمتنع حينئذٍ التقطب

وقد تبين أن القوة المحركة لهذا العنصر تساوى فلطين وهو كثير الاستعمال فى المعامل الدراسية ولكن اذا لم يستعمل وجب رفع الخارصين من السائل حتى لا يؤثر حامض الكبريتيك فى ثانى الكرومات

١٥١ — **عنصر لكلنشيه** (Leclanché) — الجسم المانع للتقطب فى هذا العنصر هو ثانى اكسيد المنجنيز . ويتكوّن القطب السالب فى أحدث عناصر لكلنشيه عهداً (شكل ١٢٨) من ساق خ من الخارصين والسائل من محلول مشبع من كلورور الامنيُم (كل ز يد ٤) أما القطب الموجب فهو اسطوانة جوفاء ء من خُم المعوجات المندمج مع ثانى اكسيد المنجنيز ونرى فى الشكل أن العنصر يكون محكم الأقفال بعد تركيبه

(شكل ١٢٨)

فمتى أقفلت دائرة التيار يتحلل كلورور الأمنيم (كل ز يد ٤) وتظهر أينات الكلور على الخارصين فتتحد به وتكون كلورور الخارصين الذى يذوب فى الماء أما ز يد ٤ فيتكوّن منه ز يد ٣ (نوشادر) يذوب فى الماء

وايدروجين يؤكسده ثانى اكسيد المنجنيز ويحيله الى ماء غير أن هذه الأكسدة الحاصلة بجسم صلب تكون بطيئة بطبعها ولذا لا يستعمل هذا العنصر إلاّ فى الاحتياجات القصيرة الأمد التى تفصلها فترات طويلة كأعمال الأجراس الكهربائية والتليفونات

وتساوى القوة المحركة لهذا العنصر ١٫٤٦ من الأفلاط

١٥٢ — **العنصر العيارى لاتيمر كلارك** (Latimer Clark) — العناصر العيارية عناصر ثابتة القوة المحركة وهذه الخاصة تسمح باستعمالها فى موازنة القوى المحركة للعناصر الأخرى

ويتركب عنصر لاتيمر كلارك من أنبوبة من الزجاج فى قرارها شىء من الزئبق (شكل ١٢٩) وقد امتلأ باقيها بعجينة من كبريتات الخارصين وكبريتات الزئبقوز والماء ينغمس فيها قضيب من الخارصين . وهناك سلك من البلاتين موصول بالزئبق هو قطب العنصر الموجب

(شكل ١٢٩)

وتبلغ القوة المحركة لهذا العنصر ١٫٤٣٤ من الأفلاط فى درجة ١٥ وكلما ارتفعت درجة الحرارة درجة واحدة زادت بقدر ٠٫٠٠٠٨ من الفلط والفائدة الوحيدة لهذا العنصر هى ثبات قوته المحركة ويقتصر استعماله على موازنة القوى المحركة للعناصر الأخرى

١٥٣ — **جمع الأعمدة** اذا أردنا أن نكون عموداً من عدة عناصر وجب أن نختار الطريقة المثلى فى جمعها حتى نحصل من العمود على أعظم فائدة : فاذا كانت القوة المحركة لم واحدة فى كل من العناصر والمقاومة

الداخلية م َ لكل منها كذلك كان من السهل تعيين كل من القوة المحركة والمقاومة الداخلية للعمود مهما اختلفت طرق الجمع

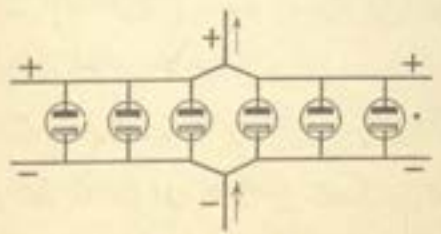
الجمع على التسلسل – تنحصر هذه الطريقة فى وضع العناصر على التوالى وايصال القطب الموجب من كل منهـا بالقطب السالب من الذى يليه (شكل ١٣٠) وفى هذه الحالة تضاف جميع المقاومات الداخلية بعضها

(شكل ١٣٠)

الى بعض وكذلك القوى المحركة لجميع العناصر . فاذا فرضنا اننا كونّا عموداً على هذه الصورة وكان عدد العناصر ن والقوة المحركة لكل منها ق م ومقاومته الداخلية م َ والمقاومة الخارجية م وشدة التيار الناتج عند اقفال الدائرة ى نتج أن

$$ى = \frac{ن\ ق م}{م + ن\ م َ}$$

الجمع على التوازى – نجمع جميع الأقطاب الموجبة من جهة وجميع الأقطاب السالبة من جهة أخرى (شكل ١٣١) فتكون النتيجة حينئذٍ

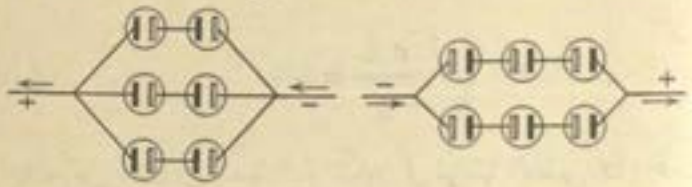


(شكل ١٣١)

كما لو كان هناك عنصر واحد مسرياه متسعا السطح ومقاومته الداخلية $\frac{م َ}{ن}$ ونتج أن

$$ى = \frac{ق م}{\frac{م َ}{ن} + م}$$

الجمع المختلط – تنحصر هذه الطريقة بأن تكوّن من العناصر التى عددها ن عدة متسلسلات عددها ع تتركب كل منها من عناصر عددها ع نجمعها على التوازى (شكل ١٣٢) فينتج أن : ن = ع . ع



(شكل ١٣٢)

وتكون حينئذ القوة المحركة لكل متسلسلة تساوى : ع ق م ومقاومتها ع م َ فتكون القوة المحركة للمتسلسلات التى عددها ع المجموعة على التوازى ع ق م ومقاومتها الداخلية $\frac{ع م َ}{ع}$

فاذا أقفلنا دائرة التيار على مقاومة خارجية تساوى م كانت شدة التيار ى َ هى

$$ى َ = \frac{ع\ ق م}{(\frac{ع م َ}{ع}) + م} \qquad (١)$$

$$= \frac{ن\ ق م}{ع م َ + ن م} \qquad (٢)$$

ولنبحث الآن عن الطريقة التى على مقتضاها نجمع عناصر عددها ن حتى تصير شدة التيار الذى يمر فى دائرة خارجية مقاومتها م فى نهايتها العظمى

نرى فى المتساوية (٢) ان ن ، م ثابت فتكون الشدة ى فى نهايتها العظمى حينما يكون مقام الكسر ع م + ع م فى نهايته الصغرى . ولما كان حاصل ضرب هذين الحدين ثابتاً كان مجموعهما فى نهايته الصغرى اذا كان

$$ع م = ع م'$$

أى

$$م = \frac{ع م'}{ع}$$

ينتج من ذلك أن شدة التيار تكون فى نهايتها العظمى اذا جمعت عناصر العمود على الصورة التى تكون معها مقاومته الداخلية ن ع تساوى مقاومته الخارجية م ولنوجه النظر الى أن كلاً من المقاومتين الداخلية والخارجية تبتدئ عند زر أحد القطبين وتنتهى عند زر الآخر

نستنبط من ذلك أنه اذا كانت المقاومة م كبيرة جداً كمقاومة الموصلات فى الخطوط التلغرافية كان من المستحسن جمع العناصر على التسلسل أما اذا كانت ضعيفة بالنسبة لمقاومة العمود فيستحسن حينئذ الجمع على التوازى

مثال – كيف نجمع مائة من عناصر بنزن اذا كانت القوة المحركة لكل منها ١٫٨ من الأفلاط ومقاومته الداخلية ٠٫٢٤ م للحصول على تيار شدته فى نهايتها العظمى اذا كانت مقاومة الدائرة الخارجية تساوى ٥ م

الحل – اذا رمزنا بالرمز س الى عدد عناصر كل متسلسلة وبالرمز ص الى عدد المتسلسلات وجب لكى تكون الشدة فى نهايتها العظمى أن يكون

$$\frac{س \times ٠٫٢٤}{ص} = ٥ \qquad \therefore \quad ص = \frac{س \times ٠٫٢٤}{٥}$$

ولما كان س ص = ١٠٠

$$\therefore \quad \frac{س (س \times ٠٫٢٤)}{٥} = ١٠٠$$

$$\therefore \quad س = \sqrt{\frac{٥٠٠}{٠٫٢٤}} = ٤٥٫٦$$

كان لنا أن نختار حينئذ قاسم ١٠٠ الذى يلى مباشرة ٤٥ أى ٥٠ . ونكوّن متسلسلتين تشمل كل منهما ٥٠ عنصراً ونجمعها على التوازى . فتكون شدة التيار اذا رجعنا الى القانون (١) هى

$$ى' = \frac{١٫٨ \times ٥٠}{٥ + \frac{٠٫٢٤ \times ٥٠}{٢}} = ١٫١٨ \text{ مب}$$

واذا جمعنا مائة الزوج على التوازى كانت شدة التيار

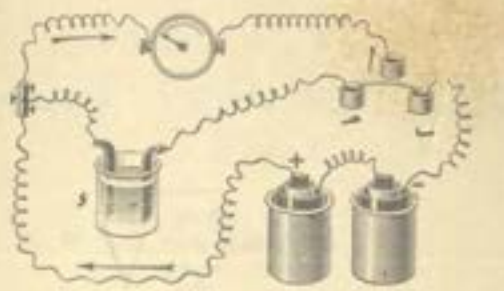
$$ى' = \frac{١٫٨}{٥ + \frac{٠٫٢٤}{١٠٠}} = ٠٫٣٥ \text{ مب}$$

واذا جمعناها على التسلسل كانت الشدة

$$ى = \frac{١٠٠ \times ١٫٨}{١٠٠ \times ٠٫٢٤ + ٥} = ٦٫٢ \text{ مب}$$

﴿ المراكم ﴾

١٥٤ — تمهيد — تدريب ٧٥ - ا - نغمر فى وعاء ى به ماء محض بحامض الكبريتيك لوحين من الرصاص الجديد (شكل ١٣٣)



(شكل ١٣٣)

ثم نصل الفنجانتين ا ، ب بسلك معدنى بعد أن نضع فى كل منهما شيئاً من الزئبق ونقفل دائرة التهيئة الحادثة بعد أن ندمج فيها أمبير متراً فنشاهد عدم تأثره

ب - نجمع بين الفنجانتين ح ، ب بعد أن نضع فى ثانيتهما شيئاً من الزئبق فيسرى التيار الحادث من العمود فى الماء المحمض وينقطب المسريان الرصاصيان بتأثير الأكسجين والايدروجين فيهما

ح - نوقف سريان التيار بعد هنيهة ونعيد الاتصال بين ح ، ا فنشاهد فى الحال انحراف مرى الأمبير متر فى الاتجاه الذى ينحرف فيه اذا سرى فى التهيئة تيار العمود كما يمكن تحقق ذلك اذا وصلنا بين ا ، ب

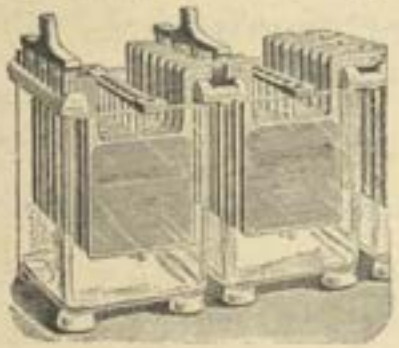
١٥٥ — تيار الشحن وتيار التفريغ — نستنبط مما تقدم أن التهيئة المكوَّنة من الرصاص ثم الماء المحمض ثم الرصاص بعد أن يمر فيها

تيار كهربائى تستحيل الى عنصر كهربائى قطباه الموجب والسالب هما على التناظر اللوحان اللذان استعملا على أنهما مسريان موجب وسالب

فينتج أن تيار التفريغ يسرى فى التهيئة فى اتجاه مضاد لتيار الشحن ويكون حينئذٍ تأثيره تلاشى التقطب تدريجاً الى أن يقف سريان التيار تماماً متى عاد اللوحان الى حالتهما الأولى

نستخلص مما تقدَّم أنهُ يصح استعمال الفلطامتر المتقطب - المركم - على أنهُ عمود كهربائى غير أنه لا يصلح للاستعمال إلاَّ لمدة محدودة لأن تياره يقف متى انتهى التقطب

فاذا أريد استعمال مركم على أنه مولد كهربائى فمن المفيد اختيار مسريه من معدن تتلفه الأبخرة بقدر المستطاع فتزداد سعة المركم وتبعاً لذلك الطاقة التى يدخرها . وقد ثبت أن أحسن المعادن لهذا الغرض هو الرصاص



(شكل ١٣٤)

وتتكون المراكم المستعملة الآن من ألواح عريضة من الرصاص قد وصلت الزوجية الوضع منها على حدة والفردية الوضع على حدة وفصل كل منها عن الذى يليه بسند عازل وغمست جميعها فى ماء مضاف اليه نحو عشرة من حامض الكبريتيك (شكل ١٣٤)

ولشحن مركم نمر فيه تياراً كهربائياً مستعملين الألواح الفردية الوضع على أنها أحد المسريين والأخرى المسرى الثانى فالمستعملة منها على أنها

مسرى موجب وهى التى ينتقل اليها المصدر كب ا، يُغمّر سطحها الذى تتكوّن عليه طبقة من أكسيد الرصاص وكبريتات الرصاص. أما المستعملة على أنها مسرى سالب فتحتفظ بالايدروجين وتكتسب لوناً أزرق اردوازياً

ويعلم أن المركم تم شحنه متى شوهد أن الغازات الناتجة من التحلحل تفلت بكثرة من الماء المحمض بدلاً من أن يحتفظ بها المسريان

ويكفى لتفريغ المركم أن نصل بين مسريه بموصل خارجى فيتحول حينئذ المسرى الموجب الى قطب موجب والمسرى السالب الى قطب سالب فيسرى حينئذ فى دائرة المركم تيار التفريغ المضاد فى الاتجاه لتيار الشحن فتنتقل حينئذ الاينات مد، الى الألواح الموجبة وتختزل ثانى أكسيد الرصاص كما أنها تحيل كبريتات الرصاص الى حامض كبريتيك ويعود الرصاص الى حالته الأولى أى رصاص. أما أينات المصدر كب ا، فأنها تنتقل الى الألواح السالبة وتتحد بالايدروجين المحتفظ بها مكونة حامض الكبريتيك

وتهبط القوة المحركة للمركم بسرعة من ٢و٥ الى ٢و١ من الأفلاط يحتفظ بها فى معظم وقت التفريغ. ومن أوجه الاقتصاد أن لا يستعمل المركم الى أن يتم تفريغه والعادة أن يعاد شحنه متى وصلت قوته المحركة الى ١و٨ من الأفلاط

والمقاومة الداخلية للمراكم صغيرة جداً ويندر أن تتجاوز بعض أجزاء من مائة من الأوم

١٥٦ — **تكوين المراكم** — قد ثبت عملياً أن سعة المركم تزيد كلما زاد استعماله وذلك لأن تكرار شحنه وتفريغه يترتب عليه أن ألواح الرصاص تصير اسفنجية القوام وبذا تكون قادرة على الاحتفاظ بمقادير

عظيمة من الغاز. ويقال حينئذٍ ان المركم تكوّن

١٥٥ — **تطبيقات** — قد شاع استعمال المراكم الكهربائية شيوعاً عظيماً فى السنين الأخيرة لتقدم الصناعة فى جميع أنحاء العالم المتمدين. ذلك لأن جميع المولدات المستعملة الآن تدار إما بمياه ساقطة واما بآلات بخارية أو حرارية. فلتجنب ما قد ينجم من الضرر اذا وقفت هذه الآلات عرضاً تستخدم أثناء دورانها فى شحن عدة مراكم يمكن الاستفادة منها عند الحاجة. وأن الطالب ليدرك الانزعاج الذى يصيب الأهالى اذا وقفت الآلات الكهربائية المستعملة فى الاضاءة فجأة اذا لم تكن المراكم الكهربائية مهيأة للاستعمال. وتستعمل أيضاً المراكم الكهربائية فى المصانع لاستخدامها فى الإضاءة كلما وقفت محركاتها

وتستخدم المراكم الآن فى تسيير بعض قاطرات الترام التى لا تستمد التيار من السلوك ويزيد استعمالها زيادة مطردة فى السيارات. وتوجد الآن فى معظم المدن الكبيرة محطات تشحن فيها المراكم أو يستبدل بها غيرها مما يكون مشحوناً. أى أن الكهرباء تباع وتشترى الآن كزيت البترول

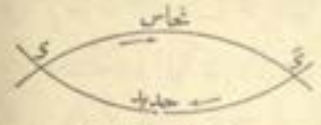
ويستخدمون الآن، فى المصانع التى تدار مولداتها بسقوط المياه، الكهرباء فى شحن المراكم بلا ثمن. ولهذا السبب يرى أن كثيراً من أصحاب الطواحين التى تدار بالمياه الساقطة من المرتفعات المنتشرة قريباً من مجارى المياه يستعملون المراكم فى اضاءة منازلهم ومصانعهم وتسيير سياراتهم الكهربائية

وتدار رفاسات الغواصات وهى غائصة فى الماء بوساطة مراكم تشحنها الآلات التى تحرك الغواصة وهى سابحة على سطح الماء

وتستعمل المراكم أيضاً فى المعامل الدراسية لاجراء التجارب . وفى الطب والجراحة وطب الاسنان فى تسخين المكاوى البلاتينية . وتضاء بها مصابيح الدراجات والعربات وتستعمل فى هاتين الحالتين مراكم صغيرة محفوظة فى علب من البلاتين محكمة الاقفال

﴿ الأعمدة الحرارية الكهربائية ﴾

١٥٨ - ينتج من نظرية فلطا أنه اذا كان هناك دائرة مقفلة مكونة من معدنين مختلفين كالحديد والنحاس مثلاً (شكل ١٣٥) حدث فرق فى جهدى الجزأين اللذين يلتئمان فيهما وأن الفرقين الحادثين يتكافأان (١٤٣) . على أننا اذا سخنا أحد الملتئمين اختلفت القوة المحركة فيهما وحدث تيار يسرى من الحديد الى النحاس ماراً بالملتئم السخين



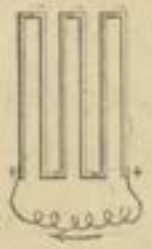
(شكل ١٣٥)

وقد أسست على هذه الخاصة الأعمدة الحرارية الكهربائية

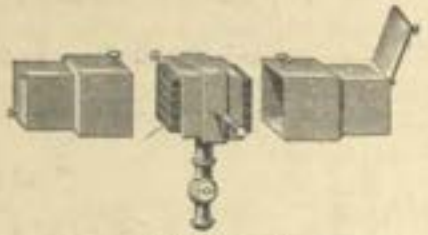
تعريف — الأعمدة الحرارية الكهربائية هى أجهزة تتحول فيها الطاقة الحرارية الى طاقة كهربائية

وقد أمكن الحصول بهذه الأعمدة على تيارات مناسبة فى الشدة بالرغم من ضعف قوتها المحركة لأن مقاومتها الداخلية لا تذكر

١٥٩ — **عمود ملونى** (Melloni) — يتركب هذا العمود من قضبان من البزموت وأخرى من الأنتيمون قد لئم بعضها ببعض على التوالى


(شكل ١٣٦)

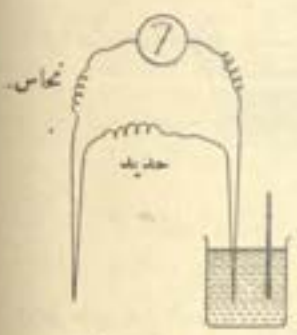
(شكل ١٣٦) بحيث تكون جميع الملتئمات الزوجية الوضع فى جهة والفردية فى الجهة الأخرى . ولاتقاص امتداد العمود يوضع بعض المتسلسلات التى هكذا تصنع بعضها فوق بعض على أن يلأم آخر قضبان البزموت من المتسلسلة الأولى بأول قضبان الأنتيمون من الثانية وهلم جرًّا الى أن يتكون من مجموعها متوازى مستطيلات يحاط بغلاف من النحاس قد وصل وصلاً مفصلياً بقائم رأسى (شكل ١٣٧) . ويتصل القضيبان


(شكل ١٣٧)

المتطرفان من العمود بزرّى ضغط يتكون منها قطباه . وهناك متوازيا مستطيلات أجوفان يمكن تثبيتهما فى طرفى العمود لكل منهما غطاء يستخدم عند الاقتضاء فى وقاية أحد وجهى العمود من تأثير الأشعة الحرارية الخارجية

فمتى سقطت أشعة حرارية على أحد وجهى العمود وكان ذلك على الملتئمات الفردية الوضع مثلاً كانت الملتئمات الزوجية الوضع حافظة لدرجة حرارتها وحدثت قوة محركة تناسب عدد العناصر والفرق بين درجتى حرارة وجهى العمود . فاذا أدمجنا جلفانومتراً قليل المقاومة فى دائرة التيار انحرفت ابرته (١٢٠) واذا كان انحرافها قليلاً كان مناسباً لشدة التيار . ويستعمل عمود ملونى فى الفحص عن خواص حرارة الأشعاع

١٦٠ — *الآبر الحرارية الكهربائية* — هى عناصر حرارية تستعمل فى الطب لقياس درجات الحرارة وهى تتركب من ساق دقيقة من الحديد ملتوية على شكل قنطرة قد لثم طرفاها المحددين بسنى ساقين أخريين من النحاس يتصل طرفاها الخالصان بطرفى سلك نحاسى قد أدمج فيه جلفانومتر (شكل ١٣٨) ولاستعمالها يدمج أحد الملتئمين فيما يراد تعيين درجة حرارته والآخر فى ماء وعاء ترفع درجة حرارته تدريجاً الى أن يستقر طرف ابرة الجلفانومتر أمام الصفر . فتكون حينئذ درجة حرارة الملتئمين واحدة ويمكن تحديدها بقراءة العدد الذى يعينه الترمومتر المغمور فى الماء



(شكل ١٣٨)

١٦١ — *البيرومتر الكهربائى* — يستخدم هذا البيرومتر فى تعيين درجة حرارة الأفران المستعملة فى الصناعة . وهو لايختلف عن الابرة الحرارية الكهربائية الا فى كون أحد سلكيه من البلاتين النقى والآخر من مخلوط معدنى من البلاتين والرُّديُم

ولاستعماله يدخل أحد ملتئميه فى البؤرة الحرارية ويجعل باقيه حافظاً لدرجة حرارة الجو ثم يلحظ مقدار انحراف الابرة ويستخرج مقدار درجة الحرارة من جدول قد أعد لذلك من قبل

وقد دلت التجربة على أنه اذا كانت درجة حرارة البؤرة محصورة

بين ١٠٠ و ١٢٠٠° أمكن تعيينها بالبيرومتر الكهربائى مقربة الى ما لا يتجاوز العشر درجات مما يعينه الترمومتر الايدروجينى

ويستخدم البيرومتر الكهربائى أيضاً فى تعيين درجة غليان السوائل . وقد أمكن به تصحيح درجة حرارة انصهار بعض المعادن

تمرينات

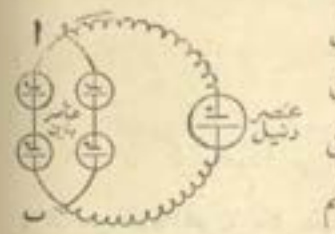
١ — اذا كونا عموداً من ثلاث متسلسلات متوازية يشمل كل منها ٤ عناصر القوة المحركة لكل منها فلطان ومقاومته الداخلية ٠٫٣ م . ووصلنا بين قطبيه بسلك مقاومته ٠٫٤ م . فما شدة التيار الحادث وما مقدار ما يتولد من الحرارة فى السلك فى الساعة

٢ — اذا كونا عموداً من متسلسلتين متوازيتين يشمل كل منهما ١٥ عنصراً ووصلنا بين قطبيه بسلك مقاومته ١٣ م ولحظنا أن شدة التيار الحادث ١٫٨ مب ثم فككناه وركبنا من عناصره عموداً آخر من ثلاث متسلسلات متوازية يشمل كل منها ١٠ عناصر ووصلنا بين قطبيه بسلك مقاومته ٩ م وشاهدنا أن شدة التيار لا تزال ١٫٨ مب فما القوة المحركة وما المقاومة الداخلية لكل من العناصر

٣ — اذا كانت شدة التيار الحادث من متسلسلة مكونة من ثلاثة عناصر فى دائرة ٦ مب وشدة الذى يحدث من أخرى مكونة من ٢٤ عنصراً من نوع السابقة فى نفس الدائرة ٢٠ مب . فما عدد عناصر المتسلسلة التى تولد فى نفس الدائرة تياراً شدته ١٠ مب

٤ – اذا كانت شدة التيار الحادث فى دائرة عنصر واحد ٢٥٠ر٠ مب وشدة الذى ينتج من عنصرين من نوع السابق قد جمعا على التسلسل فى نفس الدائرة ٣٧٥ر٠ من الأمبير والمقاومة الداخلية لكل من العناصر ٢ م فما القوة المحركة لكل عنصر وما مقاومة الدائرة المشتركة

٥ – اذا كونا متسلسلتين تشمل كل منهما عنصرين من عناصر بنزن (شكل ١٣٩) ووصلنا قطبيهما الموجبين بنقطة ا وقطبيهما السالبين بنقطة ب . ثم وصلنا القطب الموجب من أحد عناصر دنيل بالنقطة ا وقطبه السالب بالنقطة ب وكانت القوة المحركة لكل من عناصر بنزن ١ر٨ من الأفلاط ومقاومته الداخلية ٨ر٠ م والقوة المحركة لعنصر دنيل قلطا واحداً ومقاومته الداخلية ٥ر٠ م . فما شدة التيار فى عنصر دنيل وما النسبة بين مقادير الخارصين التى يذيبها الحامض فى العناصر المختلفة . وما فرق الجهدين فى ا ، ب



(شكل ١٣٩)

٦ – اذا علمنا ان ١ يمكن ركمه فى كل كيلوجرام من رصاص مركم مستوفى الشروط ١٠ أمابير لمدة ساعة وأن القوة المحركة لتيار الشحن ١ر٢ من الأفلاط وشدته ١٠ أمابير . وأردنا أن نشحن مركما يزن رصاصه ٢٠ كيلوجراماً فما الزمن اللازم لذلك وما الطاقة التى تصرف فى شحنه

٧ – اذا علمنا أن المركم السابق يولد تياراً شدته أمبيران . وأن متوسط قوته المحركة أثناء التفريغ يساوى ١ر٩ من الافلاط . فما الزمن الذى يستغرقه تفريغه وما الطاقة التى نحصل عليها

٨ – اذا أردنا أعداد متسلسلة من عدة مراكم على أن تكون قادرة على احداث قدرة تساوى ٩ هكتوواتات لمدة عشر ساعات . وأن تكون شدة تيار التفريغ مقدرة بالأمابير تساوى وزن رصاص كل مركم مقدراً بالكيلوجرامات والقوة المحركة لكل مركم تساوى ١ر٨ فلطاً . والقوة المحركة للمتسلسلة ١٨٠ فلطاً فما عدد ما يلزم جمعه من المراكم وما وزن الرصاص فى كل منها

٩ – اذا كانت شدة التيار الذى يستعمل فى شحن أحد عناصر مركم تساوى ٢٠ أمبيراً وشدة التيار الناتج حين افراغة ٣٠ أمبيراً . وأردنا أن نشحن مركما مكوناً من ١٠ عناصر من نوع السابق قد جمعت على التسلسل وآخر مكوناً من متسلسلتين متوازيتين تشمل كل منهما ٥ عناصر . فما شدة كل من تيار الشحن وتيار التفريغ فى كلتا الحالتين

المبحث الثالث

المغناطيس

الباب الأول

﴿ الظواهر الأساسية ﴾

١٦٢ — **المغناطيس الطبيعى** — فى بعض أنحاء المعمورة قطع من أكسيد الحديد الطبيعى (Fe_3O_4) تمتاز بخاصة جذب الحديد سماها القدماء حجر المغناطيس وقد لحظت هذه الخاصة من قديم الزمان فى قطع طبيعية تكثر بجوار مدينتين إحداهما فى مقدونيا والثانية فى أسيا الصغرى تسمى كل منهما مغنسيا . وقد اشتق من هذا الاسم لفظة مغناطيسية للدلالة على السبب المحدث لهذه الخاصة

تدريب ٧٦- ندحرج قطعة من حجر المغناطيس الطبيعى فى برادة الحديد (شكل ١٤٠) ثم نرفعها فنشاهد أن البرادة تعلق بها وتجتمع على شكل خصل الشعر فى بعض نقط من سطحها

(شكل ١٤٠)

١٦٠ — **المغناطيس الصناعى** — **تدريب ٧٧** - ١ - ندحرج مسلة من الصلب فى برادة الحديد ثم نرفعها فنلحظ أنه لا يعلق بها شىء من البرادة

ب - نضع المسلة فى وضع أفقى على نضد وندلكها بحجر المغناطيس فى اتجاه واحد مبتدئين فى كل مرة بأحد طرفيها وننتهى بالطرف الآخر ثم ندحرجها فى برادة الحديد فنشاهد أن البرادة تعلق بهـا ولا سيما طرفاها . ومعنى هذا أنها صارت مغناطيساً صناعياً

