**تعريف وتاريخ اولويات البحث العلمي العلمية**

* 1. **المقدمة :**

العصر الذي نعيش فيه يعتبر عصر العلم والتكنولوجيا ,و يتميز بالتغيرات السريعة والتطورات المذهلة في المعرفة العلمية والتطبيقات والاساليب التكنولوجية ,واصبح فيه العلم بمفهومه الحديث وطبيعته الديناميكية كماده وطريقه أو منهج للتفكير, والبحث العلمي من الامور التي لا غني عنها في حياة المجتمعات المتقدمة ,والتأمين لمواجهة المشكلات والتحديات في مختلف المجالات الاجتماعية والاقتصادية وغيرها من المجالات الحيوية المتأثرة في حياة الانسان وامنه وسعادته .

ولاشك أن لهذه التغيرات والتطورات انعكاساتها ومطالبها من التربية والتعليم , فالمدرسة مطالبه اليوم اكتر من اي وقت مضي أن تبذل كل جهد ممكن لتربية الانسان العصري ,القادر علي التفكير السليم البناء, والمزود بالمعرفة والمهارات الاساسية التي تمكنه من تحقيق الاهداف المرجوة مع طبيعة عصره وخصائصه , والبيئة من حوله وما يطرأ عليها من تغيرات وتطورات سريعة ومتلاحقة .

والبحث العلمي يهدف الي إضافة شيء علمي جديد إلي فروع المعرفة التطبيقية , وبتطبيق قواعد المنهج العلمي العامة أو الخاصة بمجال علم معين ويتنوع أسلوبه بتعدد ميادين المعرفة .

ومن هدا المنطلق فهذه الدراسة تتناول الجوانب التي تشير الي مبادئ البحث العلمي التطبيقي وذلك كمحاولة لإعداد الباحثين المتفهمين لأسس البحث العلمي ولمناهجه ووسائله وأدواته .

* 1. **طبيعة العلم ومجالاته:**

من الطبيعي جداً اختلاف وجهات النظر في البحث العلمي ,وهذا أدي إلي أن هناك عدة تعاريف متعددة للعلم ,هده التعاريف المتعددة تعكس اختلاف وجهات النظر إلي طبيعة العلم ,حتي بين العلماء أنفسهم ,فهناك من يؤكد الجانب المعرفي وينظر الي العلم علي انه نظام من المعرفة العلمية المنظمة , وهناك البعض الاخر الدي يؤكد علي الجانب الفكري والمنهجي, وينظر الي العلم علي انه طريقه للتفكير والبحث من اجل التوصل الي هده المعرفة , وتنميتها وهناك فريق ثالت لا يفصل بين هذين الجانبين ويؤكد التكامل بينهما وينظر بالتالي الي العلم علي انه بناء معرفي ,وطريقه للتفكير والبحث في نفس الوقت , وهناك طائفة أخري تري العلم علي أنه مجموعة من التجارب يتم تطبيقها في المعامل والمختبرات وفي الادوات والأجهزة والآلات الحديثة ,التي يستخدمها الانسان في مختلف مجالات العلوم والحياه .

* 1. **العلم كبناء معرفي :**

 توصل الانسان علي مر العصور الي حقائق وإثباتات علمية , ومعرفته عن البيئة والكون ,مكنته من وصف وتفسير كتير من الاشياء والاحدات , والظواهر الموجودة التي تحدت من حوله , ومتل هده المعارف ساعدته علي ان يكون اكتر فهماً لبيئته, واكتر قدره علي التحكم فيها , وتسخير امكانياتها المختلفة بما يخدم احتياجاته اليومية ,وكان من الضروري إزاء تزايد الحقائق والمعرفة العلمية وتنوعها ,وسرعه تراكمها ان تصنف وتنظم في بناء معرفي, يتضمن هده الحقائق وما توصل اليها العلماء من مفاهيم وقوانين ونظريات علميه .

وفي ضوء هده النظرية فإن البعض ينظر الي العلم علي انه محتوي معرفي لمجموعه المقررات الدراسية , في المواد التي يدرسها التلاميذ في مختلف المراحل التعليمية ,ومتل هده النظرة الي العلم كمحتوي معرفي او ماده دراسية ,فحسب تعكس فهماً محدوداً لطبيعة العلم ,وتجعله قاصراً علي الجانب المعرفي وتهمل جانباً لدرجه كبيره من الأهمية في فهمه طبيعة العلم وتعلمه , ويتمثل هدا الجانب في النشاط الفكري القائم علي التفكير السليم والتقصي العقلي ,والخيال ومهارات التفكير العلمي وحل المشكلات .

