الباب الثاني

التطور التاريخي لفروع الفيزياء التقليديه في عصر الثوره العلميه

في هذا الباب سوف ندرس التطور التاريخي لفروع الفيزياء التقليديه وهى:

١- الميكانيكا ٢- البصريات
3- الصوتيات ٤- الحراره والديناميكا الحراريه
5- الكهربيه والمغنطيسيه 6- الظواهر الالكترونيه والاشعاعيه

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

أولا علم الميكانيكا

(أ)-الميكانيكا في القرن السابع عشر:

(i)- بحوث هيجنز في علم الميكانيكا :

لقد كان كريستيان هيجنزء C.Haygen (١٦٢٩-١٦٩٥) وهوعالم 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 اثناء وجوده في باريس بمباحثه المشهوره في علم الميكانيكا ونذكر منها اختراعه الساعه ذات البندول (الرقاص) ونشر سنة 1658وصف التركيبها، وله رساله سنة قدمها ١٦٦٩ إلي الجمعيه الملكيه بلندن تبحث في تصادم الاجسام المرنه، بين فيها القوانين التي ينقاد إليها تصادم هذه الاجسام ، غير أن أهم انجازاته في علم الميكانيكا هو كتاب نشره سنة ١٦٧٣ضمنه بحوثه في علم الميكانيكا والتي لم يسبقه إليها أحد، ومن مباحث هذا الكتاب دراسة حركة البندول والقوانين الخاصه بالقوة المركزيه والحركه المستديرة للاجسام وقياس سرعة الدوران للأجسام عند نقاط مختلفه من سطح الأرض، ومنها سقوط الاجسام عند خط الاستواء حيث سرعة الدوارن أكبر منهاعند أي نقطة أخري علي سطح الأرض .

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

أماالسير اسحق نيوتنI.Newton (١٦٤٢-١٧٢٧) فهو الفارس الذي قدم الكثير من الانجازات في الميكانيكا والفلك في القرن السابع عشر بدون منازع، وقسام بنشر آرائه وافكاره في كتابه الشهير المعروف باسم البرنسيبيا (principia) أو(الأسس الرياضيه للفلسفه الطبيعيه) الذي نشر عام١٦٨٧.

وفي هذا الكتاب الخطير عرض نيوتن قوانينه الثلاثه المشهورة 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 إلي 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 طرديا ، ومع مربع المسافة بينهماعكسيا، ولذلك أطلق علي هذا القانون(قانون التربيع العكسي)، واستطاع نيوتن بفضل هذا القانون تفسير عدة ظواهر طبيعيه وحسب قيمة عجلة الجاذبيه الأرضيه علي سطح الأرض ووجدها نفس القيمه التي توصل إليها جاليليو من قبله تجريبيا .

وكان أهم إنجاز قدمه نيوتن في تلك الفترة هو توحيد قوي الجاذبيةالتي كانت معروفه حينئذ حيث كانت **هناك قوتان** : قوة الجاذبيه الأرضيه (بينالأجسام والأرض) وقوة الجاذبيه السماويه (بين الأرض والأجرام السماويه كالقمر والكواكب)
فجاء نيوتن ليوحد القوتين في قوة واحدة هي قوة الجاذبيه التي تخضع لقانون الجذب العام .
ويعتبر ذلك أول توحيد لقوي ذات مجال معين في تاريخ العلم .
وبذلك يمكن القول بأن نيوين هو المؤسس الفعلي لعلم الديناميكا الحديث في القرن السابع عشر.

(iii) **تقدم علم السوائل الساكنه (الهيدروستاتيكا) في القرن السابع عشر** :
ومن الانجازات التي تمت في علم توازن السوائل (الهيدروستاتيكا) في القرن السابع عشر البحوث التي قام بها العالم الايطالي تورشيللي E.Torricelli (١٦٠٨-١٦٤٧)عن اندفاع المياه خلال فتحة ضيقة في قاع الاناء الذي يحتوي علي الماء، ووضع في ذلك نظرية مشهورة معروفه باسمه، واستدل من تجاربه بأن السرعه التي يتدفق بها الماء تتناسب مع الجذر التربيعي لارتفاع سطح السائل عن موضع الفتحه .
ولتورشيللي أيضا مباحث خاصة بالضغط الجوي واستنبط طريقة يقيس بها هذا الضغط الذي مثله بقوة تتزن مع ثقل عمود من الزئبق .
أما الفضل الأكبر في تقدم علم السوائل الساكنة فيرجع إلي العالم الفرنسي بليز باسكال B.Pascal (1623 ـــ 1662) بحيث يمكن القول بأنه المؤسس الفعلي لعلم اتزان السوائل ، فقد وضع كتابا في اتزان السوائل عام 1653 نشر بعد وفاته واحتوي علي كثير من المبادىء الاساسيه في هذا العلم، وقد بينها بوضوح تام ، وشرح التجارب المعمليه التي يستدل بها علي صحتها، ويرجع لباسكال كشفه عن القاعدة الخاصة بأنتقال الضغط في جميع أجزاء السوائل وهي معروفه باسمه ولباسكال أيضا بحوث خاصة بضغط السوائل أجراها عام١٦٦٤ حين بلغه نبأ تجارب تورشيللي في هذا الخصوص ، واتضح لباسكال أن للجو ضغطا وان الضغط الجوي يقل كلما زاد الارتفاع .

(iv) **ـ دراسة خواص الفراغ (ألخلاء) وقانون بويل ـ ماريوت:**
ومن علماء القرن السابع عشر الذين بحثوا في خواص الفراغ أو الخلاء (space) بعد أن اخترع الألماني أوتوڤون O.vonGuericke(١٦٠٢-١٦٨٦) مفرغة الهواء والتي نشرها في كتابه الذي ألفه عام١٦٦٣، ونذكر: الانجليزي روبرت بويل R.Byle (١٦٢٧-١٦٩١) الذي صنع لنفسه مفرغة هواء مثل التي اخترعها جريك وأجري بواسطتها تجارب جمعها في كتاب نشره سنة١٦٦٠ ، 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 تناسبا عكسيا مع الحجم، وقد توصل العالم الفرنسي إدمي ماريوت E.Mariotte(١٦٢٠ـــ١٦٨٤) احد مؤسسي الأكاديميه الفرنسيه للعلوم عام١٦٦٠، إلي نفس قانون بويل وذلك عام ١٦٧٤بتجارب أجراها مؤكدا فيها ما توصل إليه بويل من أن ضغط الغاز يتناسب مع حجمه تناسبا عكسيا ، ولذلك يطلق علي هذا القانون أحيانا، قانون بويل ـــ ماريوت .

(ب)- **الميكانيكا في القرن الثامن عشر** :
(i)- نشوء فكرة طاقة الحركة :
إذا انتقلنا إلي القرن الثامن عشر، نجد أن أهم الانجازات التي تمت فيه في مجال الميكانيكا هو نشوء وتطور فكرة طاقة الحركة طبقا لجان دالمبير J.DAlembert (١٧١٧-١٧٨٣) العالم الرياضي الفرنسي في كتابة المشهور في الديناميكا الذي ظهر سنة ١٧٤٣والذي أكد فيه أن طاقة الحركه التي تدل علي مقدرة الجسم علي 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 ليبنتز يسميها بالقوة المحركة) تساوي حاصل ضرب الكتلة في مربع السرعه.

(ii)-***تجارب كافندش لتعيين عجلة الجاذبيه وتجارب أتود في الحركه الدورانيه للاجسام :***

وخلال هذا القرن أيضا أجريت بعض التجارب الخاصه بتعيين عجلة الجاذبيه وكان أهمها تجارب العالم الانجليزي هنري كافندش H.Cavendish (١٧٣١-١٨١٠) والتي نشرها عام١٧٩٨واستدل فيها عمليا علي صحة قانون الجاذبيه الذي وضعه نيوتن بتجربة مشهورة قدر فيها ما يعرف بثابت الجاذبيه، وهو مقدار قوة التجاذب بين جسمين كتلة كل منهما الوحدة والبعد بينهما الوحدة ايضا .

كما أجريت في هذا القرن أيضاتجارب بواسطة الانجليزي جورج أتودG.Atwood (١٧٤٦-١٨٠٧) علي منظومات ميكانيكيه تشتمل علي بكرات وأثقال كان لها أثر كبير في توضيح قوانين نيوتن في الحركه وقد ضمنها كتابا له بعنوان (حول الحركه المستقيمة والدورانية للاجسام) نشر حوالي عام ١٧٨٦.