ويصنع المغناطيس الصناعى إما على هيئة قضبان مقطعها العمودى دائرة أو مستطيل تسمى **القضبان المغناطيسية**

وإما على صورة معينات طويلة رقيقة تسمى **الابر المغناطيسية**. ويصحب فى الغالب كل ابرة مغناطيسية مدار رأسى محدد الطرف ترتكز عليه الإبرة ارتكازاً خالصاً بوساطة غفرة من العقيق (شكل ١٤١) وهذا ما يجعلها قابلة للحركة فى مستوٍ أفقى

(شكل ١٤١)

وعند ما يراد صنع مغناطيس قادر على جذب قطع الحديد الكبيرة

يصنع على هيئة حذاء الفرس (شكل ١٤٢) ولا يستعمل عملياً الا المغناطيس الصناعى لأنه أقوى جذباً وأسهل استعمالاً

(شكل ١٤٢)

١٦٣ — **قطبا المغناطيس — تدريب ٧٨ -** ندحرج قضيباً مغناطيسياً فى برادة الحديد (شكل ١٤٣) فنشاهد بعد أن نرفعه ان البرادة متراكمة على الأخص فى طرفيه . أما أجزاؤه الأخرى التى بينهما فلا يلتصق بها شىء يذكر . ولذلك سمى طرفا القضيب اللذان يظهر أن خاصة جذب الحديد مقصورة عليهما « **قطبا المغناطيس** » والمنطقة الفاصلة بينهما التى لا يشاهد فيها أثر لاجتذاب البرادة « **منطقة الحمود** »

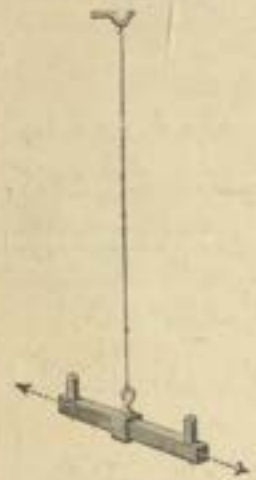
(شكل ١٤٣)

١٦٤ — **المحور المغناطيسى** — ثبت من هذه التجربة ومن تجارب أخرى أدق منها سنذكرها فيما بعد أن درجة تمغطس القضيب تظهر فى أجزائه المختلفة مبتدئة من الصفر فى وسطه الى أن تصل الى نهايتها العظمى فى منطقتين قريبتين من طرفيه . زد على ذلك ان قوة الجذب تظهر خارجاً عنه فى المنطقة القريبة منه كما لو كان التأثير حاصلاً على وجه التقريب من نقطتين فى باطنه كل بالقرب من أحد طرفيه يعتبرهما بعضهم أنهما قطباه . ويسمى الخط الواصل بين هاتين النقطتين « **المحور المغناطيسى للقضيب** »

١٦٥ — **تأثير الأرض فى المغناطيس - تمييز القطبين** — يظهر

من التدريب السابق أن قطبى المغناطيس متشابهان لأنهما يؤثران بكيفية واحدة فى برادة الحديد . غير أن الواقع هو أنهما يختلفان فى الخواص اختلافاً بيناً

تدريب ٧٩ - ا - نعلق قضيباً ممغطساً وهو فى وضع أفقى فى خيط (شكل ١٤٤) ثم نتركه ونفسه فنشاهد أنه يثبت بعد أن يتذبذب بضع تذبذبات فى وضع يقرب من الاتجاه الجنوبى الشمالى ويعود اليه كلما حاولنا احادته عنه


(شكل ١٤٤)

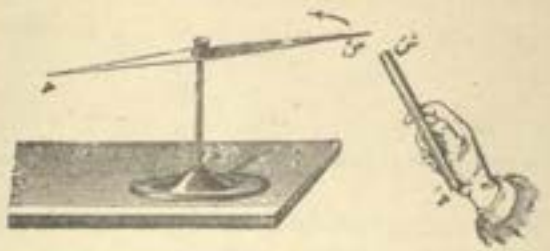
ب — ندير القضيب حتى يصير طرفه المتجه نحو الشمال موجهاً نحو الجنوب ثم نتركه فنشاهده يدور نصف دورة حتى يصل الى وضعه الأول فيستقر فيه بعد أن يتذبذب بضع تذبذبات

نستنبط من ذلك أن قطبى المغناطيس غير متشابهين . ونطلق من الآن اسم « **القطب الشمالى** » على الطرف الذى يواجه الشمال و**القطب الجنوبى** على الذى يواجه الجنوب

ويلوّن عادة النصف الشمالى من الأبر المغناطيسية باللون الأزرق . وسنبين هذا النصف فيما يلى من الأشكال مظللاً

١٦٧ — **التأثير المتبادل بين قطبى مغناطيسين — تدريب ٨٠** نأخذ ابرتين مغناطيسيتين قابلتين للحركة فى مستوٍ أفقى وبعد أن نعين القطبين الشماليين ش ما ش َ والقطبين الجنوبيين ح ما ح َ من كلتيهما

تقرب القطب الشمالى ش من القطب الشمالى ش (شكل ١٤٥) فنشاهد



(شكل ١٤٥)

أنهما يتنافران ثم تقربه من القطب الجنوبى ه فنلحظ أنهما يتجاذبان . وكذلك اذا قربنا ه من ه ثم من ش نشاهد أنه ينفر الأول ويجذب الثانى . نستنبط من ذلك :

أولاً — القطبان المتماثلان يتنافران

ثانياً — القطبان المختلفان يتجاذبان

١٦٨ — **المجال المغناطيسى** — اذا علقت ابرة ممغنطة تعليقاً خالصاً وكانت لا تستقر الا فى اتجاه لا تحيد عنه قيل إنها فى مجال مغناطيسى

ولكون الابرة المغناطيسية تستقر بتأثير الأرض فى اتجاه لا تحيد عنه قيل إن جوار سطح الأرض مجال مغناطيسى يسمى المجال المغناطيسى الأرضى

ولكون الابرة المغناطيسية تنحرف اذا اقترب منها مغناطيس قيل إن المنطقة المحيطة بالمغناطيس مجال مغناطيسى

وسنرى فيما يلى أن التيارات الكهربائية تحدث حولها مجالاً مغناطيسياً يسمى مجال التيارات المغناطيسى

١٦٩ — **اتجاه المجال المغناطيسى** — ندخل فى مجال مغناطيسى

أيا كان ابرة مغناطيسية صغيرة معلقة تعليقاً خالصاً فنشاهد أنها تثبت فى اتجاه معين

ويسمى المستقيم الذى يثبت فيه محور الإبرة أى الخط الواصل بين سنيها اتجاه المجال فى موضع الإبرة

١٧٠ — **شدة المجال المغناطيسى** — لا يكفى للوقوف على ماهية مجال مغناطيسى تعيين اتجاهه بل يجب أيضاً معرفة شدته

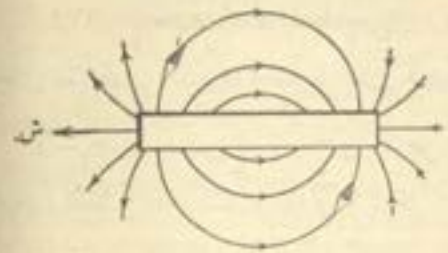
(شكل ١٤٦)

ولشرح ما يسمى شدة المجال نفرض قضيباً صغيراً ممغنطاً معلقاً بسلك معدنى (شكل ١٤٦) ونلحظ مقدار اللى الذى يجب أن نلوى به السلك حتى يثبت القضيب فى وضع عمودى على اتجاه المجال . فمقدار لى السلك يعين شدة المجال فى النقطة التى بها القضيب

واذا أعدنا هذه العملية فى نقطة أخرى من المجال مستعملين نفس القضيب ونفس السلك وفرضنا أن مقدار لى السلك صار مثلين أو أكثر أو أقل نقول أن شدة المجال فى النقطة الثانية مثلاها فى النقطة الأولى أو أكثر أو أقل

١٧١ — **كيفية ايجاد اتجاه مجال قضيب مغناطيسى** — يسهل علينا الآن أن نستقصى عملياً مجالاً مغناطيسياً سواء أكان من جهة اتجاهه أم شدته ولنبدأ بذكر كيفية ايجاد اتجاه مجال قضيب مغناطيسى

تدريب ٨١ - ١ - نضع القضيب فوق قطعة أفقية من الورق المقوى أو لوح من الزجاج ثم نأتى بابرة مغناطيسية صغيرة جداً معلقة من مركزها فى خيط من الحرير الخام وندنيها من الورقة قريباً من احدى نقط القضيب (شكل ١٤٧) ومتى سكنت تماماً نعين اتجاهها بوضع نقطتين على الورقة تقابلان طرفى الابرة . فالخط الواصل بين هاتين النقطتين يعين على مقتضى التعريف المتقدم اتجاه المجال فى النقطة التى فيها الابرة . ثم نحرك الابرة الى أن تقع سنها الجنوبية مكان سنها الشمالية ونضع نقطة أمام الأخيرة وهلم جرا الى أن نصل الى القضيب ثم نعيد العمل على الوجه المتقدم مبتدئين من نقطة أخرى مجاورة للقضيب فنشاهد أن النقط الكثيرة التى نضعها على الورقة تكون خطوطاً مستمرة تبتدئ من النصف الشمالى للقضيب وتنتهى عند نصفه الجنوبى ويكون مجموعها المنظر المرسوم فى الشكل



(شكل ١٤٧)

١٧٢ — **خطوط القوة المغناطيسية** — هذه الخطوط التى تعين فى نقطة أيّاً كانت من نقطها اتجاه المجال فى تلك النقطة تسمى خطوط القوة المغناطيسية . من ذلك نستنبط القاعدة الآتية

يتكون المجال المغناطيسى لقضيب ممغنط من خطوط القوة التى تبتدئ من نصفه الشمالى وتنتهى عند نصفه الجنوبى

١٧٣ — **التأثير المغناطيسى** — نستعمل لاستقصاء المجال ابرة صغيرة من الحديد المطاوع معلقة فى طرف خيط من الحرير الخام فنرى أن الابرة الحديدية تستقر فى نقط المجال المختلفة فى نفس الأوضاع التى تستقر فيها الابرة المغناطيسية أى أنها تعين اتجاه خطوط القوة التى تمر فى المناطق التى توضع فيها . يتبين من ذلك ما يأتى

كل قضيب صغير من الحديد المطاوع يكتسب اذا كان فى مجال مغناطيسى خواص المغناطيس واذا كان قابلاً للتحرك ثبت اكبر أبعاده فى اتجاه خطوط قوة المجال

١٧٤ — **الطيف المغناطيسى** — يمكننا أن نوضح بهذه الخاصة الأسباب التى يترتب عليها تكون الطيف المغناطيسى فى التجربة الشهيرة المسماة بهذا الاسم

تدريب ٨٢ - نضع القضيب المغناطيسى فى وضع أفقى (شكل ١٤٨)

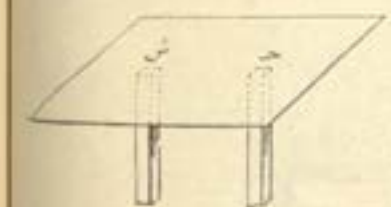
(شكل ١٤٨)

ونضع فوقه قطعة من الورق المقوى أو لوح من الزجاج نذر عليها طبقة خفيفة من برادة الحديد ثم نقرعها قرعاً خفيفاً بالأصبع حتى يزداد تحرك أجزاء البرادة فنشاهد أن هذه الأجزاء تتحوّل تماماً فى اتجاه خطوط القوة التى حصلنا عليها نقطة بعد أخرى باستعمال الابرة المغناطيسية الصغيرة

وسبب ذلك هو أن أجزاء برادة الحديد تتمغنط بالتأثير لوجودها فى مجال مغناطيسى وتتجه حيث يكون اكبر أبعادها فى اتجاه موازٍ لاتجاه المجال

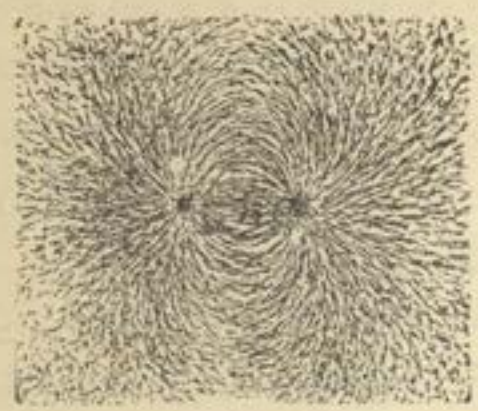
ويثبت من هذه التجربة أيضاً أن التأثير المغناطيسى يقع خلال الزجاج والورق المقوى . ويمكننا بالعمل على النسق المتقدم ان نثبت أن التأثير المغناطيسى يقع خلال الأجسام الأخرى حتى المعادن ما خلا الحديد

تدريب ٨٣ – نضع قضيبين مغناطيسيين فى وضع رأسى وفى اتجاهين متضادين (شكل ١٤٩) ونضع على طرفيهما ش ص قطعة من الورق المقوى ثم نذر عليها برادة الحديد فنحصل على المنظر المبين فى (شكل ١٥٠) واذا كان القطبان المتقابلان من نوع واحد ظهر الطيف بالمنظر المرسوم فى (شكل ١٥١)



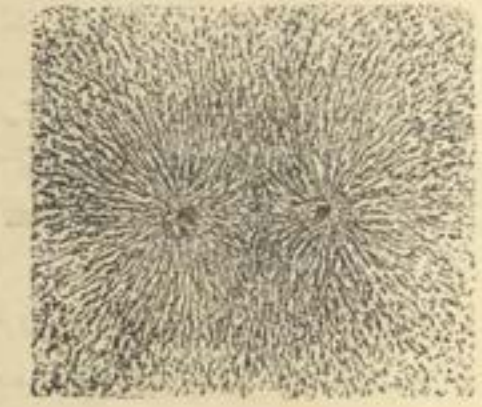
(شكل ١٤٩)

وبالتأمل فى كلا الشكلين نرى أن خطوط القوة الصادرة من نقط منطقة شمالية تنصرف نحو الصادرة من منطقة جنوبية ويختلط بعضها ببعض فى



(شكل ١٥٠)

نقط التقابل . أما خطوط القوة الصادرة من منطقتين متماثلتين فالظاهر من الرسم أنه يقع بينها نفور . والمتفق عليه هو القول على الاجمال إن خطوط قوة المجال تتجه من القطب الشمالى نحو القطب الجنوبى



(شكل ١٥١)

١٧٥ — **شدة المجال** — اذا عينا شدة المجال فى أجزائه المختلفة بالطريقة المشار اليها فى (١٦٩) وصلنا الى النتيجة المهمة الآتية

تتغير شدة المجال عند نقطة الى اخرى تبعاً لعكس اتساع خطوط القوة المجاورة للنقطتين ومعنى هذا ان منظر الشكل العمومى لخطوط المجال يوصلنا الى الوقوف على اتجاهه وشدته فى جميع نقطه . فاذا كانت خطوط القوة متباعدة كانت شدة المجال فى النقط المجاورة لها ضعيفة وعلى العكس تكون شديدة اذا كانت خطوط القوة متقاربة

١٧٦ — **تحطيم المغناطيس** — **تدريب ٨٤** - ١ - ندحرج فى برادة الحديد مسلة ممغطسة ش ص حتى نتحقق أن البرادة لا تلتصق الا بطرفيها وان المنطقة المتوسطة منها على حالة التعادل

ب - تقرب أحد طرفيها من ابرة مغناطيسية قابلة للحركة فى مستوٍ أفقى ونعين كلا من قطبيها الشمالى الجنوبى

ص - نكسر المسلة ش ص من منتصفها (شكل ١٥٢) فنشاهد أن

(شكل ١٥٢)

كلا من طرفى نصفيها يجذب برادة الحديد كما نلحظ تكون قطب شمالى ش َ فى النصف الذى جهة اليمين وآخر جنوبى ص َ فى الذى جهة اليسار ومنطقة خمود فى وسط كليهما

ع - نكسر كلاً من النصفين من وسطه فنرى أن كلاً من الأجزاء الناتجة مغناطيس تام قطباه كما هو واضح فى الشكل . ومهما بالغنا فى التكسير لا نصل الا الى نفس النتيجة

نستخلص من ذلك أنه **صعب المحال الحصول على قطعة صلب ذات نوع واحد صعب التمغطس صرامة صغرت** . ومن هنا تتبين الفرق الجسيم بين المغناطيس والموصلات المكهربة

فاذا فرضنا أننا استمرينا فى القسمة الى النهاية علمنا أن كل جزئ من جزيئات المغناطيس مغناطيس تام له قطبان ومنطقة خمود ويمكن تحقيق صحة ذلك بعمل عكس التدريب السابق

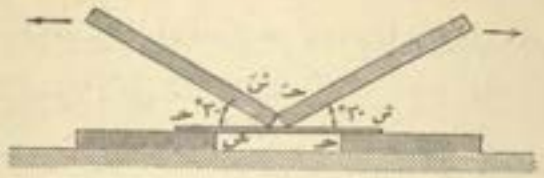
تدريب ٨٥ - نلصق بقطعة من الورق المقوى أو الزجاج القطع الصغيرة الناتجة من تكسير سلك ممغطس من الصلب على أن نوجه جميع أقطابها الشمالية الى جهة واحدة فنحصل على مجموع به جميع خواص السلك الأصلى

١٧٧ — **طرق التمغطس** - ان الطريقة الوحيدة للحصول على مغناطيس قوى منتظم التمغطس هى طريقة التيارات الكهربائية . وهناك طرق أخرى تنحصر فى ذلك المادة المغناطيسية المراد ممغطستها بقطب أو قطبين من أقطاب القضبان المغناطيسية

وسنشرح احدى هذه الطرق وهى التى كانت تستعمل من أمد قصير فى ممغطسة الصفائح الرقيقة والابر المستعملة فى البصلات

تدريب ٨٦ - نضع طرفى الصفيحة المراد ممغطستها على القطبين

ش ش' حـ حـ' من مغناطيسين (شكل ١٥٣) ثم نضع على منتصفها القطبين



(شكل ١٥٣)

ش ش' حـ حـ' من مغناطيسين آخرين متماثلين من جميع الوجوه ونميل كليهما حتى يصنع مع الصفيحة زاوية تساوى على وجه التقريب ٣٠° ثم نحركهما فى اتجاهين متضادين وهما متكئان على الصفيحة الى أن يصلا الى طرفيها ثم نرفعهما ونعيدهما الى وضعهما الأول ونكرر هذا العمل مراراً ثم نقلب الصفيحة ونعمل بسطحها الثانى ما عملناه بالاول فتتحول الى مغناطيس يكون قطبه الشمالى جهة القطب الجنوبى حـ الذى يمسه آخر مرة وقطبه الجنوبى جهة القطب الشمالى ش' الذى يمسه آخر مرة

١٧٨ — **تدفق القوة المغناطيسى** — اذا فرضنا أن اتجاه قوة المجال عمودى على سطح عنصر صغير مساحته س وأن صغر السطح المذكور يخول لنا اعتبار شدة المجال واحدة فى جميع نقطه سمى حاصل ضرب شدة المجال فى مساحة السطح س تدفق قوة المجال المغناطيسى خلال العنصر

أما اذا كان اتجاه المجال يصنع مع العمود على السطح س زاوية تساوى ز فيكون تدفق القوة المغناطيسى خلال عنصر السطح يساوى حاصل ضرب شدة المجال فى مساحة السطح فى جيب تمام* الزاوية ز

* اذا فرضنا زاوية ب ا حـ وانزلنا من نقطة ا كانت على أحد ضلعيها مثل ب عموداً ب حـ على ضلعها الاخر سميت النسبة الثابتة $\frac{\text{ا حـ}}{\text{ا ب}}$ جيب تمام الزاوية ب ا حـ

تمرينات

١ – اذا أعطيت ابرة مغناطيسية قابلة للحركة حول محور رأسى فكيف تستعين بها لتعلم حال قضيب من الصلب أهو ممغنط أم غير ممغنط

٢ – كيف تعلم بدون أن تستعين بمغناطيس أو بقطعة من الحديد المطاوع ان كان قضيب من الصلب ممغنطاً أم غير ممغنط

٣ – هل التأثير المغناطيسى يقع خلال جميع الاجسام وما هى الاجسام التى لا يقع خلالها

٤ – اذا وضعت ابرة مغناطيسية قابلة للحركة فى مستو أفقى على منتصف قضيب ممغنط فكيف يتجه كل من قطبيها

٥ – اذا أعطيت مسلة من الصلب على أحد طرفيها علامة فكيف تمغنطها بوساطة قضيب ممغنط بحيث يتكون فى طرفها المعلم قطب شمالى

الباب الثانى

﴿ المجال المغناطيسى الأرضى ﴾

١٧٩ — المجال المغناطيسى الأرضى مجال منتظم — تدريب ٨٧ —

ا — نعلق ابرة مغناطيسية من مركز ثقلها (١٥٤) بعيداً عن أى مغناطيس آخر فنلحظ أنها تستقر فى وضع لا تحيد عنه

(شكل ١٥٤)

ب — نعيد ذلك فى مواضع أخرى قريبة من الموضع السابق فنجد أن الاتجاهات التى تستقر فيها الابرة تبقى موازية لاتجاه ثابت . وهذا يدل على أن خطوط المجال المغناطيسى الأرضى فى النقط المتجاورة خطوط مستقيمة متوازية . لهذا السبب قيل إن المجال المغناطيسى الأرضى بجوار نقطه ما من سطح الأرض مجال منتظم

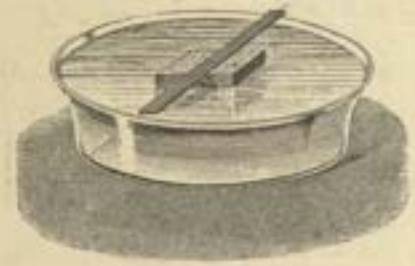
وتتجه هذه الخطوط فى مدينة حلوان على وجه التقريب نحو الشمال أما ميلها على مستوى الأفق فبلغ فيها فى اليوم الأول من شهر يناير سنة ١٩٢٣ ١٨′ ٤١°

١٨٠ — تأثير الأرض فى المغناطيس مفصور على توجيهه —

تدريب ٨٨ - نأخذ قضيباً من الصلب المسقى غير ممغنط ونزنه ثم نمغنطه ونزنه ثانيـة فنرى أن وزنه لم يتغير وهذا يدل على أن مغنطة القضيب لا ينشأ منها أية قوة تحدث فيه ثمّ انتقالاً فى الاتجاه الرأسى

تدريب ٨٩ - نعلق قضيباً ممغنطاً فى خيط فنلحظ أن الخيط لا يخرج عن الاتجاه الرأسى وهذا يدل على أن مغنطة القضيب لا ينشأ منها أية قوة تحدث فيه ثم انتقالاً فى الاتجاه الافقى ويمكن الوصول الى هذه النتيجة ايضاً بالطريقة الآتية

تدريب ٩٠ — نضع قضيباً مغناطيسياً على قرص صفيق من الفلين سابح فوق ماء ساكن (شكل ١٥٥) فلا نرى أية حركة انتقال فى القرص وكل ما نراه هو أن القرص يدور حول نفسه الى أن يستقر فى اتجاه لا يحيد عنه


(شكل ١٥٥)

نستنبط من ذلك أن تأثير الأرض فى المغناطيس لا يترتب عليه أقل انتقال فيه

والحاصل هو أن المغناطيس يكون واقعاً تحت تأثير ازدواجات من القوى أى عدة قوى متساوية متوازية ومتضادة الاتجاه تؤثر كل من المتحدة الاتجاه منها فى أحد قطبيه

١٨١ — مستوى الزوال المغناطيسى والانحراف والميل — مستوى

«الزوال المغناطيسى فى نقطة ما عليه سطح الارض هو المستوى «الرأسى المار بخط قوة المجال الارضى فى تلك النقطة

ويحدد اتجاه المجال المغناطيسى الارضى بأمرين

أولاً — الانحراف ا (شكل ١٥٦) وهو الزاوية الناتجة عن «تلاقاة مستوى الزوال الجغرافى مستوى الزوال المغناطيسى

ثانياً — الميل م وهو الزاوية الحادثة عن «تلاقاة اتجاه قوة المجال الأرضى ش ح «المستقيم الافقى الواقع فى مستوى الزوال «المغناطيسى

(شكل ١٥٦)

وكان مقدار كل من الانحراف والميل فى مدينة حلوان فى اليوم الأول من شهر يناير سنة ١٩٢٢

$$ا = ١^\circ\ ١٣'$$

$$م = ٤١^\circ\ ١٨'$$

ويتغير هذان المقداران تبعاً لتغير الزمان والمكان

١٨٢ — قياس الانحراف — تصنع الآلات المعدة لتعيين زاويتى «الانحراف والميل من النحاس حتى لا يتغير تأثير الارض فى الابرة المغناطيسية. وتسمى الآلة المستعملة فى تعيين الانحراف المغناطيسى بصلة الانحراف وهى تتركب من جزأين رئيسيين وهما

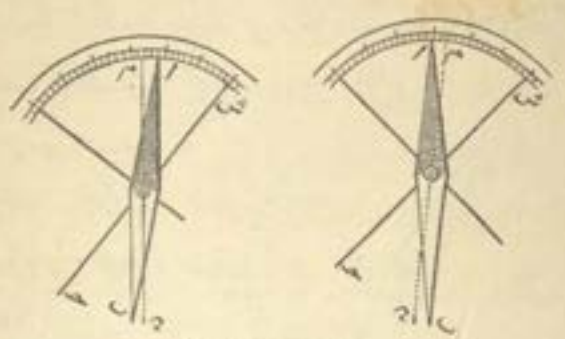
أولاً — ابرة مغناطيسية طويلة على شكل (معين) ترتكز وتتكاز ارتكازاً خالصاً بقفرة من العقيق أو الصلب على مدار رأسى محدد الطرف من الصلب قد ثبت فى مركز دائرة درج محيطها (شكل ١٥٧)

(شكل ١٥٧)

ثانياً — تهيئة مخصوصة تذكرنا بالنيودوليت تستخدم فى تعيين اتجاه مستوى الزوال الارضى

فمتى جعلت الدائرة فى المستوى الأفقى والخط الواصل بين ٠ و ١٨٠ فى مستوى الزوال الجغرافى تذبذبت الابرة بعض التذبذب فى المستوى «الأفقى ثم استقرت فى الوضع الذى يصبح فيه محورها المغناطيسى متجها تماماً فى اتجاه مستوى الزوال المغناطيسى. فاذا كان هذا المحور ينطبق على محور شكل الابرة كفى لايجاد مقدار الانحراف قراءة العدد الدال على مقدار القوس المحصور بين الصفر وطرف الابرة الشمالى غير أن الغالب هو أن المحور المغناطيسى للابرة لا ينطبق دائماً على الخط الواصل بين سنيها

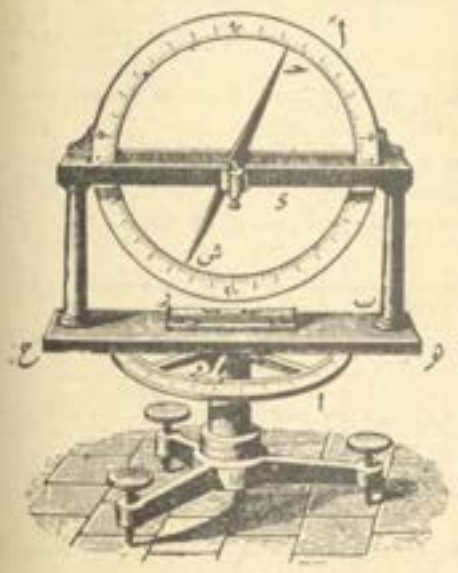
ولتصحيح الخطأ الذى ربما يقع نرفع الابرة عن المدار ثم نعيدها بعد أن نقلبها ظهراً لبطن فينما يأخذ المحور المغناطيسى م ق وضعه الأول «(شكل ١٥٨) يأخذ المحور الهندسى موضعاً يماثل موضعه فى الحالة الأولى.



