

الباب الثاني

التطور التاريخي لفروع الفيزياء التقليدية في عصر التنوير العلمي

في هذا الباب سوف ندرس التطور التاريخي لفروع الفيزياء التقليدية وهي:

- 1- الميكانيكا
- 2- البصريات
- 3- الصوتيات
- 4- الحرارة والديناميكا الحرارية
- 5- الكهربيه والمغناطيسيه
- 6- الظواهر الالكترونييه والاشعاعيه

وذلك بدءاً من القرن السابع عشر الميلادي وحتى نهاية القرن التاسع عشر، وهي تلك الفترة التي يطلق عليها عادة (عصر الثورة العلميه)، والتي جاءت بعد عصر النهضة مباشرة والذي بدأت تظهر فيه ببطء بعض ملامح تلك الفروع غير أنه ابتداء من القرن السابع عشر فقد اتسعت المعلومات وزادت التجارب والملاحظات، واتضحت الملامح الخاصة بتلك الفروع كما نراها اليوم، وسندرس ذلك بالتفصيل فيما يلي:

أولاً علم الميكانيكا

(أ)- الميكانيكا في القرن السابع عشر:

(i)- بحوث هيجنز في علم الميكانيكا:

لقد كان كريستيان هيجنز C.Haygen (1629-1690) وهو عالم هولندي أقام في باريس مدة من الزمان كان فيها تحت رعاية الملك لويس الرابع عشر، وهو من علماء القرن السابع عشر الذين لهم فضل في وضع أسس علم الميكانيكا الحديث، فقد قام أثناء وجوده في باريس بمباحثته المشهوره في علم الميكانيكا ونذكر منها اختراعه الساعه ذات البنود (الرقاص) ونشر سنة 1658 ووصف التركيبها، وله رساله سنة 1669 إلى الجمعيه الملكيه بلندن تبحث في تصادم الاجسام المرنة، بين فيها القوانين التي ينقاد إليها تصادم هذه الاجسام، غير أن أهم إنجازاته في علم الميكانيكا هو كتاب نشره سنة 1673 ضمنه بحوثه في علم الميكانيكا والتي لم يسبقه إليها أحد، ومن مباحث هذا الكتاب دراسة حركة البنود والقوانين الخاصه بالقوة المركزيه والحركه المستديرة للاجسام وقياس سرعة الدوران للاجسام عند نقاط مختلفه من سطح الأرض، ومنها سقوط الاجسام عند خط الاستواء حيث سرعة الدوارن أكبر منها عند أي نقطة أخرى علي سطح الأرض.

(ii)- إنجازات اسحق نيوتن في علم الميكانيكا، وتأسيسه لعلم الديناميكا:

أما السير اسحق نيوتن I.Newton (1642-1727) فهو الفارس الذي قدم الكثير من الانجازات في الميكانيكا والفاك في القرن السابع عشر بدون منازع، وقام بنشر آرائه وافكاره في كتابه الشهير المعروف باسم البرنسيبيا (principia) أو (الأسس الرياضيه للفلسفه الطبيعيه) الذي نشر عام 1687. وفي هذا الكتاب الخطير عرض نيوتن قوانينه الثلاثه المشهوره في علم الميكانيكا، ومن هذه القوانين استطاع نيوتن تعريف القوة والكتله وتوضيح الفرق بين الكتله والوزن (أي قوة جذب الأرض للجسم) وكذلك قانون حفظ (أوبقاء أو ثبوت) كمية الحركه.

وإضافة إلى هذه القوانين قدم نيوتن في كتابه هذا، قانون الجذب العام الذي ينص علي أن أي جسمين يتجاذبان فيما بينهما بقوة تتناسب مع حاصل ضرب كتلتي الجسمين طردياً، ومع مربع المسافة بينهما عكسياً، ولذلك أطلق علي هذا القانون (قانون التربيع العكسي)، واستطاع نيوتن بفضل هذا القانون تفسير عدة ظواهر طبيعيه وحسب قيمة عجلة الجاذبييه الأرضيه علي سطح الأرض ووجدها نفس القيمه التي توصل إليها جاليليو من قبله تجريبياً.

وكان أهم إنجاز قدمه نيوتن في تلك الفترة هو توحيد قوي الجاذبية التي كانت معروفة حينئذ حيث كانت هناك قوتان : قوة الجاذبية الأرضية ( بينالأجسام والأرض) وقوة الجاذبية السماوية (بين الأرض والأجرام السماوية كالقمر والكواكب)

فجاء نيوتن ليوحد القوتين في قوة واحدة هي قوة الجاذبية التي تخضع لقانون الجذب العام . ويعتبر ذلك أول توحيد لقوي ذات مجال معين في تاريخ العلم . وبذلك يمكن القول بأن نيوتن هو المؤسس الفعلي لعلم الديناميكا الحديث في القرن السابع عشر.

### (iii) تقدم علم السوائل الساكنة (الهيدروستاتيكا) في القرن السابع عشر :

ومن الإنجازات التي تمت في علم توازن السوائل (الهيدروستاتيكا) في القرن السابع عشر البحوث التي قام بها العالم الإيطالي تورشيللي E.Torricelli (١٦٠٨-١٦٤٧) عن اندفاع المياه خلال فتحة ضيقة في قاع الإناء الذي يحتوي على الماء، ووضع في ذلك نظرية مشهورة معروفة باسمه، واستدل من تجاربه بأن السرعة التي يتدفق بها الماء تتناسب مع الجذر التربيعي لارتفاع سطح السائل عن موضع الفتحة . ولتورشيللي أيضا مباحث خاصة بالضغط الجوي واستنبط طريقة بقياس بها هذا الضغط الذي مثله بقوة تترن مع ثقل عمود من الزئبق .

أما الفضل الأكبر في تقدم علم السوائل الساكنة فيرجع إلى العالم الفرنسي بليز باسكال B.Pascal (1623 — 1662) بحيث يمكن القول بأنه المؤسس الفعلي لعلم اتزان السوائل ، فقد وضع كتابا في اتزان السوائل عام 1653 نشر بعد وفاته واحتوي على كثير من المبادئ الأساسية في هذا العلم، وقد بينها بوضوح تام ، وشرح التجارب المعملة التي يستدل بها على صحتها، ويرجع لباسكال كشفه عن القاعدة الخاصة بانتقال الضغط في جميع أجزاء السوائل وهي معروفة باسمه ولباسكال أيضا بحوث خاصة بضغط السوائل أجراها عام ١٦٦٤ حين بلغه نبأ تجارب تورشيللي في هذا الخصوص ، واتضح لباسكال أن للجو ضغطا وان الضغط الجوي يقل كلما زاد الارتفاع .

### (iv) - دراسة خواص الفراغ (الخلاء) وقانون بويل - ماريوت:

ومن علماء القرن السابع عشر الذين بحثوا في خواص الفراغ أو الخلاء (space) بعد أن اخترع الألماني أوتوفون O.vonGuericke (١٦٠٢-١٦٨٦) مفرغة الهواء والتي نشرها في كتابه الذي ألفه عام ١٦٦٣، ونذكر: الانجليزي روبرت بويل R.Byle (١٦٢٧-١٦٩١) الذي صنع لنفسه مفرغة هواء مثل التي اخترعها جريك وأجري بواسطتها

تجارب جمعها في كتاب نشره سنة ١٦٦٠، وبين في أحد هذه التجارب أن الاجسام تسقط في الفراغ بسرعه واحدة ، ووضع بويل قانونه المشهور الذي يربط بين حجم الهواء (أو الغاز) وضغطه ، والذي يقرر أن الضغط يتناسب تناسيا عكسيا مع الحجم، وقد توصل العالم الفرنسي إدمي ماريوت E.Mariotte (١٦٢٠—١٦٨٤) احد مؤسسي الأكاديمية الفرنسية للعلوم عام ١٦٦٠، إلى نفس قانون بويل وذلك عام ١٦٧٤ بتجارب أجراها مؤكدا فيها ما توصل إليه بويل من أن ضغط الغاز يتناسب مع حجمه تناسيا عكسيا ، ولذلك يطلق على هذا القانون أحيانا، قانون بويل - ماريوت .

### (ب)- الميكانيكا في القرن الثامن عشر :

#### (i) - نشوء فكرة طاقة الحركة :

إذا انتقلنا إلى القرن الثامن عشر ، نجد أن أهم الإنجازات التي تمت فيه في مجال الميكانيكا هو نشوء وتطور فكرة طاقة الحركة طبقا لجان دالمبير J.DAlembert (١٧١٧-١٧٨٣) العالم الرياضي الفرنسي في كتابه المشهور في الديناميكا الذي ظهر سنة ١٧٤٣ والذي أكد فيه أن طاقة الحركة التي تدل على مقدرة الجسم على التحرك تساوي حاصل ضرب نصف الكتلة في مربع السرعه ، مصححا بذلك ما قاله جوتفريد ليبنتز G.Liebnitz (١٦٤٦-١٧١٦)

الفيلسوف والرياضي الألماني من أن تلك الكمية ( وكان لينتزر يسميها بالقوة المحركة ) تساوي حاصل ضرب الكتلة في مربع سرعه.

**(ii)- تجارب كافندينش لتعيين عجلة الجاذبية وتجارب أتود في الحركة الدورانية للأجسام :**

وخلال هذا القرن أيضا أجريت بعض التجارب الخاصة بتعيين عجلة الجاذبية وكان أهمها تجارب العالم الانجليزي هنري كافندينش H.Cavendish (1731-1810) والتي نشرها عام 1798 واستدل فيها عمليا علي صحة قانون الجاذبية الذي وضعه نيوتن بتجربة مشهورة قدر فيها ما يعرف بثابت الجاذبية، وهو مقدار قوة التجاذب بين جسمين كتلة كل منهما الوحدة والبعد بينهما الوحدة ايضا .

كما أجريت في هذا القرن أيضا تجارب بواسطة الانجليزي جورج أتود G.Atwood (1746-1807) علي منظومات ميكانيكية تشتمل علي بكرات وأتقال كان لها أثر كبير في توضيح قوانين نيوتن في الحركة وقد ضمنها كتابا له بعنوان (حول الحركة المستقيمة والدورانية للأجسام) نشر حوالي عام 1786.

**(iii)- ظهور الميكانيكا التحليلية :**

ومن الإنجازات الهامة التي تمت في هذا القرن أيضا معالجة قوانين نيوتن بطريقة رياضية جديدة أخذت فيها هذه القوانين صيغة عامه ومتجانسه، وكان الفضل الاكبر في ذلك للرياضي الفرنسي جوزيف لاجرانج J.Lagrange (1736-1813) ، حيث وضع لاجرانج مدخلا جديدا لدراسة حركة الاجسام بمعادلات جديده عرفت باسمه وأطلق علي هذا المدخل الجديد إسم الميكانيكا التحليلية ، وهو اسم الكتاب الذي نشر فيه لاجرانج معادلاته سنة 1788.

**(ج)- الميكانيكا في القرن التاسع عشر:**

**(i) بحوث هاملتون في الميكانيكا التحليلية :**

كان من اهم الاتجازات في علم الميكانيكا في القرن التاسع عشر هو الاسلوب الذي قدمه السير وليام هاملتون W.Hamilton (1805-1865) الرياضي والفلكي الانجليزي في كتابه (طرق عامه في علم الديناميكا ) والذي نشر سنة 1835 ، ووضع فيه معادلات جديده (عرفت باسمه) لدراسة حركة الاجسام في الميكانيكا التحليلية التي قام بوضع أسسها جوزيف لاجرانج قبل ذلك بنحو نصف قرن .