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

ومن الانجازات الهامه التي تمت في هذا القرن أيضا معالجة قوانين نيوتن بطريقه رياضيه جديدة أخذت فيها هذه القوانين صيغة عامه ومتجانسه، وكان الفضل الاكبر في ذلك للرياضي الفرنسي جوزيف لاجرانج J.Lagrange (١٧٣٦-١٨١٣) ، حيث وضع لاجرانج مدخلا جديداً لدراسة حركة الاجسام بمعادلات جديده عرفت باسمه وأطلق علي هذا المدخل الجديد إسم الميكانيكا التحليليه ، وهو اسم الكتاب الذي نشر فيه لاجرانج معادلاته سنه ١٧٨٨.

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

(i)-**بحوث هاملتون في الميكانيكا التحليليه :**

كان من اهم الاتجازات في علم الميكانيكا في القرن التاسع عشر هو الاسلوب الذي قدمه السير وليام هاملتون W.Hamilton (١٨٠٥-١٨٦٥) الرياضي والفلكي الانجليزي في كتابه (طرق عامه في علم الديناميكا) والذي نشر سنة ١٨٣٥، ووضع فيه معادلات جديده (عرفت باسمه) لدراسة حركة الاجسام في الميكانيكا التحليليه التي قام بوضع أسسها جوزيف لاجرانج قبل ذلك بنحو نصف قرن .

(ii)- **اكتشاف العلاقه بين الشغل وطاقه الحركة ومبدأحفظ الطاقه :**

كذلك فان جوستاف كوريوليس G.Coriolis(١٧٩٢-١٨٤٣) الرياضي الفرنسي الذي درس معادلات الحركة للاجسام المتحركة ووافق دالمبيرت بأن مقدرة الجسم علي التحرك والتي أسماها ليبنتز قبل ذلك بالقوة المحركه وقال أنها تساوي حاصل ضرب الكتله في مربع السرعه، غيرأن دالمبيرت أطلق عليها إسم طاقة الحركة وقال أنها تساوى حاصل ضرب نصف الكتله في مربع السرعة، وأدخل كوريوليس مصطلح الشغل(work) وقال أنه يساوي حاصل ضرب القوة في المسافة وقال أن الشغل الذي يعمل في الدقيقه يكون مساويا لطاقة الحركه .

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

ثانيا:علم الضوء (البصريات)

(أ)**علم الضوء في القرن السابع عشر** :

(i) - اختراع التلسكوب واكتشاف قانون الانكسار في الضوء:

كان أول ما استحدثه الاوربيون فى البصريات مع بداية القرن السابع عشر هو أختراعهم للتلسكوب الذى قامبه صانع نظارات هولندى يدعي هانز ليبرشى H.Lippershai (1587-1619) ، وذلك عام 1608 ، ولمابلغ نبأ هذاالاختراع جاليليو حاول أن يصنع تلسكوبا يتميز عن التلسكوب البدائى الذى اخترعه ليبرشى، وتوصل جاليليو عام 1609أن يصنع التلسكوب المعروف الأن اسمه(تلسكوب جاليليو)، واستعمله جاليليو فى النظر الى السماء ورؤية أجرامها، حيث كشف بواسطته أقمار كوكب المشترى، وكشف كذلك أوجه الزهرة ، ورأى بواسطته أيضا بعض السدم والنجوم التى لم ترى من قبل .

وقد بلغ كبلر اختراع هذه الالات فحاول فى كتاب له فى البصريات نشره سنة 1611أن يشرح نظرية التلسكوب، ولكنه لم يوفق لعدم علمه بقوانين الانكسار التى لم تكتشف الاعام1621على يد الرياضى و الفلكى الدنمركى ولبورد سنيل W.Snell(1591-1626) فى بحث له نص على العلاقة بين زاوية السقوط وزاوية الانكسار بطريقة هندسية، وقد استطاع الرياضى الفرنسى ببير دى فيرما P.de Fermat (1601-1665) إثبات قانون الانكسار على أساس قاعدة وضعها تعرف بقاعدة (أقصر الأوقات Least-Time) وهى تتلخص فى أن الضوء يستغرق فى الانتقال من نقطة الى اخرى أقصر زمن ممكن .

(ii) اكتشاف ظاهرة تفرق أو تحلل الضوء:

وقد أضاف السير اسحق نيوتن إضافات هامة فى علم الضوء، كان أهمها بحوثه فى تحليل الضوء، ويقصد به تحليل أشعة الضوء عند نفاذها خلال منشور ثلاثى من الزجاج، وأثبت بذلك أن ضوء الشمس يتكون من أشعة مختلفة تنحرف عند الانكسار بمقادير(أو زوايا) مختلفه تختلف باختلاف ألوانها، فانحراف الاشعة الزرقاء عند نفاذها من عدسة محدبه مثلا يكون أكبر من انحراف الاشعة الحمراء وهكذا، وأجرى فى ذلك تجربه مشهوره باسم تجربة القرص الملون، أثبت فيها أن ضوء الشمس ليس ضوءا بسيطا وإنما هو ضوء مركب من العديد من المركبات أهمها الألوان السبعة المعروفه، وأنه إذا تجمعت هذه المركبات يحدث من تجمعها ضوء أبيض، ونشر نيوتن فى ذلك بحثه المشهور عام 1672 تحت اسم

(نظره جديده فى الضوء واللون) .

وقد استغل نيوتن ظاهرة تفرق(او تحلل) الضوء عند نفاذه من العدسات فى صنع اول تلسكوب يعتمد على تلك الظاهرة وذلك عام 1668 .

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

ومن الظواهر التى تم اكتشافها فى القرن السابع عشر حيودالموجات الضوئية (Differaction)، وقد ظهرت لأول مره فى كتاب نشر عام 1665إسمه(فى علم الضوء) من تأليف العالم الايطالى فرانسيس جريمالدى F.Grimaldi (1619-1663) حيث أثبت بالتجربة أن أشعة الضوء تحيدعن الاستقامة قليلا عند نفاذها من ثقب ضيق، ومن تلك الظواهر أيضا ظاهرة الانكسار المردوج التى اكتشفهاعام 1670العالم الدنمركى إرازمس بارثولين E.Bartholinus (1625-1698)الاستاذ بجامعة كوبنهاجن حيث اكتشف حدوث الانكسار المزدوج فى نوع معين من البلورات وذلك حين ظهر للجسم المفرد عند انكسار الضوء فيها صورتان بدلا من صورة واحدة كما فى الحالات المعتادة .

وقد قام الهولندى كريستيان هيجنزC.Haygens (1629-1695) بدراسة خواص كل من الشعاعين المنكسرين الحادثين فى ظاهرة الانكسارالمزدوج ، فرأى أن أحدهما ينقاد لقانوني الانكسار، ويسمى الشعاع المعتاد والثانى لاينقاد لهما ويسمى الشعاع غير المعتاد .

ثم درس تأثير نفاذ كل منهما فى بلورة أخرى، واستخلص بالتجربهمايعرف بظاهرة الاستقطاب (plarizgation) فى الضوء، وكان ذلك حوالى سنة 1675.

(iv)اكتشاف السرعة المحدود للضوء وأول تعيين لها:

ومن الانجازات الهامه فى النصف الاخير من القرن السابع عشرالكشف عن السرعة المحدودة للضوء وأن سرعة الضوء ليست لانهائية كما كان يظن ، وقد اكتشف ذلك الفلكى الدنمركى أولاف رومر O.Roemer(1644-1710) حين كان يعمل فى اعمال الرصد الفلكى بمرصد باريس من خلال مشاهداته التى أجراها على أحد أقماركوكب المشترى واستطاع بها تحديد قيمة سرعة الضوء، وقد أعلن رومر سنة1676الاكاديمية الفرنسية للعلوم بمشاهداته وبالنتيجة التى توصل اليها وهي اكتشاف أن للضوء سرعة محدوده وليست لانهائية، وقد استدعاه ملك الدنمرك بعد هذا الكشف للعودة الى بلاده وعينه استاذا لعلم الفلك بجامعة كوبنهاجن.