(شكل ١٥٨)

ولما كانت الزاوية التى تقرأ بين السن الشمالية للابرة والنقطة ش فى المرة الاولى، أصغر من زاوية الانحراف والزاوية التى تقرأ فى المرة الثانية أكبر منها كان مقدار الانحراف الحقيق متوسط الزاويتين

١٨٣ — قياس الميل — يستعمل لقياس الميل المغناطيسى بصلة الميل. وهى تتركب من دائرة أفقية ا مدرجة الحافة مرتكزة على حامل ذى ثلاث أرجل بكل منها مسمار محوى. (شكل ١٥٩) وفوق الدائرة عارضة أفقية ه ع تدار حول محور رأسى وتحمل بوساطة قائمين دائرة أخرى رأسية ا



(شكل ١٥٩)

مدرجة الحافة. أما إبرة الميل فهى إبرة طويلة تنفذ من مركزها ساق رفيعة مركوز طرفاها على عقيقتين مثبتتين فى المستوى الأفقى المار بمركز الدائرة الرأسية

ولايجاد الميل يجعل الجهاز أفقيا ثم الدائرة الرأسية فى مستوى الزوال المغناطيسى وبعد أن تثبت الابرة دفعتين متواليتين كما سبق شرحه فى بصلة الانحراف يؤخذ متوسط العددين اللذين يقرأان على القوس بين الخط الأفقى وسن الابرة

واذا أدرنا البصلة حول محورها الرأسى بقدر ٩٠° نرى أن ابرة الميل تتذبذب فى مستو عمودى على مستوى الزوال المغناطيسى ثم تستقر فى الاتجاه الرأسى. من ذلك نرى أنه يمكن ايجاد مستوى الزوال المغناطيسى بدون استعمال بصلة الانحراف وذلك بايجاد المستوى الرأسى الذى تثبت فيه ابرة الميل فى وضع رأسى فيكون مستوى الزوال المغناطيسى عمودا على هذا المستوى

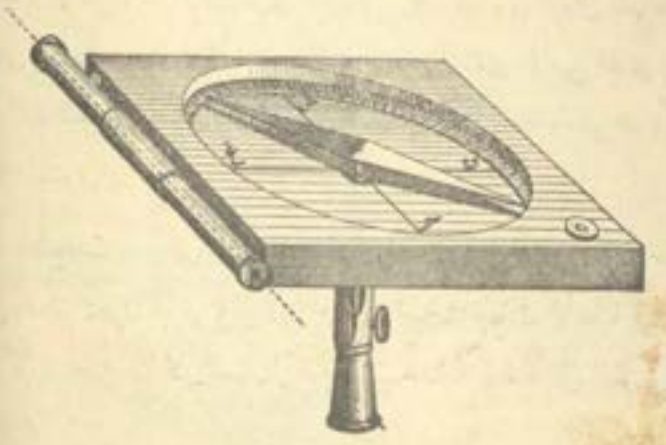
تطبيقات — متى علمنا مقدار الانحراف فى بقعة معينة أمكن استعمال كل بصلة تتحرك ابرتها فى مستو أفقى فى تعيين الجهات الأصلية فى البقعة المذكورة. ومن هنا كان استعمال البصلات لهداية الرحالة الى الطريق أثناء أسفارهم

١٨٤ — بيت الابرة — يشبه بيت الابرة ساعات الجيب وهو يتركب كما فى شكل ١٦٠ من دائرة نحاسية مقسمة الحافة وابرة مغناطيسية مركوزة بوساطة غفرة من العقيق على مدار محدد الطرف مثبت فى مركز الدائرة

فمتى كانت العلبة فى وضع أفقى كان اتجاه الابرة منطبقاً على وجه التقريب على الخط الواصل من الجنوب الى الشمال . واذا كان المراد الحصول على هـذا الخط بالضبط وجب أن تكون الزاوية بين الابرة وبينـه تساوى زاوية الانحراف

(شكل ١٦٠)

١٨٥ — **بصلة المساح** — تستخدم هـذه البصلة فى تعيين اتجاه الشمال بغاية الدقة اذا علم الانحراف فى الجهة المراد تعيين جهة الشمال فيها وهى تتركب كما فى (شكل ١٦١) من ابرة طويلة مركوزة بوساطة غفرة



(شكل ١٦١)

من العقيق على مدار محدد الطرف قد ثبت فى مركز دائرة من النحاس قسم محيطها الى درجات وكتب بجوار طرفى أحد قطريها حرفا ش ، ح دلالة على الشمال والجنوب وبجوار طرفى الآخر ه ، غ دلالة على الشرق

والغرب ويبتدئ تقسيم هذا المحيط من النقطة المكتوب حذاءها ش

والدائرة النحاسية وابرتها موضوعتان فى علبة وجهها العلوى من الزجاج ويمكن تثبيتها تثبيتاً مفصلياً على حامل

وهناك ميزان تسوية يستخدم فى جعل البصلة أفقية ومنظار مثبت على أحد جوانب العلبة فى اتجاه موازٍ للخط الواصل بين ح ، ش

١٨٦ — **البصلة البحرية** — تتركب البصلة البحرية المستعملة لهداية السفن فى عرض البحار من علبة اسطوانية من النحاس ب ب مثبت فى مركز قرارها مدار مركوز عليه بوساطة غفرة من العقيق قضيب مغناطيسى صغير ملتصق بالسطح السفلى من قرص من الميكا مغطى بآخر من الورق مدرج الحافة ومرسوم على سطحـه وردة الرياح التى يبلغ عدد أفرعها اثنين وثلاثين فرعاً (شكل ١٦٢) وعلى الجدار الداخلى من الاسطوانة

(شكل ١٦٢)

النحاسية خط ء يسمى خط اليقين وهو يكوّن مع سن المدار مستوياً

يوازى خط البرده وهو خط تقاطع جانبى السفينة ومن البدهى أن هذا المستوى يعين بالضبط اتجاه سير السفينة . فلتوجيه السفينة يجلس الربان أمام البصلة ويدير السُّكان (الدفة) الى أن ينطبق خط اليقين على طرف أحد أفرع الوردة الذى يسهل تعيينه متى علم الموقع الجغرافى للسفينة والانحراف فى ذلك الموقع ومتى تم ذلك سارت السفينة الى أن تلقى مراسيها فى المرفأ الذى تقصده

وتعلق العلبة المشتملة على البصلة فى مدارين ه مثبتين فى طرفى قطر واحد من حلقة ح وبهذه الطريقة تكون قابلة للحركة حول هذا القطر. هذا الى أن الحلقة نفسها قابلة للحركة حول محورين تستند بهما على الحاملين م ى ، وتسمى طريقة التعليق هذه طريقة كَرْدَن . وهى تجعل البصلة قابلة للتحرك حول محورين متعامدين وبذلك تحفظ افقيتها رغماً من اضطرابات السفينة سواء أكانت فى طولها أم فى عرضها

١٨٧ — **تغير الانحراف والميل** — يختلف كلٌ من الانحراف والميل فى جميع أنحاء الكرة الأرضية كما أنه يتغير فى النقطة الواحدة من سطحها تبعاً لتغير الزمن

١٨٨ — **تغير الانحراف** — من التغيرات التى تشاهد فى الانحراف ما يكون بطيئاً منتظماً كالتغيرات اليومية والتغيرات القرنية وغير منتظم كالتغيرات التى تقع عَرَضاً وتسمى التغيرات العرضية

وتحدد التغيرات القرنية فى مكان ما بتعيين الانحراف المتوسط فى كل سنة وموازنة النتائج التى يحصل عليها فى السنين المتتالية بعضها ببعض ولم يعن بتعيين الانحراف فى القطر المصرى بانتظام الا من سنة ١٩٠٨.

وهاك فى الجدول الآتى مقادير الانحراف فى مدينة حلوان فى اليوم الأول من شهر يناير من سنة ١٩٠٨ الى سنة ١٩٢٢

السنة	الانحراف الى الغرب	السنة	الانحراف الى الغرب	السنة	الانحراف الى الغرب
١٩٠٨	٢° ٥٩′	١٩١٣	٢° ٢١′	١٩١٨	١° ٤٢′
١٩٠٩	٢ ٥٣	١٩١٤	٢ ١٤	١٩١٩	١ ٣٥
١٩١٠	٢ ٤٥	١٩١٥	٢ ٠٥	١٩٢٠	١ ٢٧
١٩١١	٢ ٣٧	١٩١٦	١ ٥٧	١٩٢١	١ ٢١
١٩١٢	٢ ٣٠	١٩١٧	١ ٥١	١٩٢٢	١ ١٣

وقد أجرى بعض البحاثين فى القرن الماضى ارصاداً قليلة متفرقة فى بعض الجهات نذكر منها أربعة أجريت فى مدينة الاسكندرية وهى

السنة	الانحراف الى الغرب	السنة	الانحراف الى الغرب
١٨٤٢	٨° ٢٤′	١٨٨٥	٥° ٣٣′
١٨٧٦	٥ ٥٥	١٨٩٠	٥ ٠٣

ولكى يدرك الطالب مقدار بطء تغير الانحراف ولأى حد يصل نذكر تغيراته فى مدينة لندن الذى ابتدئ قياسه فيها منذ ٣٤٢ سنة أى من سنة ١٥٨٠ وقد كان حينئذ شرقياً ومقداره ١١° ١٥′ على أنه أخذ فى النقص الى سنة ١٦٥٧ وكانت الابرة المغناطيسية تستقر حينئذ فى مستوى الزوال الجغرافى . ومن ذلك الحين صار غربياً وأخذ فى الازدياد الى سنة

١٨٢٠ فبلغ ٥,٣١ ٢٤° ثم أخذ فى النقص حتى الان وكان يساوى ١٦° سنة ١٩١٠

أما التغيرات اليومية فليست هامة وهى تنحصر فى كون الطرف الشمالى لابرة الانحراف يتحرك نحو الغرب من حوالى الساعة ٨ صباحاً الى حوالى الساعة ٢ مساء ثم يعود نحو الشرق سائراً بالطريقة عينها وهلم جرا . ولا يتجاوز هذا التحرك المنتظم دقائق قليلة فى اليوم الواحد

أما التغيرات العرضية فتنشأ من نوع من العواصف المغناطيسية التى تعرض مع ظهور الفجر الشمالى أو الزلازل . وتحصل هذه التغيرات فى آن واحد مع اختلاف فى الشدة فى عدة مناطق من الأرض على انها لاتدوم الا بضع ساعات

١٨٩ — **تغير الميل** — يتغير الميل تغيراً قريباً كالانحراف . وقد دونا فى الجدول الآتى مقادير الميل فى مدينة حلوان فى اليوم الأول من شهر يناير من سنة ١٩٠٨ الى سنة ١٩٢٢

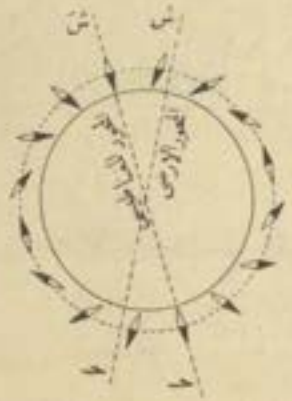
السنة	الميل	السنة	الميل	السنة	الميل
١٩٠٨	٤٠° ٣٩′	١٩١٣	٤٠° ٤٦′	١٩١٨	٤١° ٠٤′
١٩٠٩	٤٠ ٤٠	١٩١٤	٤٠ ٤٩	١٩١٩	٤١ ٠٩
١٩١٠	٤٠ ٤١	١٩١٥	٤٠ ٥٤	١٩٢٠	٤١ ١٣
١٩١١	٤٠ ٤١	١٩١٦	٤٠ ٥٧	١٩٢١	٤١ ١٥
١٩١٢	٤٠ ٤٢	١٩١٧	٤١ ٠١	١٩٢٢	٤١ ١٨

ويرى فى الجدول الآتى بعض الارصاد التى بوشرت فى القاهرة والاسكندرية فى القرن الماضى

الهرم الأكبر		الاسكندرية	
السنة	الميل	السنة	الميل
١٨٣٩	٤١° ٤١,٨′	١٧٩٨	٤٧° ٣٠′
١٨٨٥	٤٠ ٤٦,٨	١٨٤٢	٤٣ ٤٨
١٩٠١	٤٠ ٣١,٦	١٨٧٦	٤٢ ٥٢
		١٨٨٤	٤٢ ٤٧,٧ الرمل

وقد ابتدئ فى قياس الميل فى مدينة لندن فى نفس السنة التى ابتدئ فيها قياس الانحراف أى فى سنة ١٥٨٠ وكان مقداره حينئذ ٧١° ٥٢′ وأخذ فى الازدياد الى أن وصل الى ٧٤° ٤٢′ سنة ١٧٢٣ ثم أخذ فى النقصان وكان ٦٧° سنة ١٩١٠

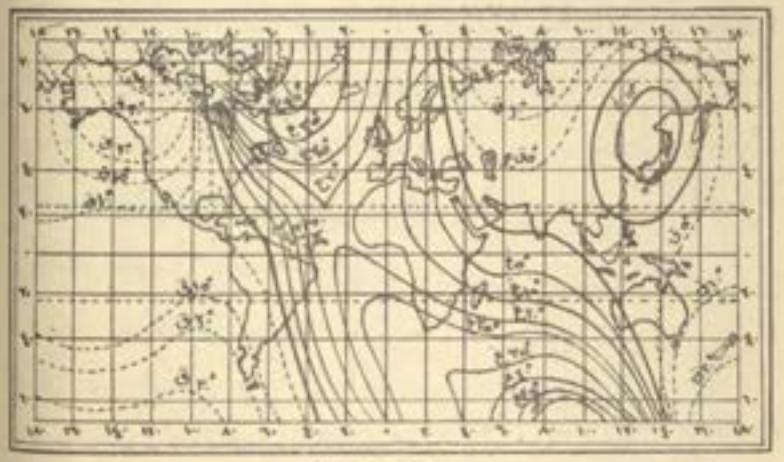
ويتغير الميل كالانحراف تبعاً لتغير المكان . فكلما كان المكان قريباً من احدى نقطتين ش ، ش احداهما فى المنطقة الشمالية من الأرض وثانيتها فى منطقتها الجنوبية زاد الميل الى أن يبلغ غايته فى كل من هاتين النقطتين أى أن الابرة تثبت وهى فى الوضع الرأسى (شكل ١٦٣) وكلما بعدنا عن هاتين النقطتين متجهين نحو الدائرة



(شكل ١٦٣)

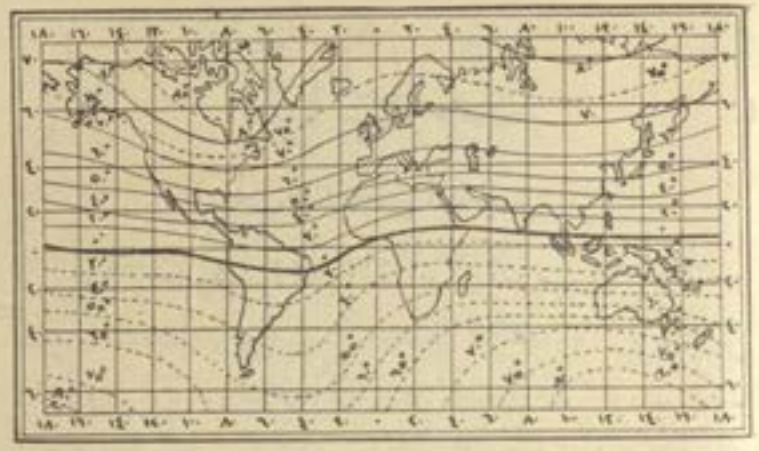
الاستوائية نقص الميل الى أن يصير معدوماً فى منطقة قريبة من خط الاستواء الجغرافى . وقد سميت الدائرة الوهمية المارة بهذه المنطقة الدائرة الاستوائية المغناطيسية

ولبيان اختلاف كل من الانحراف والميل على سطح الأرض رسمت مصوَّرات مبينة الأماكن المتساوية الانحراف موصولة بخطوط تسمى **خطوط تساوى الانحراف** (شكل ١٦٤) وأخرى مبينة الأماكن المتساوية



(شكل ١٦٤)

الميل موصولة بخطوط تسمى **خطوط تساوى الميل** (شكل ١٦٥)



(شكل ١٦٥)

تمرينات

١ – عين اتجاه الشمال بمعونة البصلة

٢ – اذا استعملت مصوَّراً جغرافياً فى تعيين الزاوية الواقعة بين خط نصف النهار فى النقطة التى أنت فيها واتجاه الطريق الذي يجب أن تسير فيه لتصل الى مكان معين فكيف تستعمل البصلة للوصول الى هذا المكان

٣ – عين وقت استراحتك بمعونة البصلة الزاوية الواقعة بين طريقين متلاقيين وحقِّق النتيجة بقياس هذه الزاوية على مصور المنطقة

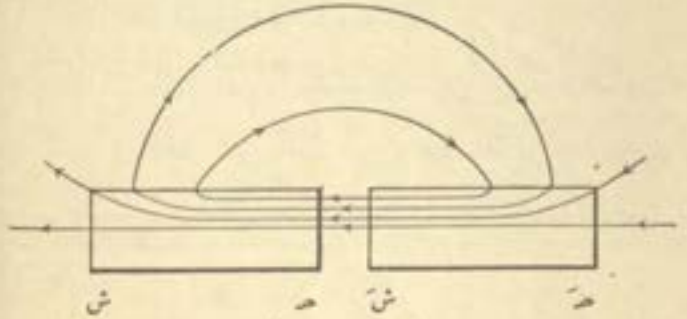
٤ – كيف تعين اتجاه الشمال بمعونة بصلة المساح

الباب الثالث

﴿ المجال المغناطيسى لمغناطيس ﴾

١٩٠ — خطوط قوة مجال القضيبين — تدريب ٩١ - ١ - نضع قضيبين مغناطيسيين على استقامة واحدة فى محز محفور فى لوح ضيق من الخشب على أن يكون طرفاهما المتلامسان متضادى النوع ثم نضع فوقهما ورقة من المقوى ثم نصور الطيف على الوجه السابق (١٧٤) فنشاهد أن الطيف الناتج يشابه تماماً الذى يحدث اذا لم يكن هناك الا قضيب واحد

ب - نبعد قليلاً أحد القضيبين عن الآخر ونصور الطيف فنشاهد أن منظره يكون على الصورة المبينة فى (شكل ١٦٦) التى يتبين منها أن



(شكل ١٦٦)

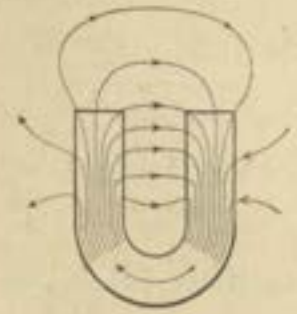
المجال يكون شديداً جداً فى المنطقة الفاصلة بين القضيبين . لأننا نلحظ أن خطوط القوة التى تمر من احدهما الى الآخر متقاربة جداً وعمودية على قاعدتيهما

ويعبر عن ذلك بأن المجال المغناطيسى يظهر فى باطن المغناطيس كما

يظهر خارجه وهذه النتيجة وان استحال تحقيقها عملياً تظهر واضحة فى المسافة الفاصلة بين القضيبين لأننا نرى خطوط القوة مارة من شَ الى هـ أى فى اتجاه مضاد للمجال الخارجى . وهذا يحملنا على الظن أن خطوط القوة التى تصل عن طريق الهواء من المنطقة الشمالية من أحد القضيبين الى المنطقة الجنوبية من الآخر لا تقف عند سطحه بل تنفذ منه وتعود فى باطنه من منطقته الجنوبية الى منطقته الشمالية ثم الى الهواء ثم الى باطن القضيب الأول الى أن تخرج منه عائدة فى طريقها الأول مكونة لخطوط مقفلة

وهذه القاعدة عامة أى أنه فى جميع الأحوال التى يحدث فيها مجال مغناطيسى تكون جميع خطوط قوة المجال مقفلة ويمر جزء منها فى الهواء وجزء آخر فى باطن المغناطيس . أما اتجاهها فيكون فى الهواء من المنطقة الشمالية الى المنطقة الجنوبية وفى باطن المغناطيس من المنطقة الجنوبية الى المنطقة الشمالية

١٩١ — مجال المغناطيس الذى على هيئة حذاء الفرس — اذا صورنا طيفاً مغناطيسياً مستعملين مغناطيساً على هيئة حذاء الفرس (شكل ١٦٧) وتأملنا فى منظر الشكل أدركنا الأمور الآتية



(شكل ١٦٧)

أولاً - ان خطوط القوة تكون على وجه التقريب متوازية فى المنطقة التى تفصل بين فرعى المغناطيس وهذا يدل على ان المجال يثبت على اتجاه واحد فى المنطقة المذكورة

ثانياً – ان المسافات التى تفصل بين خطوط القوة فى المنطقة السالفة الذكر تكون على وجه التقريب واحدة وهذا يدل على ان شدة المجال فيها تحفظ مقداراً ثابتاً

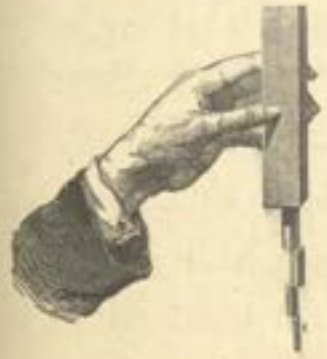
ويعبر عادة عن هاتين النتيجتين بأن المجال بين فرعى مغناطيس على هيئة حذاء الفرس منتظم

ولما كانت شدة المجال فى المنطقة السالفة الذكر عظيمة اختير المغناطيس الذى على هيئة حذاء الفرس لزيادة شدة المجال المغناطيسى وتنظيمه

١٩٢ — الخواص المغناطيسية للحديد المطاوع — نرجع الآن الى الظاهرة التى أشرنا اليها فى (١٧٣)

تدريب ٩٢ – ا – تقرب ساقاً من الحديد المطاوع من أحد طرفى قضيب مغناطيسى فترى بمعونة ابرة مغناطيسية معلقة تعليقاً خالصاً تكوّن قطبين مغناطيسيين على طرفى الساق أقربهما من القضيب يخالف فى النوع القطب القريب منه وثانيهما من نوعه

ب – تقرب الساق من القضيب فنلحظ انجذابها بشدة نحوه والتصاقها به



(شكل ١٦٨)

حـ – تقرب من الساق قطعاً أخرى فترى انجذاب كل منها الى التى قبلها والتصاقها بها (شكل ١٦٨)

ء – تنزع قطع الحديد ثم الساق وتنحيها عن المجال فنلاحظ عودتها الى حالتها الطبيعية

١٩٣ — الخواص المغناطيسية للصلب — تدريب ٩٣ – تقرب من المغناطيس السالف الذكر ساقاً من الصلب المسقى بعد أن تتحقق عدم تمغطسها ثم تنحيها بعد قليل عن مجاله فترى أنها تحفظ معظم ما اكتسبته من التمغطس بالتأثير

نستنبط من ذلك أن الصلب المسقى يتمغطس بالتأثير كالحديد المطاوع ولكنه يحفظ معظم تمغطسه بعد ابعاده عن المجال . وقد استخدمت هذه الخاصة فى صنع المغناطيس الصناعى

١٩٤ — تمغطس الحديد المطاوع بتأثير الأرض — علمنا مما تقدم (١٦٨) أن الحديد المطاوع يتمغطس اذا كان فى المجال المغناطيسى لأى مغناطيس . وعلمنا أيضاً أن جوار الأرض مجال مغناطيسى . من ذلك نتوقع أننا اذا وضعنا قضيباً من الحديد المطاوع فى وضع معين بعيداً عن أى مغناطيس آخر تمغطس بتأثير المجال المغناطيسى الأرضى

تدريب ٩٤ – نضع قضيباً من الحديد المطاوع فى اتجاه خطوط قوة المجال المغناطيسى الأرضى وتقرب من طرفه الأسفل أحد قطبى ابرة مغناطيسية قابلة للحركة فى مستو أفقى فنلاحظ أنه ينفره ان كان قطباً شمالياً ويجذبه ان كان قطباً جنوبياً

نستنبط من ذلك أن الساق الحديدية تتمغطس بتأثير المجال المغناطيسى الأرضى

واذا استعملنا الصلب بدل الحديد وجب طرقه أو دلكه بجسم آخر وهو فى اتجاه خطوط قوة المجال المغناطيسى الأرضى حتى يتمغطس . ولهذا

السبب تمغطس جميع الأدوات المصنوعة من الصلب التى يتكرر طرقها أو حكها كالمبارد والمناقير وما شابهها

١٩٥ — **قوة الرفع** — يجذب المغناطيس الصناعى الذى على هيئة حذاء الفرس العوارض الحديدية التى تقترب منه بشدة عظيمة لأن قطبى المغناطيس يؤثران فى العارضة فيكونان فيها قطبين يخالف كل منهما فى النوع نوع قطب المغناطيس الذى يقابله

فاذا التصقت العارضة بفرعى المغناطيس وجب لفصلها بذل قوة كبيرة تسمى « قوة الرفع »

ولتعيين قوة رفع مغناطيس نعلق فى خطاف عارضته كفة ميزان نضع فيها سنجات على التوالى حتى تنفصل . فوزن السنجات والكفة يعين قوة الرفع

(شكل ١٦٩)

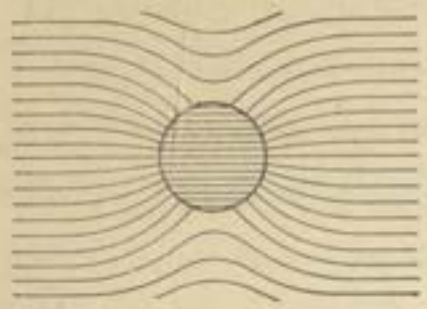
وللحصول على مغناطيس قوته الرافعة عظيمة يصنع من صفائح من الصلب تمغطس كل منها على حدة ثم تضم بعضها الى بعض بحيث تكون أقطابها المتحدة النوع فى جهة واحدة (شكل ١٦٩) ثم تلوى على هيئة حذاء فرس يدمج طرفاه فى قطعتين من الحديد المطاوع يتمغطسان ويتكون من كل منهما قطب من نوع القطب المندمج فيه

وقد تبين أن المغناطيس الجيد الصنع يحمل ما يبلغ ستة أمثال وزنه

١٩٦ — **تأثير الحديد المطاوع فى المجال المغناطيسى** — اذا أدخلنا قطعة كبيرة من الحديد

المطاوع فى مجال مغناطيسى لحظنا تغيراً فى شكل خطوط قوته التى تحيد عن طريقها بحيث يزيد عدد ما يمضى منها فى الحديد

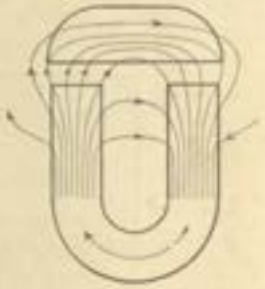
ويمثل شكل ١٧٠ هذه النتيجة اذا كانت قطعة الحديد المطاوع كرية الشكل وكان المجال منتظماً



(شكل ١٧٠)

ويعبر عن هذه الخاصة بأن الحديد المطاوع شديد الانفاذ لخطوط قوة المجال المغناطيسى

واذا أدنينا عارضة من الحديد المطاوع من فرعى مغناطيس على هيئة حذاء الفرس مضى معظم خطوط القوة التى تمر بينهما فى الحديد (شكل ١٧١) على انها تمضى فيه بأكملها اذا طبقت العارضة على قطبى المغناطيس (شكل ١٧٢) وكانت النتيجة زوال المجال الخارجى



(شكل ١٧١)

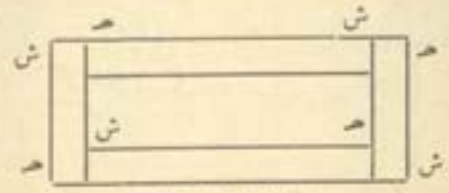
(شكل ١٧٢)

تماماً دون أن يبقى أثر فى الخارج يستدل منه على أن حذاء الفرس ممغطس.