**(ii)- اكتشاف العلاقة بين الشغل وطافه الحركة ومبدأ حفظ الطاقة :**

كذلك فإن جوستاف كوريوليس G.Coriolis (1792-1843) الرياضي الفرنسي الذي درس معادلات الحركة للأجسام المتحركة ووافق دالمبيرت بأن مقدرة الجسم علي التحرك والتي أسماها لينتزر قبل ذلك بالقوة المحركة وقال أنها تساوي حاصل ضرب الكتله في مربع السرعه، غير أن دالمبيرت أطلق عليها إسم طاقة الحركة وقال أنها تساوي حاصل ضرب نصف الكتله في مربع السرعه، وأدخل كوريوليس مصطلح الشغل (work) وقال أنه يساوي حاصل ضرب القوة في المسافة وقال أن الشغل الذي يعمل في الدقيقه يكون مساويا لطافه الحركة .

وكان الاتجاز الأهم أيضا في علم الميكانيكا في القرن التاسع عشر هو إدخال وتطوير مبدأ حفظ الطاقة، وقد بانث خطورة معني الطاقه والشغل من البحوث الحراريه التي أجريت بعد ذلك وسياتي ذكرها لاحقا والتي تم فيها وصف طبيعة الحرارة كنوع من انواع الطاقة مما أدى إلي ظهور علم الديناميكا الحراريه (Thermodynamic) والذي يدرس العلاقة بين الحرارة والشغل (أو الطاقه) والذي كان له تطبيقات هامه في تطوير الآلات البخارية في خدمة الصناعه والانسان .

ثانياً: علم الضوء (البصريات)

(أ) علم الضوء في القرن السابع عشر :

(i) اختراع التلسكوب واكتشاف قانون الانكسار في الضوء:

كان أول ما استحدثته الأوربيون في البصريات مع بداية القرن السابع عشر هو اختراعهم للتلسكوب الذي قام به صانع نظارات هولندي يدعي هانز ليبرشي H.Lippershai (1587-1619) ، وذلك عام 1608 ، ولم يبلغ نبأ هذا الاختراع جاليليو حاول أن يصنع تلسكوباً يتميز عن التلسكوب البدائي الذي اخترعه ليبرشي، وتوصل جاليليو عام 1609 أن يصنع التلسكوب المعروف الآن اسمه (تلسكوب جاليليو)، واستعمله جاليليو في النظر إلى السماء ورؤية أجرامها، حيث كشف بواسطته أقمار كوكب المشتري، وكشف كذلك أوجه الزهرة ، ورأى بواسطته أيضاً بعض السدم والنجوم التي لم ترى من قبل .

وقد بلغ كبر اختراع هذه الآلات فحاول في كتاب له في البصريات نشره سنة 1611 أن يشرح نظرية التلسكوب، ولكنه لم يوفق لعدم علمه بقوانين الانكسار التي لم تكتشف إلا عام 1621 على يد الرياضي والفلكي الدنمركي ولبورن سنيل W.Snell (1591-1626) في بحث له نص على العلاقة بين زاوية السقوط وزاوية الانكسار بطريقة هندسية، وقد استطاع الرياضي الفرنسي بيير دي فيرما P.de Fermat (1601-1665) إثبات قانون الانكسار على أساس قاعدة وضعها تعرف بقاعدة (أقصر الأوقات Least-Time) وهي تتلخص في أن الضوء يستغرق في الانتقال من نقطة إلى أخرى أقصر زمن ممكن .

(ii) اكتشاف ظاهرة تفرق أو تحليل الضوء:

وقد أضاف السير إسحق نيوتن إضافات هامة في علم الضوء، كان أهمها بحوثه في تحليل الضوء، ويقصد به تحليل أشعة الضوء عند نفاذها خلال منشور ثلاثي من الزجاج، وأثبت بذلك أن ضوء الشمس يتكون من أشعة مختلفة تتحرف عند الانكسار بمقادير (أو زوايا) مختلفة تختلف باختلاف ألوانها، فانحراف الأشعة الزرقاء عند نفاذها من عدسة محدبة مثلاً يكون أكبر من انحراف الأشعة الحمراء وهكذا، وأجرى في ذلك تجرجه مشهوره باسم تجربة القرص الملون، أثبت فيها أن ضوء الشمس ليس ضوءاً بسيطاً وإنما هو ضوء مركب من العديد من المركبات أهمها الألوان السبعة المعروفة، وأنه إذا تجمعت هذه المركبات يحدث من تجمعها ضوء أبيض، ونشر نيوتن في ذلك بحثه المشهور عام 1672 تحت اسم ( نظره جديده في الضوء واللون ) .

وقد استغل نيوتن ظاهرة تفرق (أو تحليل) الضوء عند نفاذه من العدسات في صنع أول تلسكوب يعتمد على تلك الظاهرة وذلك عام 1668 .

(iii) اكتشاف ظواهر الحيود والانكسار المزدوج والاستقطاب للأشعة الضوئية:

ومن الظواهر التي تم اكتشافها في القرن السابع عشر حيود الموجات الضوئية (Differaction)، وقد ظهرت لأول مره في كتاب نشر عام 1665 (بسمه) في علم الضوء) من تأليف العالم الإيطالي فرانسيس جريمالدي F.Grimaldi (1619-1663) حيث أثبت بالتجربة أن أشعة الضوء تحيد عن الاستقامة قليلاً عند نفاذها من ثقب ضيق، ومن تلك الظواهر أيضاً ظاهرة الانكسار المزدوج التي اكتشفها عام 1670 العالم الدنمركي إرازمس بارثولين E.Bartholinus (1625-1698) الأستاذ بجامعة كوبنهاجن حيث اكتشف حدوث الانكسار المزدوج في نوع معين من البلورات وذلك حين ظهر للجسم المفرد عند انكسار الضوء فيها صورتان بدلاً من صورة واحدة كما في الحالات المعتادة .

وقد قام الهولندي كريستيان هيجنز C.Haygens (1629-1695) بدراسة خواص كل من الشعاعين المنكسرين الحادثين في ظاهرة الانكسار المزدوج ، فرأى أن أحدهما ينقاد لقانوني الانكسار ، ويسمى الشعاع المعتاد والثاني لاينقاد لهما ويسمى الشعاع غير المعتاد .

ثم درس تأثير نفاذ كل منهما في بلورة أخرى، واستخلص بالتجربهما يعرف بظاهرة الاستقطاب (polarization) في الضوء، وكان ذلك حوالي سنة 1675.

#### (iv) اكتشاف السرعة المحدود للضوء وأول تعيين لها:

ومن الإنجازات الهامة في النصف الأخير من القرن السابع عشر الكشف عن السرعة المحدودة للضوء وأن سرعة الضوء ليست لانتهائية كما كان يظن ، وقد اكتشف ذلك الفلكي الدنمركي أولاف رومر O.Roemer (1644-1710) حين كان يعمل في أعمال الرصد الفلكي بمرصد باريس من خلال مشاهداته التي أجراها على أحد أقمار كوكب المشتري واستطاع بها تحديد قيمة سرعة الضوء، وقد أعلن رومر سنة 1676 الأكاديمية الفرنسية للعلوم بمشاهداته وبالنتيجة التي توصل إليها وهي اكتشاف أن للضوء سرعة محدودة وليست لانتهائية، وقد استدعا ملك الدنمرك بعد هذا الكشف للعودة إلى بلاده وعينه استاذاً لعلم الفلك بجامعة كوبنهاجن.

#### (v) ظهور نظريتي الطبيعة الموجية والطبيعة الجسيمية لموجات الضوء :

غير أن التطور الأهم بخصوص الضوء في القرن السابع عشر هو ظهور مبدأ تكون النظرية الموجية في طبيعة الضوء على يدى الهولندي كريستيان هيجنز مكتشف ظاهرة الاستقطاب. فقد وضع هيجنز أساس تلك النظرية والتي مؤداها أن الضوء ينتشر في الفراغ على هيئة موجات متقلبة تتبع من مصدر الاهتزاز ثم تنتقل كموجات كروية في جميع الاتجاهات، وقد استطاع هيجنز بذلك شرح وتفسير ظاهرة انكسار الضوء التي عزاها إلى اختلاف سرعات الموجات الضوئية بين الوسطين، وكذلك بعض الظواهر الأخرى مثل الانعكاس والانكسار المزدوج ولكنه فشل في تفسير بعض الظواهر مثل انتشار الضوء في خطوط مستقيمة أو ظاهرة الاستقطاب التي كان هو قد اكتشفها قبل ذلك.

وقد تقدم هيجنز بنظريته تلك إلى الأكاديمية الفرنسية في محاضرة القاها عام 1678، كما نشرها بالتفصيل في كتاب له بعنوان ( بحث عن الضوء ) نشر عام 1690.

وكان للسير اسحق نيوتن (الذي كان معاصراً لهيجنز)، رأى آخر بشأن طبيعة الضوء، فقد قدم نيوتن ما سمي بالنظرية الجسيمية للضوء في بحث نشره عام 1670، وفصلها بعد ذلك في كتاب نشره عام 1704 وه كتابه المشهور ( البصريات ).

ومؤدى هذه النظرية أن الضوء يتكون من جسيمات ضوئية متغيرة تتبعه من المصدر وتنتشر في جميع الاتجاهات، وذلك في خطوط مستقيمة، وقد شرح نيوتن بنظريته تلك عددا من الظواهر مثل ظاهرة الانتشار في خطوط مستقيمة وظاهرة الانكسار والانعكاس، وظاهرة الحيود، ولكنه وجد صعوبة في تفسير عدد آخر من الظواهر .

#### (ب) علم الضوء في القرن الثامن عشر:

##### اكتشاف ظاهرة الريح الضوئية:

لم يحدث تقدم يذكر في مجال الضوء في القرن الثامن عشر، سوى بعض الاكتشافات نذكر منها:

اكتشاف ظاهرة الريح الضوئية التي اكتشفها جيمس برادلي (J. Bradley) (1693-1762) الفلكي الإنجليزي المشهور ذلك عام 1727، وجاء اكتشافها عرضاً فقد كان برادلي بصدد صنع تلسكوب فلكي قوى لاستخدامها في لأرصاء والكشوف الفلكية وذلك بالاشتراك مع صديقه الفلكي الإنجليزي صمويل موليونو S.Molyneux (1689-1728) الذي كان يجرى أبحاثه في مرصد اتخذته لنفسه في لندن

ثم استقل برادلي بأبحاثه حيث اتخذ تلسكوبا خاصا في بيته ، واكتشف به تلك الظاهرة، والتي استخدمها برادلي في تحديد قيمة سرعة الضوء، واتفقت القيمة التي حصل عليها برادلي مع القيمة التي توصل إليها رومر من قبل بمشاهداته التي أجراها على أحد أقمار المشتري .