(v) **ظهور نظريتى الطبيعة الموجية والطبيعة الجسيمية لموجات الضوء :**

غير أن التطور الاهم بخصوص الضوء فى القرن السابع عشر هو ظهور مبدأ تكون النظريه الموجيه فى طبيعة الضوء على يدى الهولندى كريستيان هيجنز مكتشف ظاهرة الاستقطاب .فقد وضع هيجنز أساس تلك النظريه والتى مؤداها أن الضوء ينتشرفى الفراغ على هيئة موجات متنقله تنبع من مصدر الاهتزاز ثم تنتقل كموجات كرويه فى 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 فى تفسير بعض الظواهر مثل انتشارالضوء فى خطوط مستقيمه أو ظاهرة الاستقطاب التى كان هو قد اكتشفها قبل ذلك.

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

وكان للسير اسحق نيوتن (الذى كان معاصراً لهيجنز)، رأى آخر بشأن طبيعة الضوء، فقد قدم نيوتن ما سمى بالنظريه الجسيميه للضوء فى بحث نشره عام 1670، وفصلها بعد ذلك فى كتاب نشره عام 1704وه كتابه المشهور(البصريات).

ومؤدى هذه النظرية أن الضوء يتكون من جسيمات ضوئيه متغيره تنبعث من المصدر وتنتشر فى جميع الاتجاهات، وذلك فى خطوط مستقيمه، وقد شرح نيوتن بنظريته تلك عددا من الظواهر مثل ظاهرة الانتشار فى خطوط مستقيمه وظاهرة الانكسار والانعكاس، وظاهرة الحيود، ولكنه وجد صعوبه فى تفسير عدد أخر من الظواهر .

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

اكتشاف ظاهرة الزيغ الضوئى:

لم يحدث تقدم يذكر فى مجال الضوء فى القرن الثامن عشر، سوى بعض الاكتشافات نذكرمنها:

اكتشاف ظاهرة الزيغ الضوئى التى اكتشفها جيمس برادلى(J. Bradley) (1693-1762) الفلكى الانجليزى المشهور ذلك عام1727، وجاء اكتشافها عرضا فقد كان برادلي بصدد صنع تلسكوب فلكى قوى لاستخدامها في لأرصاد والكشوف الفلكية وذلك بالاشتراك مع صديقه الفلكى الانجليزى صمويل موليوS.Molyneux (1689-1728) الذى كان يجرى أبحاثه فى مرصد اتخذه لنفسه فى لندن

ثم استقل برادلى بأبحاثه حيث اتخذ تلسكوبا خاصا فى بيته ، واكتشف به تلك الظاهرة، والتى استخدمها برادلى فى تحديد قيمة سرعة الضوء، واتفقت القيمة التى حصل عليها برادلى مع القيمة التي

توصل اليها رومر من قبل بمشاهداته التى أجراها على أحد أقمار المشترى .

(ج) **علم الضوء فى القرن التاسع عشر:**

وبدخول القرن التاسع عشر حدث نشاط ملحوظ فى مجال البحوث الفيزيائية بعد فترة الركود التى سادت القرن الثامن عشر، وسندرس فيما يلى باختصار أهم الانجازات والاكتشافات التى حدثت فى مجال علم الضوء في ذلك القرن .

(i)**اكتشاف الاشعة تحت الحمراء – التأثير الحرارى للضوء:**

حيث تم الكشف من وجود أشعة خارجه عن منطقة الطيف المرئى(وهى المنطقة التى تشتمل على أطوال موجيه يمكن لعين الانسان الاحساس بها ،وكان أول تلك الكشوف الكشف الخاص بالاشعة تحت الحمراء والذى توصل اليه الفلكى الانجليزى وليام هرشل W.Herschell(1738-1822) مكتشف كوكب أورانوس عام 1781، وكان يشغل منصب الفلكي الملكي عند جورج الثالث ملك انجلترا، وقد أعلن هرشل كشفه لتلك الأشعة سنة 1800 أثناء دراسته للتأثيرات الحرارية للطيف الشمسى 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 إسم(الأشعة الحرارية)، وكان ذلك بداية لدراسة ما يعرف بالتأثير الحرارى للضوء .

(ii)**اكتشاف الأشعة فوق البنفسجية – التأثير الكيميائى للضوء:**

وحدث ذلك فى أواخر القرن الثامن عشر حيث اكتشف العالم الكيميائى السويدى وليام شيل w.scheele (1742-1786) التأثير الكيميائى للضوء فى تجارب أجراها سنة 1788 حيث لاحظ تحلل بعض مركبات الفضة بأثير تعرضها للضوء، واتضح لشيل أن هذا التأثير الكيميائى للضوء يكون فى الطرف البنفسجى أشد كثيرا منها فى الطرف الاحمر، وكان هذا ايذانا بالكشف عن الاشعه فوق البنفسجية الذى أعلن عنه بصورة مؤكدة بعد إجرائه تجارب عدة، العالم الالمانى جوهان ريتر J.Ritter(1766-1810) وذلك فى مستهل القرن التاسع عشر(عام1801).

(i)**تقدم البحث فى موضع الاشعاع الحرارى .**

وقد تقدم البحث في موضوع الاشعاع الحراري 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 المختلفه للاشعاع الحرارى وامتصاصها له وانعكاس الاشعاع الحراى عن سطوحها، ودلت تجاربه وبحوثه علي ان الاجسام شديدة الامتصاص للاشعاع الحرارى تكون شديدة الابتعاث له، وأن الاجسام المعدنية المصقوله تعكسه بكثره وهى قليلة الابتعاث، قليلة الامتصاص له .

وتابع البحث فى موضوع الاشعاع الحرارى كل من: الايطالى ماسدينيوماللونىM.Melloni (1798–1854) حيث أثبت أن طبيعة تلك الاشعة هى من نفس طبيعة الاشعة الضوئية ونشر ذلك فى كتاب له عام1850، والايرلندى جون تندال J.Tendall (1820–1893) الذى أثبت عام1865أن بعض المواد وخاصة الغازات لها قدره عاليه على امتصاص الاشعاع الحرارى واصداره عند تسخينها

ووجد تندال أيضا أن الغازات المركبه تمتص جزءا من الاشعاع الحرارى النافذ فيها، وأن هذاالامتصاص يزداد (كمايزداد اصدارها) كلما زاد تعقد جزيئاتها .

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

وفى مجال طبيعة الضوء تم إحياء النظرية الموجيه (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 سنة1801،

وبين في هذه الرسالة إلفكره الأساسية في تداخل الموجات، فإذا تداخلت موجتان كانت نتيجة تداخلهما أن الإزاحة النهائية تكون المجموع الجبري للإزاحة الناشئة عن إحدي المرجتين والإزاحة الناشئة عن الأخري كل علي حده .

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

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

(v) **نتائج البحوث الخاصة بظاهرة الإستقطاب:**

وبدأت تلك البحوث بإكتشاف ظاهرة دوران مستوي الاستقطاب التي يحدث فيها ظهور ألوان زاهية عند نفاذ الضوء المستقطب في بعض البلورات ، وكان ذلك علي يد العالم الفرنسي دومنيك أراجو D.Arago(1786-1853) سنة1811، وقد اخترع أراجو في تلك الفترة أيضا الجهاز المعروف بالبولاريسكوب الذي يستخدم في هذه دراسة الظاهرة .

وكان الفرنسي إتين مالوE.Malus (1775-1812) قدأكتشف قبل ذلك بعامين (سنة 1809) ظاهرة الاستقطاب الحادث بالانعكاس .

كما أكتشف الاسكتلندي السيردافيد بروستر D.Brwster(1781-1868) بعضالظواهرالمتعلقة بالاستقطاب والانكسار المزدوج ، وتوصل عام 1815، بعد دراسة الاستقطاب الحادث بالانعكاس إلي كشف وجود علاقة بين معامل انكسارالضوء في الوسط الذي ينعكس عن سطحه الضوءالمستقطب، 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 وعززها من بعده برادلي 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 فى طيف الشمس، وهى الخطوط المعروفه باسمه الان (خطوط فرونهوفر)،استطاع قياس الأطوال الموجيه لتلك الخطوط عام 1815، وكان ذلك هو بداية لنشأة علم التحليل الطيفى (Spectral Analysis) .