ويمثل الشكل ١٧٣ حالة يتبين منها أنه اذا جوّف طرفا فرعى المغناطيس الذى على هيئة حذاء الفرس تجويفاً مستديراً وكانت بينهما حلقة من الحديد المطاوع مرت جميع خطوط المجال خلال جسم الحلقة وترتب على ذلك ازدياد شدة المجال فى المسافة التى تفصل بين قطبى المغناطيس وبينها الى درجة تفوق الحد على انها تكون معدومة تماماً فى الفضاء الداخلى من الحلقة

(شكل ١٧٣)

١٩٧ — **حفظ المغناطيس** — اذا ترك مغناطيس وشأنه ضعف تمغطسه تدريجاً وذلك للتأثير الذى يقع من أجزائه المختلفة بعضها فى بعض . ولا يقع هذا التأثير اذا مضت جميع خطوط قوة المجال فى باطن المغناطيس . وللوصول الى هذه الغاية يوضع كل قضيبين مغناطيسيين فى علبة واحدة (شكل ١٧٤) بحيث يكونان متوازيين وكل قطبين مختلفين منهما فى



(شكل ١٧٤)

جهة واحدة . ولا يقتصر الأمر على ذلك بل يوضع على كل طرفين متقابلين

منهما عارضة من الحديد المطاوع تسمى حافظة . وبهذه الطريقة تتمغطس الحافظتان وتقتصر خطوط القوة على المرور فى باطن المغناطيس والحافظتين

وحافظة المغناطيس الذى على هيئة حذاء الفرس هى العارضة التى توضع على قطبيه فيترتب على وجودها حصر المجال فى باطنه (شكل ١٧٢)

تمرينات

١ – اذا علقت مسمارين من الحديد المطاوع فى قطب مغناطيس فهل يكونان متوازيين أو غير متوازيين – اذكر سبب ما تقرره

٢ – اذا أعطيت قضيبين متحدى الشكل والأبعاد احدهما من الصلب والآخر من الحديد المطاوع وكان لديك قضيب مغناطيسى ومسامير فما التجارب التى تجريها لتمييز الصلب من الحديد

٣ – اذا وضعت قضيباً مغناطيسياً على منضدة بحيث يبرز قطبه الشمالى خارج حافتها وعلقت مسماراً من الحديد المطاوع فى ذلك القطب فماذا يقع اذا قربت منه القطب الجنوبى من مغناطيس آخر

٤ – اذا كان لديك ثلاثة قضبان مغناطيسية فكيف تضعها حتى تتجنب على قدر الامكان نقصاً فى تمغطسها

٥ – عين المجال المغناطيسى ببرادة الحديد ثم بين بالرسم كيف تترتب البرادة بين قضيبين مغناطيسيين متباعدين فى الأحوال الآتية :

أولاً – اذا كان أحد القضيبين على امتداد الاخر

ثانياً – اذا كان احدهما موازياً للآخر

ويجب فى كلتا الحالتين تعيين المجال بعد أن تركس أحد القضيبين

ثالثاً – اذا وضعت فى المسافة التى تفصل بين القضيبين وهما على استقامة واحدة بعيداً عنهما كرة من الحديد المطاوع

٦ – عين المجال المغناطيسى لمغناطيس على هيئة حذاء الفرس بين قطبيه حلقة من الحديد المطاوع

المبحث الرابع

التيارات الكهربائية والمغناطيس

الباب الأول

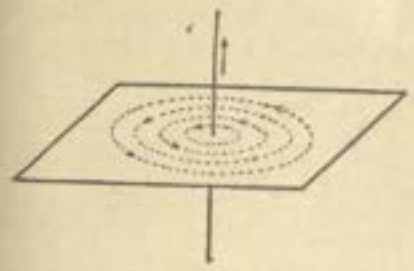
﴿ المجال المغناطيسى للتيارات ﴾

١٩٨ — تجربة أرستد Ærstedt – تدريب ٩٥ – نمد سلكاً معدنياً فى اتجاه موازٍ لابرة مغناطيسية خالصة الحركة فى مستو أفقى ونمرر فيه تياراً كهربائياً (شكل ١٧٥) فنشاهد أن الابرة تنحرف ثم تستقر فى وضع لا تحيد عنه ما دام التيار ماراً فى السلك . من ذلك نستنبط القاعدة الآتية :

(شكل ١٧٥)

اذا مر تيار كهربائى فى سلك تولد حوله مجال مغناطيسى

١٩٩ — المجال المغناطيسى لتيار مستقيم – تدريب ٩٦ – ننفذ سلكاً رأسياً من النحاس من ثقب فى قطعة من الورق المقوى بعد أن نجعلها أفقية (شكل ١٧٦) ثم نمر فى السلك تياراً كهربائياً



(شكل ١٧٦)

تبلغ شدته ١٠ مب على الأقل ونذر برادة الحديد على الورقة فنشاهد انها تترتب على شكل خطوط مكونة لمحيطات دوائر مركزها على محور السلك النافذ من الثقب . من ذلك نستنبط القاعدة الآتية

خطوط قوة مجال التيار المستقيم محيطات دوائر تنحدر فى المركز فى اتجاه نقط التيار

ويتضح لنا لأول وهلة من شكل المجال السابق سبب النتيجة التى حصلنا عليها فى تجربة أرستد . ذلك لأنه تقدم (١٩٨) أن الإبر المغناطيسية متى وجدت فى مجال مغناطيسى تثبت دائماً فى اتجاه خطوط قوة المجال ولما كانت خطوط قوة مجال التيار المستقيم محيطات دوائر مركزها فى احدى نقط التيار نتج أنها تثبت فى وضع عمودى على اتجاهه واذا ظهر من التجربة أن الابرة لا تثبت تماماً فى الوضع العمودى على اتجاه التيار فسبب ذلك هو تأثير الأرض الذى يحاول ردها الى وضعها الأصلى

٢٠٠ — **قاعدة امبير** — قد وضع امبير قاعدة يسهل بواسطتها الوقوف على اتجاهات خطوط القوة التى نحن بصددها

ولفهم هذه القاعدة نتصور شخصاً سابحاً فى اتجاه التيار بحيث يكون فى جميع الأحوال ناظراً للقطب الشمالى من الابرة التى يؤثر فيها التيار (شكل ١٧٧)

(شكل ١٧٧)

واختصاراً نسمى يسار هذا الشخص « يسار التيار »

اذا تقرر هذا أمكن النص على قاعدة أمبير على الوجه الآتى

أولاً — خطوط قوة المجال المغناطيسى الحادث منه تأثير تيار مستقيم محيطات دوائر منحدرة فى المركز مع السلك الذى يسرى التيار فيه

ثانياً — تنحدر القوة فى كل منه هذه الخطوط نحو يسار التيار .

ولذلك كانت نتيجة تأثير التيار المستقيم فى ابرة مغناطيسية احادة قطبها الشمالى نحو يساره (٢٠٠)

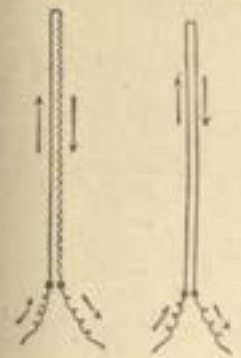
قاعدة مكسول — اذا تصورنا أن الاتجاه الذى نسير فيه منه بزال يعين اتجاه التيار فان الاتجاه الذى يدور فيه البزال (شكل ١٧٨) هو عين الاتجاه الذى تدور فيه خطوط قوة المجال المغناطيسى الحادث منه التيار

وتسمى هذه القاعدة قاعدة مكسول أو قاعدة البزال

تدريب ٩٧ — ثنى سلكاً من النحاس كما فى شكل ١٧٩ وننفذه من ثقب قطعة من الورق المقوى ثم نمر فيه تياراً ونذر برادة الحديد على الورقه فترى أن لا أثر للمجال المغناطيسى

(شكل ١٧٨)

نستنبط من ذلك أن المجال المغناطيسى يتغير اتجاهه تبعاً لتغير اتجاه التيار ولكنه يستبقى شدته



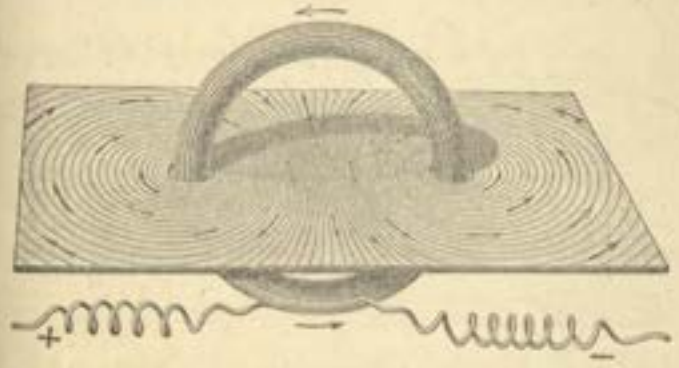
(شكل ١٧٩)

(شكل ١٨٠)

ونرى أن هذه النتيجة لا تتغير اذا كان بأحد التيارين بعض الالتواءات بدلاً من أن يكون مستقيماً (شكل ١٨٠)

نستنبط من ذلك أن مجال التيار ذى الالتواءات لا يختلف عنه مجال التيار المستقيم الذى يخترق معه فى نقطة واحدة مادامت الالتواءات صغيرة

١٠٢ — المجال المغناطيسى لتيار دائرى — تدريب ٩٨ - نأخذ لوحاً أفقياً من الزجاج (شكل ١٨١) به ثقبان ينفذ منهما سلك دائرى



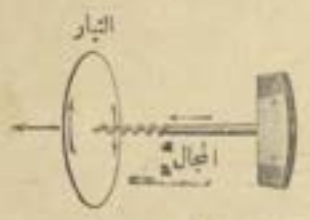
(شكل ١٨١)

معزول قد لوى على نفسه مراراً حتى يقوى تأثيره ونمر فيه تياراً كهربائياً

شديداً ثم نذر عليه برادة الحديد فنشاهد أنها ترسم منحنيات مرتبة على الصورة المرسومة فى الشكل . وبالتأمل فى منظر هذا الطيف نرى أن المنحنيات تكاد تكون بجوار السلك محيطات دوائر فى حين أنها تكون فى الجزء الأوسط من المجال على وجه التقريب خطوطاً مستقيمة متوازية . وهذا يدل على أن المجال المغناطيسى يكاد يكون منتظماً فى تلك المنطقة ويرى على العموم أن خطوط قوة المجال منحنيات مقفلة قريب بعضها من بعض فى الجزء الأوسط من المجال ثم تأخذ فى الانفراج تدريجاً كلما بعدت عن دائرة التيار

أما اتجاه قوة المجال فهو الذى تدل عليه الأسهم . على أنه يمكن الوقوف عليه اذا طبقنا قاعدة امپير . ومع هذا فقد وضع مكسول قاعدة سهلة يمكن تطبيقها فى حالة ما تكون التيارات مقفلة وهى :

اذا وضعنا يدنا فى الجزء الأوسط من مجال تيار مقفل وأدرناه فى نفس الاتجاه الذى يدور فيه التيار (شكل ١٨٢) كان الاتجاه الذى يسير فيه هو عين اتجاه خطوط القوة فى هذه المنطقة من المجال



(شكل ١٨٢)

٢٠٢ — تماثل المجال المغناطيسى الأرضى والمجال المغناطيسى للتيارات — يعلل المجال المغناطيسى الأرضى بتعليل كثير الاحتمال وهو أن تياراً كهربائياً سطحياً يسرى فى خط الاستواء المغناطيسى متجهاً من الشرق الى الغرب . ويتضح لنا بعد هذا التعليل ان القطب الشمالى للابرة

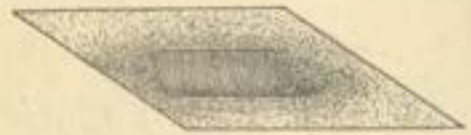
يتجه بتأثير المجال الأرضى نحو الشمال لأن هذه الجهة تكون تماماً على يسار التيار الأرضى

٢٠٣ — **المجال المغناطيسى للتيارات اللولبية** — اذا كان هناك مجموع مؤلف من عدة تيارات دائرية متوازية ومتحدة الاتجاه والقطر والشدة تفصل بينها مسافات متساوية (شكل ١٨٣) قيل إنه تيار لولبى

(شكل ١٨٣)

ولتكوين تيار لولبى نلف على اسطوانة لفاً حلزونياً سلكاً من النحاس محوطاً بغلاف عازل من الحرير أو القطن حتى يسرى التيار حول الاسطوانة

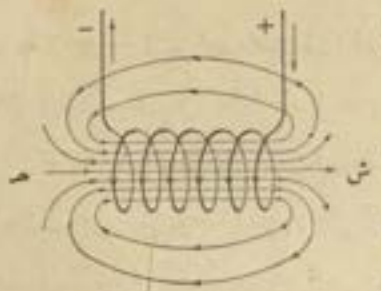
تدريب ٩٩ – نصور المجال المغناطيسى لتيار لولبى وذلك بأن نضع قطعة من الورق على الصورة المبينة فى (شكل ١٨٤) ثم نذر عليها برادة الحديد فترى ما يأتى


(شكل ١٨٤)

أولاً — انه خطوط قوة المجال لا تخرج الا من احدى قاعدتى الملف ولا تدخل الا من قاعدته الاخرى

ثانياً — تكون خطوط القوة فى باطن الملف مستقيمة ومتوازية ولا سيما اذا كان طويلا وطيات سلكه متقاربة

وترى فى (شكل ١٨٥) صورة نظرية للمجال المذكور



(شكل ١٨٥)

٢٠٤ — **التشابه بين المجال المغناطيسى لكل من التيارات اللولبية والقضبان المغناطيسية** – اذا وازنا بين مجالى مغناطيس وتيار لولبى متساويين فى القوة والابعاد وجدنا أنهما لا يختلفان الا فى كون خطوط قوة مجال التيار اللولبى الخارجية تجمع فقط بين قاعدتيه على حين تجمع خطوط قوة القضيب المغناطيسى بين قاعدتيه المتطرفتين ونصفى أوجهه الجانبية – نستنبط من ذلك أن **الملف الكهربائى لا يختلف عن القضبان المغناطيسية الا فى كونه تمغطسه لا يجاوز قاعدتيه المتطرفتين**

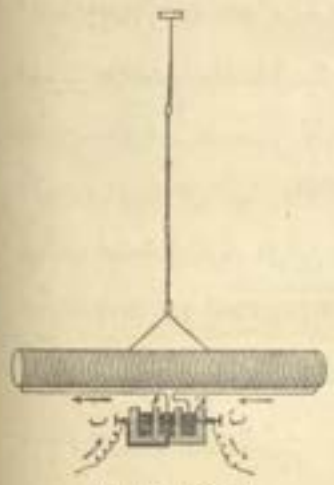
٢٠٥ — **التشابه بين التيار اللولبى والمغناطيس** – تحملنا الاعتبارات السابقة على الظن بأن خواص التيار اللولبى تشبه من جميع الوجوه خواص المغناطيس . وهذا أمر ثابت تتحققه اذا ثبت لنا ما يأتى

أولاً – أن التيار اللولبى يستقر اذا كان خالص الحركة فى مستوى الزوال المغناطيسى كما لو كان ابرة مغناطيسية

ثانياً – انه ينحرف كالابرة المغناطيسية اذا أثر فيه تيار كهربائى

ثالثاً – أن يؤثر فيه المغناطيس أو تيار لولبى آخر تأثيرات تشبه جميع التى تنتج من تأثير مغناطيس فى آخر

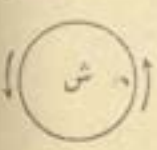
٢٠٦ — تأثير الأرض فى اللولب - تدريب ١٠٠ - نعلق لولباً وهو فى وضع أفقى فى خيط طويل من الحرير أو القطن يبلغ طوله متراً (شكل ١٨٦) . ولامرار التيار فى الملف نغمر طرفى سلكه فى ظرف من الخشب به زئبق وقد قسم بحاجز الى قسمين أحدهما فى وسطه نغمر فيه الطرف و وثانيهما يحيط بالأول نغمر فيه الطرف الآخر ى . وهناك صفيحتان من النحاس تصلان بين الزرين الضاغطين ب ، ب' والتجويفين الممتئين زئبقاً


(شكل ١٨٦)

فمتى أوصلنا قطبى عمود بالزرين ب ، ب' نلحظ أن التيار اللولبى يستقر فى مستوى الزوال المغناطيسى

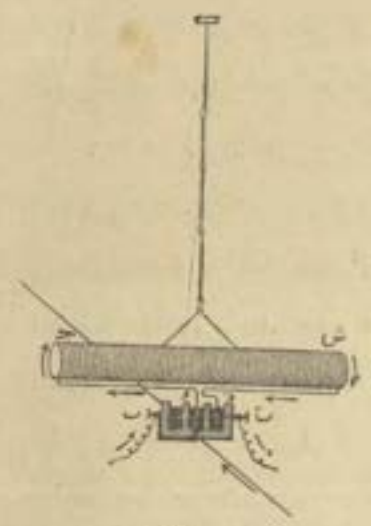
وقد وضع مكسول قاعدة ثالثة لتحديد القطب الشمالى من التيار اللولبى وهى :

القطب الشمالى من تيار لولبى هو ذلك الطرف الذى اذا واجهناه رأينا التيار يدور فيه فى اتجاه مضاد لاتجاه حركة دوران عقارب الساعة (شكل ١٨٧)


(شكل ١٨٧)

٢٠٧ — تأثير التيار المستقيم فى التيار اللولبى — تدريب ١٠١ - نمد سلكاً من النحاس يسرى فيه تيار فى اتجاه موازٍ للتيار اللولبى السابق (شكل ١٨٨) فنشاهد أنه

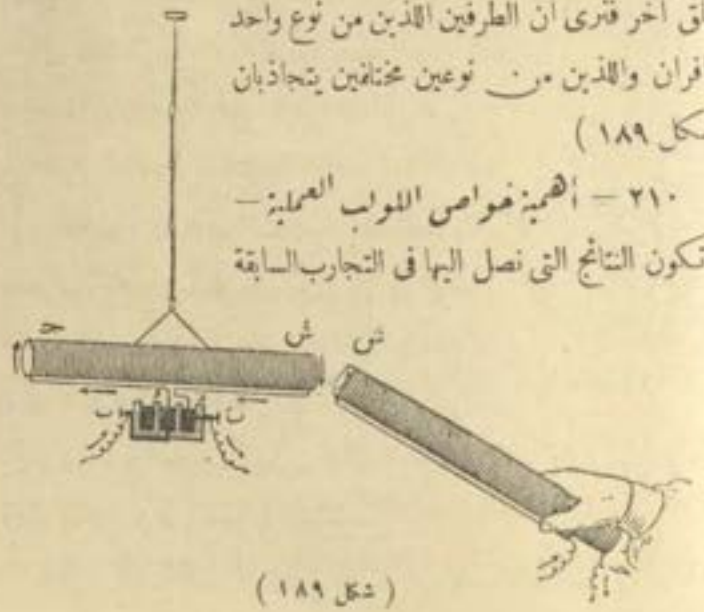
ينحرف ويصير فى الوضع الذى تصير فيه ابرة مغناطيسية


(شكل ١٨٨)

٢٠٨ — تأثير المغناطيس فى التيار اللولبى — تدريب ١٠٢ - نقرب مغناطيساً من التيار اللولبى المعلق فنرى أن الوجهين المتحدين فى النوع يتنافران والمختلفين فى النوع يتجاذبان

٢٠٩ — تأثير لولب فى آخر تدريب ١٠٣ - نقرب من الملف المعلق آخر فنرى أن الطرفين اللذين من نوع واحد يتنافران واللذين من نوعين مختلفين يتجاذبان (شكل ١٨٩)

٢١٠ — أهمية خواص اللولب العملية — لا تكون النتائج التى نصل اليها فى التجارب السابقة


(شكل ١٨٩)

شديدة الا اذا كان فى باطن اللولب ساق حديدية وسنبين أهمية هذا الأمر فيما بعد حين ايضاح خواص المغناطيس الكهربائى

٢١١ — *نظرية امبير* — بعد أن أدرك امبير المشابهة التامة بين المغناطيس والتيارات اللولبية تخيل فرضاً أدخل به جميع الظواهر المغناطيسية فى دائرة التيارات الكهربائية . وينحصر هذا الفرض فى أن الظواهر المغناطيسية ناتجة من تيارات دائرية مستديمة تدور حول جزيئات الأجسام المغناطيسية وان هذه التيارات تكون مختلفة الاتجاهات قبل تمغطس الجسم وبذا لا يظهر لها أثر فى كل ما كان خارجاً عنه على انها متى وجدت فى مجال مغناطيسى شديد سواء أكان ذلك بتأثير تيار أم مغناطيس سرت جميعها فى اتجاه واحد وصارت مستوياتها متوازية وأمكن حينئذٍ اعتبار القضيب مكوناً من عدة تيارات لولبية صغيرة تجتمع أقطابها المتحدة النوع كل فى أحد طرفيه . فاذا فرضنا مقطعاً عمودياً للقضيب (شكل ١٩٠) وواجهناه كان أمامنا على الفرض السابق عدد من التيارات الدائرية المتحدة الشدة بقدر ما فيه من الذرات . ولما كانت جميع هذه التيارات تدور فى اتجاه واحد كان كل اثنين منها فى اتجاهين متضادين فى جزأيهما المتجاورين ومحى تأثير أحدهما تأثير الآخر ويقتصر الفعّال منها حينئذٍ على أجزائها المجاورة لسطح القضيب ويكون التأثير الناتج عنها كما لو كانت تياراً واحداً ثابت الشدة يحيط بالقضيب المغناطيسى

(شكل ١٩٠)

ومتى انقطع التأثير المغناطيسى عادت جميع هذه التيارات الى أوضاعها

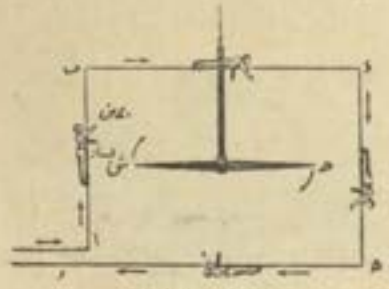
الأولى اذا كان القضيب من الحديد المطاوع . أما اذا كان من الصلب المسقى فان معظمها يظل فى اتجاهه الأخير

﴿ تطبيقات تأثير التيارات فى المغناطيس ﴾

٢١٢ — *الجلفانومترات* — تستخدم الجلفانومترات فى المعامل الدراسية لتحقيق وجود التيارات الكهربائية الضعيفة جداً وقياس شدتها وأكثرها مؤسس على تجربة ارستد أى نظرية تأثير التيار الثابت فى المغناطيس المتحرك

٢١٣ — *الجلفانومترات ذات المغناطيس المتحرك* — للوصول الى زيادة تأثير شدة التيارات فى هذه الجلفانومترات يجعل المغناطيس المتحرك فى وسط اطار من سلك نحاسى معزول

فاذا فرضنا دائرة رأسية ا ب ء د مستطيلة الشكل فى وسطها ابرة مغناطيسية قابلة للحركة فى مستوٍ أفقى (شكل ١٩١) وطبقنا على التهيئة قاعدة امبير (٢٠٠) تبين لنا أن يسار الراصد الذى يسبح فى التيار ناظراً للابرة يكون على الدوام فى جهة واحدة أى ان أجزاء السلك الأربعة وهى ا ب ، ب ء ، ء د ، د ا تعمل على انحراف القطب الشمالى وراء المستطيل ا ب ء د

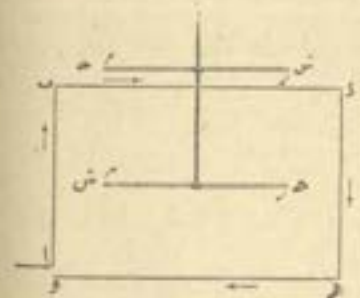

(شكل ١٩١)

ومن السهل أن نزيد درجة تأثير التيار فى الابرة بأن نعزل السلك

الموصل بغلاف من الحرير ثم نلفه حول الابرة مراراً فى اتجاه أضلاع المستطيل ا ب ء هـ و فيترتب على ذلك أن التأثيرات التى تنتج من لفات السلك يضاف بعضها الى بعض لأن جميعها تؤثر فى اتجاه واحد

ويسمى الأطار المصنوع على الوجه السابق « المضاعف »

ولتجنب تأثير الأرض الذي يضعف تأثير التيار فى الابرة المغناطيسية تستعمل فى معظم الجلفانومترات ذات المغناطيس المتحرك مجموعة من ابرتين مغناطيسيتين تسمى « المجموعة الثابتة الاتزان » وهى تتركب من ابرتين مغناطيسيتين قد ثبتت احداهما فى الأخرى وهما فى وضعين متوازيين ومتضادى الاتجاه بوساطة ساق من الألمنيم بحيث لا تتحرك احداهما دون أن تتحرك الأخرى (شكل ١٩٢)


(شكل ١٩٢)

فاذا وضعنا احدى الابرتين داخل الأطار ا ب ء هـ و والأخرى فوقه كان تأثير أجزائه الأربعة فى الابرة الداخليـة فى اتجاه واحد أى أن جميعها تعمل على انحراف القطب الشمالى للابرة خلف الأطار . واذا طبقنا قاعدة أمبير على الابرة الخارجية تبين لنا أن الجزء ب ء القريب منها يعمل على انحرافها فى نفس الاتجاه الذى تنحرف فيه الابرة الداخلية أما ثلاثة الأجزاء ا ب ، ء هـ ، هـ و فتعمل على انحرافها فى الجهة الأخرى . ومع هذا فلقرب الجزء ب ء من الابرة يغلب تأثيره تأثير الثلاثة الأخرى

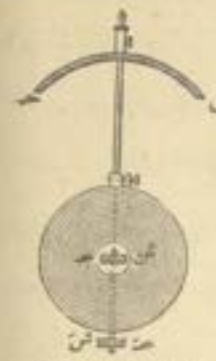
وتكون النتيجة زيادة تأثير التيار بوجود الابرة الخارجية . على أن أهم الفوائد التى تترتب على استعمال المجموعة الثابتـة الاتزان هى اضعاف التأثير التوجيهى للارض . فلو كانت الابرتان متماثلتى التمغطس ما خضعت المجموعة لتأثير المجال الأرضى ولكان تأثير أضعف التيارات فيها يجعلها تستقر فى وضع عمودى على اتجاه الإطار . على أن المتبع عملياً هو أن تختار احدى الابرتين أكثر تمغطساً من الأخرى حتى تحدث الأرض فى الابرتين تأثيراً توجيهياً ضعيفاً تزيد شدته تبعاً لزيادة انحراف الابرة الى أن ينتهى بأن يبطل عمل التيار

٢١٤ — **البصلة الجلفانومترية** — تستعمل البصلة الجلفانومترية لإظهار التيارات واتجاهاتها فى آن واحد لكثير من المشاهدين (شكل ١٩٣) وهى تتركب من أطار مصنوع من سلك طويل معزول من النحاس ومن قضيب أو قرص ممغطس يتحرك كقلب ميزان يتصل بمركزه مؤشر عمودى على اتجاهه يتحرك أمام وجه ساعة مدرج

(شكل ١٩٣)

٢١٦ — **جلفانومتر الاورد كلفنر** — المغناطيس الذى يؤثر فيه التيار فى هذا الجلفانومتر (شكل ١٩٤) صفيحة مغناطيسية لا يتجاوز طولها ٣ مم قد الصقت وراء

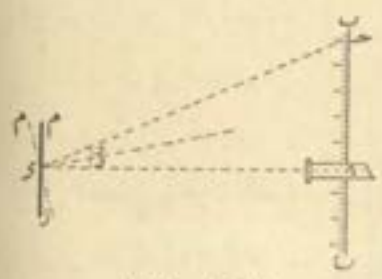
مرآة معلقة بخيط من الحرير الخام فى مركز مضاعف دائرى داخل اسطوانة من الزجاج تعلوها ساق رأسية يتحرك عليها على حسب الارادة قضيب ممغطس فائدته التأثير فى الصفيحة ش تأثيراً يساوى على وجه التقريب التأثير التوجيهى للأرض ولكنه فى اتجاه مضاد له



(شكل ١٩٤)

وتثبت أحياناً فى الصفيحة المغناطيسية ش ح أخرى ش' ح' يساق من الألمنيم فتكون منهما مجموعة ثابتة الاتزان كما تراه فى الشكل

٢١٦ — **قياس الزوايا الصغيرة** — اذا أردنا أن نقيس الزوايا المتناهية فى الصغر التى يدور بمقدارها جسم حول محور رأسى تثبت فى حامل الجسم مرآة مستوية م (شكل ١٩٥) نضع أمامها مسطرة أفقية مدرجة ب ب' فوقها منظار ن ينطبق محوره على الخط ن ء العمودى على اتجاه المسطرة فاذا كانت المرآة موازية للمسطرة انطبقت صورة صفر تدريجها على نقطة تقاطع شعرتى المنظار لأن الشعاع الضوئى ن ء الذى يسقط على المرآة فى اتجاه عمودى على سطحها ينعكس على اتجاهه. أما اذا دار الجسم والمرآة حول المحور الرأسى بمقدار زاوية صغيرة ز فيكون الشعاع المنعكس ن ء ناتجاً عن شعاع ساقط ح ء وتكون الزاوية

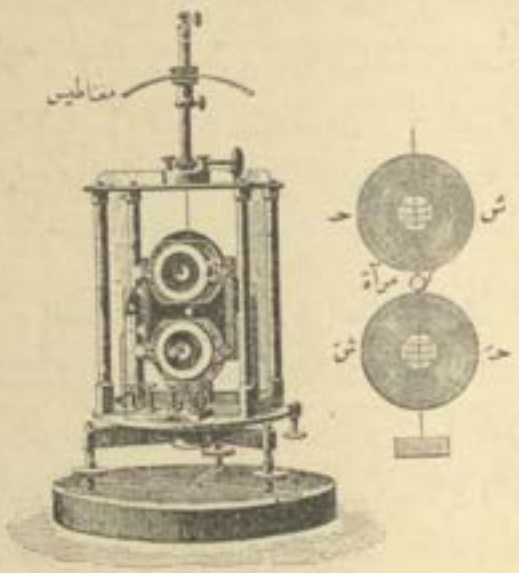


(شكل ١٩٥)

ن ء م = ٢ ز ورأى الراصد فى المنظار صورة القسم ح من المسطرة. فاذا كان العدد الذى يعينه هذا القسم صغيراً كانت الزاوية ٢ ز صغيرة وأمكن تقديرها بالنسبة $\frac{ح\ ن}{ن\ ء}$

وهذه هى الطريقة المتبعة فى تعيين مقدار انحراف ابرة جلفانومتر الاورد كلفن

وقد تخيل الاورد كلفن نموذجاً آخر كثير الاستعمال استعاض فيه عن الابرة جملتين من قضبان مغناطيسية صغيرة جداً يتكون منهما مجموعة ثابتة الاتزان (شكل ١٩٦) وجعل كلاً من الجملتين محوطاً بمضاعف بحيث



(شكل ١٩٦)

يعمل المضاعفان على انحراف جميع الابر فى جهة واحدة

ويبلغ حس الجلفانومتر الأخير درجة يتيسر معها كشف التيارات التى لا تتجاوز شدتها $\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠٠٠٠}$ من الأمبير

٢١٧ — **تدريج الجلفانومترات** — تدخل فى دائرة عمود كهربائى فلطامتر ازوتات الفضة أو حامض الكبريتيك الممد بالماء وعلبة المقاومة والجلفانومتر المراد تدريجه ثم نمرر تيار العمود فى ثلاثة الأجهزة مدة من الزمن نراعى أثناءها أن انحراف ابرة الجلفانومتر يبقى ثابتاً. فمتى كان ذلك كانت شدة التيار ء فى تلك المدة ثابتة أيضاً وأمكن الحصول على مقدارها بتعيين حجم الأيدروجين أو وزن الفضة الذى ينفصل أثناء التجربة. لأننا نعلم أن الأمبير الواحد يفصل فى الثانية الواحدة ١١٥٥و٠ سم^{٣} من الأيدروجين أو ١١٨و١ مليجراماً من الفضة. ثم نغير المقاومة ونعيد العمل على الوجه السالف وندون النتائج التى نحصل عليها على الجهاز وذلك بأن نكتب حذاء كل انحراف العدد الدال على شدة التيار الذى يقابله

٢١٨ — **الجلفانومترات المستعملة فى الصناعة** — هى أجهزة متينة سهلة الحمل والاستعمال جعلت لاختبار التيارات الكبيرة الشدة. وهى على العموم ذات اطار ثابت ومغناطيس متحرك ويشبه المنظر الخارجى لأكثرها استعمالاً علبا اسطوانية الشكل وهى تتركب كما فى (شكل ١٩٧) من قضيبين مغناطيسيين منحنيين على شكل نصف دائرة وبين اقطابهما الأربعة اطار اسطوانى ثابت ب ب' يحيط به سلك نحاسى معزول فى وسطه نواة من الحديد المطاوع ا قابلة للحركة حول محور عمودى على محور الاطار.