### (ج) علم الضوء في القرن التاسع عشر:

وبدخول القرن التاسع عشر حدث نشاط ملحوظ في مجال البحوث الفيزيائية بعد فترة الركود التي سادت القرن الثامن عشر، وسندرس فيما يلي باختصار أهم الإنجازات والاكتشافات التي حدثت في مجال علم الضوء في ذلك القرن .

#### (i) اكتشاف الأشعة تحت الحمراء – التأثير الحراري للضوء:

حيث تم الكشف من وجود أشعة خارجة عن منطقة الطيف المرئي (وهي المنطقة التي تشتمل على أطوال موجية يمكن لعين الانسان الاحساس بها، وكان أول تلك الكشوف الكشف الخاص بالأشعة تحت الحمراء والذي توصل اليه الفلكي الانجليزي وليام هرشل W.Herschell (1738-1822) مكتشف كوكب اورانوس عام 1781، وكان يشغل منصب الفلكي الملكي عند جورج الثالث ملك إنجلترا، وقد أعلن هرشل كشفه لتلك الأشعة سنة 1800 أثناء دراسته للتأثيرات الحرارية للطيف الشمسي باستخدام ترمومتر خاص، حيث وجد هرشل أن درجة الحرارة تزيد بصورة واضحة عندما يوضع الترمومتر في المنطقة السابقة للحمراء (تحت الحمراء)، وأطلق عليها هرشل في البداية (بسم) الأشعة الحرارية)، وكان ذلك بداية لدراسة ما يعرف بالتأثير الحراري للضوء .

#### (ii) اكتشاف الأشعة فوق البنفسجية – التأثير الكيميائي للضوء:

وحدث ذلك في أواخر القرن الثامن عشر حيث اكتشف العالم الكيميائي السويدي وليام شيل w.scheele (1742-1786) التأثير الكيميائي للضوء في تجارب أجراها سنة 1788 حيث لاحظ تحلل بعض مركبات الفضة بتأثير تعرضها للضوء، واتضح لشيل أن هذا التأثير الكيميائي للضوء يكون في الطرف البنفسجي أشد كثيرا منها في الطرف الأحمر، وكان هذا ايدانا بالكشف عن الأشعة فوق البنفسجية الذي أعلن عنه بصورة مؤكدة بعد إجرائه تجارب عدة، العالم الألماني جوهان ريتير J.Ritter (1766-1810) وذلك في مستهل القرن التاسع عشر (عام 1801).

#### (i) تقدم البحث في موضع الاشعاع الحرارى .

وقد تقدم البحث في موضوع الاشعاع الحرارى في القرن التاسع عشر تقدما كبيرا ، منذ بداياته حيث نشر العالم الرياضى والفيزيائى الاسكتلندى جون ليزلى J.Leslie (1732-1766) بحوثه وتجاربه فى الاشعاع الحرارى فى كتاب نشره سنة 1804، وكان جل بحوثه يدور حول ابتعاث الاجسام المختلفة للاشعاع الحرارى وامتصاصها له وانعكاس الاشعاع الحرارى عن سطوحها، ودلت تجاربه وبحوثه على ان الاجسام شديدة الامتصاص للاشعاع الحرارى تكون شديدة الابتعاث له، وأن الاجسام المعدنية المصقولة تعكسه بكثره وهى قليلة الابتعاث، قليلة الامتصاص له .

وتابع البحث فى موضوع الاشعاع الحرارى كل من: الايطالى ماسينيوملوني M.Melloni (1798-1854) حيث أثبت أن طبيعة تلك الاشعة هى من نفس طبيعة الاشعة الضوئية ونشر ذلك فى كتاب له عام 1850، والاييرلندى جون تندال J.Tendall (1820-1893) الذى أثبت عام 1865 أن بعض المواد وخاصة الغازات لها قدره عاليه على امتصاص الاشعاع الحرارى واصداره عند تسخينها

ووجد تندال أيضا أن الغازات المركبة تمتص جزءا من الاشعاع الحرارى النافذ فيها، وأن هذا الامتصاص يزداد كما يزداد اصدارها) كلما زاد تعقد جزيئاتها .

#### (iv) اكتشاف ظاهرة التداخل وأبحاث فرينيل حول ظاهرة الحيود:

وفي مجال طبيعة الضوء تم إحياء النظرية الموجية ( نظرية هيجنز) بعد فترة إهمال سادت القرن الثامن عشر، ويرجع الفضل في هذا الإحياء إلى أعمال العالم الانجليزي توماس يونج T.Young (1773-1829) الذي اكتشف حدوث التداخل في الضوء (Interference) في رسالة عنوانها: ( نظريه الضوء والألوان) نشرتها مجلة الجمعية الملكية سنة 1801،

وبين في هذه الرسالة الفكرة الأساسية في تداخل الموجات، فإذا تداخلت موجتان كانت نتيجة تداخلهما أن الإزاحة النهائية تكون المجموع الجبري للإزاحة الناشئة عن إحدى الموجتين والإزاحة الناشئة عن الأخرى كل على حده .

وفي عام 1815 قدم الفرنسي أوجستين فرينيل A.Fresnel (1788-1827) سلسلة من المباحث في الضوء جاءت مؤيدة للنظرية الموجية لهيجنز، وقام بتفسير انتشار الضوء في خطوط مستقيمة على أساس هذه النظرية ، كما قام بعدة ابحاث حول ظاهرة الحيود، وشرح حدوث حلقات الحيود التي تظهر عندما يوضع سلك رفيع في مسار الأشعة الصادرة عن فتحة ضيقة موازية له .

وفي عام 1817 اكتشف توماس يونج الخاصية الهامة للموجات الضوئية بأنها موجات مستعرضة بمعنى ان حركة الجسيمات المهتزة تكون عمودية على مسار الشعاع .

#### (v) نتائج البحوث الخاصة بظاهرة الاستقطاب:

وبدأت تلك البحوث باكتشاف ظاهرة دوران مستوي الاستقطاب التي يحدث فيها ظهور ألوان زاهية عند نفاذ الضوء المستقطب في بعض البلورات ، وكان ذلك على يد العالم الفرنسي دومنيك أراجو D.Arago (1786-1853) سنة 1811، وقد اخترع أراجو في تلك الفترة أيضا الجهاز المعروف بالبولاريسكوب الذي يستخدم في هذه دراسة الظاهرة .

وكان الفرنسي إتين مالو E.Malus (1775-1812) قد اكتشف قبل ذلك بعامين (سنة 1809) ظاهرة الاستقطاب الحادث بالانعكاس .

كما أكتشف الاسكتلندي السير دافيد بروستر D.Brwster (1781-1868) بعض الظواهر المتعلقة بالاستقطاب والانكسار المزدوج ، وتوصل عام 1815، بعد دراسة الاستقطاب الحادث بالانعكاس إلى كشف وجود علاقة بين معامل انكسار الضوء في الوسط الذي ينعكس عن سطحه الضوء المستقطب، وزاوية الاستقطاب، وهي زاوية السقوط التي تجعل الشعاع المنعكس مستقطباً، وعرفت هذه العلاقة باسمه (علاقة بروستر) .

#### (vi) تطور عمليات قياس سرعة الضوء: تطورت طرق قياس سرعة الضوء في القرن التاسع عشر وازدادت دقة

النتائج التي تم الوصول اليها، وكان الفرنسي هيبوليت فيزو H.Fizeau (1819-1896) أول من استطاع قياس سرعة الضوء بتجربة عملية اجراها بالقرب من باريس ونشر نتائجها سنة 1849 وجاءت متفقة مع القيمة التي استنبطها رومر وعزها من بعده براندلي كما سبق ذكره .

كما أن جان برنار فوكو J.B.Foucault (1819-1868) الفيزيائي الفرنسي، الذي اخترع جهازا دقيقا لفحص العدسات، استطاع أيضا قياس سرعة الضوء في تجربة أجراها عام 1853 .

(vii) منشأ علم التحليل الطيفي وإتساع البحث فيه في القرن التاسع عشر:

ومن أهم البحوث الضوئية خلال القرن التاسع عشر البحوث الخاصة بالتحليل الطيفي، وقد بدأت باكتشاف العالم الألماني جوزيف فرونهوفر J.Fraunhofer (1787-1826) للخطوط المظلمة في طيف الشمس، وهي الخطوط المعروفة باسمه الآن (خطوط فرونهوفر)، استطاع قياس الأطوال الموجية لتلك الخطوط عام 1815، وكان ذلك هو بداية نشأة علم التحليل الطيفي (Spectral Analysis) .

وقد أخذت المعلومات الخاصة بهذا العلم تتسع تدريجيا لتشمل المناطق غير المرئية من الطيف (تحت الحمراء وفوق البنفسجية) .

وكان العالم الرياضي الفيزيائي الإنجليزي جورج ستوكس G.Stokes (1819-1903) هو أول من أوضح وجود خطوط مظلمة في الجزء فوق البنفسجي من طيف الشمس كخطوط فرونهوفر التي تظهر في الجزء المضئ منه وكان ذلك عام 1852.

وكان أهم عالمين تركا أثرا لاينسي في علم التحليل الطيفي هما الألمانيان : جوستاف كيرشوف G.Kirchhoff (1824-1887) وأستاذ الفيزياء بجامعة هيدلبرج، وروبرت بنزن R.Bunsen (1811-1899) أستاذ الكيمياء بنفس الجامعة، وقد بدءا بحوثهما عام 1859 وتوصلا إلى نتائج عملية غاية في الأهمية منها: اكتشاف الطيف الانبعاثي والطيف الامتصاصي للمواد، فإن كل مادة عندما تتحول إلى الحالة الغازية وترتفع درجة حرارتها تعطى نمطا معيناً من الخطوط الطيفية المضيئة هي الطيف الانبعاثي لهذه المادة، كما أن وجود غاز في طريق شعاع مايوردي إلى ظهور نمط من الخطوط الطيفية القاتمة عند تحليل طيف هذا الإشعاع ، يسمى هذا النمط بالطيف الامتصاصي للغاز ، واستنتج كيرشوف أيضا أن الطيف الامتصاصي في أشعة الشمس يعبر عن وجود العناصر المكونه للغلاف الجوي الشمسي، ونظرا لدرجة حرارة الشمس المرتفعة فإن هذه العناصر تكون موجودة في حالتها الغازية هناك، وبهذه الطريقة استنتج كيرشوف وجود عناصر مثل الحديد والنحاس والنيكل والزنك والصوديوم وغيرها في الغلاف الجوي الشمسي .

ثالثاً - علم الصوت (السمعيات)

أ- علم الصوت في القرن السابع عشر :

(i) إن أول من بحث بحثاً جديراً بالذكر في علم الصوت في القرن السابع عشر هو العالم الرياضي والفيلسوف الفرنسي مارين ميرسين M.Mersenne (1648-1588) حيث وضع كتاباً سنة 1636 في (الموسيقى والآلات الموسيقية) تناول فيه العديد من المعلومات القيمة في علم الصوت منها أن النغمة التي يحدثها وتر ليست صوتاً خالصاً ولكن يصحب هذا الصوت الأساسى للوتر صوتان آخران، فكان بذلك من أسبق العلماء في كشف ما يعرف بالانتلافات (overtones) في علم الصوت، كما كان ميرسين من السابقين إلي قياس سرعة الصوت عملياً، وبين أن سرعة الصوت في الهواء تكاد تكون ثابتة لا تختلف باختلاف شدته أو درجته وتساوي تقريباً 1142 قدماً في الثانية .