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

وكان العالم الرياضى الفيزيائى الانجليزى جورج ستوكسG.Stokes (1819-1903) هو أول من أوضح وجود خطوط مظلمة فى الجزء فوق البنفسجى من طيف الشمس كخطوط فرونهوفر التى تظهر فى الجزء المضئ منه وكان ذلك عام1852.

وكان أهم عالمين تركا أثرا لاينسى فى عام التحليل الطيفى هماالألمانيان : جوستاف كيرشوف G.Kirchhoff (1824-1887)أستاذ الفيزياء بجامعة هيدلبرج، وروبرت بنزن R.Bunsen(1811-1899) أستاذالكمياء بنفس الجامعة، وقد بدءا بحوثهماعام 1859 وتوصلا الى نتائج عمليه غاية فى الأهمية **منها:** اكتشاف الطيف الانبعاثى والطيف الامتصاصي للمواد، فان كل ماده عندما تتحول الى الحاله الغازية وترتفع درجة حرارتها تعطى نمطا معينا من الخطوط الطيفية المضيئة هى الطيف الانبعاثى لهذه الماده، كما أن وجود غاز فى طريق شعاع مايؤدى الى ظهور نمط من الخطوط الطيفيه القاتمة عند تحليل طيف هذاالاشعاع ، يسمى هذا النمط بالطيف الامتصاصى للغاز، واستنتج كيرشوف أيضا أن الطيف الامتصاصي فى أشعة الشمس يعبر عن وجود العناصر المكونه للغلاف الجوى الشمسى، ونظرا الدرجة حرارة الشمس المرتفعه فان هذه العناصر تكون موجوده فى حالتها الغازية هناك، وبهذه الطريقة استنتج كيرشوف وجود عناصر مثل الحديد والنحاس والنيكل والزنك والصوديوم وغيرها فى الغلاف الجوى الشمسى .

ثالثا : علم الصوت (السمعيات)

أ-علم الصوت في القرن السابع عشر :

(i)إن أول من بحث بحثا جديرا بالذكر في علم الصوت في القرن السابع عشر هو العالم الرياضي والفيلسوف الفرنسي مارين ميرسين M.Mersenne(1588-1648) حيث وضع كتابا سنة1636في (الموسيقي والآلات الموسيقيه) تناول فيه العديد من المعلومات القيمه في علم الصوت منها أن النغمه التي يحدثها وتر ليست صوتا خالصا ولكن يصحب هذا الصوت الاساسى للوتر صوتان آخران، فكان بذلك من أسبق العلماء في كشف مايعرف بالانتلافات (overtones) في علم الصوت ،كما كان ميرسين من السابقين إلي قياس سرعة الصوت عمليا، وبين أن سرعة الصوت في الهواء تكاد تكون ثابته لاتختلف باختلاف شدته أو درجته وتساوي تقريبا 1142 قدما في الثانيه .

(ii)وفي حوالي منتصف القرن السابع عشر أجري الفيزيائى الانجليزي وليام نوبل W.Noble(1618-1 168) وكان أستاذاً بأكسفورد تجاربهامة في موضوع الرنين، وكان نوبل رائداً في دراسة تآلفات (Harmonics) الأوتارالمهتزة وبين نوبل أن الوترالمشدوريهتز بتأثير نغمه تساوى درجتها درجة الصوت الاساسى للوتر أوتكون أضعاف درجته، وفيهذه الحاله ينقسم الوتر(أوالسلك)أثناء اهتزازه أقساما بحيث توجد عليه مواضع تكاد تكون ثابته لاتتذبذب (العقد)، وأخري تكون فيها الحركه التذبذبيه شديدة (البطون) .

ب- علم الصوت في القرن الثامن عشر :

لم يتقدم علم الصوت تقدما محسوسا في القرن الثامن عشر، فكانت البحوث في هذا العلم في ذلك القرن نادرة ، ونذكر منها أبحاث العالم الفرنسى جوزيف سوفيرJ.Sauveur(1653-1716) الذي أجري بعض المباحث الصوتيه الخاصه باهتزاز الأوتار، والكشف عن ظاهرة الضربات (Beats) ، كما أجري تجارب في قياس التردد كانت علي جانب كبير من الدقة ، ونشرها حوالي عام1703.

ج- علم الصوت في القرن التاسع عشر :

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

أخذ علم الصوت بأخذ مكانه كفرع من فروع علم الفيزياء في القرن التاسع عشر، ويرجع الفصل الأكبرفي ذلك إلي الفيزيائي الألماني إرنست كلادنيE.Chladni(1756-1827)الذي يلقب أحيانا إقرارا بفضله فيتكونعلم الصوت(بأبي السمعيات) وقد ابتدأ كلادني بحوثه بدراسة عملية اهتزازالأوتاروالقضبان 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 الاهتزازت العرضية اللقضبان، وبين مواضع العقد والبطون، كما درس كلادني الاهتزازات الطوليه للأوتار والقضبان، وطبق تلك الاهتزازات لتقدير سرعة الصوت في الاجسام الصلبه

،كما قدرأيضا سرعة الصوت في الغازات استخدم فيها أنبوبه خاصه ملأها علي التوالي بغازات مختلفه .

(iii)- **تجارب ايجاد سرعه الصوت في السوائل** :

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

(iii)- **منشأتجارب قياس درجة الصوت في القرن التاسع عشر** :

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

فليكس سافار F.Savart(1791-1841)الفيزيائيوالطبيب الفرنسى الذي اخترع آله صوتيه لتحديد درجة الصوت (عدد الذبذبات في الثانيه) التي تقابل النغمات المختلفه، وكذلك كانياردیلاتورC.delatoer(1777-1859) الفيزيائي والمهندس الفرنسي الذي كان رائدا في دراسة الموجات الصوتيه في الأوساط المختلفه، واخترع آله 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 أوحدته تتوقف علي حركة مصدر الصوت بالاضافه إلي الشخص الذي يسمعه فاذا كانت هذه الحركه حركة إقبال بمعني أن الشخص أو مصدر الصوت يتحرك أحدهما نحو الآخر فان درجةالصوت المسموع تكون أكثر حدة ، وإذا كانت الحركه حركة إدبار بمعني أن أحدهما يتحرك بعيدا عن الآخر كانت درجة الصوت المسموع أكثر غلظه .

وأول من بين هذه الظاهره هوچوهانز 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 ــ بالو C.Bays-Ballot (1817-1890) مدير معهد الأرصاد الجويه في أوترخت بهولندا، ظاهرة دوبلر، من وجهتهاالصوتيه وذلك بتجارب أجراها سنة 1845 في قطار متحرك ، فاذا أصغي إنسان وهو في هذا القطار إلي صوت ناقوس يدق في محطة ،فان درجة الصوت عند إقبال القطارتسمع أكثرحدة ،وعند إدباره تسمع أغلظ ، كما أنه إذا أصغي إنسان واقف إلي صوت صفارة قطار يتحرك ، فان درجة الصوت تسمع أكثر حدة عند إقبال القطار نحوه ووتسمع أغلظ عند إدباره عنه .

(vii)- **بحوث هلمهولتز في علم الصوت:**

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

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

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

رابعا:الحرارة والديناميكا الحراريه

(أ)علم الحرارة ونشأته في القرن السابع عشر :

يعتبر علم الحرارة من الفروع الحديثة نوعا ما في الفيزياء فهو لم يبدأ من العصور القديمه مثل الميكانيكا التي بدأت في العصر الاسكندري، أوالضوء (البصريات) الذي وضع الكثير من مبادئه في عصر الحضاره الاسلاميه ، وقد ابتدأت دراسة علم الحرارة دراسه عمليه بعد عصر النهضة ، وكانت أول خطوة في نشأة علم الحرارة بمعناه الحديث هواختراع الترمومترات (موازين الحرارة)، ويرجع الفضل فيه إلي جاليليو الذي اخترع في أوائل القرن السابع عشر (حوالي سنة 1610) اول جهاز من نوعه ، يدل علي تغير درجة الحرارة، وقد فكرعدد من العلماء في إصلاح هذا الترمومتر البدائي بادخال تدريج ليبين درجة الحرارة،وذلك باتخاذ نقطتين ثابتتين إحداهما تقابل درجه حرارة الجليد والأخري تقابل درجة حرارة الأجسام، علي أن يقسم البعد بين هاتين النقطتين إلي أقسام متساويه، وقد حبذ كريستيان هيجنز سنة 1665 أتخاذ النقطتين الثابتتين هما نقطة انصهار الجليد ونقطة غليان الماء .