(شكل ١٩٧)

وتقوم هذه النواة الحديدية مقام الإبرة المغناطيسية

فمتى مر تيار فى الملف حاول مجال القضيبين المغناطيسيين رد النواة الى الموضع الذى تتزن فيه فيستقر المرىء المثبت فى وسطها أمام قسم معين يتغير تبعاً لتغير شدة التيار

وقد دلت التجربة على أنه اذا لم يتجاوز انحراف الابرة ٣٠° ظلت النسبة بينه وبين شدة التيار ثابتة وكفى حينئذ لتدريج الفلطامتر اجراء تجربة واحدة على الوجه المتقدم

٢١٩ — **الامبيرمتر** — لا يعين الجلفانومتر الشدة الحقيقية لتيار يسرى فى دائرة الاّ اذا كانت مقاومته ليست شيئاً يذكر حتى لا تؤثر فى شدة التيار ولذا وجب أن يكون سلك ملفه قصيراً وثخيناً. وتسمى الأجهزة التى من هذا النوع فى الصناعة امبيرمترات وقد ذكرنا شيئاً عنها فيما تقدم (١٠٦). والجهاز المرسوم فى شكل ٩٠ امبير متر

٢٢٠ — **نظرية الفلطمتر** — اذا أدمجنا فى دائرة مقاومتها م صغيرة

جلفانومتراً كبير المقاومة م أمكن اعتبار المقاومة الكلية مساوية على وجه التقريب م

فاذا رمزنا بالرمز ق م الى القوة المحركة المتسلطة فى الدائرة وبالرمز ى الى شدة التيار الذى يسرى فيها نتج أن

$$ى = \frac{ق م}{م}$$

وتفيد هذه النتيجة اننا اذا درجنا جلفانومتراً عظيم المقاومة بالطريقة المتقدمة كانت دلالاته مناسبة للقوى المحركة المتسلطة فى الدوائر التى يدمج الجلفانومتر فيها ما دامت مقاومة هذه الدوائر صغيرة

نستنبط من ذلك انه من الممكن تدوين الأعداد الدالة على الأفلاط على قوس الجهاز بدلاً من تدوين التى تدل على الأمابير . ويسمى الجهاز حينئذٍ فلطمتراً (شكل ٨٩)

نستخلص مما سبق ما يأتى

أولاً – اذا أدمج جلفانومتر ضعيف المقاومة فى دائرة تيار عين شدة التيارات التى تسرى فيه وسمى أمبيرمتراً

ثانياً – اذا كان الجلفانومتر المدمج فى دائرة التيار جسيم المقاومة عين القوى المحركة المتسلطة فى الدائرة وسمى فلطمتراً

وقد أوضحنا طريقة استعمال كل من الأمبيرمتر والفلطمتر فى تدريب ٥٧

تمرينات

١ – ارسم شكل ١٨٥ أربع مرات مبيناً فى الأولين منها السلك ملفوفاً فى اتجاهين متضادين . وفى الأخريين التيار يسرى فى اتجاهين متضادين ثم ارسم خطوط قوة المجال المغناطيسى الحادث فى كل مرة مع العناية ببيان اتجاهه

٢ – ارسم شكل ١٨٨ أربع مرات مبيناً فى الاولين التيار المستقيم يسرى فى اتجاهين متضادين وفى الأخريين التيار اللولبى يسرى فى اتجاهين متضادين مع العناية ببيان الوضع الذى يستقر فيه اللولب فى كل مرة

٣ – ارسم شكل ١٨٩ مرتين مغيراً فى الأولى اتجاه التيار فى أحد اللولبين وفى الثانية فى كليهما مع العناية بأن تبين بسهم فى كلتا الحالتين الجهة التى ينحرف فيها اللولب المعلق

٤ – اذا كونا دائرة تيار من

أولاً – أحد عناصر دانيل قوته المحركة فلط واحد

ثانياً – مقاومة م = ١٩٩ م

ثالثاً – مشتقين مقاومتهما معاً أوماً واحداً ومقاومة أحدهما س ويشمل الآخر جلفانومترا مقاومته ص

وأظهر انحراف ابرة الجلفانومتر أن شدة التيار الذى يسرى فيه تساوى $\frac{١}{٢٠٠٠}$ ص ب فما مقدار كل من المقاومتين س ، ص

٥ – اذا علمنا أن مقاومة جلفانومتر بين زريه الضاغطين تساوى ٩ م

فما مقاومة المشتق الواجب ادماجه بين هذين الزرين حتى لا يمر فى الجلفانومتر الاعشر التيار

٦ – اذا جمعنا ٢٠ عنصراً من عناصر فلطا على التسلسل وكانت العشرة الأولى منها موجهة الى جهة واحدة والعشرة الثانية موجهة الى جهة مضادة للأولى فما القوة المحركة التى يعينها الفلطمتر اذا وصلنا زريه : أولاً – بطرفى المتسلسلة . ثانياً – بأحد طرفيها ومنتصفها على فرض أن القوة المحركة لكل من العناصر تساوى فلطا واحداً

٧ – اذا كانت مقاومة فلطمتر تساوى ٣٠٠ هم وتدريجه محصوراً بين ٠ و ٣ فول فما المقاومة الواجب ضمها الى مقاومته حتى يمكن استخدامه فى قياس الفروق بين الجهود من ٠ الى ٦٠ فول

الباب الثانى

﴿ تأثير المجال المغناطيسى فى التيارات المتحركة ﴾

٢٢٢ — **تأثير الارض فى تيار متحرك** — علمنا مما تقدم أن المغناطيس المتحرك ينحرف عن الموضع الذى يتزن فيه اذا كان بجوار تيار ثابت (١٩٨) . ومن ذلك نتوقع ان التيار المتحرك ينحرف عن الوضع الذى يتزن فيه اذا كان بجوار مغناطيس ثابت . وقد حققت صحة ذلك بعدة تجارب نذكر منها الآتية

تدريب ١٠٤ – ا – تعلق سلكاً دائرياً من النحاس بحيث يكون قابلاً للحركة حول محور رأسى (شكل ١٩٨) ثم نمر فيه تياراً كهربائياً لا تتجاوز شدته بضعة الأمابير . فترى ان الدائرة تتحرك ثم تستقر بعد بضع ذبذبات فى وضع يكاد يكون عمودياً على مستوى الزوال المغناطيسى

(شكل ١٩٨)

ب – نغير اتجاه التيار فنلحظ ان الدائرة تدور حول محورها الرأسى الى أن يشغل كل من وجهيها مكان الآخر . ونشاهد فى كلتا الحالتين ان الوجه الشمالى هو الذى اذا واجهناه رأينا التيار يدور فى اتجاه مضاد لحركة عقارب الساعة

تدريب ١٠٥ - نعيد التدريب السابق مستعملين تياراً مستوياً أيا كان شكله (مستطيلاً أو قطعاً ناقصاً أو غير ذلك) فنصل الى النتيجة السابقة

٢٢٣ — تأثير المغناطيس فى تيار متحرك — تدريب ١٠٦

ا - نضع قضيباً مغناطيسياً فى اتجاه القطر الأفقى للتيار (شكل ١٩٩) فترى أنه يدور الى أن يستقر فى مستو يكاد يكون عمودياً على اتجاه المغناطيس الذى يكون قطبه الشمالى طبقاً لقاعدة امبير على يسار التيار

(شكل ١٩٩)

ب - نغير اتجاه التيار فنشاهد أن الدائرة تدور الى أن يحل كل من وجهيها مكان الآخر

حـ - نغير اتجاه المغناطيس فنصل الى نتيجة تشبه السابقة

نستنبط من ذلك ما يأتى

أولاً — اذا وجد تيار فى مجال مغناطيسى كان واقعاً تحت آثار تحاول نقله من موضعه

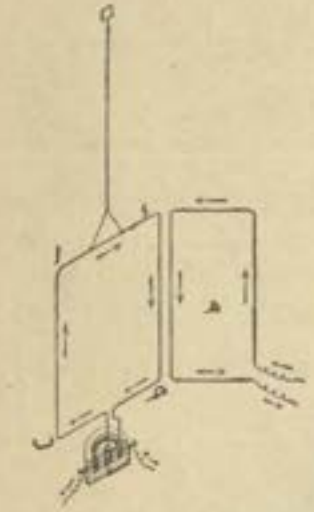
ثانياً — يتغير اتجاه هذه الآثار اذا تغير اتجاه التيار أو اتجاه خطوط المجال المغناطيسى

تدريب ١٠٧ - نغير شدة التيار أو شدة المجال فنلحظ ما يأتى

الآثار الناتجة منه تأثير مجال مغناطيسى فى تيار متحرك تناسب شدة كل من التيار والمجال المغناطيسى مناسبة طردية

٢٢٤ — تأثير تيار فى آخر — لما كانت التيارات الكهربائية تولد حولها مجالاً مغناطيسياً توقعنا أن التيار المتحرك ينحرف اذا كان بجوار تيار ثابت

تدريب ١٠٨ - ا - نعلق سلكاً مستطيل الشكل من النحاس قابلاً للحركة حول محور رأسى (شكل ٢٠٠) ونمر فيه تياراً كهربائياً لا تزيد شدته على قليل من الأمابير فنشاهد أنه يستقر بعد بضع تذبذبات فى موضع لا يحيد عنه (٢٢٢)



(شكل ٢٠٠)

ب - نأخذ اطاراً مستطيل الشكل ه قد لف عليه سلك معزول من النحاس عدة لفات ونمر فيه تياراً ثم نمسك به ونقرب ضلعه الذى يسرى فيه التيار من أعلى الى أسفل من الضلع ء حـ الذى يسرى فيه التيار أيضاً من أعلى الى أسفل فترى أنهما يتجاذبان ثم نقربه من الضلع ب ا الذى يسرى فيه التيار من أسفل الى أعلى فنشاهد أنهما يتنافران

نستنبط من ذلك القاعدة الآتية

اذا مر تياران كهربائيان فى سلكين متوازيين تجاذبا اذا كانا فى اتجاه واحد وتنافرا اذا كانا فى اتجاهين متضادين

واذا غيرنا شدة التيار المؤثر وعدد لفاته وصلنا الى النتيجة الآتية

الطاقة المستمدة منه مولد كهربائى لاحداث انتقال فى جزء منه دائرته تناسب

اولاً — شدة التيار

ثانياً — تغير تدفق القوة المغناطيسى خلال الجزء المتحرك من الدائرة

٢٢٥ — عجلة بارلو — نجد فى هذه العجلة أول مثال للمحركات الكهربائية المؤسسة على التأثيرات الكهربائية المغناطيسية

وهى تتركب من قرص أو عجلة من النحاس ذات أسنان قابلة للحركة حول محور أفقى وتمس حافتها بدون انقطاع أثناء دورانها زئبقاً قد وضع فى بوتقة مستطيلة الشكل مثبتة بين فرعى مغناطيس على شكل حذاء الفرس (شكل ٢٠١). فاذا وصلنا محور الدوران وزئبق البوتقة بقطبى عمود

(شكل ٢٠١)

سرى التيار فى العجلة وكان اتجاهه على وجه التقريب رأسياً أى عمودياً

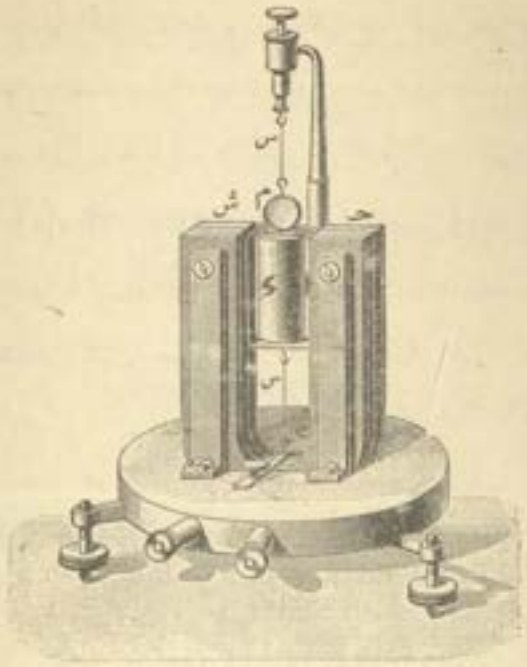
على اتجاه خطوط المجال المغناطيسى ولما كان هذا التيار يظل بدون انقطاع مندفعاً فى اتجاه واحد دارت العجلة بطريقة مستمرة فى اتجاه المجال. ويعين السهم اتجاه الدوران حينما يسرى التيار من محيط العجلة الى مركزها

٢٢٦ — اتجاه التأثير الناتج منه مجال مغناطيسى فى تيار متحرك — تبين لنا من تجربة أرستد أن القطب الشمالى للابرة المغناطيسية ينحرف نحو يسار الشخص الذى تصوره أمبير أى نحو يسار التيار. فلذا وجب فى عجلة بارلو أن ينتقل التيار بحيث تكون النتيجة كما لو كان القطب الشمالى للمغناطيس هو المنتقل نحو يسار التيار. ومعنى هذا أن انتقال التيار يجب أن يكون نحو يمين راصد أمبير. ولذلك كانت القاعدة الاتية

اذا كان راصد أمبير مواجهاً المنطقة الصادرة منها خطوط قوة المجال (المنطقة الشمالية من المجال) كان اتجاه قوة المجال عاملاً على نقل التيار نحو يمين الراصد

﴿ تطبيقات تأثير المغناطيس فى التيارات ﴾

٢٢٧ — الجلفانومترات ذات الاطار المتحرك — يتركب اكثرها استعمالاً كما فى شكل ٢٠٢ من مغناطيس على هيئة حذاء الفرس ش ه مثبت وهو فى وضع رأسى على حامل وبين فرعيه اطار مستطيل الشكل مكون من بضع لفات من سلك نحاسى معزول. هذا الاطار مثبت وهو فى وضع رأسى بسلكين معدنيين رفيعين س ممتد أحدهما على اتجاه الآخر



(شكل ٢٠٢)

فى حالة الاتزان يكون الاطار محصوراً بين قطبى المغناطيس وتكون أحرفه أثناء تذبذبه رأسية أى عمودية على خطوط المجال

فاذا أمررنا تياراً كهربائياً عن طريق السلكين س مر هذا التيار فى سلك الاطار من أعلى الى أسفل فى الجهة اليمنى مثلاً فى حين أنه يسرى فيه من أسفل الى أعلى فى الجهة اليسرى أى أن التيارات التى تسرى فى الأضلاع الرأسية من الاطار متساوية الشدة ومتضادة الاتجاه . ولما كان المجال المغناطيسى المؤثر فى كليهما واحداً كان أحدهما مدفوعاً الى الأمام والاخر الى الخلف فيدور حينئذ الاطار حول محوره المكون من

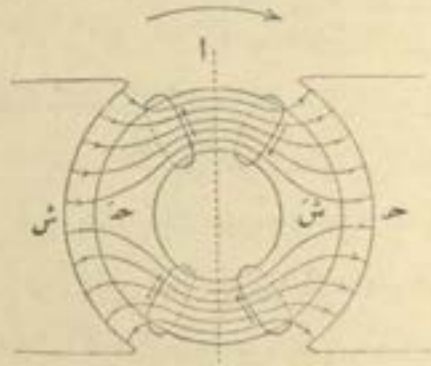
السلكين س إلى أن يستقر حينما تتزن قوة لَىّ السلك مع القوى الناتجة من تأثير المجال المغناطيسى

وقد تبين أن زاوية اللىّ تكاد تناسب شدة التيار الذى يمر فى الاطار وتقاس هذه الزاوية باستخدام مرآة م مثبتة فى الاطار المتحرك بالطريقة المشروحة فى (٢١٦)

ولزيادة حس الجهاز توضع اسطوانة من الحديد المطاوع و مثبتة فى حامل خاص بين فرعى الأطار . فتتمغطس بالتأثير وتساعد على زيادة شدة المجال الى درجة عظيمة فى المنطقة التى تحيط بالأطار

٢٢٨ — آلة هيرام — هناك تشابه كبير بين هذه الالة والجلفانومتر المشروح آنفاً وهى تتركب من جزأين رئيسيين وهما

١ - مغناطيس ثابت ش حـ ينشأ منه مجال مغناطيسى (شكل ٢٠٣)



(شكل ٢٠٣)

٢ - اسطوانة ش حـ قابلة للحركة حول محور افقى

وسنشرح فيما يلى المجال المغناطيسى الثابت أى المجال المحِث ثم الاسطوانة المسماه بالمحتث

المجال المحِث — يتكون المجال المحث من مغناطيس ش ح على شكل حذاء الفرس جُوِّف كل من طرفى فرعيه المتقابلين تجويفاً اسطوانى الشكل عمودياً على اتجاه خطوط القوة . وفى وسط هذا التجويف اسطوانة جوفاء من الحديد المطاوع شَ حَ متحدة معه فى المحور تسمى حلقة جرام

وتنفذ خطوط قوة المجال الصادرة من القطب الشمالى للمغناطيس من الوجه المقابل له من الحلقة لكون الحديد المطاوع شديد الانفاذ المغناطيسى (١٩٦) وتنقسم فيها قسمين متساويين يخرج كلاهما من وجهها الاخر ثم يتلاشى فى القطب الجنوبى

هذا الى أن المجال المغناطيسى فى المنطقة التى تفصل بين المغناطيس والحلقة يكون فى غاية الشدة ويكاد يكون عمودياً على كل وجهين متقابلين منهما على أنه يكون فى أحدهما متجهاً من القطب الشمالى نحو الحلقة وفى الآخر من الحلقة نحو القطب الجنوبى . وقد تبين أيضاً (شكل ١٧٣) أنه لايمر شىء من خطوط القوة فى الجزء الباطنى من الحلقة ومعنى هذا أن المجال المغناطيسى يكاد يكون معدوماً فى الجزء المذكور

واذا فرضنا الان أن حلقة الحديد المطاوع تدور حول محورها بقى توزيع خطوط المجال كما هو لأن تمغنط الحديد المطاوع يتغير فى الحال وفقاً لتغير المجال الذى هو فيه

الجزء المتحرك — تَدخل اسطوانة الحديد المطاوع السالفة الذكر فى

تركيب الجزء المتحرك من آلة جرام وهى محوطة بعدة طبقات من سلك معزول من النحاس موصول الطرفين حتى تتكوّن منه دائرة مقفلة (شكل ٢٠٤)

(شكل ٢٠٤)

وتنقسم هذه الدائرة الى عدة دوائر جزئية متساوية يشمل كل منها عدداً واحداً من اللفات . وتتصل نهاية سلك كل منها ومبدأ الذى يليه بأحد ضلعى زاوية قائمة من النحاس يوازى ضلعها الآخر محور الحلقة . زد على ذلك ان جميع هذه الزوايا معزول بعضها عن بعض ومثبتة فى اسطوانة من خشب البأس مركبة على محور دوران الآلة وهكذا تكون أضلاعها الأفقية شبه غلاف المحور المذكور . وهناك حزمتان من سلوك نحاسية تحتك احداهما باستمرار أثناء دوران الحلقة بالجزء العلوى من الغلاف المذكور فى حين تحتك الأخرى بجزئه السفلى (شكل ٢٠٥) وهاتان الحزمتان متصلتان بزرين ضاغطين يتصلان بقطبى المولد الكهربائى الذى يستعمل فى ادارة الآلة . وتسمى الحزمتان والزوايا المعدنية جامع الآلة

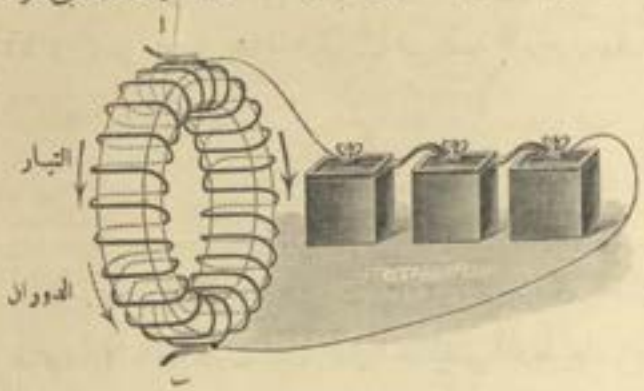
(شكل ٢٠٥)

٢٢٨ — **عمل الآلة** — حينما تكون الحلقة فى موضعها تكون الأجزاء المستقيمة من السلك الموصل التى تنطبق على سطح الحلقة من الخارج فى وسط المجال المغناطيسى الفائق الشدة المنحصر بين المغناطيس والحلقة كما أنها تكون عمودية على خطوط هذا المجال . ولسهولة الفهم نطلق على هذه الأجزاء التى تعمل دون غيرها لفظة « **سيقان** »

اذا تقرر هذا وفرضنا مرور تيار فى السلك كانت كل من هذه السيقان واقعة تحت تأثير قوة عمودية على كل من اتجاه التيار وخطوط المجال . ومتى كان ذلك كانت هذه القوة مماسة للحلقة . أما أجزاء الملف التى

تكون فى باطن الحلقة فلا تتأثر مطلقاً لعدم وجود أثر للمجال المغناطيسى فى منطقتها

فاذا فرضنا أن الحزمتين ا ، ب متصلتان بأجزاء لفات السلك التى تمر بالخط الرأسى (شكل ٢٠٦) وأننا وصلنا هاتين الحزمتين بقطبى مولد



(شكل ٢٠٦)

كهربائى سرى تيار ثابت الشدة فى كل من نصفى الدائرة التى تحيط بالحلقة وكان متجهاً فى كل منهما من احدى الحزمتين الى الأخرى كما هو واضح فى الشكل . فاذا تقرر ذلك وفرضنا أن اتجاه التيار الذى يسرى فى السيقان المرسومة على الوجه الأمامى من الحلقة من اليسار الى اليمين كان اتجاه الذى يسرى فى سيقان النصف الخلفى منها من اليمين الى اليسار (شكل ٢٠٦)

ولما كان اتجاه المجال واحداً فى مجموع الشكل كانت النتيجة أن جميع القوى التى تؤثر فى السيقان فى الجهة اليمنى على اتجاهات الخطوط المماسة للحلقة جاذبة لها من أسفل الى أعلى وأن التى جهة اليسار جاذبة لها من

أعلى الى أسفل . وبناء على ذلك تكون نتيجة تأثير القوى المؤثرة فى محيط الحلقة ادارتها حول محورها فى اتجاه واحد

والآلة ذات الزائد المرسومة فى (شكل ٢٠٥) معدة للاستعمال على أنها محرك كهربائى . اذ يكفى أن يضم الى محورها بكرة وسير لتحويلها الى آلة قادرة على تحويل الطاقة الكهربائية التى تصل اليها من مولد كهربائى الى طاقة آلية

تمرينان

١ – أوجد بعد الرجوع الى شكل ٢٠٣ الاتجاه الذى تدور فيه حلقة جرام : أولاً – اذا غيرت اتجاه المجال المغناطيسى المحيط بها

ثانياً – اذا غيرت اتجاه التيار الواصل اليها من المولد الكهربائى

٢ – اذا كان المحرك الكهربائى لعربة ترام يدور تحت تأثير فرق فى الجهدين يساوى ٦٦٠ فولت وكان التيار الناتج من نفس المولد يستخدم أيضاً فى اضاءة العربة . والمصابيح المستعملة تضىء تحت تأثير فرق فى الجهدين يساوى ١١٠ فولت . فكيف تركب المصابيح اذا كان عدد ما يراد استعماله منها – أولاً – ٦ مصابيح – ثانياً – ١٢ مصباحاً

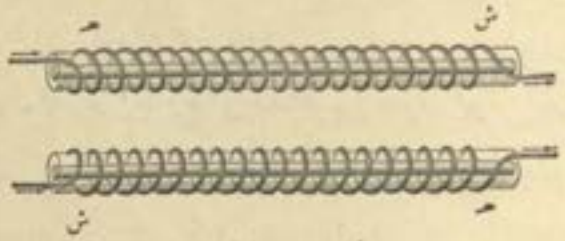
الباب الثالث

﴿ التمغطس بالتيارات ﴾

٢٢٩ — **صنع المغناطيس** — رأينا فيما تقدم أن المجال المغناطيسى للولب الكهربائى يتركب من خطوط قوة تخرج من وجهه الشمالى وتدخل فى وجهه الجنوبى مكونة دوائر مقفلة وان هذا المجال يكون منتظماً فى باطن اللولب أى ان خطوط القوة تكون هناك مستقيمة ومتوازية (٢٠٣)

فاذا وضعنا فى وسط هذا المجال الباطنى قضيباً من الصلب المسقى أو الحديد المطاوع تمغطس وكان تمغطسه فى اتجاه المجال المحث

تدريب - ١٠٩ – نضع ساقاً من الصلب داخل انبوبة من الزجاج بعد أن نلف على هذه الأنبوبة سلكاً معزولاً من النحاس (شكل ٢٠٧) ثم نمر



(شكل ٢٠٧)

تياراً فى السلك فنلحظ بعد قليل أن القضيب تمغطس تمغطساً دائماً وان قطبه الشمالى يتكون بجوار طرف الأنبوبة الذى اذا واجهناه رأينا التيار يسرى فيه فى اتجاه مضاد لاتجاه حركة عقارب الساعة. وهذه الطريقة هى

المتبعة دون غيرها فى صنع القضبان المغناطيسية مما يستخدم فى الدراسة وغيرها

٢٣٠ — **الاشباع المغناطيسى** — ذكرنا فيما تقدم (٢٢٤) أن تأثير المجال المغناطيسى المحث يناسب شدة التيار. ولكن الواقع هنا لا يتفق مع ذلك اذ قد تبين ان درجة التمغطس لا تزيد تبعاً لزيادة شدة التيار بل تقف عند حد يسمى «**الاشباع المغناطيسى**» فلا تظهر بعدئذ فائدة ما مهما ازدادت هذه الشدة

٢٣١ — **الفرق بين الخواص المغناطيسية لكل من الحديد المطاوع والصلب** — **تدريب ١١٠** - نعتاض فى التجربة السابقة عن ساق الصلب ساقاً من الحديد المطاوع فنشاهد أنها تتمغطس فى الحال وان تمغطسها يفوق كثيراً تمغطس قضيب الصلب غير أنه يمحى فجأة مع امحاء التيار

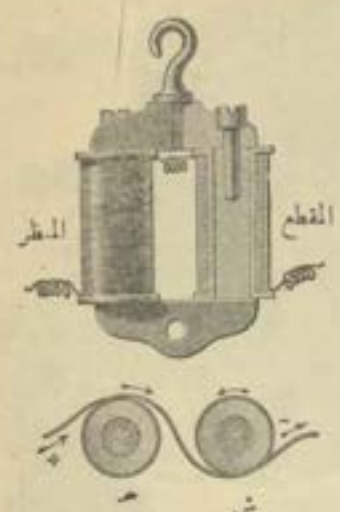
نستنبط من ذلك القاعدة الآتية

يتحول الحديد المطاوع الى مغناطيس تفوق قوته كثيرا قوة المغناطيس المعتاد الذى يحاثه ما دام التيار جاريا . ومتى انقطع التيار عاد القضيب تقريبا الى حالته الأولى

٢٣٢ — **المغناطيس الكهربائى** — يطلق اسم « مغناطيس كهربائى » على كل قضيب من الحديد المطاوع يتمغطس أو يزول تمغطسه أو يتغير اتجاهه اذا سرى حوله تيار أو انقطع سريانه أو تغير اتجاهه

(شكل ٢٠٨)

وتكون نواة الحديد المطاوع اما مستقيمة (شكل ٢٠٨) واما على هيئة حذاء الفرس (شكل ٢٠٩) ويلف سلك النحاس المعزول حول الاسطوانة فى الحالة الثانية مرات كثيرة بحيث يتكون منه عدة طبقات على الجزأين المستقيمين من النواة ويراعى عند الانتهاء من لف السلك على أحدهما والابتداء فى لفه على الآخر أن يستمر فى اللف على الطريقة المبينة فى الشكل بحيث اذا جعل أحد الملفين على اتجاه الاخر كان اتجاه لف السلك على الفرعين واحداً . وبهذه الطريقة اذا واجه راصد طرفى



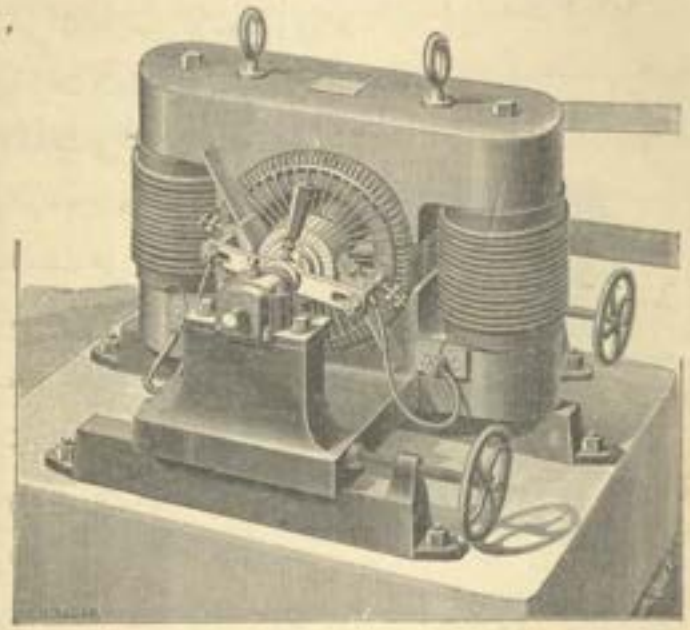
(شكل ٢٠٩)

النواتين على التوالى رأى التيار يسرى فيهما فى اتجاهين متضادين . وكان القطب الذى يتكون فى الطرف ش الذى يدور فيه التيار فى اتجاه مضاد لحركة عقارب الساعة قطب شمالى والذى يتولد فى الطرف الآخر قطب جنوبى

﴿ تطبيقات المغناطيس الكهربائى ﴾

٢٣٣ — **استعمال المغناطيس الكهربائى فى الدينامو** — يستعمل المغناطيس الكهربائى لتوليد المجال المغناطيسى المحث فى جميع الآلات

المستعملة فى الصناعة سواء أكانت مولدة أم مستقبلة . اذ قد أمكن باستخدامه صنع آلات تسمى الدينام (شكل ٢١٠) تفضل كثيراً آلة



(شكل ٢١٠)

جرام (٢٢٨) اذا تساوتا فى الوزن وذلك لأنها أشد قوة وأنظم عملاً وأرخص ثمناً

وسنعود لذكر شىء عن هذه الآلات فى الباب الأول من المبحث الآتى

﴿ التلغراف ﴾

٢٣٤ — **نظرية التلغراف** — أن تبادل الأفكار بين نقطتين تبعد أحداهما عن الاخرى بعداً شاسعاً يعد بلا نزاع من أهم تطبيقات الكهرباء

ويتركب كل تلغراف من ثلاثة أجزاء رئيسية وهى

أولاً — دائرة موصلة تشمل مولداً كهربائياً (عموداً أو مركماً) تصل بين نقطتى المخابرة وتسمى **خط التلغراف**

ثانياً — **مرسل** يمكن به قطع التيار أو امراره فى الدائرة

ثالثاً — **مستقبل** يدخل فى تركيبه مغناطيس كهربائى أمام قطبيه قطعة من الحديد المطاوع متصلة بزنبرك لولبى

٢٣٥ — **خط التلغراف** — هو سلك معدنى معزول يصل بين المحطين

فمتى سرى التيار من العمود الى عدد التلغراف فى كلا المحطين يصل الى قطع عريضة من النحاس قد دفنت فى أرض رطبة . وبهذه الطريقة نستعيض عن سلك الرجوع الأرض ونكتفى بنصف الدائرة كما أننا ننقص مقاومتها الى النصف تقريباً لأن مقاومة الأرض لا تذكر لجسامة مقطعها

وتستعمل عادة فى الخطوط الهوائية أسلاك من الحديد المجلفن (حديد مغطى بطبقة من الخارصين) يختلف قطرها تبعاً لاختلاف طول الخط من ٣ الى ٥ مم . وتعلق عادة هذه الخطوط فى حوامل عازلة ﻫ من الخزف قد ثبتت فى قوائم من الخشب (شكل ٢١١)

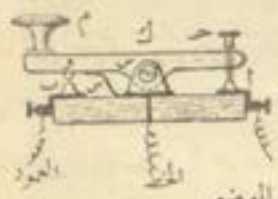
(شكل ٢١١)

وتمد الخطوط التلغرافية تحت الأرض حينما يستدعى الحال أمرارها فى المدن .