(ii) وفي حوالي منتصف القرن السابع عشر أجرى الفيزيائي الانجليزي وليام نوبل W.Noble (1618-1681) وكان أستاذاً بأكسفورد تجاربهامة في موضوع الرنين، وكان نوبل رائداً في دراسة تآلفات (Harmonics) الأوتار المهتزة وبين نوبل أن الوتر المشدور يهتز بتأثير نغمة تساوي درجتها درجة الصوت الأساسى للوتر أو تكون أضعاف درجته، وفيهذه الحالة ينقسم الوتر (أو السلك) أثناء اهتزازة أقساماً بحيث توجد عليه مواضع تكاد تكون ثابتة لا تتذبذب (العقد)، وأخري تكون فيها الحركة التذبذبية شديدة (البطون) .

ب- علم الصوت في القرن الثامن عشر :

لم يتقدم علم الصوت تقدماً محسوساً في القرن الثامن عشر، فكانت البحوث في هذا العلم في ذلك القرن نادرة ، ونذكر منها أبحاث العالم الفرنسي جوزيف سوفير J.Sauveur (1716-1653) الذي أجرى بعض المباحث الصوتية الخاصة باهتزاز الأوتار، والكشف عن ظاهرة الضربات (Beats) ، كما أجرى تجارب في قياس التردد كانت علي جانب كبير من الدقة ، ونشرها حوالي عام 1703.

ج- علم الصوت في القرن التاسع عشر :

(i) تجارب إيجاد سرعة الصوت في الاجسام الصلبة والغازات:-

أخذ علم الصوت بأخذ مكانه كفرع من فروع علم الفيزياء في القرن التاسع عشر، ويرجع الفضل الأكبر في ذلك إلي الفيزيائي الألماني إرنست كلادني E.Chladni (1827-1756) الذي يلقب أحياناً إقراراً بفضلله فيكون علم الصوت (بأبي السمعيات) وقد ابتدأ كلادني بحوثه بدراسة عملية اهتزاز الأوتار والقضبان والصفائح وتوجها بعرض تجاربه علي الاكاديميه الفرنسيه سنة 1809، وشملت تلك التجارب اهتزاز الصفائح عند الطرق حيث يتغير الصوت الحادث نتيجة الطرق بتغير مواضع الطرق، وكذلك الاهتزازات العرضية للقضبان، وبين مواضع العقد والبطون، كما درس كلادني الاهتزازات الطولية للأوتار والقضبان، وطبق تلك الاهتزازات لتقدير سرعة الصوت في الاجسام الصلبة

، كما قدر أيضا سرعة الصوت في الغازات استخدم فيها أنبوبه خاصه مملأها علي التوالي بغازات مختلفه .

(iii) - تجارب إيجاد سرعة الصوت في السوائل :

وفي القرن التاسع عشر أيضا أجري جين كولادن J.Colladon (1802-1893) المهندس السويسري وأستاذ الميكانيكا بجامعة جنيف، تجارب خاصه بقبالية انضغاط السوائل وخاصة الماء، والتي كان أول من أثبتها هانز أورستد H.Oersted (1777-1851) الفيزيائي الدنمركي الشهير عام 1822، حيث أثبت أن السوائل قابله للانضغاط ، وترتبط هذه الخاصية بموضوع انتقال الصوت في السوائل، حيث أنه إذا كانت السوائل غير قابله للانضغاط فمن المستحيل تنتشر فيها الموجات الصوتية، وقد استطاع كولادن عام 1837 أن يقيس عمليا سرعة الصوت في الماء، ووجد أن تلك السرعة تساوي 1435 مترا في الثانية.

(iii) - منشآت تجارب قياس درجة الصوت في القرن التاسع عشر :

وشهد القرن التاسع عشر أيضا منشأ المباحث العملية لقياس درجة الصوت ، ومن أشهر العلماء الذين قاموا بتلك المباحث نذكر:

فليكس سافار F.Savart (1791-1841) الفيزيائي والطبيب الفرنسي الذي اخترع آلة صوتيه لتحديد درجة الصوت (عدد الذبذبات في الثانية) التي تقابل النغمات المختلفه، وكذلك كانيارديلاتور C.delatoer (1777-1859) الفيزيائي والمهندس الفرنسي الذي كان رائدا في دراسة الموجات الصوتيه في الأوساط المختلفه، واخترع آلة نفخ وصفارة استعملها في تحديد عدد الذبذبات التي تقابل كل نغمة صوتيه (موسيقية).

(vi) - اكتشاف ظاهرة دوبلر في الصوت:

ومن الكشوف الهامة التي تمت في أوسط القرن التاسع عشر أن درجة الصوت أوجدته تتوقف علي حركة مصدر الصوت بالإضافة إلي الشخص الذي يسمعه فإذا كانت هذه الحركة حركة إقبال بمعنى أن الشخص أو مصدر الصوت يتحرك أحدهما نحو الآخر فإن درجة الصوت المسموع تكون أكثر حدة ، وإذا كانت الحركة حركة إديار بمعنى أن أحدهما يتحرك بعيدا عن الآخر كانت درجة الصوت المسموع أكثر غلظه .

وأول من بين هذه الظاهره هو جوهانز دوبلر J.Doppler (1803-1853) الفيزيائي والرياضي النمساوي، في رسالة نشرها سنة 1842 ، وبين فيها حدوث الظاهرة في الضوء أيضا .

وقد حقق الهولندي كريستوفر بايس - بالو C.Bays-Ballot (1817-1890) مدير معهد الأرصاد الجويه في أوترخت بهولندا، ظاهرة دوبلر ، من وجهتها الصوتيه وذلك بتجارب أجراها سنة 1845 في قطار متحرك ، فإذا أصغى إنسان وهو في هذا القطار إلي صوت ناقوس يدق في محطة ، فإن درجة الصوت عند إقبال القطار تسمع أكثر حدة ، وعند إدياره تسمع أغلظ ، كما أنه إذا أصغى إنسان واقف إلي صوت صفارة قطار يتحرك ، فإن درجة الصوت تسمع أكثر حدة عند إقبال القطار نحوه ووتسمع أغلظ عند إدياره عنه .

(vii) - بحوث هلمهولتز في علم الصوت:

ومن أهم بحوث العالم الألماني الكبير هيرمان فون هلمهولتز H.VonHelmholtz (1821-1894) - الذي اشتهر ببحوثه في البصريات و السمعيات والرياضيات والميكانيكا النظرية والكهربيه والمغناطسيه وغيرها - في علم الصوت والتي ضمنها مؤلفه في (الصوت) ونشره بالألمانيه سنه 1863،

نذكر بحوثه في تحليل الأصوات، واختلافها من حيث النوع، ومسألة أنتلاف النغمات ، وتداخلها مع بعضها ، ومسألة حدوث الأصوات المرافقه وموداها أنه قد يسمع عند حدوث صوتين خالصين مختلفي الدرجه صوت خالص آخر تساوي درجته الفرق بين درجتى الصوتين، ومن إنجازات هلمهولتز في علم الصوت أيضا وضعه لنظرية ضربات الصوت عام 1859 .

ولما كان هلمهولتز في الاساس متخصصا في علم الفسيولوجيا (وظائف الأعضاء) وكان أستاذاً لعلم التشريح ببرلين، ففي مجال الصوتيات الفسيولوجيه أدخل هلمهولتز نظريته المعروفة (بنظريه الرنين في السمع) .

رابعاً: الحرارة والديناميكا الحرارية

(أ) علم الحرارة ونشأته في القرن السابع عشر :

يعتبر علم الحرارة من الفروع الحديثة نوعاً ما في الفيزياء فهو لم يبدأ من العصور القديمة مثل الميكانيكا التي بدأت في العصر الاسكندري، أو الضوء (البصريات) الذي وضع الكثير من مبادئه في عصر الحضارة الإسلامية، وقد ابتدأت دراسة علم الحرارة دراسه علميه بعد عصر النهضة ، وكانت أول خطوة في نشأة علم الحرارة بمعناه الحديث هو اختراع الترمومترات (موازين الحرارة)، ويرجع الفضل فيه إلي جاليليو الذي اخترع في أوائل القرن السابع عشر (حوالي سنة 1610) أول جهاز من نوعه ، يدل علي تغير درجة الحرارة، وقد فكر عدد من العلماء في إصلاح هذا الترمومتر البدائي بادخال تدريج لبيبين درجة الحرارة، وذلك باتخاذ نقطتين ثابتتين إحداهما تقابل درجة حرارة الجليد والأخري تقابل درجة حرارة الأجسام، علي أن يقسم البعد بين هاتين النقطتين إلي أقسام متساوية، وقد حبذ كريستيان هيجنز سنة 1665 اتخاذ النقطتين الثابتتين هما نقطة انصهار الجليد ونقطة غليان الماء .

وكان أول كتاب ذكرت فيه الترمومترات وغيرها من الأجهزة المستخدمة في القياسات الحرارية هو كتاب نشر عام 1695 ألفه العالم الفرنسي جيلوم أمونتون G.Amontons (1705-1663) الذي قام بقياس درجات الحرارة بواسطة ترمومتر هوائي كانت الاولي من نوعها، ونشر أمونتون رسالتين ضمنهما بحثه في علم الحرارة وخصوصاً قياسه لدرجات الحرارة وذلك سنتي 1703، 1702 في أوائل القرن الثامن عشر.

(ب) علم الحرارة في القرن الثامن عشر :

(i) أختراع الترمومترات ونشوء مقاييس درجة الحرارة :

أدت بحوث أمونتون إلي قيام الفيزيائي الألماني جبرييل فهرنهيت G.Fahrenheit (1736-1686) بدراسة والبحث في موضوع الترمومترات وصنعها ، وكان أهم اختراع له عام 1715 هو الترمومتر الزئبقي ومقياس فهرنهيت لدرجات الحرارة ، وشاع استخدام ترمومتر فهرنهيت في انجلترا وهولندا ، ومعظم الدول التي يتكلم أهلها بالانجليزيه ولا يزال شائعاً حتي اليوم.

وفي هذا المقياس فان درجة 96 فهرنهيت هي درجة حرارة جسم الانسان في حالة الصحة الجيدة .

وقد اتبع الفيزيائي الفرنسي رنيه دي ريومر R.deReaumur (1757-1683) طريقة اخري في تدريج الترمومتر حيث أتم عام 1731 الترمومتر المعروف باسمه (ترمومتر ريومر) وكان مصنوعاً من الكحول، وكان مدرجاً بين درجة الصفر (نقطة تجمد الماء) كمبدأ للقياس، وكانت نقطة غليان الماء علي هذا الترمومتر مقابله لدرجة 80 ريومر.

أما المقياس المنوي الشائع للاستعمال حالياً فكان أول من فكر فيه العالم الفلكي السويدي أندرسلسزيوس A.celsius (1744-1701) حيث وصف في رسالة بعثها إلي الاكاديميه السويديه للعلوم سنة 1742 ترمومتراً زئبقياً اتخذ في تدريجه نقطة انصهار الجليد ونقطة غليان الماء نقطتين ثابتتين ، وقسم البعد بينهما مائة قسم متساو و اعتبر أن نقطه انصهار الجليد هي درجة الصفر ونقطة غليان الماء هي درجة المائه.