وكان اول كتاب ذكرت فيه الترمومترات وغيرها من الأجهزة المستخدمه في القياسات الحراريه هو كتاب نشر عام 1695 ألفه العالم الفرنسي جيلوم أمونتون G.Amontons(1663-1705) الذي قام بقياس درجات الحرارة بواسطة ترمومتر هوائي كانت الاولي من نوعها، ونشر أمونتون رسالتين ضمنهما بحوثه في علم الحرارة وخصوصا قياسه لدرجات الحرارة وذلك سنتي 1703،1702في 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 جبريل فهرنهيت G.Fahrenheit (1686-1736) بدراسة والبحث في موضوع الترمومترات وصنعها ، وكان أهم اختراع له عام 1715هوالترمومترالزئبقي ومقياس فهرنهيت لدرجات الحرارة ، وشاع استخدام ترمومتر فهرنهيت في انجلتر وهولندا ،ومعظم الدول التي يتكلم أهلها بالانجليزيه ولايزال شائعا حتي اليوم.

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

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

أما المقياس المئوي الشائع للاستعمال حاليا فكان اول من فكر فيه العالم الفلكي السويدي أندرزسلزيوس A.celsius (1701-1744) حيث وصف في رسالة بعثها إلي الاكاديميه السويديه للعلوم سنة 1742 ترمومترا زئبقيا أتخذ في تدريجه نقطة إنصهار الجليد ونقطة غليان الماء نقطتين ثابتين ، وقسم البعد بينهما مائة قسم متساو واعتبر أن نقطه انصهار الجليد هي درجة الصفر ونقطة غليان الماء هي درجة المائه.

وفي مقياس سلزيوس هذا فان درجة 37 مئويه (أو37 بمقياس سلزيوس) هي درجة حرارة جسم الانسان في حالة الصحة الجيده.

(ii) **الكشف عن الحرارة النوعيه والحرارة الكامنه للمواد وبحوث تمدد الأجسام بالحرارة :**

ومن أهم البحوث في علم الحرارة في القرن الثامن عشر الكشف عن الحرارة النوعيه والحرارة الكامنه للمواد، ودراسة تمدد الاجسام بتأثير الحرارة ، وقياس معامل التمدد للأجسام، وكان الفارسان في تلك الدراسات ينتمان إلي علم الكيمياء وهما:

الكيميائي الاسكتلندي جوزيف بلاك J.Black (1728-1799) مكتشف غاز ثاني اكسيد الكربون، وصاحب الأبحاث الشهيرة في تحديد الحرارة النوعيه والحرارة الكامنه باختراعه مسعرا (كالوريمتر) عين بهالحرارة الكامنه لانصهار الجليد والحرارة الكامنه ، لتصعيد الماء ،وكانت تجاربه في ذلك حجرالاساس فيموضوع تقدير الحرارة، وأدت بحوث بلاك إلي استنباط فكرة السعة الحراريه 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 النوعيه لعدد منالأجسام، وفي قياس معامل التمدد الطولي للأجسام نتيجة تمددها بالحرارة، وكذلك إمكانية تحويل الغازات إلي سوائل ثم إلي أجسام صلبه بتأثير البرودة والضغط .

(ج) **علم الحرارة في القرن التاسع عشر – نشأة الديناميكاالحراريه والفيزياء الاحصائيه :**

(i)- **تطور البحوث الحراريه في القرن التاسع عشر:**

تطورت البحوث الحراريه في القرن التاسع عشرتطورا كبيرا حين بدأ البحث في عمليات الانتقال الحراري وعلاقة الحرارة بالاحتكاك حيث أكد العالم الأمريكي الأصل الذي عاش معظم حياته في انجلترا وأسس خلال إقامته بلندن المعهد الملكي أو الجميعه الملكيه البريطانيه (عام 1800)، ثم رحل إلي باريس وبقي بها حتي وفاته، وهو العالم بنيامين طومسون المشهور باسم كونت رمفورد (Rumford) (1753-1814) ، علي العلاقه بين الحراره والحركه حيث قرر أن الحراره تأتي في الأصل من الحركه 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 : (النظريه التحليليه 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 هامه عن تمدد الغازات أو زيادة الحجم بزيادة درجة الحراره ، ونذكر من هولاء العلماء: الفرنسي چاك شارل J.Charles(1746-1823) الذي أجري سنة 1787بحوثا حول تمدد الغازات بارتفاع درجة الحرارة مع ثبوت الضغط ، ولم ينشر شارل بحوثه في هذا الموضوع فظلت نتائجها مجهوله 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 الأولي من القرن التاسع عشر نذكر العالمين الفرنسيين: بييرديولنج P.Dulong (1785- 1838) وألكيسي بتي A.Petit (1791-1820)، وقدا بتدأ الاثنان بحوثهما الحراريه سنة 1815ونشرا 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 بحوثا في انتقال الحرارة سنة 1818 أوجدا فيها الحراره النوعيه لبعض العناصر بطريقة التبريد (تجارب ديولنج وبتي) .

واقتفي أثر ديولخ وبتي العالم الفرنسي ڤيكتور رينولتV.Regnault(1810-1878) الذي كان أستاذاً 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 للاجسام الصلبه والسائله والغازيه، وقدر تلك الكميه لأكثر العناصر المعروفه في عهده، كما أوجد معاملات التمدد في الحجم (مع ثبوت الضغط) وفي الضغط(مع ثبوت الحجم) لعدد من الغازات كالهواء والنيتروجين والاكسوجين والهيدروجين وذلك بتأثير درجة الحرارة .

(ii)- **نشأة علم الديناميكا الحراريه:**

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 رسالة نشرها سنة 1824 وكانت الغايه منها معرفة مقدار الشغل الميكانيكي الذي يمكن الحصول عليه من آله حراريه،وعبركارنوعن الشغل بلفظ(القوة المحركة)، وضمن كارنو رسالته فكرة العمليات الدوريه والعلميات القابلة للعكس، ووضع قاعدة عرفت باسمه تنص علي أن الآله الحراريه التي تكون فيها العمليات دوريه وقابله للعكس هي أكثر الآلات فائدة، بمعني 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 الحرارة، وكان ماير أول من استخدام اصطلاح المكافيء الميكانيكي للحرارة، وقام الفيزيائي الانجليزي جيمس جول J.Joule (1818-1889) باجراء تجارب لحساب هذا المكافيء وأوجد القيمه (14 ،4) جول لكل سعر حراري، وهي قيمه قريبه من القيمه الحاليه (4,16 جول للسعر حراري) .

وقدا بدأ جول بحوثه عام 1845 وألقي محاضرة في مانشسترعام 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 طومسون (1824-1907) المعروف باسم اللورد كلڤن (Lord Kelvin) وهو فيزيائي انجليزي شهير قام باعمال هامه في الديناميكا الحراريه نذكر منها اكتشافه مع جول عام 1852 مايعرف بتأثيرجول (JouleEffect)، وكان طومسون أول من فكرفي المقياس المطلق

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

(iii)- **نشوء نظريه الحركه في الغازات** :

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

الحركة في الغازات، وكان أول من بحث في تلك النظريه باعتبار الغاز مجموعه من الجزئيات المتحركه، وأن تصادم تلك الجزئيات يضغط علي جدران اناء الحاوي للغاز، هوالسويسرى دانييل برنولي D.Brnoulli (1700-1782) وذلك سنة 1738، فوضع بذلك أسس تلك النظريه في القرن الثامن عشر، ولم يتقدم البحث في تلك النظريه كثيرا حتي منتصف القرن التاسع عشر، حين قدم چول رسالة إلي الجمعية الملكيه بأدنبره (باسكتلندا) عام 1851عنوانها (النظريه الديناميكيه في الحرارة) ، تمكن فيها من حساب سرعة جزئيات الغاز .

وتلا چول في تلك البحوث الفيزيائي الألماني رودلف كلاوزيوس R.Clausius(1822-1888) الذي قام بنشر سلسله من البحوث بدأها عام 1857 لاثبات تلك النظريه وتطبيقها لشرح عدد من الظواهر مثل الانتشاروالتوصيل الحراريين وغيرهما .