وتصنع حينئذٍ من سلوك نحاسية محوطة بطبقة صفيقة من الجوتابركا ثم بوقاية من الرصاص

٢٣٦ — تلغراف مرسى — هو اكثر أنواع التلغرافات استعمالاً ولذا نقتصر على وصفه

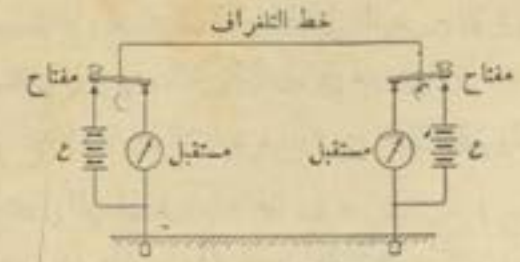
٢٣٧ — المرسل — لا يخرج المرسل عن كونه مقطعاً كهربائياً يطلق عليه اسم « مفتاح مرسى » (شكل ٢١٢) ويمكن به قطع التيار أو امراره فى الدائرة على حسب الارادة



(شكل ٢١٢)

وهو يتركب من رافعة ح مثبتة على لوح من الخشب ينتهى اليها خط التلغراف . وتكون الرافعة المذكورة فى الأوقات العادية معتمدة على زنبرك ك مشحون س . فاذا ما ضغطنا على المقبض م مس السن و السندان ب المتصل بالعمود وسرى التيار فى الدائرة. ومتى وقفنا الضغط رد الزنبرك س الرافعة الى موضعها الاعتيادى وانقطع سريان التيار

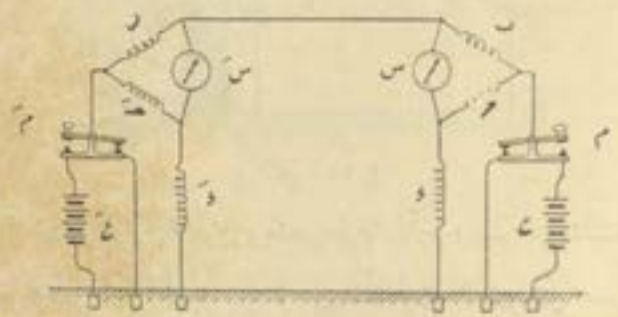
٢٣٨ — الدائرة البسيطة أو الفردية — يجب عند انشاء الدوائر التلغرافية وصل الآلات بعضها ببعض بحيث يكون كل مكتب مستعداً دائماً لاستقبال اشارات الآخر . ويمكن ادراك ذلك بالتأمل فى (شكل ٢١٣) فانا نرى أننا اذا لم نضغط على احدى رافعتى المفتاحين بقيت



(شكل ٢١٣)

الدائرة بين المحطين مفتوحة وكان التيار معدوماً فى الخط التلغرافى وتجنبنا استعمال العمود بدون فائدة كما أننا نتجنب تقطبه

٢٣٩ — الدائرة المزدوجة — يتيسر بهذه الدائرة ارسال اشارتين متضادتى الاتجاه فى آن واحد أى ان المستقبل فى كلا المحطين يكون معداً لتدوين كل اشارة ترد اليه من المحط الآخر دون أن يمر التيار فى مستقبل المحط الصادر منه . وسبب ذلك كما هو واضح فى شكل ٢١٤

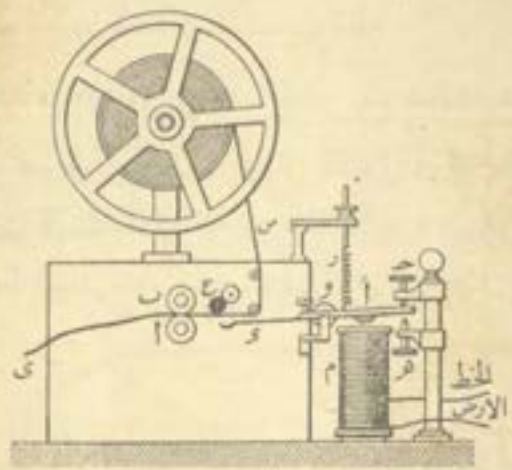


(شكل ٢١٤)

ان كلاً من المستقبلين س ، س مركب فى قنطرة من قناطر هوتستون اثنان من مقاوماتها ب ، حـ والأخريان و والخط التلغرافى . وقد رتبت

هذه المقاومات الأربع بحيث اذا ضغط على المقبض م لا يمر تيار العمود ع فى المستقبل س وبهذه الطريقة لايسرى هذا التيار فى أحد المستقبلين س ، س' الا اذا كانت الاشارة صادرة من المحط الثانى ولذا كان من الممكن استعمال المرسلين فى آن واحد

٢٤٠ — **المستقبل** — أهم أجزاء المستقبل مغناطيس كهربائى م (شكل ٢١٥) يؤثر فى قطعة من الحديد المطاوع ا مثبتة فى أحد طرفى



(شكل ٢١٥)

رافعة قابلة للحركة حول محور و وينتهى طرفها الآخر ى بنتوء. وهناك زنبرك لولبى ر يجعل قطعة الحديد بعيدة عن المغناطيس الكهربائى عند عدم مرور التيار. فاذا ما مرَّ التيار الوارد من محط الاصدار على طريق الخط التلغرافى فى ملف المغناطيس انجذبت نحوه قطعة الحديد بشدة وارتفع طرف الرافعة ى فينطبق شريط من الورق على اسطوانة صغيرة ع عليها

طبقة من الحبر الجليسريني ومن حيث أن شريط الورق يتحرك حركة منتظمة من اليمين الى اليسار بوساطة عدة ساعة نرى أنه يطبع عليه نقطة أو خط بحسب مدة مكث التيار

وقد وضع مرس لكل حرف من الحروف الهجائية ولكل رقم من الأرقام اشارة تدل عليه مكونة من عدد معين من النقط أو الخطوط أو كليهما معاً (شكل ٢١٦)

حروف الهجاء

ا	— ٠	ز	— — ٠	ق	— — ٠ —
ب	— ٠ ٠ ٠	س	٠ ٠ ٠	ك	— ٠ — —
ت	—	ش	— — — —	ل	٠ — ٠ ٠
ث	— ٠ — ٠	ص	— — ٠ —	م	— —
ج	— — — ٠	ض	— ٠ ٠ ٠	ن	— ٠
ح	٠ ٠ ٠ ٠	ط	— ٠ ٠	هـ	— ٠ ٠ —
خ	— — —	ظ	— ٠ ٠ —	و	٠ — —
د	— ٠ ٠	ع	٠ — ٠	ى	٠ ٠
ذ	— — ٠ ٠	غ	— — ٠		
ر	— ٠	ف	— ٠ ٠		

الأرقام الهندية

٠	— — — — —	٤	— ٠ ٠ ٠ ٠	٧	— — ٠ ٠ ٠
١	— — — — ٠	٥	٠ ٠ ٠ ٠ ٠	٨	— — — ٠ ٠
٢	— — — ٠ ٠	٦	— ٠ ٠ ٠ ٠	٩	— — — — ٠
٣	— — — ٠ ٠ ٠				

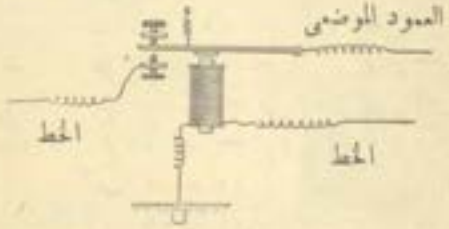
(شكل ٢١٦)

ولتحريك شريط الورق يمر بين اسطوانتين ا ، ب تدير احديهما عدة ساعة والأخرى خالصة الحركة حول محورها. فمتى دارت الأولى

دارت الثانية فى اتجاه مضاد لها وترتب على ذلك انجذاب شريط الورق كما تنجذب الصفائح المعدنية فى المصفاح (٩٣ جزء أول) أما تحبير الاسطوانة فيحصل بأخرى مغطاة بقطعة من النسيج مبلة بالحبر الجليسرينى تدور جاذبة معها الاسطوانة ع التى تستمر متكئة عليها . وهناك مسماران محويان حـ ى هـ يحددان حركة الرافعة

٢٤١ — **المعيد التلغرافى أى مجدد التيار** — يقع أحيانًا اذا كان البعد بين المحطين شاسعًا أن يكون التيار قاصراً عن التأثير مباشرة فى المستقبل. فى مثل هذه الحالة يركب جهاز بين المحطين يسمى المعيد التلغرافى يمكن به أن نعتاض عن تيار الخط التلغرافى تيار عمود كهربائى موضعى

ويتركب المعيد التلغرافى من مغناطيس كهربائى حساس يمر فى سلكه

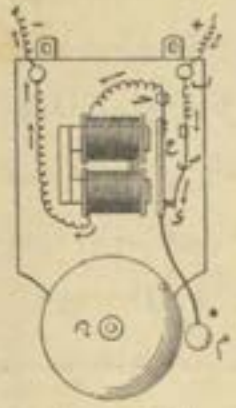


(شكل ٢١٧)

تيار الخط التلغرافى (شكل ٢١٧) فيجذب ساق الحديد المطاوع المواجهة له بالرغم من ضعف شدة التيار الذى يسرى فيه فيتصل طرفها بالمسمار الأسفل فيسرى تيار العمود الموضعى الى المستقبل

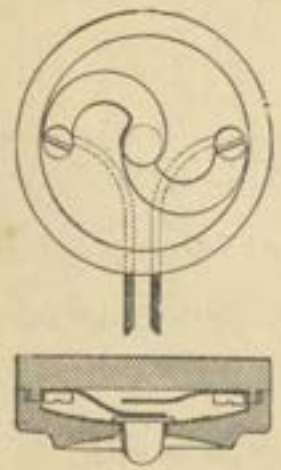
من ذلك نرى أن المعيد ينقل الى المستقبل جميع القطعات المتعاقبة التى تقع فى المرسل

٢٤٢ — **الجرس الكهربائى** — هو تطبيق مهم آخر للمغناطيس الكهربائى يستعمل للاستدعاء فى المساكن والمصالح وللتنبيه فى مصلحتى التلغراف والتليفون . وهو يتركب كما فى (شكل ٢١٨) من مغناطيس كهربائى صغير على هيئة حذاء الفرس يتصل أحد طرفى سلكه بزر ضاغط ا وطرفه الآخر فى م بصفيحة مرنة من الفولاذ تتصل بساق ع من الحديد المطاوع تواجه قطبى المغناطيس وتكون فى الأوقات العادية ماسة لأحد الطرفين ء من صفيحة من الشبه ص يتصل طرفها الاخر بزر ضاغط ب . فاذا أدمجنا هذا الجهاز بوساطة الزرين الضاغطين ا ، ب فى دائرة تيار وأقفلنا الدائرة تمغطس المغناطيس الكهربائى وجذب نحوه الساق الحديدية ع فتقرع المطرقة م الجرس ص



(شكل ٢١٨)

ولكون الساق الحديدية تبعد حينئذ عن ء يقف سريان التيار ويعود التماس بين الساق الحديدية والطرف ء فيسرى التيار ثانية فى الدائرة وهلم جرًا . وبهذه الطريقة يتكرر قرع المطرقة للجرس بين فترات قصيرة جداً ما دام التيار ماراً



(شكل ٢١٩)

ولكى يدق الجرس وقت الارادة

يدمج فى الدائرة مقطع كهربائى يسمى فى العرف زر الجرس . وهو يتركب من صفيحتين مرنتين تتصل كل منهما بأحد طرفى سلكين مشتقين من الدائرة ويتصل بأحدهما زر صغير (شكل ٢١٩). فاذا أردنا دق الجرس نضغط الزر فتتلامس الصفيحتان المرنتان وحينئذٍ تقفل الدائرة ويأخذ الجرس يقرع ما دامت مقفلة

(شكل ٢٢٠)

٢٤٣ — **الخطوط البحرية** - تتكون هذه الخطوط من حبل مجدول من سلوك نحاسية (شكل ٢٢٠) عليها عدة طبقات من الجوتابركا ثم طبقة من القنب ثم وقاية متينة من أسلاك غليظة من الحديد تلف حولها لفاً حلزونياً بعد أن تغلف بطبقة من الكتان

تمرينات

١ – اذا كانت مقاومة الكيلومتر الواحد من سلك تلغرافى تساوى ١٠ اهم وأردنا أن نمر تياراً شدته ٠٫٠١ امب فى سلك طوله ٣٠٠ كم فما يجب أن يكون الفرق بين جهدى زرى العمود

٢ – اذا علمنا أن المسافة بين القاهرة والاسكندرية ٢٠٨ كم وفرضنا أن المستقبل المركب فى إحدى المدينتين لا يتأثر بتيار صادر من المدينة الأخرى الاَّ اذا استعملنا ٢٥ عنصراً من عناصر دنيل تساوى القوة المحركة

لكل منها فلطا على الأقل وكانت شدة التيار $\frac{١}{١٠٠٠}$ امب فما مقاومة كل كيلومتر من السلك الواصل بين المدينتين

٣ – اذا اعطيت سلكاً معزولاً من النحاس وقطعة من الحديد المطاوع على أحد طرفيها علامة ش فكيف تمغطها بحيث يتكون فى طرفها ش قطب شمالى

٤ – أعد رسم (شكل ٢٠٧) وافرض أن التيار يسرى من اليمين الى اليسار وبين فى كلتا الحالتين موضع قطبى القضيب

العامود الكهربائي البسيط

التأثير الكيماوي للتيارات الكهربائية. — السوائل المختلفة الموصلة أو عازلة أو متحللة. اذا ادخل محمود أحمد سائلين في دائرة يسري فيها تيار كهربائي وتم ذلك مرة ثانية أخرى اما أن يكون السائل موصلا بسيطا أو موصلا للكهرباء كالزئبق أو مثل المحاليل المختلفة فيمر التيار فقط ويرضخ لقوانين مقاومة كبيرة نسبة الموصلات الصلبة (١) اما يكون السائل موصلا بسيطا أو مركبا غير موصل للكهرباء كالكبريت المنصهر والماء النقي والكحول والبترول وكبريتور الكربون فيسد فيمر منه سيال التيار دون أن يتأثر (٢) أما يكون السائل موصلا مركبا جيد التوصيل كالمحاليل المذابة في الماء أو المنصهرة فيمر فيه التيار ويتحلل جزء من طاقة التيار الى حرارة وتعرف الباقي منها في تحليل السائل تحليلا كيماويا

وقد دلت التجربة على أن مرور التيار والتحليل الكيماوي يتلازمان اذ لا يقع احدهما دون أن يقع الآخر وقد سميت هذه الظاهرة أي ظاهرة التحليل بالتحلل والسائل الذي يمر فيه التيار بالتحلل والصفائح الصلبة التي يدخل منها التيار يسمى أحدها أي الذي يدخل منه بالمصرية والموصل منها بالقطب الموجب بالمصري الموجب أو الصعد والموصل بالقطب السالب بالمصري السالب أو المهبط والسائل الموصل القابل للتحلل كالمحاليل المذابة في الماء أو المنصهرة التي عليه وضع علماء الكيمياء على الصورة مع فرض أن ٢ رمز الى ذرة الهيدروجين

او او وهيه الحاصه ويجب أن يضاف الى هذه التوعيه القواعد الدرجه
المعدنيه المتغايره في المادة كالنحاس - بو ايد والصودا ص ايد
التي يتغير في كل منها ايد صمداً

قوانين التحلل الكهربي - تتقاد التحلل الكهربي الى اثنتين قوانين الأول كل تحلل
عدة تحلل يتحلل الى مكافئ اما نظريات التحلل على الكهربيه فقط وتكون لا أقوى
في باطنه السائل) تسقط الذرة أو الأيون جوهيه على التيار ويظهر على الرابط
ويسير الصمد رضاداً للتيار ويظهر على الصمد

المولد الكهربائي او الدينامو او اعرف الكهربائي
التصوت الكهربائيه تتكون جراحم بل
التأثيرات الحراريه للتيار الضوء الكهربائي المصباح
المتوهج (الاستلم) الصوت احداث
الصوت انتقال الصوت طريقة انتشار
الصوت الحركة الموجية وطول الموجه فوجا الحركة الموجية
انتشار - الموجات الصوتية في الهواء سرعة الصوت

المبحث الخامس

الحث الكهربائى

الباب الأول

﴿ القوانين العامه للحث الكهربائى ﴾

٢٤٤ — تعريف — تيارات الحث المسماة أيضاً بالتيارات المحثة هى تيارات تتولد فى كل دائرة مقفلة بتأثير تيار أو مغناطيس

ولاثبات ظواهر الحث الكهربائى يستعمل عادة ملفان سلكاهما من النحاس المكسو بالحرير أحدهما كبير ويسمى **الملف المحث** وثانيهما صغير يمكن ادخاله فى السابق ويسمى **الملف المحث**

تدريب ١١١ - نضع الملف المُحِث فى باطن الملف المُحَث (شكل ٢٢١) ونصل زوى الثانى منهما بزوى بصلة جلفانومترية وزوى

(شكل ٢٢١)

الأول بقطبى عمود كهربائى فنشاهد وقت اقفال الدائرة انحراف ابرة البصلة ثم عودتها من فورها الى مكانها الأول كما نلحظ أن اتجاه الانحراف يدل على أن اتجاه التيار الوقتى المحث مضاد لاتجاه التيار المحث

ب - نفتح دائرة التيار فنشاهد انحراف الابرة انحرافاً وقتياً مساوياً للأول وفى اتجاه مضاد له ومعنى هذا أن التيار المحث يتحد فى الاتجاه مع التيار المحث

ح - ندخل فى دائرة التيار مقاومة يمكن تغييرها بسرعة (١١٤) فاذا أنقصناها زادت شدة التيار ولحظنا تولد تيار محث وقتى يخالف اتجاهه اتجاه التيار المحث واذا زدناها نقصت شدة التيار ولحظنا تولد تيار محث وقتى متحد فى الاتجاه مع التيار المحث

ح - نمسك بالملف المحث بعد أن نمر فيه التيار وندخله بسرعة فى الملف المحث فنرى انحراف الابرة وان انحرافها يدل على أن التيار الوقتى المحث يخالف فى الاتجاه التيار المحث

ه - نخرج الملف المحث بسرعة فنجد أن التيار المحث فى اتجاه التيار المحث

ونجد فى الحالتين الأخيرتين ان المدة التى يسرى فيها التيار المحث تساوى بالضبط المدة التى يتحرك فيها الملف المحث فنستخلص مما تقدم ان

كل تيار يتزايد أو يزيد فى الشدة بجوار دائرة مقفلة أو يدنو منه دائرة مقفلة يحدث فى هذه الدائرة تيارا وقتيا يخالف فى الاتجاه والد

كل تيار يتناقص أو تنقص شدته بجوار دائرة مقفلة أو يبعد عنه دائرة

مقفلة يحدث فى هذه الدائرة تيارا وقتيا منحرا معد فى الاتجاه

٢٤٥ — الحث بالمغناطيس — تدريب ١١٢ - ندخل بسرعة فى الملف المحث مغناطيساً قوياً (شكل ٢٢٢) فنشاهد انحراف الابرة

(شكل ٢٢٢)

ثم عودتها الى مكانها من فورها وهذا يدل على تولد تيار وقتى فى الملف

ب - نخرج المغناطيس بسرعة من الملف فنشاهد انحراف الابرة وان انحرافها يدل على أن التيار المحث يخالف نظيره الأول فى الاتجاه

ويرى فى هذه الحالة أيضاً ان المدة التى يسرى فيها التيار المحث تساوى بالضبط المدة التى يتحرك فيها المغناطيس

٢٤٦ — القوانين العامة للحث المغناطيسى — يمكننا أن نستخلص من التجارب السابقة القاعدة الآتية

يتولد فى كل دائرة مقفلة تيار وقتى كلما تغير تدفق قوة المجال المغناطيسى حولها

تدريب ١١٣ - نغير شدة التيار أو المغناطيس المحث بالاعتياض عنه بآخر أقوى منه فنلحظ أن شدة التيار المحث تزيد تابعة

١ — لزيادة شدة المجال المغناطيسى

٢ — لزيادة عدد لفات السلك المحث واتساع السطح المحاط به

٣ — احتواء الملف المحث على مادة عظيمة الانفاذ لخطوط قوة المجال المغناطيسى ونعلم أن قابلية انفاذ الحديد المطاوع لخطوط قوة المجال تفوق كثيراً قابلية انفاذ الهواء لها

وقد حُقق أيضاً بطريق التجربة

٤ — فى حالة تقريب أو ابعاد الملف أو المغناطيس المحث منه الملف المحث تزيد القوة المحركة للتيار المحث تبعاً لزيادة سرعة كليهما

٢٤٧ — القوانين الأساسية للحث الكهربائى — يمكن تلخيص النتائج السابقة على الوجه الآتى

ا — لا يتولد تيار محث فى دائرة مقفلة الا اذا مرّ خطوطها تدفق قوة مغناطيسى وكان هذا التدفق متغيراً

ب — يبقى سريان التيار مستمراً ما بقى تدفق القوة متغيراً

ح — تزيد القوة المحركة للتيار المحث تبعاً لزيادة كل من تدفق القوة المغناطيسى وسرعته

٢٤٨ — اتجاه التيار المحث — قانون لنز Lenz — تقدم أن التيارين المتحدين فى الاتجاه يتجاذبان والمختلفين فيه يتنافران (٢٢٤). ولما كان تيار الحث الناتج حين تقريب ملف من آخر مضاداً فى الاتجاه

للتيار المحث والعكس بالعكس كان هذا دليلاً على أن كلاً من التيارين المحث والمحتث يعترض حركة الآخر أو بعبارة أخرى يجب صرف شغل لاحداث التيار المحتث . ولذلك كانت النتيجتان الآتيتان

١ — نجد فى ظواهر الحث طريقة جديدة فى تحويل الطاقة الآلية الى طاقة كهربائية

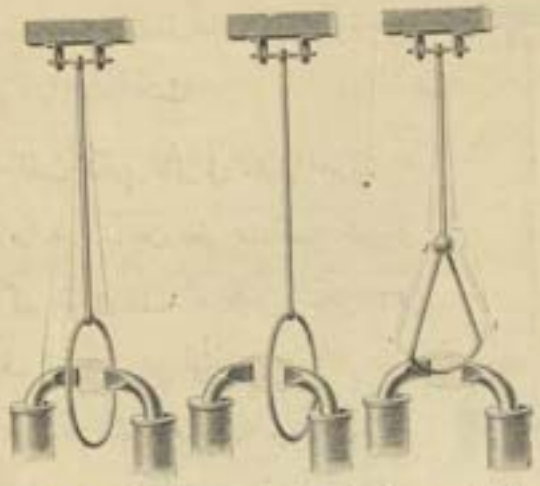
٢ — قانون لنز — عند ما يتولد التيار المحتث فى دائرة مقفلة فانه يأخذ اتجاها يبدأ منه مقاومة الحركة المحدثة له

٢٤٩ — تجارب سهلة لتحقيق نظرية الحث الكهربائى — نستخدم جهازاً مركباً من حلقة نحاسية واسعة مدلاة من ساق قابلة للتذبذب حول محور عمودى على مستوى الحلقة (شكل ٢٢٣)

تدريب ١١٤ - نواجه قطبى مغناطيس كهربائى بوجهى الحلقة ثم نبعد الحلقة عن موضع اتزانها ونتركها ونفسها فنشاهد أنها تأخذ فى التذبذب وتستمر فيه زمناً طويلاً ولكننا اذا أمررنا تياراً كهربائياً فى ملف المغناطيس وقع أحد أمرين

أولاً - اذا كان محيط الحلقة يمر خلال خطوط قوة المغناطيس (شكل ٢٢٣) وقف التذبذب فجأة كما لو أثر فى الحلقة مربط قوى (فرملة) . وهذا يدل على تولد تيار محتث فيها

ثانياً - اذا كانت خطوط قوة المغناطيس تمر داخل الحلقة أثناء تحركها ذهاباً وايابا دون أن تمس حافتها (شكل ٢٢٤) استمر تذبذب الحلقة



(شكل ٢٢٥) (شكل ٢٢٣) (شكل ٢٢٤)

دون أن يعتريها أقل تباطؤ فى حركاتها . وهذا يدل على عدم تولد تيار محتث فى محيطها . ويرجع ذلك الى عدم نفاذ خطوط القوة خلال هذا المحيط

تدريب ١١٥ - نذبذب بين قطبى مغناطيس كهربائى بالطريقة المتقدمة موصلاً متعامداً على شكل قطاع دائرة مركزه على اتجاه محور التعليق وقوسه بين قطبى مغناطيس كهربائى (شكل ٢٢٥) . فبعد امرار التيار فى ملف المغناطيس نرى أنه لا يتباطأ مطلقاً فى تذبذبه . وهو يدل على عدم تولد أى تيار محتث فى دائرة القطاع وهذا يرجع الى أن تدفق القوة المغناطيسى خلال قوسه لم يتغير

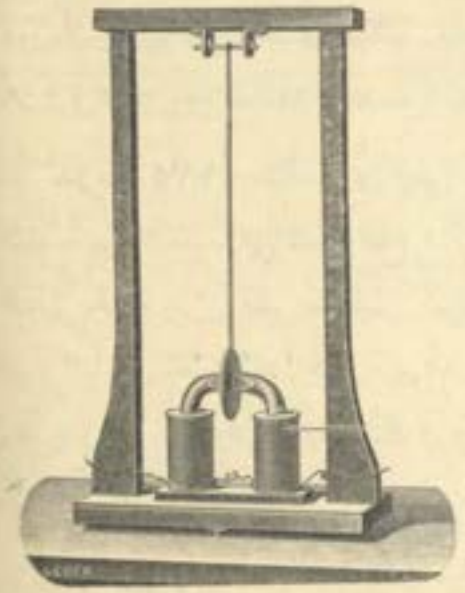
تدريب ١١٦ - نذبذب ساقاً نحاسية رفيعة بين قطبى مغناطيس كهربائى (شكل ٢٢٦) فلا تتباطأ حركاتها بعد امرار التيار فى سلك