وفي مقياس سلزيوس هذا فإن درجة 37 مئوية (أو 37 بمقياس سلزيوس) هي درجة حرارة جسم الانسان في حالة الصحة الجيدة.

(ii) الكشف عن الحرارة النوعية والحرارة الكامنة للمواد وبحوث تمدد الأجسام بالحرارة :

ومن أهم البحوث في علم الحرارة في القرن الثامن عشر الكشف عن الحرارة النوعية والحرارة الكامنة للمواد، ودراسة تمدد الأجسام بتأثير الحرارة ، وقياس معامل التمدد للأجسام، وكان الفارسان في تلك الدراسات ينتمنان إلي علم الكيمياء وهما:

الكيميائي الاسكتلندي جوزيف بلاك J.Black (1728-1799) مكتشف غاز ثاني اكسيد الكربون، وصاحب الأبحاث الشهيرة في تحديد الحرارة النوعية والحرارة الكامنة باختراعه مسعرا (كالوريمتر) عين بالحرارة الكامنة لانصهار الجليد والحرارة الكامنة ، لتصعيد الماء ، وكانت تجاربه في ذلك حجر الاساس فيموضوع تقدير الحرارة، وأدت بحوث بلاك إلي استنباط فكرة السعة الحرارية وقام بتقديرها لبعض المواد .

والكيميائي الفرنسي أنطوان لافوازييه A.Lavoisier (1743-1794) وهو أحد واضعي أسس علم الكيمياء الحديث، وقد اخترع مسعرا جليديا أجري به تجارب سنة 1780 في تقدير الحرارة النوعية لعدد من الأجسام، وفي قياس معامل التمدد الطولي للأجسام نتيجة تمددها بالحرارة، وكذلك إمكانية تحويل الغازات إلي سوائل ثم إلي أجسام صلبة بتأثير البرودة والضغط .

(ج) علم الحرارة في القرن التاسع عشر – نشأة الديناميكا الحرارية والفيزياء الاحصائية :

(i) تطور البحوث الحرارية في القرن التاسع عشر:

تطورت البحوث الحرارية في القرن التاسع عشر تطورا كبيرا حين بدأ البحث في عمليات الانتقال الحراري وعلاقة الحرارة بالاحتكاك حيث أكد العالم الأمريكي الأصل الذي عاش معظم حياته في إنجلترا وأسس خلال إقامته بلندن المعهد الملكي أو الجمعية الملكية البريطانية (عام 1800)، ثم رحل إلي باريس وبقي بها حتي وفاته، وهو العالم بنيامين طومسون المشهور باسم كونت رمفورد (Rumford) (1753-1814) ، علي العلاقة بين الحرارة والحركة حيث قرر أن الحرارة تأتي في الأصل من الحركة عن طريق الاحتكاك، وكان ذلك في بدايات القرن التاسع عشر (حوالي عام 1805) .

وظهر في تلك الفترة أيضا أول كتاب أشتمل علي مباحث هامة في الحرارة ، وكان عنوان الكتاب : (النظرية التحليلية للحرارة ) وقد ونشره وألفه العالم الرياضي والفيزيائي الفرنسي جوزيف فورييه J.Fourrier (1768-1830) سنة 1822.

وهناك عدد من العلماء المتخصصين في الفيزياء والكيمياء قاموا في تلك الفترة بدراسات هامة عن تمدد الغازات أو زيادة الحجم بزيادة درجة الحرارة ، ونذكر من هؤلاء العلماء: الفرنسي جاك شارل J.Charles (1746-1823) الذي أجري سنة 1787 بحثا حول تمدد الغازات بارتفاع درجة الحرارة مع ثبوت الضغط ، ولم ينشر شارل بحثه في هذا الموضوع فظلت نتائجها مجهولة حتي أجري الكيميائي الفرنسي جوزيف جاي لوساك J.Gay-Lussac (1778-1850) تجاربه المشهورة في تمدد الغازات

فتوصل هو أيضا إلي قانون تمدد الغازات ، دون أن يعلم ببحوث سلفه شارل، وكان ذلك سنة 1802.

ومن العلماء الذين ساهموا في تقدم علم الحرارة في السنوات الأولى من القرن التاسع عشر نذكر العالمين الفرنسيين: بييردولونج P.Dulong (1785- 1838) والكيبي بتي A.Petit (1791- 1820) ، وقد بدأ الاثنان بحوثهما الحراريه سنة 1815 ونشرا نتائجها في العالم التالي (1816) حيث بحثا في تمدد الأجسام الصلبه والسوائل والغازات ، وقاما بتعيين معامل التمدد للسوائل، وكذلك معامل التمدد الحجمي للأجسام الصلبه .

ونشر الاثنان أيضا بحثا في انتقال الحرارة سنة 1818 أوجدا فيها الحراره النوعيه لبعض العناصر بطريقة التبريد ( تجارب ديولنج وبتي ) .

واقفني أثر ديولخ وبتي العالم الفرنسي فيكتور رينولت V.Regnault (1810-1878) الذي كان أستاذا للفيزياء في مدرسة الفنون والعلوم (الكوليدج دي فرانس) بباريس خلفا لديولخ وذلك سنة 1841، ومنذ ذلك الوقت أجري رينولت عددا كبيرا من التجارب لايجاد الحراره النوعيه للأجسام الصلبه والسائله والغازيه، وقد تلك الكميه لأكثر العناصر المعروفة في عهده، كما أوجد معاملات التمدد في الحجم (مع ثبوت الضغط) وفي الضغط (مع ثبوت الحجم) لعدد من الغازات كالهواء والنتروجين والاكسوجين والهيدروجين وذلك بتأثير درجة الحرارة .

#### (ii)- نشأة علم الديناميكا الحرارية:

وكان أهم إنجاز تم في أوائل القرن التاسع عشر هو ظهور فرع جديد من علم الحراره هو الديناميكا الحراريه (Thermodynamics) الذي يعالج العلاقة بين الحراره والشغل الميكانيكي والذي له تطبيقات هامه أشهرها اختراع الآلات البخاريه وغيرها .

وقد تأسس هذا العلم في البدايه علي يد الفيزيائي الفرنسي سادي كارنو S.Carnot (1796-1832) في رساله نشرها سنة 1824 وكانت الغايه منها معرفة مقدار الشغل الميكانيكي الذي يمكن الحصول عليه من آله حراريه، وعبر كارنو عن الشغل بلفظ(القوة المحركة)، وضمن كارنو رسالته فكرة العمليات الدوريه والعمليات القابله للعكس، ووضع قاعدة عرفت باسمه تنص علي أن الآله الحراريه التي تكون فيها العمليات دوريه وقابله للعكس هي أكثر الآلات فائده، بمعنى أنها الآله التي يمكن الحصول منها علي أكبر مقدار من الشغل .

وقد توصل العالم الألماني روبرت ماير R.Mayer (1814-1878) إلي العلاقة الرياضيه بين الحراره والشغل الميكانيكي الذي يولد تلك الحراره، وكان ماير أول من استخدام اصطلاح المكافئ الميكانيكي للحراره، وقام الفيزيائي الانجليزي جيمس جول J.Joule (1818-1889) باجراء تجارب لحساب هذا المكافئ وأوجد قيمه (14 4) جول لكل سعر حراري، وهي قيمه قريبه من القيمه الحاليه (4,16 جول للسعر حراري) .

وقدا بدأ جول بحوثه عام 1845 وألقي محاضره في مانشستر عام 1847 ضمنها أراوه ونظرياته الحراريه الهامه التي كان أحد نتائجها ما يعرف بالقانون الأول في الديناميكا الحراريه أو قانون بقاء الطاقه في علم الحرارة .

ومن أهم العلماء الذي كان لهم الفضل في تطور الديناميكا الحراريه : هو وليام تومسون (1824-1907) المعروف باسم اللورد كلفن (Lord Kelvin) وهو فيزيائي انجليزي شهير قام باعمال هامه في الديناميكا الحراريه نذكر منها اكتشافه مع جول عام 1852 ما يعرف بتأثير جول (JouleEffect)، وكان تومسون أول من فكر في المقياس المطلق

(مقياس كلفن) درجات الحرارة، وهو مقياس لقياس درجات الحرارة غير مرتبط بصفات أو خواص أي نوع من أنواع المادة بالاختلاف عن مقياس درجات الحرارة المعتاده التي تتوقف مدلولاتها علي تمدد مواد معينه كالزئبق أو الهواء وغيرها .

### (iii) - نشوء نظرية الحركة في الغازات :

ومن النظريات التي أخذت مكانة خاصة في علم الفيزياء في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، نظرية

الحركة في الغازات، وكان أول من بحث في تلك النظرية باعتبار الغاز مجموعه من الجزيئات المتحركة، وأن

تصادم تلك الجزيئات يضغط علي جدران الأناء الحاوي للغاز، هو السويسري دانييل برنولي D.Brnuoli

(1700-1782) وذلك سنة 1738، فوضع بذلك أسس تلك النظرية في القرن الثامن عشر، ولم يتقدم البحث في تلك

النظرية كثيرا حتي منتصف القرن التاسع عشر، حين قدم جول رسالة إلي الجمعية الملكيه بأدنبره (باسكتلندا)

عام 1851 عنوانها (النظرية الديناميكية في الحرارة ) ، تمكن فيها من حساب سرعة جزيئات الغاز .

وتلا جول في تلك البحوث الفيزيائي الألماني رودلف كلاوزيوس R.Clausius (1822-1888) الذي قام بنشر

سلسله من البحوث بدأها عام 1857 لاثبات تلك النظرية وتطبيقها لشرح عدد من الظواهر مثل الانتشار والتوصيل

الحراريين وغيرها .

كما صاغ كلاوزيوس أحد صور القانون الثاني للديناميكا الحرارية وينص علي أن الحرارة لا تستطيع أن تمر بذاتها

من الجسم الأبرد إلي الجسم الأسخن .

### (iv) البحوث الخاصة بإسالة الغازات في القرن التاسع عشر:

تعتبر إسالة الغازات من موضوعات علم الحرارة التي نشأت ودرست في القرن التاسع عشر ، وقد ابتدأ البحث في

الموضوع تجريبيا سنة 1823 علي يد العالم الشهير ميخائيل فاراداي M.Farday (1791-1867) وهو فيزيائي

وكيميائي إنجليزي اشتهر ببحوثه في الكهربيه والمغناطيسيه، وأجري بحوته حول إسالة الغازات واستطاع أن يصل

إلي نتائج هامه في هذا المجال حيث أسال غاز الكلور وغاز ثاني اكسيد الكربون، وغاز (الهيدروجين المكبريت) وغاز

النوشادر، ولكنه عجز عن إسالة غازات أخرى مثل الاكسوجين والنتروجين والهيدروجين، وأسماها بالغازات

الدائمه.

وواصل الكيميائي الايرلندي توماس أندروز T.Andrews (1813-1885) البحث في هذا الموضوع وبدأ في إجراء

تجاربه حوالي سنة 1860، وأدخل مفهوم درجة الحرارة الحرجه حيث أثبت أن لكل غاز درجة حرارة حرجه، فإذا

ضغط الغاز وكانت درجة حرارته أقل من الدرجه الحرجه، أمكن بمجرد الضغط تحوله إلي سائل ، أما إذا كانت درجة

الحرارة أعلى من الحرجه ، فيلزوم تبريد الغاز إلي ما دون درجته الحرجه حتي يمكن إسالته .