كما صاغ كلاوزيوس أحد صور القانون الثاني للديناميكا الحراريه وينص علي أن الحراره لا تستطيع أن تمر بذاتها من الجسم الأبرد إلي الجسم الأسخن .

(iv) **البحوث الخاصة باسالة 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 1823علي يدى العالم الشهير ميخائيل فاراداى M.Farday (1791-1867) وهو فيزيائي وكيميائي إنجليزي أشتهر ببحوثه في الكهربيه والمغنطيسيه، وأجري بحوثه حول إسالة الغازات واستطاع أن يصل إلي نتائج هامه في هذا المجال حيث أسال غازالكلوروغازثاني اكسيد الكربون، وغاز (الهيدروچين المكبرت) وغاز النوشادر، ولكنه عجز عن اسالة غازات أخري مثل الاكسوچين والنتيروچين والهيدروچين، وأسماها بالغازات الدائمه.

وواصل الكيميائى الايرلندي توماس أندروزT.Andrews(1813-1885)البحث في هذا الموضوع وبدأ فيإجراء تجاربه حوالي سنة 1860، وأدخل مفهوم درجة الحرارة الحرجه حيث أثبت أن لكل غاز درجة حرارة حرجه،فاذا ضغط الغاز وكانت درجة حرارته أقل من الدرجه الحرجه، أمكن بمجرد الضغط تحوله إلي سائل ، أمإذا كانت درجة الحرارة أعلي من الحرجه ، فيلزم تبريد الغاز إلي ما دون درجته الحرجه حتي يمكن إسالته .

وقد تمكن العالم الفرنسي لويس كايلتيه L.Cailletet (1832-1913) من إساله غازي الاكسوچين والنتيروچين لأول مرة في تاريخ الفيزياء، وذلك سنة1877 .

وكان آخر البحوث الخاصه بهذا الموضوع في نهاية القرن التاسع عشر هي بحوث الكيميائي الاسكلندي السيرچيمس

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

(v) **نشأة الفيزياء الاحصائيه (Statistical&Physics)**

بدأ موضوع الفيزياء الاحصائيه بأبحاث العالمين الانجليزى چيمس ماكسويل J.Maxwell (1831-1879) والنمساوي لودفيج بولتزمان J.Bltzmann(1844-1906)عام 1860وذلك في موضوع ايجاد السرعات المتوسطه لجزئيات غاز، وقد اعتبر هذان العالمان ان جزيئات الغاز لا تمتلك سرعة معينه وانما تتوزع هذه الجزيئات بشكل إحصائي علي سرعات مختلفه ، فبعضها له سرعات صغيرة والبعض له سرعات متوسطه والبعض الأخر له سرعات عاليه، وتمكن الاثنان- بصورة مستقله- 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 الاحصائيه.

خامسا:الكهربيه والمغنطيسيه

(أ)الكهربيه والمغنطيسيه في القرن السابع عشر:.

يعتبر علم الكهربيه والمغنطيسيه كعلم الحرارة ذو نشأة حديثه وضعت مبادئه ودرست ظواهره الاساسيه بعد عصر النهضة .

وقد اتسع علم الكهربيه والمغنطيسيه في القرن السابع عشر وازدادت المعلومات فيه بشكل مُرض، وكان أهم إنجاز في ذلك هوالتجارب التي أجراها أوتوفون جريك O.vonGuericke (1602-1686)ا لفيزيائي الألماني ومخترع مضخة الهواء وصاحب تجربة مجد بورج الشهيرة، حيث لاحظ أن الأجسام الخفيفه التي تنجذب إلي الجسم المكهرب بالدلك تنفر منه بعدملامستها له ومهدذلك إلي اختراع الآلاتالاحتكاكيه.

وكذلك التجارب التي أجراها الكيميائي الايرلندي روبرت بويلR.Boyle (1627-1691) صاحب قانون بويل الشهير في العلاقه 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 .

وازدات المعلوماتالخاصه بالمغنطيسيه الأرضيه وخاصةالتجارب التي أجراهاالفيزيائي الفلكي الانجليزي هنري جلبراند H.Gelibrand (1597-1637) أستاذ الرياضيات في كليه جريشام بلندن لقياس زوايا الانحراف وتحديد تغيرالانحراف المعروف بالتغير القرني، وكذلك التجارب التي قام بها الرياضي والفلكي الانجليزي إدموند هالي (1656-1742) مكتشف مذنب هالي وأول منأجري تحديدا صحيحا للحركه النجميه، حيث نشرسنة 1686أول خارطة تبين خطوط تساوي الانحراف علي سطح الأرض.

(ب) تقدم علم الكهربيه والمغنطيسيه في القرن الثامن عشر:-

(i)أهم الانجازات في النصف الأول من القرن الثامن عشر :.

شهدت الكهربيه والمغنطيسيه تطورات هامه في النصف الأول من القرن الثامن عشر،كان من **أشهرها:**

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

(2) ومن الانجازات الهامة نذكر التجارب التي أجراها الكيميائي الفرنسي تشارلزدوفاى C.Dufay (1696-1739) الذي اكتشف عام 1735أن للتكهرب نوعان هما الموجب والسالب، واكتشف أيضا علاقة التجاذب والتنافربين نوعين مختلفين أو متشابهين من الشحنات.

(3) ومن الانجازات أيضا اختراع أول مكثف كهربي سنة1746وكان عباره عن زجاجة (أوقارورة) يلفحولها سلسلة معدنيه توصل بمصدر كهربي وتدار الآله فتتولد الشحنات علي الزجاجه، وقد اخترعها الفيزيائي الهولندي والاستاذ بجامعة ليد، بيترموسشنبروك P.Musschenbroek (1692-1761)، وسميت زجاجة ليد.

(4)أيضا البحوث الخاصه بالكهربيه الجويه وطبيعية البرق والعواصف الكهربيه التي أجراها الأمريكي بنيامين فرانكلين B.Franklin (1706-1790) أحد رجالات العلم والسياسه وأبرز الشخصيات في حركة استقلال الولايات المتحده الأمريكيه، حيث أثبت بالتجربه عام1750 ظاهرة تكهرب السحب التي تتجمع عند حدوث العواصف ، وتابع فرانكلين تجاربه في ذلك ، فاختبر نوع كهربية السحب فوجدها موجبه أحيانا وساليه في الغالب.

وافتفي كثير من العلماء في أوربا أثر فرانكلين في كهربية السحب، وكان اشهرهم الانجليزي جون كانتون J.Canton (1718-1772) صاحب البحوث المميزة في الكهربية الاستاتيكيه ومكتشف ظاهرة التكهربب التأثير وذلك عام 1754حيث أثبت بالتجارب أن الجسم المكهرب يحدث في الموصل المعزول القريب منه تكهربا من غير أن يلمسه .

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

(ii) أهم الانجازات في النصف الثاني من القرن الثامن عشر:.

(1) بحوث كافندش:

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

(2) بحوث كولوم:

ومن الانجازات نذكر البحوث التي أجراها الفيزيائي الفرنسي تشارلزكولوم C.Coulomb(1736-1806) الذي وضع أبحاثا عام 1777حول أفضل طريقه لصناعة الإبر الممغنطة ، كما وضع أول نظريه في المغنطيسيه حدد فيها مفاهيم العزم المغنطيسي والمجال المزيل للمغنطيسيه ، وفي عام 1785وضع كولوم القانون المشهور باسمه وهوقانون التربيع العكسي ، وذلك باستخدام جهاز خاص اخترعه هوميزان اللي ، وقد أتاح كشف هذا القانون للعلماء الأخرين تطبيق طرق البحث الرياضي في دراسة علم الكهربيه وكان كافندش قد استنتج هذا القانون في نفس الفترة تقريباً .

(3) بحوث جلفاني :

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

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

(4) بحوث فولتا :

وقد تابع الفيزيائي الايطالي ألساندرو ڤولتا A.Volta (1745-1827) الاستاذ بجامعة باڤيا، بحوث جلفاني، حيث أجري تجارب دقيقه علي الكهربيه التي اكتشفها جلفاني، وتوصل إلي اختراع الجهاز المعروف بالعمود الڤولتائي (أومركم ڤولتا) وذلك عام1799، ويعتبرأول بطاريه في تاريخ العلم، وكانت تتكون من صفيحتين أحدهما من النحاس والأخري من الزنك منغمستين في سائل موصل، فاذا وصلت هاتان الصفيحتان بسلك فان البطارية (أوالمركم) تعطي تيار كهربائيا .