المغناطيس . ويرجع ذلك الى عدم وجود دائرة مقفلة حتى يسرى فيها التيار المحتث

١ — الحث الكهربائى فى الكتل المعدنية — نذبذب قرصاً معدنياً بين قطبى مغناطيس كهربائى ونمر تياراً كهربائياً فى سلك المغناطيس (شكل ٢٢٧) فترى وقوف التذبذب من فوره

(شكل ٢٢٦)

واذا أردنا تحريك القرص أثناء مرور التيار صار كأنه يتحرك فى سائل عظيم اللزج . هذا الى أن الشغل الذى نصرفه فى تحريكه يستحيل الى حرارة كما هو الحال تماماً فى الاحتكاك المعتاد لأننا نشاهد ارتفاع درجة حرارة القرص ارتفاعاً كبيراً



(شكل ٢٢٧)

واذا ثقبنا القرص ثقوباً متقاربة لحظنا استمرار تذبذبه بالرغم من مرور التيار فى ملف المغناطيس

وذلك لعدم امكان سريان التيارات المحتثة فى القرص

٢٥٠ — الحث الذاتى — من البدهى أن ظواهر الحث التى تقع بين دائرتين متجاورتين حينما تتغير شدة التيار فى احداهما تقع أيضاً بين كل جزأين متجاورين من دائرة واحدة اذا تغيرت شدة التيار فى تلك الدائرة . وقد سميت هذه الظاهرة الحث الذاتى والتيارات المحتثة الحادثة التيارات الاضافية

وتظهر ظاهرة الحث الذاتى بأجلى وضوح اذا أدمجنا فى الدائرة ملفاً ولا سيما اذا كان فى باطنه نواة من الحديد المطاوع

وهناك حالتان يتولد فى كليهما تيار الحث الذاتى

أولاً - اذا أقفلت دائرة تيار تولد فيها تيار عكسى يسرى فى نفس السلك الذى يسرى فيه التيار الأساسى فتنقص شدة هذا التيار وتكون النتيجة عوق انتظام سريان التيار فى اللحظة التى تقفل فيها الدائرة

ثانياً - اذا فتحت دائرة تيار حدث فيها تيار طردى يؤثر فى نفس الاتجاه الذى يؤثر فيه التيار الاساسى وتنتج فى الدائرة قوة محركة مرتفعة تعمل على ارتفاع شدة تأثير التيار

ويمكن أن نستخلص مما سبق ما يأتى

الحث الذاتى يعمل على نقص التيارات عندما تبتدئ وعلى زيادتها عند ما تنتهى

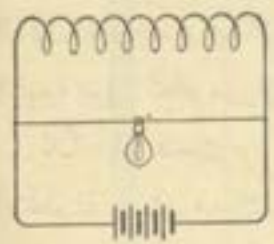
ومن البدهى أن مقدار ما يتولد من الكهرباء أثناء حدوث أحد التيارين يساوى مقدار ما يتولد منها أثناء حدوث الآخر لأن التيار المحث واحد فى

كانا الحالتين . على أن القوة المحركة للتيار الطردى تفوق كثيراً القوة المحركة للتيار العكسى وذلك لأن اللحظة التى يسرى فيها الأول أقصر من التى يسرى فيها الثانى لأن فتح دائرة التيار يكون طبعاً أسرع من أقفالها (٢٤٧)

تدريب ١١٧ - ا - نجمع بين قطبى عمود مكون من مركبين أو ثلاثة مراكم بعد أن ندمج فى دائرته مغناطيساً كهربائياً قوياً ثم نفتح الدائرة فنشاهد تطاير شرارة قوية بين طرفى السلك مع حدوث فرقعة شديدة . واذا كنا ممسكين بطرفى السلك نشعر بانتفاض قوى فى الذراعين

ب - نبحى المغناطيس الكهربائى ونعيد العمل كما تقدم فلا نرى شيئاً من ذلك

تدريب ١١٨ - ا - ندمج فى دائرة تيار (شكل ٢٢٨) مغناطيساً كهربائياً وفى اشتقاق من الدائرة مصباحاً كهربائياً صغيراً ثم نغير مقاومة الدائرة حتى يصبح ضوء المصباح ضئيلاً



(شكل ٢٢٨)

ب - نقفل دائرة التيار فنلحظ أن المصباح يضئ بشدة لحظة قصيرة لأن التيار الاضافى الحادث يعمل كما لو زادت مقاومة الملف زيادة كبيرة فيمر معظم التيار الأساسى فى الاشتقاق فيزيد ضوء المصباح الى أن يتم انتظام سريان التيار فى الملف

حـ - نقطع دائرة التيار فنشاهد أن المصباح يضئ أيضاً بشدة لحظة أقصر من السابقة وسبب ذلك هنا أن التيار الاضافى الذى يسرى فى الملف يسرى أيضاً فى الاشتقاق حتى يكون سريانه فى دائرة مقفلة

تمرينات

المطلوب بعد الرجوع الى شكل ٢٢١ تعيين اتجاه التيار المحدث فى الأحوال الآتية

أولاً - اذا أدخلت الملف المحث فى الملف المحدث بسرعة

ثانياً - اذا أخرجته منه بسرعة

ثالثاً - اذا أدخلت فى باطن الملف المحث بعد ادخاله فى الملف المحدث قضيباً من الحديد المطاوع بسرعة

رابعاً - اذا أخرجت القضيب بسرعة

خامساً - اذا قطعت فجأة سريان التيار فى الملف المحث

سادساً - اذا أمررت فيه التيار ثانية

﴿ تطبيقات تيارات الحث ﴾

الآلات المغناطيسية الكهربائية

٢٥١ — قلب عمل الآلات المغناطيسية الكهربائية — لايضاح هذه الخاصة نذكر المثالين الآتيين

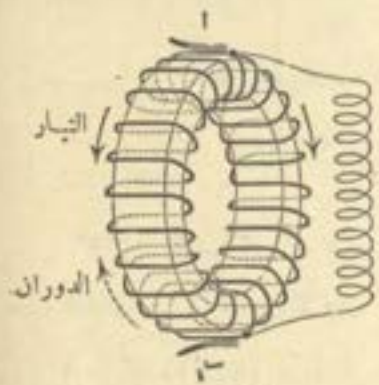
١ - تقدم (٢٢٣) أننا اذا قربنا مجالاً مغناطيسياً من تيار قابل للحركة تحركت دائرة التيار

٢ - تقدم أيضاً (٢٤٤) أننا اذا قربنا تياراً من دائرة مقفلة تولد تيار وقتى فى هذه الدائرة اتجاهه مضاد لاتجاه التيار الذى أحدثه

يتبين من ذلك أن الجهاز الأول يعمل على انه محرك كهربائى والجهاز الثانى يعمل على أنه مولد كهربائى

تدريب ١١٩ – تقفل دائرة التيار المحث بعد أن ندمج فيها بصلة جلفانومترية (شكل ٢٢١) وبعد أن نصل زرى الملف المحث بقطبى عمود ندخله ونخرجه على التوالى بسرعة فى الملف المحث فتشاهد انحراف ابرة البصلة بنفس السرعة التى يتحرك بها الملف المحث الى يمين الصفر ثم الى يساره ويعمل الجهاز حينئذ على أنه محرك كهربائى . أما الطاقة الآلية التى تصرف فى تحريك الملف فتستحيل الى طاقة كهربائية – وهناك مثال آخر لخاصة قلب عمل الآلات يجب أن يعنى به لبلوغه شأواً عظيماً فى عالم الصناعة وهو قبول آلة جرام للقلب

فاذا وصلنا بين الحزمتين ا ، ب بسلك معدنى (شكل ٢٢٩) وادرنا الحلقة فى اتجاه واحدمرت السيقان على التوالى فى المجال القوى المحصور بين المغناطيس والحلقة. ولما كانت السيقان فى الجزء الأمامى من الشكل تدور من أسفل الى أعلى والتى فى النصف الخافى منه تدور من أعلى الى أسفل تولد فيهما تياران محثان متضادا الاتجاه يمحو تأثير أحدهما تأثير الآخر فى باطن السلك المحث اذا لم يكن هناك سلك خارجى فاذا وجد هذا السلك اتفق التياران وأخذا يسريان فيه فى اتجاه



(شكل ٢٢٩)

واحد بين الحزمتين ا ، ب ويقال حينئذ إن الآلة تعمل على أنها مولد كهربائى . ويتحول فى هذه الحالة الشغل المنصرف الى حرارة تستخدم عادة فى الاضاءة

ويمكن اعتبار آلة جرام السابق شرحها (٢٢٨) نموذجاً للآلات الكهربائية المغناطيسية . واذا اعتضنا عن مغناطيسها المحث مغناطيساً كهربائياً سميت ربما وقد بلغ استعمال الدينامو فى الصناعة الكهربائية الحديثة العهد درجة تفوق الوصف

٢٥٢ — **الآلات المولدة والآلات المستقبلة ونقل الطاقة** — اذا أدمجنا فى الموصل الجامع بين الحزمتين ا ، ب بدل المصابيح الكهربائية آلة جرام أخرى قيل أن الآلة الأولى تعمل على انها مولد كهربائى وتعمل الثانية على أنها مستقبل أو محرك كهربائى (شكل ٢٣٠) وتدور حلقة

(شكل ٢٣٠)

المستقبل بتأثير التيار الصادر من المولد

وبهذه الطريقة نحصل من المستقبل على جزء من الشغل المنصرف فى ادارة المولد

ومن الواضح أنه من المحال استرداد جميع الشغل المنصرف لأن

جزءاً منه يستحيل الى حرارة تنشأ من احتكاك الأجزاء المتحركة من الالة بأجزائها غير المتحركة وجزءاً آخر وهو المهم يضيع طبقاً لقانون جول فى الدائرة التى يسرى فيها التيار

ويطلق اسم الشغل المفيد على النسبة بين الشغل الذى نحصل عليه من المستقبل والشغل المنصرف فى المولد

ومن البدهى ان الشغل المفيد ينقص تبعاً لطول الدائرة أى كلما طالت المسافة بين المولد والمستقبل

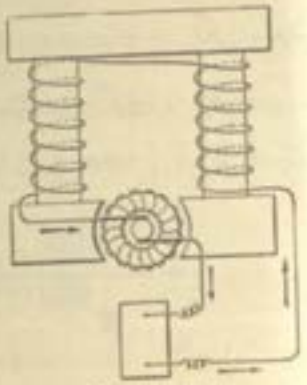
وقد ترتب على قابلية آلة جرام للقلب الوصول الى تطبيق هام وهو نقل الطاقة الى مسافات بعيدة

وقد انتشرت طريقة نقل الطاقة على المنوال المتقدم فى السنوات الأخيرة انتشاراً جاوزت أهميته حدود التعبير والشرح

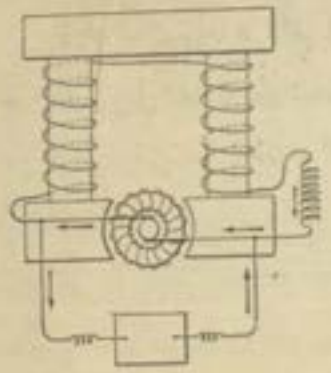
وقد أصبح من المتيسر الآن استعمال الطاقة الناتجة من سقوط المياه من المرتفعات (الجنادل وما يشابهها) فى المناطق التى لم يخطر على فكر الانسان فيما مضى انشاء مصانع قريبة منها وذلك أن تستخدم طاقة المياه الساقطة فى ادارة دواليب كبيرة تتصل حركتها بدينم ينصرف تياره ومعه الحياة فى سلوك موصلة الى مصانع قد اسست فى المناطق العامرة بجوار الطرق العمومية أو محاط السكك الحديدية فتدير فيها مستقبلاً تتصل حركته بآلات المصنع وهكذا يحصل على الطاقة بدون مقابل

وتسير قاطرات السكك الحديدية الكهربائية وعربات الترام بمستقبل تتصل حركة حلقته بأحد محاور زوج من عجلات القاطرة . ويأتى التيار الذى يدير هذا المستقبل من مولد كهربائى يدار فى بناء خاص

٢٥٣ — الدينامو — ذكرنا فى (٢٣٣) ماهية الدينامو . ويحث غالباً المغناطيس الكهربائى فى كل دينم اما بتيار نفس الدينم واما باشتقاق منه . ونرى فى (شكل ٢٣١) تطبيق الطريقة الأولى وفى (شكل ٢٣٢) تطبيق الطريقة الثانية



الدائرة الرئيسية
(شكل ٢٣١)



الدائرة الرئيسية
(شكل ٢٣٢)

ويكفى فى جميع هذه الالات أن تكون نواة المغناطيس الكهربائى بها أثر من التمغطس الناتج من تأثير الأرض حتى اذا أديرت أحدث هذا التمغطس الضعيف تياراً محثاً يكون ضعيفاً فى بادئ الأمر على أنه يزيد تمغطس المغناطيس فتزيد شدة التيار وتبعاً لذلك تمغطس المغناطيس وهلم جراً الى أن يصل الدينم الى اقصى تصرفه

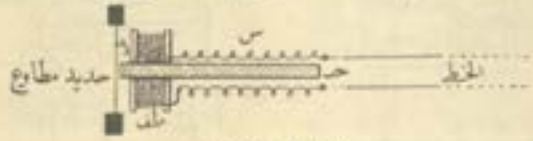
تمرين

١ — اذا استخدم مولد كهربائى فى نقل الطاقة الى مسافة كيلومتر وكانت قدرته ٢٠ حصاناً وقوته المحركة ١٥٠٠ فولت وما يفقد من الطاقة

فى السلك الموصل بين المحطين ١٠٪ فما ثمن وما مقطع السلك النحاسى الواجب استعماله فى نقل التيار ذهاباً وإياباً اذا كانت كثافة النحاس ٨٫٨ وثمن الطنلانه منه ٣٠ جنيهاً

﴿ التليفون ﴾

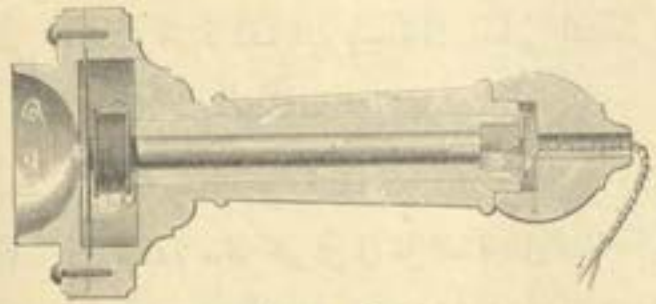
٢٥٤ — تليفون هراهم بل Graham Bell — يمكن استعمال هذا التليفون فى المحادثة بين شخصين بينهما مسافة كبيرة . وهو يتركب من قرص رقيق من الحديد المطاوع (شكل ٢٣٣) وراءه قضيب



(شكل ٢٣٣)

مغناطيسى ش ح يحيط بطرفه ش ملف صغير يتصل طرفا سلكه الدقيق بسلكين موصولين بطرفى سلك جهاز آخر يشبه الأول تماماً ويستعمل على أنه مستقبل فى حين أن الأول يستعمل على أنه مرسل

فاذا تكلم شخص أمام فوهة المرسل ه (شكل ٢٣٤) وصلت

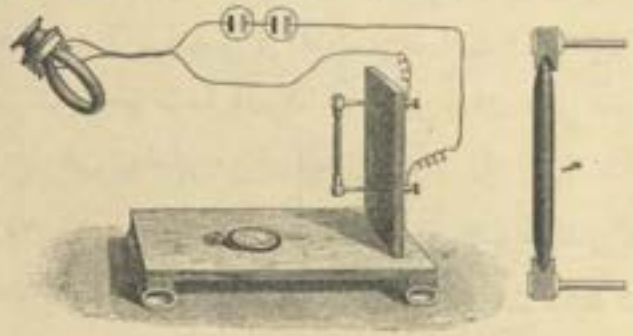


(شكل ٢٣٤)

التذبذبات الناشئة عن صوته الى القرص الذى يغير تمغنط المغناطيس كلما اقترب أو ابتعد عنه فتتولد تيارات فى سلك الملف يختلف اتجاهها على التوالى بطريقة مستمرة فتسرى هذه التيارات المتتالية فى السلك الموصل ومتى وصلت الى سلك ملف المستقبل أحدثت فى مغناطيسه نفس التغيرات المغناطيسية التى وقعت فى مغناطيس المرسل وينتج أن التذبذبات التى وقعت فى قرص المرسل تحدث فى قرص المستقبل . فاذ ما وضع شخص آخر فوهة المستقبل قريباً من أذنه سمع بجلاء ووضوح جميع الحديث الذى صدر أمام فوهة المرسل

ومن البدهى أن التهيئة السابقة قابلة للقلب أى أن كلاً من الجهازين يصلح أن يكون مرسلاً ومستقبلاً . وقد ظهر أن شدة التيار الحادث لا تتجاوز بضعة أجزاء من مائة الف جزء متساوية من الأمبير

٢٥٥ — ميكروفون هيوز Hughes – قد ساعد اختراع هذا الميكروفون على ازدياد مدى الصوت ازدياداً فائقاً . وهو يتركب كما فى شكل ٢٣٥ من قلم من فحم المعوجات ح محدد الطرفين تتكئ سناه



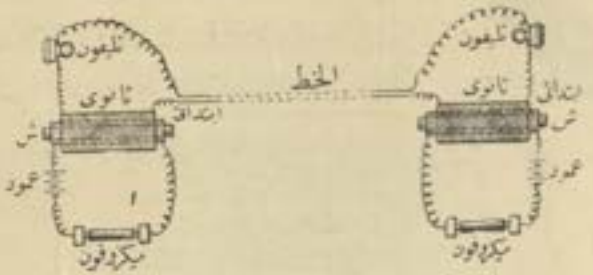
(شكل ٢٣٥)

وهو فى وضع رأسى اتكاء يسيراً على باطن تجويفين قد صنعا فى قطعتين افقيتين من فحم المعوجات . فاذا ما أدمجنا هذه التهيئة ومعها تليفون يبعد عنها نحو عشرة أمتار وأوصلنا أضعف التذبذبات الى اللوح الرقيق المركب عليه الجهاز تذبذب قلم الفحم بين حامليه فتتغير مقاومة الدائرة فيتذبذب تبعاً لذلك قرص التليفون كما سبق بيانه . ويبلغ حس هذه التهيئة حداً يمكننا من سماع الصوت الناتج من احتكاك زغبة ريشة على لوح التليفون ونحن على بعد نحو عشرة أمتار منه هذا الى أنه قد ظهر عملياً أنهُ اذا تكلم شخص أمام اللوح الحامل للميكروفون أعاد التليفون وهو بعيد عنه كلامه بنصه . ومن الواجب وقاية الميكروفون من التذبذبات العرضية الناتجة من كل ما يجاوره ولذلك يوضع على اسطوانات من الصمغ المرن

وينشأ من تغيرات الصوت فى الميكروفون تغيرات فى مقاومة الدائرة الجزئية الخاصة بنفس الجهاز . على أن هذه التغيرات الجزئية لا تؤثر فى مقاومة الدائرة الكلية تأثيراً يترتب عليه تغير شدة التيار الذى يولده العمود اذا كانت المقاومة الكلية السالفة الذكر كبيرة جداً . ولذا كان من المحال استعمال الميكروفون فى المحادثة على مسافات شاسعة لو لم ينوعه إديسن تنويعاً جعله صالحاً لهذه الغاية . فأمكن بذلك تذليل عقبة كان يظن فيما مضى أن تذليلها من غير الممكنات

٢٥٦ — منوع اديسن Edison — ينحصر التنويع المشار اليه آنفاً فى ادماج الميكروفون وأحد ملفى الحث وهو الملف المحث الغليظ السلك فى دائرة العمود ووصل طرفى سلك الملف المحث الدقيق بطرفى السلك

الواصل بين المحطين بعد أن ندمج فيه تليفوناً (شكل ٢٣٦) فيكون



(شكل ٢٣٦)

هناك دائرتان احداهما ابتدائية وهى التى تتأثر بالمرسل الميكروفونى ولا تشمل الاَّ العمود والملف المحث الغليظ السلك وفحم الميكروفون والثانية ثانوية وهى تشمل الملف المحث الدقيق السلك والخط التليفونى بأكمله والمستقبل . ومن حيث أن مقاومة الدائرة الأولى تكون بعد هذا الجمع ضعيفة فان تغيرات الصوت تحدث تغيراً يذكر فى شدة التيار الذى يسرى فيها ويتبع ذلك زيادة قوة الحث زيادة عظيمة لأن تغيرات التيار المحدث لها تكون كبيرة وسريعة جداً (٢٤٧) فتكون النتيجة أن شدة التيار الحادث فى الدائرة الرئيسية ذات قيمة

وجميع المنوعات التى تستعمل الآن فى الخطوط التيليفونية على الصورة المتقدمة

ويستعمل فى الخطوط التيليفونية فى مصر تيليفون اعتيادى على أنه مستقبل وميكروفون على أنه مرسل . ويصنع الميكروفون على أشكال كثيرة يتركب أبسطها وأكثرها استعمالاً من لوح رقيق من خشب الشوح قد ثبت أسفله قطعتان أو ثلاث قطع من فحم المعوجات يرتكز عليها ارتكازاً

خالصاً عدة أقلام من هذا الفحم (شكل ٢٣٧) . وطريقة الاستعمال هى أن يتكلم المحادث وهو امام هذا اللوح بعد أن يضع التيليفون على اذنه

(شكل ٢٣٧)

تمرينات

١ – صف تليفون جراهم بل

٢ – صف ميكروفون هيوز

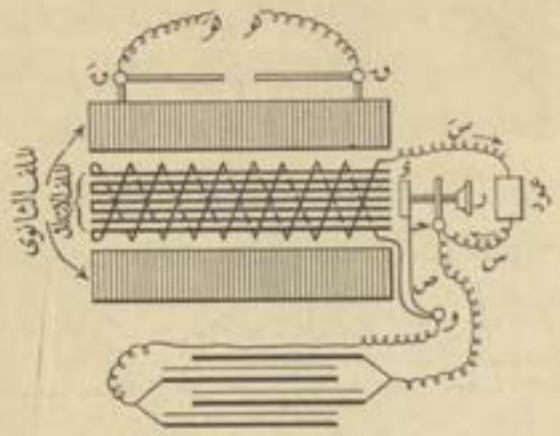
٣ – اذا استعمل الميكروفون على أنه مرسل سمع الصوت من بعد يزيد زيادة عظيمة بخلاف مرسل جراهم بل اذا استعمل لهذا الغرض . فما سبب ذلك

﴿ ملف رمكرف ﴾

٢٥٧ — **تعريف** — ملف رمكرف Ruhmkorff جهاز يستخدم فيه تيار ابتدائى عظيم الشدة ضعيف القلطية للحصول على تيارات قلطيتها عظيمة . ولذا قيل أن ملف رمكرف منوع كهربائى

٢٥٨ — **وصف ملف رمكرف** — يتركب ملف رمكرف من نواة من الحديد المطاوع ودائرة محثة تسمى الدائرة الابتدائية واخرى محثة تسمى الدائرة الثانوية

وتتكون نواة الحديد المطاوع من اسطوانة جوفاء من الخشب أو الورق المقوى (شكل ٢٣٨) بباطنها حزمة من سلوك حديدية تبرز احدى نهايتيها خارج الأنبوبة



(شكل ٢٣٨)

أما الدائرة المحثه أى الابتدائية فتتكون من سلك من النحاس المعزول يتراوح قطره بين ٢٫٥٦٢ مم وطوله بين ٤٠ و ٥٠ م قد لف لفاً حلزونياً على الاسطوانة هذه وغلف بطبقة عازلة

وأما الدائرة المحثة أى الثانوية فتتكون أيضاً من سلك من النحاس المعزول لا يتجاوز قطره $\frac{1}{4}$ المليمتر ويبلغ طوله بضع مئات من آلاف الكيلومترات

ولما كان عدد لفات السلك الثانوى كبيراً جداً تفوق التدفق المغناطيسى خلالها (٢٤٦) وحدث فرق جسيم بين جهدى طرفى السلك

٢٥٩ — **مقطع التيار** — كما مر ى تيار كهربائى فى الدائرة الابتدائية تمغطست النواة الحديدية واشتركت مع التيار المحث فى احداث تيار عكسى فى الدائرة المحثة كما أنه يتولد فى هذه الدائرة تيار محث طردى كما انقطع سريان التيار . ومن السهل جعل دائرة التيار تفتح وتقفل بمقطع

يشبه الذى شرحناه فى الجرس الكهربائى على أن تقوم نواة الحديد المطاوع هنا مقام المغناطيس الكهربائى هناك

فاذا تأملنا فى شكل ٢٣٨ نرى أن دائرة التيار المحث تتركب بعد ادماجها فى دائرة عمود كهربائى من السلك س الآتى من العمود ثم من قاطع ح متصل بقطعة من المعدن ينفذ منها مسمار محوى م تتكئ على سنه صفيحة ص من الصلب يحمل طرفها المقابل للنهاية البارزة من النواة الحديدية مطرقة و من الحديد المطاوع ثم من السلك المحث المتصل أحد طرفيه بالطرف الثانى و من الصفيحة المرنة وطرفه الآخر بالسلك س العائد الى العمود . فاذا أقفلنا الدائرة سرى التيار من ح الى الصفيحة المرنة ثم الى دائرة الملف الابتدائى ثم الى العمود فتتمغنط النواة الحديدية تمغنطاً وقتياً فتجذب المطرقة التى متى ابتعدت عن سن المسمار المحوى انقطع التيار وارتدت الى مكانها فيمر التيار ثانية فتنجذب المطرقة الى نواة الحديد مرة أخرى وهلم جرًّا

ولتجنب اتلاف مقطع التيار من تأثير الشرر الذى يتطاير بين سن المسمار المحوى والمطرقة حين ينقطع التيار تثبت قطعتان من البلاتين فى النقطتين اللتين يقع بينها التقطع

٢٦٠ — **عمل الملف** — كلما مر التيار فى الملف الابتدائى تولد تيار محث عكسى فى الملف الثانوى وكلما انقطع فى الأول تولد تيار محث طردى فى الثانى وكان حينئذ مصير كل من القطبين ن ، ن' المتصلين بطرفى السلك المحث على التوالى موجباً ثم سالباً

فاذا كانت الدائرة المحثة مقفلة على موصل خارجى سرت فى هذا الموصل تيارات دورية متعاقبة يتفق تغير اتجاهها مع تذبذبات المطرقة . أما اذا كانت مفتوحة فيُحدث الفرق الجسيم بين الجهدين فى طرفى السلك تطاير شرر فى غاية الشدة

واذا كان أحد طرفى الموصلين المتصلين بطرفى السلك الثانوى قريباً من الآخر تطاير الشرر من أحدهما ثم من الآخر ولا يكون الأمر كذلك اذا زادت المسافة بينهما اذ قد تبين عملياً أنه فى جميع الأحوال التى يتطاير فيها الشرر الكهربائى بين قطبى ملف رمكرف توجد نهاية عظمى ع للمسافة الفاصلة بينهما يكون فيما دونها تطاير الشرر فى اتجاهين متضادين وفيما فوقها فى اتجاه واحد وهو اتجاه التيار الطردى

يتبين من ذلك أنه اذا كانت المسافة بين القطبين تفوق ع أحدث الملف تياراً منقطعاً قصير الأمد ثابت الاتجاه أى ان أحد قطبى الملف يكون أثناء التفريغ على الدوام موجباً والقطب الثانى سالباً فيمكن حينئذ استعمال الملف فى جميع الأمور التى تستعمل فيها آلات الكهرباء الثابتة الاتزان (٩١) . ومن البدهى أن قطبية التيار الطردى أقوى من قطبية التيار العكسى لأن الزمن الذى ينقطع فيه التيار الابتدائى أقصر من زمن اتصاله (٢٤٧)

٢٦١ — **مكثف فيزو** Fizeau — ذكرنا فيما تقدم أنه فى اللحظة التى ينقطع فيها التيار يتطاير شرر بين المطرقة وسن المسمار المحوى م . وقد اتضح أنه من المفيد تقصير الزمن الذى يتطاير فيه هذا الشرر لأن التقطع يكون حينئذ أكثر مفاجأة وهذا ينشأ منه ازدياد القوة المحركة للتيار المحث