وقد تمكن العالم الفرنسي لويس كايلتيه L.Cailletet (1832-1913) من إساله غازي الاكسوجين والنتروجين

لأول مرة في تاريخ الفيزياء، وذلك سنة 1877 .

وكان آخر البحوث الخاصه بهذا الموضوع في نهاية القرن التاسع عشر هي بحوث الكيميائي الاسكتلندي السير جيمس

ديوار J.Dewar (1842-1923) حيث تمكن من أسالة غاز الهيدروجين عام 1898.

(v) نشأة الفيزياء الاحصائية (Statistical & Physics)

بدأ موضوع الفيزياء الاحصائية بأبحاث العالمين الانجليزى جيمس ماكسويل J.Maxwell (1831-1879) والنمساوي لودفيج بولتزمان J.Bltzmann (1844-1906) عام 1860 وذلك في موضوع ايجاد السرعات المتوسطة لجزيئات غاز، وقد اعتبر هذان العالمان ان جزيئات الغاز لا تمتلك سرعة معينة وانما تتوزع هذه الجزيئات بشكل إحصائي علي سرعات مختلفة ، فبعضها له سرعات صغيرة والبعض له سرعات متوسطة والبعض الأخر له سرعات عالية، وتمكن الاثنان- بصورة مستقلة- إلي استنتاج قانون يحدد دالة التوزيع للسرعات ، وهي الداله التي تحدد كيفية توزيع أعداد الجزيئات علي السرعات المختلفه، وبذلك أدخل هذان العالمان مفهوم الاحتماليه في علم الفيزياء، وكان ذلك حجر الزاويه في بناء علم الفيزياء الاحصائية.

خامسا: الكهربية والمغناطيسية

(أ) الكهربية والمغناطيسية في القرن السابع عشر:

يعتبر علم الكهربية والمغناطيسية كعلم الحرارة ذو نشأة حديثة وضعت مبادئه ودرست ظواهره الأساسية بعد عصر النهضة.

وقد اتسع علم الكهربية والمغناطيسية في القرن السابع عشر وازدادت المعلومات فيه بشكل مرض، وكان أهم إنجاز في ذلك هو التجارب التي أجراها أوتوفون چريك O.vonGuericke (1602-1686) الفيزيائي الألماني ومخترع مضخة الهواء وصاحب تجربة مجد بوج الشهيرة، حيث لاحظ أن الأجسام الخفيفة التي تنجذب إلى الجسم المكهرب بالذلك تنفر منه بعد ملامستها له ومهد ذلك إلى اختراع الآلات الاحتكاكية.

وكذلك التجارب التي أجراها الكيميائي الأيرلندي روبرت بويل R.Boyle (1627-1691) صاحب قانون بويل الشهير في العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه والذي أثبت أن الهواء هو وسط انتقال الصوت باستخدام مفرغة هواء وجرس، حيث أستدل علي تبادل الجذب بين الجسم المكهرب والجسم غير المكهرب .

وازدادت المعلومات الخاصة بالمغناطيسية الأرضية وخاصة التجارب التي أجراها الفيزيائي الفلكي الإنجليزي هنري جليبراند H.Gelibrand (1597-1637) أستاذ الرياضيات في كلية جريشام بلندن لقياس زوايا الانحراف وتحديد تغير الانحراف المعروف بالتغير القرني، وكذلك التجارب التي قام بها الرياضي والفلكي الإنجليزي إدموند هالي (1656-1742) مكتشف مذنب هالي وأول من أجري تحديدا صحيحا للحركة النجمية، حيث نشر سنة 1686 أول خارطة تبين خطوط تساوي الانحراف علي سطح الأرض.

(ب) تقدم علم الكهربية والمغناطيسية في القرن الثامن عشر:-

(i) أهم الإنجازات في النصف الأول من القرن الثامن عشر :-

شهدت الكهربية والمغناطيسية تطورات هامة في النصف الأول من القرن الثامن عشر، كان من أشهرها:

(1) اكتشاف استقرار الشحنات علي سطح الموصلات، وقام به الإنجليزي فرانسيس هاوكسبي F.Hawksbae (1666-1713) عام 1707 (في بدايات القرن الثامن عشر)، وكذلك ما قام به الإنجليزي ستيفن جراي S.Groy (1696-1736) من تجارب عام 1727 واستدل منها علي أن بعض الاجسام تكون موصله للكهرباء والبعض الآخر يكون رديء التوصيل لها ، كما بين جراي أيضا إمكان عزل الجسم الموصل بتعليقه بخيط من حرير غير موصل .

(2) ومن الإنجازات الهامة تذكر التجارب التي أجراها الكيميائي الفرنسي تشارلز دوفاي C.Dufay (1696-1739) الذي اكتشف عام 1735 أن للكهرب نوعان هما الموجب والسالب، واكتشف أيضا علاقة التجاذب والتنافر بين نوعين مختلفين أو متشابهين من الشحنات.

(3) ومن الإنجازات أيضا اختراع أول مكثف كهربى سنة 1746 وكان عبارة عن زجاجة (أوقارورة) يلف حولها سلسلة معدنية توصل بمصدر كهربى وتدار الآلة فتتولد الشحنات على الزجاجه، وقد اخترعها الفيزيائى الهولندى والاستاذ بجامعة ليد، بيتر موسشنبروك P.Musschenbroek (1761-1692)، وسميت زجاجة ليد.

(4) أيضا البحوث الخاصه بالكهربه الجويه وطبيعية البرق والعواصف الكهربيه التي أجراها الأمريكى بنيلمين فرانكلين B.Franklin (1790-1706) أحد رجالات العلم والسياسه وأبرز الشخصيات في حركة استقلال الولايات المتحده الأمريكوه، حيث أثبت بالتجربه عام 1750 ظاهرة تكهرب السحب التي تتجمع عند حدوث العواصف ، وتابع فرانكلين تجاربه في ذلك ، فاختبر نوع كهربيه السحب فوجدها موجبه أحيانا وسالبه في الغالب.

وافتقى كثير من العلماء في أوربا أثر فرانكلين في كهربيه السحب، وكان أشهرهم الانجليزى جون كانتون J.Canton (1772-1718) صاحب البحوث المميزه في الكهربيه الاستاتيكيه ومكتشف ظاهرة التكهرب التأثير وذلك عام 1754 حيث أثبت بالتجارب أن الجسم المكهرب يحدث في الموصل المعزول القريب منه تكهربا من غير أن يلمسه .

وقد استعمل كانتون في بحوته أول كشاف كهربى في تاريخ علم الفيزياء وكان يتكون من كرتين معلقتين بخيطين من القطن لاختبار تكهرب الجسم واختبار نوع شحنته .

### (ii) أهم الإنجازات في النصف الثاني من القرن الثامن عشر:

#### (1) بحوث كافندش:

من أهم الإنجازات في النصف الثاني من القرن الثامن عشر البحوث التي أجراها الكيميائى والفيزيائى الانجليزى هنري كافندش H.Cavendish (1810-1731) الذي قام عام 1781 ببحوث في قياس السعة الكهربيه، وظهر فيها لأول مرة فكرة الجهد الكهربى الذي عبر عنها بدرجة التكهرب، وأثبت أن سعة مكثف يتكون من موصلين بينهما مسافة تتوقف على نوع العازل بين الموصلين، واستنبط كافندش من تجاربه قانون التربيع العكسى ، والحقيقه القائلة بأن الشحنات تستقر دائما على السطح الخارجى للموصل .

#### (2) بحوث كولوم:

ومن الإنجازات نذكر البحوث التي أجراها الفيزيائى الفرنسى تشارلز كولوم C.Coulomb (1806-1736) الذي وضع أبحاثا عام 1777 حول أفضل طريقه لصناعة الإبر الممغنطة ، كما وضع أول نظريه في المغنطيسيه حدد فيها مفاهيم العزم المغنطيسى والمجال المزيل للمغنطيسيه ، وفي عام 1785 وضع كولوم القانون المشهور باسمه وهو قانون التربيع العكسى ، وذلك باستخدام جهاز خاص اخترعه هو ميزان التلي ، وقد أتاح كشف هذا القانون للعلماء الآخرين تطبيق طرق البحث الرياضى في دراسة علم الكهربيه وكان كافندش قد استنتج هذا القانون في نفس الفترة تقريبا .

#### (3) بحوث جلفانى :

وفي مجال الكهربيه الديناميكيه الناتجه عن مرور التيار الكهربى في الموصلات ، كان أول الاكتشافات الهامه هو الاكتشاف الذي توصل إليه الطبيب الايطالى لويجي جلفانى L.Galvani (1798-1737) أستاذ التشريح بجامعة

بولونيا، حيث وجد بالصدفة أن عضلة رجل الضفدعه عندما يوصل طرفاها بمشروط يؤدي إلي حدوث شرارة كهربيه خفيفه وارتعاد في العضله ، وكان ذلك عام 1786، وكانت نظريته في ذلك أن حركة الارتعاد كانت نتيجة لتفريغ كهربى حدث خلال المشروط (الساق المعدنيه) وأن هذا التفريغ حدث بين الكهربيه الموجيه التي موضعها العصب والكهربيه السالبه الموجوده علي العضلات ، وأن الساق المعدنيه (المشروط) ماهي إلا موصل عمله الوحيد توصيل نوعي الكهرباء أحدهما بالآخر .

#### (4) بحوث فولتا :

وقد تابع الفيزيائي الايطالي ألساندرو فولتا A. Volta (1745-1827) الاستاذ بجامعة بافيا، بحوث جلفاني، حيث أجرى تجارب دقيقه علي الكهربيه التي اكتشفها جلفاني، وتوصل إلي اختراع الجهاز المعروف بالعمود القوتلثي ( أومركم فولتا ) وذلك عام 1799، ويعتبر أول بطاريه في تاريخ العلم، وكانت تتكون من صفيحتين أحدهما من النحاس والأخرى من الزنك منغمستين في سائل موصل، فاذا وصلت هاتان الصفيحتان بسلك فإن البطارية (أوالمركم) تعطي تيار كهربائيا .

وكان فولتا أيضا أول من اخترع الجهاز المسمى (الالكتروفور) لإنتاج الكهربيه الساكنه وكذلك (الالكتروسكوب) للكشف عن الكهرباء، كما قام بقياس فرق الجهد الكهربى التي تسمى وحدة قياسه الآن بالقولت نسبة إليه، وقام فولتا أيضا عام 1800 بتوصيل عدة أعمدة علي التوالي ليكون بذلك البطارية الكهربائيه المعروفة .