وكان ڤولتا أيضا أول من اخترع الجهاز المسمي (الالكتروفور) لإنتاج الكهربية الساكنة وكذلك (الالكتروسكوب) للكشف عن الكهرباء، كما قام بقياس فرق الجهد الكهربي التي تسمي وحدة قياسه الآن بالڤولت نسبة إليه، وقام ڤولتا أيضا عام1800 بتوصيل عدة أعمدة علي التوالي ليكون بذلك البطارية الكهربائية المعروفة .

(ج)- الكهربيه والمغنطيسيه في القرن التاسع عشر- نشوء النظريه الكهرو مغنطيسيه:.

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

(i)كشف العلاقه بين الكهربيه والمغنطيسيه :

كان أول من كشف تلك العلاقه هو الدنمركي هانزأورستد H.Oersted (1777-1851) الاستاذ بجامعة كوبنهاجن حين لاحظ تولد مجال مغنطيسي عند مرور تيار في سلك، وكان ذلك سنة 1819، ولما انتشر خبر هذا الكشف ابتدأ كثيرمن العلماء البحث في هذا الموضوع، وكان أولهم الفيزيائي والرياضي الفرنسي أندري أمبير A.Ampere (1775-1836) الذي درس المجال المغنطيسي الناتج عن التيار الكهربي بصورة مستفيضة من الوجهة النظريه والعملية، وأفضي ذلك إلي تأسيس فرع في علم الكهربيه أطلق عليه إسم الديناميكا الكهربيه (ELectrodynamics)، وكان ذلك سنة 1823.

ووضع أمبير نظريته في التمغنط حيث قال أن المغنطيسية في الحديد الممغنط هي نتيجة لتيارات كهربائيه تسري داخل المادة الممغنطة ، فعندما يكون الحديد غير ممغنط فان التيارات الداخليه تكون متحركة في اتجاهات عشوائيه وليس لها تأثير مغنطيسي بحت ، وفي حالة المغنطه فان تلك التيارات تتسق مع بعضها البعض وتعطي تأثيرا مغناطيسيا كبيرا.

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

(ii) **الكشف عن التيارات التأثيريه وظاهرة الاستقطاب الكهربي في المواد العازلة :**

أجري 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 عام1831 ، وقد أسهم فاراداي في تعميق وتثبيت مفهوم المجال الكهربي بالصورة التي نعرفها اليوم، وأدخل اصطلاح خطوط القوي الكهربيه، وقام بدراسات علي الخواص الكهربيه للمواد العازله التي أعطاها هو هذاالاسم : العوازل (Dielectrics)، وعرف ظاهرة الاستقطاب الكهربي حيث أنه عند تطبيق مجال كهربي علي ماده عازله، فان الشحنات الذريه الموجبه في العازل تستقطب في اتجاه المجال، بينما تذهب الشحنات السالبه مزاحة في عكس اتجاه المجال، وهكذا يولد المجال الكهربي الخارجي انفصالا بين الشحنات الموجبه والسالبه داخل العازل ، أواستقطابا كهربائيا، وبين فاراداي أهمية الوسط العازل في ظواهر الكهربيه بتجارب مشهورة أجراها سنة1837 ، 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 التأثيريه النوعيه) .

ومن العلماء الذين بحثوا في التيارات التأثيريه أيضا نذكر الامريكي جوزيف هنريJ.Henry (1797- 1878) والألماني هنريك لنز H.Lenz (1804-1865) وقد وضع الاثنان- كل علي حدة- قوانين الحث الكهربي المغنطيسي حوالي سنة 1834.

(iii) **بحوث فاراداي في التحليل الكهربي :.**

وفاراداي أيضا بحوث هامه في مجال التحليل الكهربي 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 1805واستخدمها الكيميائي الانجليزي السيرهمفري دافي H.Davy (1778-1829) سنة 1808في إثبات أن الصوداوالبوتاسا ليسا عنصرين بل هما مركبان يمكن تحليلها بالكهربيه واستطاع بذلك الحصول علي عنصري الصوديوم والبوتاسيوم .

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

(iv)**قانون أوم ونشوءلانظام الوحدات في الكهربيه والمغنطيسيه:**

وقد وضع الفيزيائي والرياضي الألماني جورج أوم G.Ohm (1787-1854) قانونه الشهير في العلاقه بين المقاومه الكهربيه وفرق الجهد والتيار المارفي دائره كهربيه وذلك سنة1826، كان أوم قد بدأ بحوثه في قابلية المعادن لتوصيل الكهربية ، ولم تكن العلاقه بين شدة التيار والمقاومه وفرق الجهد معروفه في ذلك الوقت وقد توصل أوم إلي تلك العلاقه بالعديد من التجارب علي مواد مختلفه.

وفي سنة 1832 إبتكر الرياضي الألماني كارل جاوس K.Gauss (1777-1855) نظاما للوحدات المستخدمه في الكهربيه والمغنطيسيه حيث بدأ بصياغة وحدات أساسيه للطول(المسافه) والكتله والزمن، وبني عليها المقادير الميكانيكيه كالسرعه والعجله والقوه، ثم بنى جاوس علي أساس هذه الوحدات الميكانيكيه وحدات الكميات المغنطيسيه مثل شدة القطب المغنطيسي والقوه المؤثره علي قطب مغنطيسي وهكذا، ثم نهج الألماني وليام وبرW.Weber(1804-1891) أستاذالفيزياء بجامعة چوتنجن نهج زميله فأدخل نظام الوحدات في الكهربيه مثلما عمل جاوس في المغنطيسيه وقد أطلق إسم ويبر علي وحدة ما يعرف بالفيض المغنطيسى (الويبر – Wb) .

وهكذا بتعريف الكميات الاساسيه في المغنطيسيه والكهربيه صار من اليسير قياس تلك الكميات باستخدام أجهزه خاصة كالجلڤانومترات والأمبيرومترات والڤولتمترات وغيرها .

(v)**نشوء النظريه الكهرومغنطيسيه –اكتشاف الموجات الكهرومغنطيسيه:**

لقد كان الانجاز الأكبر في علم الفيزياء في القرن التاسع عشر هو توحيد المجالين الكهربي والمغنطيسي علي يد العالم الانجليزي چيمس ماكسويل J.Maxwell (1831-1879) في رسالة قدمها إلي الجمعية الملكيه سنة 1864 وفصلها في كتابه المشهور في (الكهربيه والمغنطيسيه) الذي نشر سنة 1873 ، حيث قام ماكسويل بدراسة تجارب فاراداي وأفكاره عن تأثير المجال الكهربي علي العوازل وكيف أن المجال يولد استقطابا كهربائيا في شحنات هذه المواد، وأدخل ماكسويل فكرة (تيارالازاحه) حيث اعتبر أن تغير قيمة الاستقطاب الكهربي من نقطة إلي أخري داخل العازل يمكن أن يعتبر تيارا كهربائيا مثل التيار الكهربي المارفي الموصلات ،وسمي هذا التيار بتيار الازاحة ، وهو يؤدى - مثل التيارالعادي - إلي حدوث مجال مغنطيسي .

وتوصل ماكسويل إلي معادلات رياضيه جديدة سميت بمعادلات ماكسويل تربط بين المجالين الكهربي والمغنطيسي الناتجين عن الشحنات والتيارات الموجودة في الانظمه الفيزيائيه ، وكان من نتائج حلول تلك المعادلات هو وجود حل موجي يدل علي حدوث انتشار للمجالات الكهربيه والمغنطيسيه علي شكل موجات

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

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

وكان الهدف من تجارب هرتز هو إثبات صحة الافتراضات التي وضعها ماكسويل في نظريته الكهرومغنطيسيه، وقد كانت النتائج باهرة في ذلك ، وأصبح من الممكن القول أن علم الضوء يمكن اعتباره فرعا من فروع علم الكهرومغنطيسيه (ELectromagnetism) أو هكذا تم توحيد الضوء مع الكهربيه والمغنطيسيه في علم واحد .