(٢٤٧) كما انه يمنع اتصال الأجزاء التى يتطاير بينها الشرر

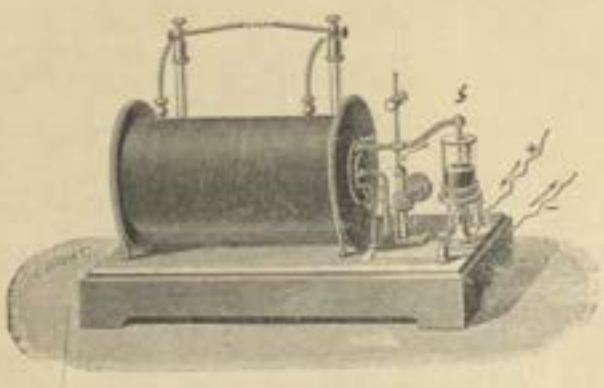
ويتوصل الى ذلك باستعمال مكثف مركب من عدة أوراق من القصدير مفصول بعضها عن بعض بطبقات عازلة من أوراق من الميكا أو الورق المقوى المطلى بالراتنج قد أوصلت الزوجية الوضع منها بواسطة سلك الى النقطة و والفردية الوضع بآخر الى النقطة ح (شكل ٢٣٨) ففى اللحظة التى ينقطع فيها التيار المحث يسرى تيار الحث الذاتى الذى يتولد فى السلك الابتدائى مع التيار الأصلى الى المكثف ويتراكم فيه ولذلك يكون الشرر الذى يتطاير بين المطرقة وسن المسمار المحوى أضعف شدة وأقصر زمناً

ويوضع المكثف غالباً فى درج مصنوع فى حامل الملف

واذا كان ملف رمكرف قوياً جداً كان تطاير الشرر بين سن المسمار المحوى وصفيحة الصلب شديداً حتى يصبح معها استعمال المكثف عديم الفائدة . فيستعمل حينئذ مقطع آخر ابتدعه فوكو

مقطع فوكو Foucault — ينقطع التيار فى هذا المقطع بين ساق محددة الطرف من البلاتين وبين سطح مقدار من الزئبق ينغمس فيه هذا الطرف (شكل ٢٣٩) ولكى يكون النقطع فجائياً يغطى الزئبق بطبقة عازلة من زيت البترول

وتحدث حركات الساق البلاتينية المتتالية صعوداً وهبوطاً لأن النواة الحديدية ح تجذب كلما مر التيار فى الملف الابتدائى الطرف ب من رافعة ب ء قد ثبتت الساق المشار اليها فى طرفها الاخر ء



(شكل ٢٣٩)

ويبلغ طول الشرارات فى الملفات الصغيرة نحو خمسة سنتيمترات وقد يبلغ فى الكبيرة خمسين سنتيمتراً

٢٦٢ — **استعمالات ملف رمكرف** — اذا وضعنا احدى يدينا على على أحد قطبى ملف رمكرف ويدنا الأخرى على قطبه الآخر كان الانقباض الذى نشعر به خفيفاً فى اللحظة التى تقفل فيها الدائرة الابتدائية وشديداً فى اللحظة التى تفتح فيها . وتستعمل الملفات الصغيرة الحجم فى الطب لاحداث انقباض فى العضلات وكذلك فى المحركات التفرقعية لاحداث الشرر الذى يلهب المخلوط المفرقع

وتستعمل الملفات المتوسطة الحجم فى المعامل الدراسية فى دروس الكيمياء لإحداث بعض التفاعلات الكيمياوية

وقد صار لملفات رمكرف فى السنين الأخيرة أهمية عظيمة من الوجهتين العلمية والصناعية . اذ أنها تستخدم فى احداث التذبذبات الكهربائية وجميع ظواهر التفريغ فى الغازات المخلخلة

تمرينات

١ – صف ملف رمكرف

٢ – هل لمقطع التيار فى ملف رمكرف أهمية كبيرة

٣ – ما ميزات نتائج التيارات الثانوية التى تتولد حين فتح دائرة التيار الابتدائى والتى تتولد حين اقفالها

٤ – هل لكل من قطبى ملف رمكرف خواص يخالف فيها قطبه الآخر . واذا ثبتت هذه المخالفة فما سببها ومتى تستوفى الشروط لحدوثها

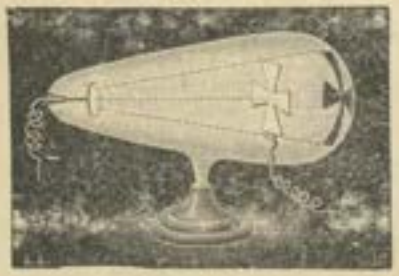
الباب الثانى

﴿ أشعة المهبط والأشعة السينية ﴾

٢٦٣ — **أشعة المهبط** — تقدم أن ملف رمكرف يصلح للاستعمال فى جميع الأحوال التى تستخدم فيها الآلات المولدة للكهرباء الثابتة الاتزان (٢٦٠) على أن مميزاته الأخرى التى ينفرد بها تجعله يفضل هذه الآلات ولذلك ينبغى الاقتصار على استعماله فى التجارب الآتية (راجع ٩١)

٢٦٤ — **خواص أشعة المهبط** — اشعة المهبط هى الأشعة الصادرة من مهبط أنبوبة كركس . فتحدث فى المنطقة المقابلة له لمعانا ذا لون أخضر ضارباً الى الصفرة (تدريب ١٢٠) وأهم خواص هذه الأشعة هى

أولاً — **تنتشر أشعة المهبط على اتجاهات مستقيمة عمودية على سطح صيمز جدار الأنبوبة المقابل له** . ويستخدم فى اثبات هذه الخاصة احدى أنابيب كركس المركب فى باطنها بين مسرى الهبوط المستوى السطح وجدارها صليب من الألمنيم (شكل ٢٤٠) فبعد أن نصل بين سلكى الأنبوبة وقطبى



(شكل ٢٤٠)

ملف رمكرف نرى أن الصليب يعترض سريان الأشعة ويتكون له ظل واضح على الجدار المقابل له

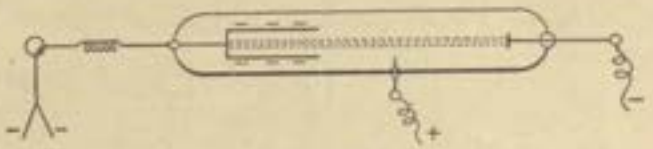
ثانياً — اذا سقطت أشعة المهبط على بعض الأجسام كالماس والكبريتورات والأكاسيد القلوية الأرضية أكسبتها توهجا فصفوريا ودليل ذلك أنه اذا كان أحد هذه الأجسام فى مركز مهبط كرى مقعر رأينا أنه يكتسب هذا التوهج

ثالثاً — ترفع أشعة المهبط درجة حرارة الجواجز اذا تجمعت عليها. ودليل ذلك أنه اذا وضعت صفيحة صغيرة من البلاتين فى مركز مهبط كرى مقعر شوهد ارتفاع درجة حرارتها الى درجة الاحمرار

رابعاً — تحدث أشعة المهبط ظواهر ميكانيكية — لاثبات ذلك يعتاض عن صفيحة البلاتين هذه مروحة صغيرة ذات أجنحة فترى أنها تدور عند سقوط أشعة المهبط على أحد جانبيها

خامساً — تحدث أشعة المهبط تفاعلات كيمياوية اختزالية فى الاجسام المركبة التى تصادمها — ودليل ذلك أنه اذا استعملت احدى أنابيب كركس المصنوعة من البلور اسود جدارها المقابل للمهبط لفصل الرصاص المعدنى من البلور

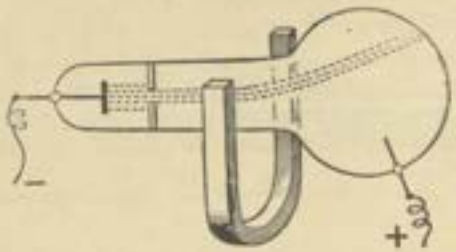
سادساً — أشعة المهبط مكهربة كهربة سالبة — لاثبات صحة هذا الحكم نستخدم انبوبة فى باطنها اسطوانة من المعدن متصلة بكشاف كهربائى (شكل ٢٤١). فمتى وصلت الى الاسطوانة الأشعة المتوازية



(شكل ٢٤١)

الصادرة اليها من مهبط مستوى السطح شاهدنا انفراج ورقتى الكشاف الذى يتبين ان شحنته سالبة

سابعاً — تنحرف أشعة المهبط بتأثير المجال المغناطيسى — تتحقق ذلك بتقريب مغناطيس (شكل ٢٤٢) من أنبوبة كركس فتشاهد



(شكل ٢٤٢)

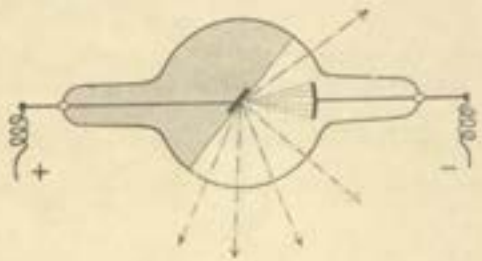
أن أشعة المهبط تنحرف فى الجهة التى تنحرف فيها التيارات التى تنقل شحنات سالبة صادرة من المهبط. وقد حملت الخاصتان الأخيرتان العلماء على الظن بأن أشعة المهبط مكونة من دقائق مادية مشحونة كهرباء سالبة تتحرك بسرعة عظيمة أطلقوا عليها اسم كهارب

ثامناً — تؤثر أشعة المهبط فى الفلزات فتجعلها جيدة التوصيل للكهرباء — لاثبات ذلك نوجه هذه الأشعة نحو كشاف مكهرب فنشاهد أنه يفقد كهرباءه

تاسعاً — لا تنفذ أشعة المهبط من الزجاج لكنها تنفذ من الألمنيوم اذا كان رقيقا (٠٫١ مم)

٢٦٥ — تكوين الأشعة السينية — كل معترض يعترض سير أشعة المهبط يصبح مجالاً لاصدار أشعة أخرى مخالفة فى الخواص لهذه الأشعة تسمى « الأشعة السينية »

ويستخدم لبيان هذه الخاصة أنبوبة من انابيب كركس المسماة بالأنابيب البورية وهى أنابيب قد صنع مهبطها كما فى (شكل ٢٤٣) من مرآة



الاشعة السينية
(شكل ٢٤٣)

كرية صغيرة مقعرة ومعترض الأشعة الصادرة منه من صفيحة صغيرة من البلاتين مارة بمركز المرآة مائلة على الشعاع الأوسط ومكونة لمسرى الصعود . فمتى وصلنا سلكى الأنبوبة بقطبى ملف رمكرف أصبح سطح المعترض مستقراً لصدور أشعة سينية مظلمة تنتشر فى جميع الجهات غير أنها حين سقوطها على جدار الأنبوبة تكسبه توهجاً فصفوريا شديداً ذا لون أخضر ضارب الى الصفرة . وبهذا يقسم المستوى المار بسطح

المعترض جدار الأنبوبة قسمين يلمع أحدهما لمعاناً ساطعاً ويكون الآخر مظلماً حالكاً

وهناك أجسام أخرى غير الزجاج تكسبها الأشعة السينية التوهج السالف الذكر نخص بالذكر منها سيانور البريم البلاتينى . والدليل على ذلك أننا اذا قربنا أنبوبة بورية من لوح مغطى بطبقة منه ظهر عليه التوهج الفصفورى السالف الذكر

نستنبط من ذلك أن الأشعة السينية تنفذ من الزجاج . وقد ثبت أيضاً أنها تخترق أجساماً أخرى اختراقاً أقل مما سبق وذلك كالخشب والورق واللحم وبعض المعادن

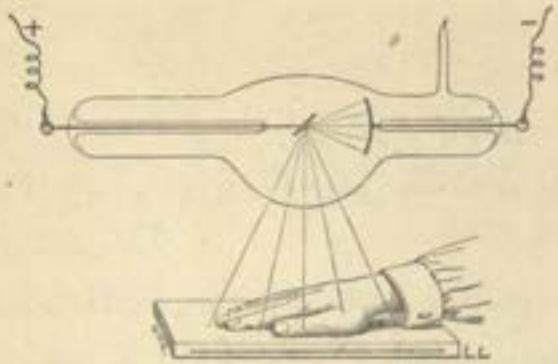
فاذا وضعنا قطعة من الحديد فيما بين أنبوبة بورية وحاجز مطلى بسيانور البَرْيم البلاتينى فى غرفة مظلمة استضاء الحاجز وظهر على سطحه المضاء رسم واضح مظلم لهذه القطعة وتكفى هذه التجربة للدلالة على أن الأشعة السينية تنتشر فى اتجاهات مستقيمة

وقد ظهر أن الصورة الحادثة تكون اكثر وضوحاً كلما صغر سطح المعترض ولذلك يوضع فى مركز المهبط الكرى الشكل

ولقد ترتب على تأثير الأشعة السينية فى ألواح التصوير الشمسى ونفوذها من بعض الأجسام أن صار من السهل فحص كل ما اختفى وراء هذه الأجسام ومنها باطن جسم الانسان بطريقة حديثة انتشرت انتشاراً عظيماً لما تؤديه من الآثار الجليلة فى أمور كثيرة نخص بالذكر منها الابحاث الطبية

فاذا أردنا مثلاً تكوين صورة لهيكل يد نضع لوحا فوتوغرافياً داخل

ملزمة ونعرضها لأشعة أنبوبة بورية (شكل ٢٤٤) . بضع ثوان وبعدئذ



(شكل ٢٤٤)

يمكن اظهار الصورة على اللوح بالطرق المتبعة فى التصوير الشمسى فتظهر كما هو واضح فى (شكل ٢٤٥)

(شكل ٢٤٥)

وقد سميت طريقة التصوير هذه « التصوير الشعاعى »

وتتفق الأشعة السينية وأشعة ما وراء البنفسجى فيما يأتى

ا – انتشارهما على خطوط مستقيمة

ب – جعل بعض الأجسام التى تسقط عليها متوهجة

حـ – تأثيرها فى املاح الفضة

كما أنها تختلف عنها فيما يأتى

ا – عدم انعكاس الأشعة السينية

ب – عدم انكسار الأشعة السينية مهما كان المنفذ الذى تمر فيه

ولا تتأثر الأشعة السينية بالمجال المغناطيسى ولا بالمجال الكهربائى . ويظهر من هذه الخاصة ان الأشعة السينية ليست مكونة كأشعة المهبط المحدثة لها من دقائق مادية مكهربة

وتؤثر الأشعة السينية فى الغازات فتجعلها جيدة التوصيل للكهرباء . فاذا قربنا كشافا مكهربا من أنبوبة بورية بعد وصلها بقطبى ملف رمكرف فقد كهرباءه من فوره

٢٦٦ – أشعة بكرل Becquerel والرَّدْيم – قد توصل الأستاذ بكرل الى العلم أن الأورنيم ومركباته تنتشر منها أشعة تؤثر فى ألواح التصوير الشمسى وتفرغ شحنات الكشافات المكهربة . ثم جاء بعده الاستاذ كورى Curie وزوجته واستخرجا من نفس المعدن الذى يستخرج منه الأورَنْيم معدناً جديداً سمياه الرَّدْيمُ به جميع خواص الأورنيم وتفوق قوة تأثيره قوة تأثير الأورنيم بنحو ٣٠٠٠٠٠ مرة

أما اشعاع الرَّديم فهو معقد لأنه يحدث

أولاً – أشعة سينية لايؤثر فيها المجال المغناطيسى

ثانياً – أشعة يؤثر فيها المجال المغناطيسى تأثيره فى أشعة المهبط

ثالثاً – أشعة يؤثر فيها المجال المغناطيسى تأثيراً مضاداً لتأثيره فى اشعة المهبط وسيكون البحث فى خواص اشعاع الرَّديم مهما فى التطبيقات العملية وفى ايضاح كثير من النظريات العلمية ولكن حداثة عهده وصعوبة البحث فى خواصه تمنعنا من زيادة الخوض فيه

تمرينات

١ – صف كلاً من الأجهزة الآتية ووضح الفرق بين خواصها

أولاً – أنبوبة جسلر . ثانياً – أنبوبة كروكس . ثالثاً – الأنبوبة البورية

٢ – اشرح معنى كل من المصطلحات الآتية

أولاً – أشعة المهبط . ثانياً – الأشعة السينية. ثالثاً – التصوير الشعاعى

٣ – ما أوجه الاختلاف بين خواص الأشعة السينية وأشعة المهبط

٤ – فيم تتفق خواص الأشعة السينية وخواص الأشعة التى وراء البنفسجى وفيم تختلف

الباب الثالث

﴿ التلغراف اللاسلكى ﴾

٢٦٧ — **التذبذب المائى** — نفرض أنائين يختلف ارتفاع سطح الماء فيهما وقد اتصل أحدهما بالآخر بأنبوبة ضيقة مركب عليها صنبور . فمتى فتح الصنبور سرى الماء ببطء من أحدهما الى الآخر على طريق الانبوبة وانتهى الأمر تدريجاً باستواء سطحه فى الانائين أما الطاقة فتنصرف تدريجاً فى مقاومة الاحتكاك الواقع من جدر الأنبوبة الضيقة

أما اذا كان الانائان متصلين بأنبوبة قصيرة واسعة وفتح الصنبور فان الماء يهبط فجأة فى الأناء الذى يكون فيه سطح الماء أكثر ارتفاعاً ويرتفع فى الآخر ولما كان الاحتكاك فى هذه الحالة لايستنفد الا جزءاً يسيراً جداً من الطاقة كان السائل حافظاً لمعظم طاقته بعد أن يستوى سطح الماء فى الانائين فيستمر فى الارتفاع الى أن يحصل فرق جديد بين مستوى سطحيه فيهما يساوى تقريباً الفرق بينهما قبل فتح الصنبور ولذلك يعود الى الهبوط ثانية ويقع ما وقع فى المرة الأولى ولايستوى سطح الماء الا بعد حصول عدة تذبذبات يأخذ اتساعها فى التناقص تبعاً لنقص الطاقة الأولية بتأثير الاحتكاك . وهذا ما يعبر عنه بالتذبذب المائى

٢٦٨ — **التفريغ الكهربائى التذبذبى** — يمكن ايضاح التذبذبات التى تحدث أثناء التفريغ الكهربائى بطريقة تشابه كل التشابه الطريقة السابقة

فاذا حصل تفريغ فى ملف رمكرف بوساطة سلك طويل دقيق غير ملتف على نفسه كانت الشرارة وحيدة والتفريغ مستمراً على نسق واحد . أما اذا كان التفريغ خلال سلك قليل المقاومة بأن كان قصيرا غليظا فيكون التفريغ تذبذبياً. وقد تبين أنه يمكن الحصول على النتيجة الأخيرة بطريقة أتم اذا كان السلك ملتفاً على نفسه مراراً. ومن الممكن بيان شدة تيار التفريغ بخط بيانى تناسب أحد اثباته الافقية الازمنة وأحداثياته الرأسية الشدات المتتالية فنحصل على منحن كالمرسوم فى (شكل ٢٤٦) نعلم منه أن التذبذب ينتهى سريعا

(شكل ٢٤٦)

٢٦٩ — **الأمواج الكهربائية** – يقع دائماً حول كل جهاز تحصل فيه هذه التذبذبات السريعة ظواهر حَث تزيد شدتها تبعاً لسرعة تغير المجال (٢٤٧) ولذلك يقال أنه يسرى فى الجو المحيط بالجهاز أمواج كهربائية منشؤها التفريغ التذبذبى السابق شرحه

ومن أبسط الطرق المستعملة لبيان الأمواج الكهربائية الطريقة التى ابتدعها برَنلى Branly

٢٧٠ — **الموصل الشعاعى لبرنلى** – يتركب هذا الموصل من أنبوبة من الزجاج بها مقدار من برادة الحديد محصور بدون ضغط بين مكبسين متصلين بوساطة ساقين من المعدن بزرى ضغط مركبين فى طرفى الأنبوبة (شكل ٢٤٧) فاذا أدمجنا هذه الأنبوبة مع جلفانومتر فى دائرة تيار

(شكل ٢٤٧)

تبين لنا من مقدار انحراف إبرة الجلفانومتر أن شدة التيار الذى يسرى فى الدائرة ضعيفة جداً . وفى هذا دلالة على أن برادة الحديد تعترض سير التيار لمقاومتها العظيمة

وقد ثبت عملياً أن الجلفانومتر المدمج فى هذه الدائرة يدل فجأة على زيادة كبيرة فى شدة التيار اذا صادمت الأنبوبة أمواج كهربائية . وهذا دليل على أن مقاومة برادة الحديد تنقص نقصاً كبيراً بتأثير الأمواج الكهربائية

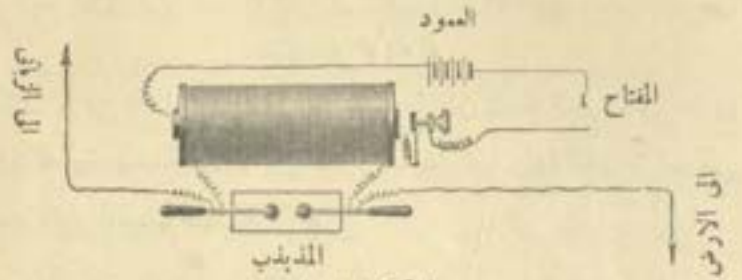
على ان برادة الحديد تظل موصلة للكهرباء بعد وقف الأمواج المحثة لها ولا يزول هذا التوصيل الاّ اذا قرعت الأنبوبة قرعة خفيفة ولكنه يعود ويظهر ثانية متى عادت الامواج فصدمتها

نرى مما سبق أننا اذا أدمجنا موصلاً شعاعياً فى دائرة تيار حصلنا على مستقبل شديد الحس للأمواج الشديدة

٢٧٢ — **دائرة التلغراف اللاسلكى** — ان الفائدة العظيمة التى نجمت عن ابتداع الموصل الشعاعى هى استخدامه فى التلغراف اللاسلكى وذلك أن يستعمل فى كلا المحطين ملف رمكرف فمتى أحدث أمواجاً كهربائية بتأثير الشرر المتطاير بين كرتين متصلتين بقطبيه يطلق عليهما

لفظ المذبذب انتشرت هذه الأمواج فى الهواء ومتى وصلت الى محط الاستقبال صادمت موصلاً شعاعياً يستخدم على أنه مستقبل

وتتركب دائرة الارسال كما فى (شكل ٢٤٨) من ملف رمكرف قوى

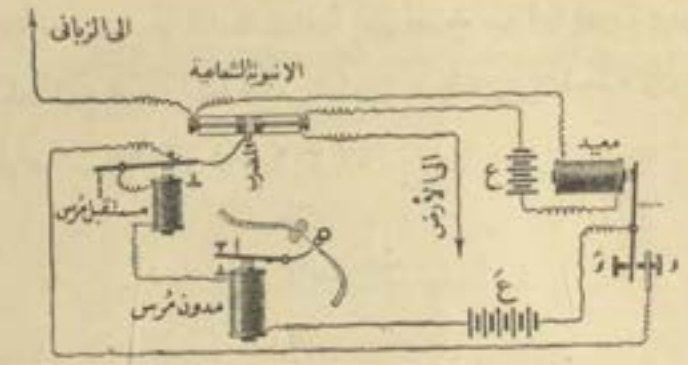


(شكل ٢٤٨)

ومن مقطع يشبه تماماً مفتاح مرس . فاذا ما ضغطنا هذا المفتاح سرى تيار عمود مكون من عدة مراكم فى السلك الابتدائى من الملف وتطاير الشرر بين كرتى المذبذب. فتتولد أمواج كهربائية طويلة الأمد أو قصيرته على حسب الارادة تنتشر فى الهواء بسرعة تساوى ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر فى الثانيـة ويتصل كما هو واضح فى الشكل أحد قطبى الملف بالأرض وطرفه الآخر بسارية رأسية طويلة تسمى زبانى الارسال

وتتركب دائرة المستقبل (شكل ٢٤٩) من أنبوبة شعاعية يتصل أحد زريها بالأرض والآخر بزبانى رأسى يسمى زبانى الاستقبال تصل على طريقه الأمواج التى يلتقطها الى الموصل الشعاعى وفوق ذلك فقد أدمج هذا الموصل فى دائرة أخرى تشمل عموداً كهربائياً ع ومغناطيساً كهربائياً يعمل على أنه معيد

وفى الوقت المعتاد يكون تيار العمود ع غير كاف للتأثير فى المغناطيس



(شكل ٢٤٩)

الكهربائى لعدم جودة توصيل برادة الحديد للكهرباء ولكنـه متى أثرت موجة كهربائية فى الأنبوبة نقصت مقاومة برادة الحديد وزادت شدة التيار فيجذب المغناطيس طرف ذراع الرافعة الذى أمامه فتنطبق ذراعها الأخرى على طرف المسمار المحوى د فتقفل دائرة العمود ع وينترتب على ذلك تحرك رافعة مستقبل مرس والمضرب المتصل بها فيدون مدون مرس الموجة ولما كانت دائرة العمود ع تفتح من فورها لزم أن تعود رافعة المستقبل الى مكانها فيطرق المضرب الأنبوبة بخفة فتعود اليها مقاومتها الأولى فيقف سريان تيار العمود ع الى أن تصل موجة ثانية وهلم جرا

ومتى وصل الى الموصل الشعاعى أمواج متتالية طويلة الأمد (ويقع ذلك اذا ضغط على مفتاح مرس زمناً طويلاً) دوّن مدون مرس على شريط الورق نقطاً متتالية يقرب بعضها من بعض الى درجة يظهر معها

أنها خط متصل أما اذا كانت المدة التى يضغط عليه فيها قصيرة فيكون الخط الناتج قصيراً أيضاً فيمكن استعمال حروف مرس الهجائية لتدوين المراسلات المتبادلة (شكل ٢١٦)

تمرينات

١ – ما هو المذبذب الكهربائى

٢ – صف الموصل الشعاعى وأذكر خواصه

٣ – بين بالرسم مستقبل تلغراف لاسلكى وأشرح عمله

﴿ تمّ بعون الله ﴾

فهرست الجزء الثالث من كتاب خلاصة الطبيعة الحديثة

المبحث الأول

التوازن والتوتر الكهربائيان

	الصفحة		الصفحة
الظواهر الاساسية	٣	المكثفات	٦٨
توزيع الكهرباء على الموصلات	٢١	آلات الكهرباء الثابتة الاتزان	٨٦
التأثير الكهربائى	٣٢	التفريغ الكهربائى	٩٧
الجهد الكهربائى	٤٥	الكهربائية الجوية	١٠٧
السعة الكهربائية	٦٢		

المبحث الثانى

التيارات الكهربائية وخواصها

قانون أوم	١١٦	تطبيقات التحلل	١٧٥
تطبيقات قانون أوم	١٣٥	الاعمدة الكهربائية	١٧٩
طاقة التيارات وقانون جول	١٤٦	المراكم وتطبيقاتها	١٩٦
التأثير الكيمياوى للتيارات	١٦٢	الاعمدة الحرارية الكهربائية	٢٠٠

المبحث الثالث

المغناطيس

الظواهر الاساسية	٢٠٦	المجال المغناطيسى لمغناطيس	٢٣٤
المجال المغناطيسى الارضى	٢٢٠		

المبحث الرابع

التيارات الكهربائية والمغناطيس

	الصفحة		الصفحة
المجال المغناطيسى للتيارات	٢٤٣	التمغنط بالتيارات	٢٧٥
تطبيقات تأثير التيارات فى المغناطيس	٢٥٣	تطبيقات المغناطيس الكهربائى	٢٧٧
تأثير المجال المغناطيسى فى التيارات	٢٦٣	التلغراف	٢٧٨
تطبيقات تأثير المغناطيس فى التيارات	٢٦٧		

المبحث الخامس

الحث الكهربائى

القوانين العامة للحث الكهربائى	٢٨٨	ملف ومكرف	٣٠٦
تطبيقات تيارات الحث	٢٩٧	أشعة الهبط والاشعة السينية	٣١٣
التليفون	٢٠٢	التلغراف اللاسلكى	٣٢١

اصـــلاح

صفحة	سطر	خطـــأ	صـــواب
١٩	١٧	جسمين	بين جسمين
٣٠	٦	يعد من	يعد م سم من
٣٥	١١	محنت	محنث
٥٤	١٤	هبط الماء	هبط منسوب الماء
٧١	٤	س هـ	س هـ
٧٢	٦	وثبت أيضاً أنه	تنقل الى أول السطر
٧٨	١٤	الداخلية	الخارجية
٧٨	١٤	الخارجية	الداخلية
٨٤	٩	$\frac{ب}{ب}$	$\frac{ب}{ب}$
١٠٤	١١	الاحراق	الاهاب
١٠٤	١٢	»	»
١١١	٤	القعقية	العقيقة
١٢٥	٢	ه ه	ه ه
١٢٥	٤	إ ب	ه ه
١٢٦	١٧	ب	ف
١٢٨	١٦	أقل	أصغر
١٣٤	يرجأ حل التمرينين ٨ و ١٠ الى ما بعد الابتداء فى حل تمارين صفحة ١٤٣		
١٦٦	١٠	القطب	المسرى
١٦٦	١٥	المنحدر	المهبط
١٧٠	١١	الانحدار	الهبوط
١٧٢	١٣	ى ر × جم	ى × ر جم
١٨٠	١٦	النحاس	النهاس
١٨٩	٨	حامض	ط حامض
١٩٥	٩	١٨و١ مب	١٨و٨ مب
١٩٨	١	يغمر	يبغمر
٢٠٠	٤	البلاتين	الابونيت
٢١٦	٢	(١٦٩)	(١٧٠)
٢١٧	١٦	ذلك	دلك
٢٣٣	يستعاض فى التمرينات ١ ، ٢ ، ٣ عن لفظة البصلة (بيت الابرة)		
٢٨٠	١٢ ، ١٤	س	س
٢٨٩	١٩	مقبلة	مقفلة
٣٠٤	٣	أمتار	أمتار فى دائرة تيار