#### (ج) - الكهربيه والمغناطيسيه في القرن التاسع عشر- نشوء النظرية الكهرو مغناطيسيه:

وبالانتقال إلي القرن التاسع عشر نجد أن هناك تطورات في غاية الأهميه حدثت في مجال الكهربيه والمغناطيسيه نذكرها فيمايلي :

#### (i) كشف العلاقة بين الكهربيه والمغناطيسيه :

كان أول من كشف تلك العلاقة هو الدنمركي هانز أورستد H. Oersted (1777-1851) الاستاذ بجامعة كوبنهاجن حين لاحظ تولد مجال مغناطيسي عند مرور تيار في سلك، وكان ذلك سنة 1819، ولما انتشر خبر هذا الكشف ابتداء كثير من العلماء البحث في هذا الموضوع، وكان أولهم الفيزيائي والرياضي الفرنسي أندري أمبير A. Ampere (1775-1836) الذي درس المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربى بصورة مستقيضة من الوجهة النظرية والعملية، وأفضى ذلك إلي تأسيس فرع في علم الكهربيه أطلق عليه إسم الديناميكا الكهربيه (Electrodynamics)، وكان ذلك سنة 1823.

ووضع أمبير نظريته في التمثيط حيث قال أن المغناطيسية في الحديد الممغط هي نتيجة لتيارات كهربائيه تسري داخل المادة الممغطة ، فعندما يكون الحديد غير ممغط فإن التيارات الداخليه تكون متحركة في اتجاهات عشوائيه وليس لها تأثير مغناطيسي بحت ، وفي حالة الممغطه فان تلك التيارات تتسق مع بعضها البعض وتعطي تأثيرا مغناطيسيا كبيرا .

ووضع أمبير أيضا نظرية في المغناطيسيه الأرضيه عزا فيها ظواهر المغناطيسيه الأرضيه أيضا إلي وجود تيارات كهربائيه تطوق الكره الأرضيه.

**(ii) الكشف عن التيارات التأثيرية وظاهرة الاستقطاب الكهربائي في المواد العازلة :**

أجرى العلم الانجليزي ميشيل فاراداي M.Faraday (1719-1867) تجارب عديدة في مجال الديناميكا الكهربيه وذلك في النصف الأول من القرن التاسع عشر، وكان من نتيجة تلك التجارب اكتشافه التيارات التأثيرية الناتجة عن التغير في المجال المغنطيسي وذلك عام 1831 ، وقد أسهم فاراداي في تعميق وتثبيت مفهوم المجال الكهربائي بالصورة التي نعرفها اليوم، وأدخل اصطلاح خطوط القوي الكهربيه، وقام بدراسات علي الخواص الكهربيه للمواد العازله التي أعطاها هو هذا الاسم : العوازل (Dielectrics)، وعرف ظاهرة الاستقطاب الكهربائي حيث أنه عند تطبيق مجال كهربائي علي ماده عازله، فإن الشحنات الذريه الموجبه في العازل تستقطب في اتجاه المجال، بينما تذهب الشحنات السالبه مراحة في عكس اتجاه المجال، وهكذا يولد المجال الكهربائي الخارجي انفصالا بين الشحنات الموجبه والسالبه داخل العازل ، وأستقطبا كهربائيا، وبين فاراداي أهمية الوسط العازل في ظواهر الكهربيه بتجارب مشهورة أجراها سنة 1837 ، واستطاع بتلك التجارب أن يقيس النسبه بين سعة المكثف حين يكون بين موصليه عازل معين وسعته حين يكون بين موصليه الهواء وسمي هذه النسبه (السعة التأثيرية النوعية) .

ومن العلماء الذين بحثوا في التيارات التأثيرية أيضا نذكر الامريكي جوزيف هنري J.Henry (1797-1878) والالماني هنريك لنز H.Lenz (1804-1865) وقد وضع الاثنان- كل علي حدة- قوانين الحث الكهربائي المغنطيسي حوالي سنة 1834.

**(iii) بحوث فاراداي في التحليل الكهربائي :**

وفاراداي أيضا بحوث هامه في مجال التحليل الكهربائي أجراها سنة 1834 وطور بها نظرية العالم الألماني تيودور جروتس T.Grotthuss (1785-1822) الخاصه بظواهر تحليل المواد المركبه إلي عناصرها باستخدام الكهرباء والتي وضعها سنة 1805 واستخدمها الكيميائي الانجليزي السير همفري دافي H.Davy (1778-1829) سنة 1808 في إثبات أن الصودا والبوتاسا ليسا عنصرين بل هما مركبان يمكن تحليلها بالكهربيه واستطاع بذلك الحصول علي عنصرى الصوديوم والبوتاسيوم .

أما بحوث فاراداي في هذا المجال فكانت بحثا كمية صاغ فيها أكثر المصطلحات المستعملة في التحليل الكهربائي مثل الأنود للقطب الموجب والكاثود للقطب السالب والأيون لكل جزء من الاجزاء التي تحدث في السائل عند تفكك الجزيء وتنتقل فيه وتظهر عند القطبين والأيون للأيون الذي يظهر لدي الأنود ، والكاتيون للأيون الذي يظهر لدي الكاثود والالكترونوليت للسائل المتحلل .

**(iv) قانون أوم ونشوء لانظام الوحدات في الكهربيه والمغنطيسيه:**

وقد وضع الفيزيائي والرياضي الألماني جورج أوم G.Ohm (1787-1854) قانونه الشهير في العلاقة بين المقاومه الكهربيه وفرق الجهد والتيار المار في دائره كهربيه وذلك سنة 1826، كان أوم قد بدأ بحوثه في قابلية المعادن لتوصيل الكهربيه ، ولم تكن العلاقة بين شدة التيار والمقاومه وفرق الجهد معروفه في ذلك الوقت وقد توصل أوم إلي تلك العلاقة بالعديد من التجارب علي مواد مختلفه.

وفي سنة 1832 إبتكر الرياضي الألماني كارل جاوس K.Gauss (1777-1855) نظاما للوحدات المستخدمة في الكهربية والمغناطيسية حيث بدأ بصياغة وحدات أساسية للطول (المسافة) والكتلة والزمن، وبنى عليها المقادير الميكانيكية كالسرعة والعجلة والقوة، ثم بنى جاوس علي أساس هذه الوحدات الميكانيكية وحدات الكميات المغناطيسية مثل شدة القطب المغناطيسي والقوة المؤثرة علي قطب مغناطيسي وهكذا، ثم نهج الألماني وليام وير W.Weber (1804-1891) أستاذ الفيزياء بجامعة جوتنجن نهج زميله فأدخل نظام الوحدات في الكهربية مثلما عمل جاوس في المغناطيسية وقد أطلق إسم ويبر علي وحدة ما يعرف بالفيض المغناطيسي ( الويبر - Wb ) .

وهكذا بتعريف الكميات الأساسية في المغناطيسية والكهربية صار من اليسير قياس تلك الكميات باستخدام أجهزة خاصة كالجلفانومترات والأمبيرومترات والفولتمترات وغيرها .

### (v) نشوء النظرية الكهرومغناطيسية - اكتشاف الموجات الكهرومغناطيسية:

لقد كان الانجاز الأكبر في علم الفيزياء في القرن التاسع عشر هو توحيد المجالين الكهربى والمغناطيسى علي يد العالم الانجليزى جيمس ماكسويل J.Maxwell (1831-1879) في رسالة قدمها إلي الجمعية الملكيه سنة 1864 وفصلها في كتابه المشهور في (الكهربية والمغناطيسية) الذي نشر سنة 1873 ، حيث قام ماكسويل بدراسة تجارب فاراداي وأفكاره عن تأثير المجال الكهربى علي العوازل وكيف أن المجال يولد استقطابا كهربائيا في شحنات هذه المواد، وأدخل ماكسويل فكرة (تيار الازاحة) حيث اعتبر أن تغير قيمة الاستقطاب الكهربى من نقطة إلي أخرى داخل العازل يمكن أن يعتبر تيارا كهربائيا مثل التيار الكهربى المار في الموصلات ، وسمي هذا التيار بتيار الازاحة ، وهو يؤدي - مثل التيار العادي - إلي حدوث مجال مغناطيسى .

وتوصل ماكسويل إلي معادلات رياضيه جديدة سميت بمعادلات ماكسويل تربط بين المجالين الكهربى والمغناطيسى الناتجين عن الشحنات والتيارات الموجودة في الانظمة الفيزيائيه ، وكان من نتائج حلول تلك المعادلات هو وجود حل موجي يدل علي حدوث انتشار للمجالات الكهربية والمغناطيسيه علي شكل موجات

داخل المادة أطلق عليها إسم الموجات الكهرومغناطيسيه، وحددت المعادلات سرعة هذه الموجات في الفراغ ووجد أنها تساوي سرعة الضوء في هذا الفراغ مما أدى إلي استنتاج هام وهو بأن الضوء هو في الواقع موجات كهرومغناطيسيه ذات تردد وطول موجي معينين .

وقد تم الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسيه التي تنبأ بها ماكسويل في نظريته علي يد العالم الالمانى هنريك هرتز H.Hertz (1857-1894) وذلك سنة 1888 ، حيث تحقق هرتز من أن الموجات الكهرومغناطيسيه ما هي إلا موجات لها نفس مواصفات موجات الضوء فيما عدا أن طول موجتها يختلف عن طول موجات الضوء العادي.

وكان الهدف من تجارب هرتز هو إثبات صحة الافتراضات التي وضعها ماكسويل في نظريته الكهرومغناطيسيه، وقد كانت النتائج باهرة في ذلك ، وأصبح من الممكن القول أن علم الضوء يمكن اعتباره فرعاً من فروع علم الكهرومغناطيسيه (Electromagnetism) أو هكذا تم توحيد الضوء مع الكهربية والمغناطيسيه في علم واحد .

مسئلا : الظواهر الالكترونية والاشعاعية

مع بداية الربع الأخير من القرن التاسع عشر وخلال الأعوام الخمسة والعشرين التالية (1876-1900) تمت مجموعة من الاكتشافات الهامة في علم الفيزياء كانت هي الاساس الذي بنيت عليه الفيزياء الحديثة في القرن العشرين وتتعلق تلك الاكتشافات بعدد من الظواهر التي يمكن أن نطلق عليها الظواهر الالكترونية والاشعاعية.

وسنذكر تلك الظواهر فيما يلي:

(1) إكتشاف أشعة المهبط (الأشعة الكاثودية)

وقد تم إكتشاف هذه الأشعة أثناء دراسة موضوع التفريغ الكهربى خلال الغازات المخلطة. وكان العالم الألماني جوليوس بلوكر J.Plucker (11801- 1868) من أوائل من قام بدراسة ظاهرة التفريغ الكهربى خلال الغازات باختراعه أنبويه عرفت باسمه بداخلها غاز مخلخل حيث مرر بها شرارة كهربية فوجد أن جدران الأنبويه بالقرب من الكاثود (القطب السالب) قد تلون بلون أخضر يضرب إلى الصفرة .

وأن هذا التلون يتغير موضعه بتأثير المغنطيس وكان ذلك عام 1859، وفي نفس الوقت تقريبا اخترع الألماني هنريك جيسلر H.Geissler (1814-1879) أنابيب لنفس الغرض وكانت مختلفة الأشكال وتقىء بألوان جميلة شتى إذا مرت فيها الشرارات الكهربيه ، وعرفت تلك الأنابيب بأنابيب جيسلر.