سادسا : الظواهر الالكترونيه والاشعاعيه

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

وسنذكر تلك الظواهر فيما يلي:.

(1) إكتشاف أشعة المهبط (الأشعة الكاثودية)

وقد تم اكتشاف هذه الاشعه أثناء دراسة موضوع التفريغ الكهربي خلال الغازات المخلخلة .وكان العالم الألماني جوليوس بلوكر J.Pluker (11801- 1868) من أوائل من قام بدراسة ظاهرة التفريغ الكهربي خلال الغازات باختراعه أنبوبه عرفت باسمه بداخلها غاز مخلخل حيث مرر بها شرارة كهربية فوجد أن جدران الأنبوبه بالقربمن الكاثود (القطب السالب) قد تلون بلون أخضر يضرب إلي 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 الاشكال وتفيء بألوان جميله شتي 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 الأجواءالمخلخله وعللها بإنها ناتجه عن وجود أشعة مصدرها المهبط (أوالكاثود) وكاان ذلك عام 1869، وقد أطلق الفيزياني الألماني يوحين چولدشتين E.Galdstein (1850-1930) علي تلك الاشعه المنبعثه من المهبط في أنبوبه زجاجيه مملوءة بالغاز عند تفريغها من هذا الغاز أي عند تقليل ضغط الغاز في الانبوبه بالتدريج إسم أشعة المهبط أوالكاثود وذلك عام 1876.

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

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

(2)اكتشاف انقسام خطوط الطيف ــ تاثير زيمان:

فقد اكتشف الهولندي بيتر زيمان P.Zeeman (1865-1943) سنة 1896، إنقسام خطوط الطيف ، المنبعث من الذرات المثارة عند وضعها في مجال مغنطيسي قوي، وسمي هذا التأثير بتأثير زيمان، وقد استعان زيمان في تجاربه بأجهزة دقيقه ومجال مغنطيسي شديد القوة ، ووجد منذ أول تجربه أن كلا من خطي طيف عنصر الصوديوم يحدث له

اتساع قليل بتاثير المجال المغنطيسي ، ثم أن الخط البسيط من خطوط الطيف إذا اختبر في اتجاه خطوط القوة المغنطيسيه في المجال المؤثر ، ينقسم إلي خطين ، أحدهما أكثر ترددا والأخر ذوتردد أقل

(3)**اكتشاف التأثيرالكهروضوئي :**

وقد تم هذا الكشف عام 1888علي يدل العالم الألماني الشاب هنريك هرتزمكتشف الموجات الكهرومغنطيسيه، ومكتشف النشابه بين موجات الضوء والموجات الكهرومغنطيسيه من حيث الانعكاس والانكسار ومختلف الظواهر المالوفهفي الضوء .

ويتالف التاثير الكهروضوئي من تولد تيار كهربي عند سقوط موجات ضوئيه علي سطح مادة معدنيه .

وقد قام العالمان الألمانيان چوليوس إليستر J.Elster (1854-1920) وهانز جتيل H.Geitel (1855-1923) باجراء سلسله من التجارب لتفسير ظاهرة التأثير الكهروضوئي أجرياها ابتداء عام 1889 وبينا فيها ان الموصل المعدني تحت تأثير الموجات الضوئيه القصيرة تنبعث منه دقائق متكهربه بشحنات سالبه وقابله للانحراف بتأثير المغنطيس، وقدتأيدت تلك التجارب بتجارب أجراها فليب لينارد عام1899 واستنج منها أن الانبعاث الحادث في تلك الظاهرة هو نتيجه خروج جسيمات سالبة الشحنه (هي الالكترونات)م ن سطح المعدن .

(4)**اكتشاف قوانين الاشعاع الحراري :**

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

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

وقد قام العالم الألماني وليام ڤاين 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 الاسود وذلك عامي 1893و1896.

كما أن اللورد رايلي (چون ستروت) LordRayliegh (1842-1919) الرياضي والفيزيائي الانجليزي صاغ عام 1895 قانونا عرف باسمه (قانون رايلي) في الاشعاع الحراري .

(5)**اكتشاف الالكترون :** حيث بدأ العالم الانجليزي السير جوزيف طومسون J.Thomson (1856-1940) أبحاثه الخاصه بتفريغ الغازات والاشعه الناتجه عن هذا التفريغ (أشعه المهبط)عام 1886 ، وأجري العديد من التجارب لمعرفة طبيعة تلك الاشعة ، وقام بتجارب عام 1897 لحساب النسبه بين شحنه الجسيم المكون لهذه الاشعه وكتلته ولاحظ ان تلك النسبه مرتفعه جدا ، مما يعني ان هذا الجسيم قليل الكتلة ، وأطلق طومسون علي هذه الجسيمات إسم دقائق (corpuscles)، غير أن الفيزيائي الأيرلندي چونستون ستوني J.Stoney (1826-1911) أطلق علي

هذا الجسيم إسم الالكترون (electron)حوالي عام1896، وقام بحساب شحنته بشكل تقريبى .

(6)**إكتشاف الاشعه السينية(أشعة إكس)**:

حيث لاحظ العالم الألماني وليام رنتجن W.Rontgen (1845-1923) عام 1895أثناء إجرائه بعض التجارب في التفريغ الكهربي خلال الأنابيب المفرغة من الهواء، ظهور نوع جديد من الاشعه ، أطلق عليه إسم الاشعه

المجهوله (أوأشعه إكس) وذلك بسبب عدم معرفته طبيعتها في ذلك الوقت ، وقد استمر رنتجن في إجراء تجاربه علي تلك الاشعه واتضحله ان تلك الاشعه 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 الاشعه فانه يحدث لهذه الاجسام خيال واضح فتظهر بذلك صورة واضحه للهيكل العظمي لليد،فأدرك رنتجن إمكانيه استخدام هذه الاشعه في النواحي الطبية حتي أنه أعلن نبأ اكتشافه لتلك الاشعه في الجمعية الطبية الالمانيه في نوفمبر 1895.

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

(7)**اكتشاف ظاهرة النشاط الاشعاعي :**

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

وتابعت العالمة الفرنسيه البولندية الأصل ماري كوري M. Curie (1867-1934) وزوجها بييركوري P.Curie (1859-1906) هذه الظاهرةالجديده، واكتشفا أن هناك عناصر أخري غير اليورانيوم تظهر هذا النشاط الاشعاعي مثل عنصر الثوريوم ، وعنصري الراديوم والبولونيوم حيث قام الاثنان بفصل هذين العنصرين سنة 1898 ووجدا أن نشاطهما اقوي بكثيرمن نشاط اليوانيوم .

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

(8) **دراسة خواص الاشعه الصادرة عن العناصر المشعه** :

أخذت البحوث في ظاهرة النشاط الاشعاعي تتسع في السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر، واتخذت منحي جديد هو البحث في خواص الاشعه المنبعثه من تلك المواد المشعه، ومن اسبق الباحثين في ذلك اللورد إرنست

رذرفورد (1871-1937) E.Rutherford العالم الانجليزي الشهير الذي أثبت سنة 1899 أن تلك الاشعه تتكون من نوعين بحسب قدرتها علي اختراق المادة ،فالاشعه التي قدرتها علي الاختراق قليله وتسير لمسافات بسيطه في الهواء.

اوالمواد سميت أشعة ألفا، والاشعه ذات القدرة الاكبر علي الاختراق والسير لمسافات الأكبرفي المواد سميت أشعة بيتا .

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

واتسعت دائرة البحث عن خواص هذه الأنواع الثلاثة من الأشعه، وتمكن العالم الألماني فردريك جيزل F.Giesel (1852-1927)عام 1899من إثبات أن أشعة بيتا ماهي إلاجسيمات (أودقائق) محمله بشحنات كهربيه سالبه ، وظهر من التجارب التي أجراها هنري بيكريل عام 1900 لتقدير نسبة شحنة الواحدة من جسيمات بيتا إلي كتلتها أن هذه النسبة تساوي النسبه في حالة إلالكترونات مما يدل علي ان أشعة بيتا ماهي إلالكترونات تنبعث من المواد المشعه.

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 الشحنه إلي الكتله لتلك الاشعة وذلك في تجارب تم إجراؤها في السنوات الأولي من القرن العشرين، حيث تم إثبات أن تلك الاشعة تتالف من جسيمات هي نويات ذرات الهليوم .