وتتبع الألماني جوهان هيتورف J.Hittorf (1824-1914) تجارب بلوكر وقام بتحليل آثار تفريغ الشحنات الكهربائيه في الأجواء المخلطه وعللها بانها ناتجه عن وجود أشعة مصدرها المهبط (أو الكاثود) وكان ذلك عام 1869، وقد أطلق الفيزيائى الألماني يوحين جولدشتين E.Galdstein ( 1850-1930) على تلك الأشعة المنبعثه من المهبط في أنبويه زجاجيه مملوءة بالغاز عند تفريغها من هذا الغاز أى عند تقليل ضغط الغاز في الأنبويه بالتدريج إسم أشعة المهبط أو الكاثود وذلك عام 1876.

وقد بدأ العالم الانجليزي السير وليام كروكس W.Crookes (1832-1919) في دراسة تلك الأشعة منذ عام 1880، ولاحظ انحراف تلك الأشعة بالمجال المغنطيسى، مما يدل على وجود شحنات كهربيه على الجسيمات المكونه

لتلك الأشعة ، وقد أثبت العالم الألماني فليب لينارد P.Lenard (1862-1947) عام 1893 أن تلك الأشعة تتكون من جسيمات مشحونه بشحنات سالبه .

(2) إكتشاف انقسام خطوط الطيف – تأثير زيمان:

فقد إكتشف الهولندي بيتر زيمان P.Zeeman (1865-1943) سنة 1896، إنقسام خطوط الطيف ، المنبعث من الذرات المثارة عند وضعها في مجال مغنطيسى قوى، وسمى هذا التأثير بتأثير زيمان، وقد استعان زيمان في تجاربه بأجهزة دقيقه ومجال مغنطيسى شديد القوة ، ووجد منذ أول تجربته أن كلا من خطى طيف عنصر الصوديوم يحدث له

اتساع قليل بتأثير المجال المغنطيسي ، ثم أن الخط البسيط من خطوط الطيف إذا اختبر في اتجاه خطوط القوة المغنطيسية في المجال المؤثر ، ينقسم إلى خطين ، أحدهما أكثر ترددا والأخر ذو تردد أقل

### (3) اكتشاف التأثير الكهروضوئي :

وقد تم هذا الكشف عام 1888 علي يد العالم الألماني الشاب هنريك هرتز مكتشف الموجات الكهرومغنطيسية، ومكتشف التشابه بين موجات الضوء والموجات الكهرومغنطيسية من حيث الانعكاس والانكسار ومختلف الظواهر المألوفة في الضوء .

ويتالف التأثير الكهروضوئي من تولد تيار كهربى عند سقوط موجات ضوئية علي سطح مادة معدنية .

وقد قام العالمان الألمانيان جولوس إليستر (1854-1920) J.Elster وهانز جتيل (1855-1923) H.Geitel بإجراء سلسلة من التجارب لتفسير ظاهرة التأثير الكهروضوئي أجريها ابتداء عام 1889 وبيننا فيها ان الموصل المعدني تحت تأثير الموجات الضوئية القصيرة تبعث منه دقائق متكهربه بشحنات سالبه وقابله للانحراف بتأثير المغنطيس، وقد تأيدت تلك التجارب بتجارب أجراها فليب لينارد عام 1899 واستنتج منها أن الانبعاث الحادث في تلك الظاهرة هو نتيجة خروج جسيمات سالبة الشحنة (هي الالكترونات) من سطح المعدن .

### (4) اكتشاف قوانين الاشعاع الحرارى :

وقد أجريت في الربع الأخير من القرن التاسع عشر مباحث في الخواص الكهربائيه للجسم الساخن، وابتعثت الاجسام المتوهجه لجسيمات متكهربه .

وقد ابتدا العالمان الألمانيان إليستر وجتيل بحثهما حول هذا الموضوع أيضا وكان ذلك سنة 1882 حيث أثبتا ابتعثت جسيمات ذات كهربيه سالبه تبعث من السلك المتوهج .

وقد قام العالم الألماني وليام فاين W.Wien (1864-1928) بدراسة الاشعاع الصادر من الاجسام السوداء (المعتمه) ، وأثبت أن هذا الجسم يمتص كل الاشعاع الساقط عليه ويصدره كله أيضا ، وقام فاين بوضع قانونين للاشعاع الحرارى الصادر من الجسم الأسود وذلك عامي 1893 و1896.

كما أن اللورد رايلي (جون ستروت) Lord Rayleigh (1842-1919) الرياضى والفيزيائى الانجليزى صاغ عام 1895 قانونا عرف باسمه (قانون رايلي) في الاشعاع الحرارى .

### (5) اكتشاف الالكترتون : حيث بدأ العالم الانجليزى السير جوزيف طومسون (1856-1940) J.Thomson أبحاثه

الخاصه بتفريغ الغازات والاشعه الناتجه عن هذا التفريغ (أشعه المهبط) عام 1886 ، وأجري العديد من التجارب

لمعرفة طبيعة تلك الاشعه ، وقام بتجارب عام 1897 لحساب النسبه بين شحنة الجسم المكون لهذه الاشعه وكتلته

ولاحظ ان تلك النسبه مرتفعه جدا ، مما يعنى ان هذا الجسم قليل الكتله ، وأطلق طومسون علي هذه الجسيمات

إسم دقائق (corpuscles)، غير أن الفيزيائى الأيرلندي جونستون ستوني J.Stoney (1826-1911) أطلق علي

هذا الجسم إسم الإلكترون (electron) حوالي عام 1896، وقام بحساب شحنته بشكل تقريبي .

(6) اكتشاف الاشعة السينية (أشعة إكس):

حيث لاحظ العالم الألماني وليام رنتجن W.Rontgen (1845-1923) عام 1895 أثناء إجرائه بعض التجارب في التفريغ الكهربى خلال الأنبوب المفرغة من الهواء، ظهور نوع جديد من الاشعة، أطلق عليه إسم الاشعة المجهوله (أو أشعة إكس) وذلك بسبب عدم معرفته طبيعتها في ذلك الوقت، وقد استمر رنتجن في إجراء تجاربه علي تلك الاشعة واتضح ان تلك الاشعة تختلف عن أشعة المهبط، فهي تستطيع اختراق معظم المواد العادية مثل الخشب والزجاج وغيرها بدون قدر كبير من الامتصاص، وإذا وضعت بعض الاجسام (مثل يد الانسان) في طريق تلك الاشعة فانه يحدث لهذه الاجسام خيال واضح فتظهر بذلك صورة واضحة للهيكال العظمي لليد، فأدرك رنتجن إمكانية استخدام هذه الاشعة في النواحي الطبية حتى أنه أعلن نبأ اكتشافه لتلك الاشعة في الجمعية الطبية الألمانية في نوفمبر 1895.

وتابع رنتجن تجاربه علي تلك الاشعة فاكشف الكثير من خواصها الاساسيه منها انها تستطيع النفاذ خلال المواد التي لاينفذ خلالها الضوء العادي، وأنها تنفذ من الاجسام الشفافة دون أن يحدث لها انكسار شبيه بانكسار الضوء، وانها لاتتأثر بالمغناطيسيه، كما أثبت جوزيف طوسون سنة 1896 ان لهذه الاشعة خاصية جعل الغاز الذي تمر فيه موصلًا للكهربيه .

(7) اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي :

وفي عام 1896 اكتشف الفيزيائي الفرنسي هنري بيكريل H.Becquerel (1852-1908) ظاهرة انبعاث اشعاع غريب من أحد مركبات عنصر اليورانيوم، وقد تم الكشف عن هذا الاشعاع بالصدفة حيث كان بيكريل يجري تجاربه علي الاشعة التي اكتشفها رنتجن قبل ذلك بعام، وكان يضع بعض مركبات اليورانيوم بجوار بعض الألواح الفوتوغرافية فلاحظ وجود أثر في تلك الألواح نتيجة خروج هذا النوع الجديد من الاشعاع الذي ارجع مصدره إلي عنصر اليورانيوم نفسه، وهذه الاشعة الجديده غير مرئيه وتستطيع اختراق الورق والمواد العادية الأخرى بسهولة، كما تستطيع تأيين ذرات الهواء، وتظهر هذه الاشعة تلقائيا وبصورة مستمرة فهي خاصيه طبيعيه للعنصر نفسه ولا تحتاج إلي عوامل خارجيه كما في حالة الاشعة السينية .

وتابعت العالمة الفرنسيه البولندية الأصل ماري كوري M. Curie (1867-1934) وزوجها ببيركوري P.Curie (1859-1906) هذه الظاهرة الجديده، واكتشفا أن هناك عناصر أخرى غير اليورانيوم تظهر هذا النشاط الإشعاعي مثل عنصر الثوريوم، وعنصري الراديوم والبولونيوم حيث قام الاثنان بفصل هذين العنصرين سنة 1898 ووجدوا أن نشاطهما اقوي بكثير من نشاط اليواونيوم .

وقد أطلقت ماري كوري علي هذه الظاهرة إسم النشاط الإشعاعي (Radioactivity) .

(8) دراسة خواص الأشعة الصادرة عن العناصر المشعة :

أخذت البحوث في ظاهرة النشاط الإشعاعي تتسع في السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر، واتخذت منحى جديد هو البحث في خواص الأشعة المنبعثة من تلك المواد المشعة، ومن أسبق الباحثين في ذلك اللورد إرنست

رذرفورد (1871-1937) E.Rutherford العالم الإنجليزي الشهير الذي أثبت سنة 1899 أن تلك الأشعة تتكون من نوعين بحسب قدرتها على اختراق المادة، فالأشعة التي قدرتها على اختراق قليلة وتسير لمسافات بسيطة في الهواء.

اوالمواد سميت أشعة ألفا، والأشعة ذات القدرة الأكبر على الاختراق والسير لمسافات الأكبر في المواد سميت أشعة بيتا .

وفي سنة 1900 إكتشف العالم الفرنسي بول فيلارد P.Villard (1860-1934) وجود نوع ثالث من الأشعة الصادرة من الراديوم وغيره من المواد ذات النشاط الإشعاعي (المواد المشعة) وهذا النوع الثالث شديد النفاذ في المواد وسمي أشعة جاما، واتضح ان تلك الأشعة ما هي إلا نوع من أنواع الموجات الكهرومغناطيسية التي تسير بسرعه الضوء .

واتسعت دائرة البحث عن خواص هذه الأنواع الثلاثة من الأشعة، وتمكن العالم الألماني فردريك جيزل F.Giesel (1852-1927) عام 1899 من إثبات أن أشعة بيتا ماهي إلا جسيمات (أودقائق) محمله بشحنات كهربيه سالبه ، وظهر من التجارب التي أجراها هنري بيكريل عام 1900 لتقدير نسبة شحنة الواحدة من جسيمات بيتا إلى كتلتها أن هذه النسبة تساوي النسبة في حالة الإلكترونات مما يدل على ان أشعة بيتا ماهي إلا إلكترونات تنبعث من المواد المشعة. أما أشعة ألفا فقد قام اللورد رذرفورد بمساعدة ثلاثة من معاونيه هم:

هانز جيجر H.Geiger (1882-1945) وإرنست مارسدن E.Marsden (1889-1970) وتوماس رويدز T.Rods (1884-1955) من تعيين نسبة الشحنة إلى الكتله لتلك الأشعة وذلك في تجارب تم إجراؤها في السنوات الأولى من القرن العشرين، حيث تم إثبات أن تلك الأشعة تتألف من جسيمات هي نويات ذرات الهليوم .