* 1. **العلم كطريقه للتفكير والبحث :**

استخدام الانسان قديما انماط من التفكير غير العلمي مثل التفكير عن طريق المحاولة والخطأ ,والتفكير المنطقي وغيرها من انماط التفكير غير العلمي, واستطاع عن طريق هده الانماط المختلفة من التفكير ان يحصل علي إجابات ويصل الي تفسيرات معينه , من الأشياء والاحداث والظواهر من حوله وكثيرا ما يقبلها الانسان دون ان يناقشها , ويتساءل عن كيفية التوصل اليها او التحقق من صحتها ورغم ذلك فقد ظلت طوال قرون عديده عاجزه عن توفير الحقيقة كما تدعمها الملاحظات الدقيقة للوقائع المحسوسة, لذلك فان البعض ينظر الي العلم علي انه طريقه للتفكير والبحث ويؤكد اهميه اساليب الملاحظة الدقيقة والفروض والتحقق من صحتها عن طريق التجربة العلمية في حل المسائل والمشاكل المعقدة .

* 1. **النظرة المزدوجة للعلم كماده وطريقه:**

المفهوم الحديث للعلم ,يجمع بين كون العلم بناء من المعرفة العلمية المنظمة المتطورة ,وطريقة التفكير والبحث , نتوصل عن طريقها علي هده المعرفة العلمية وتطبيقاتها العلمية في حياتنا اليومية وواضح ان هده نظره مزدوجة تجمع في تكامل بين الجانب المعرفي والجانب السلوكي للعلم.

ويصف كونانت ( J.B conant ) طبيعة العلم , بان هناك نظرة إستاتيكيه ,واخري ديناميكية للعلم ,وتؤكد النظرة الاستاتيكيه علي مجموعه مترابطة من القوانين والمبادئ والنظريات العلمية , بالإضافة الي قدر هائل من المعلومات المنظمة المتوفرة , وفي تعريف أخر فان العلم وسيله لتفسير بعض الظواهر واما النظرة الديناميكية للعلم فهي تختلف عن النظرة الاولي وهي تنظر الي العلم كنشاط إنساني وبالتالي فان اهمية المعرفة ترجع في الدرجة الاولي الي كونها اساس لنشاط او عمليات اخري علمية .

واكد العديد من العلماء علي انه لم تعد النظرة محددة الي العلم, وانه ليس فقط تجميع للمعلومات او المعرفة العلمية , و ليس إضافة حقائق او اكتشافات جديده فحسب وإنما يأتي اساسا من علمية التفاعل بين نظرياته القديمة والمفاهيم والمدركات العلمية الجديدة , وبين المجردات القائمة كما ان اهمية المعرفة العلمية لا ترجع فحسب الي زيادة البناء المعرفي للعلم وإنما الي دورها الفعال في إثارة دراسات وبحوث علمية جديده .

وفي ضوء هده النظرة يعرف البعض العلم علي انه مجموعه متراكمه لا نهاية لها من الملاحظات العلمية التي تؤدي الي تكوين مفاهيم ونظريات علميه جديده معينه , والأخذ بالمفهوم الحديث للعلم كمادة وطريقه للتفكير والبحث ,وحل المشكلات يجعل مجالات العلم عريضة ومتعددة ومتنوعه , بحيث تشمل جميع جوانب العلوم الطبيعية بفروعها المختلفة , وهذا يعني أن اي ماده معينه يمكن أن تصبح جزءا من العلم, إذا استطعنا أن نحصل علي بيانات ومعلومات عنها علي اساس من استخدام أساليب التفكير والبحث العلمي وبهذا اكتسبت كتير من الانشطة العلمية الصفة العلمية .

* 1. **العلم والتكنولوجيا :**

التطورات العلمية الحديثة في العلم وتطبيقاتها العلمية في مختلف المجالات الحياة اليومية أصبحت من أهم الخصائص التي تتميز بها المجتمعات الانسانية في عصرنا الحاضر, كما أصبح العلم الحديث وتطبيقاته يؤثر علي كل جانب من جوانب حياتنا ,وأصبح تقدم الامم وتطورها يقاس بمدى تطورها في المجالات العلمية الحديثة ومدى قدرتها علي استخدام التكنولوجيا الحديثة في المجالات الصناعية والزراعية والاقتصادية والاجتماعية وغيرها من المجالات بقصد تحقيق حياة أفضل .

والكثير من الناس يخلط بين العلم والتكنولوجيا ,فمنهم من يعتقد أن العلم والتكنولوجيا شيء واحد وأن العلم يعني الآلات والأجهزة العلمية الحديثة وهدا اعتقاد خاطئ لأن العلم ليس ذلك .

وأما التكنولوجيا فهي تتناول التطبيقات العلمية للمعرفة العلمية في مختلف الفنون الصناعية ,ذات الفائدة المباشرة في حياة الافراد والمجتمعات , والصلة بين العلم والتكنولوجيا تتطلب أن نوضح العلاقة بين العلم البحثي والعلم التطبيقي , فهناك تقسيم للبحوث العلمية إلي بحوث بحته واخرى تطبيقية , وتهدف البحوث البحتية أساسا إلي اكتشاف المعرفة العلمية , بصرف النظر عن تطبيقاتها العلمية ,وهي بذلك تساهم في نمو البناء المعرفي للعلم البحثي .

وبالنسبة للبحوث التطبيقية تهدف إلي نتائج لها قيمتها العلمية , للمجتمع ومؤسساته المختلقة التي يهمها استخدام هده التطبيقات للتغلب علي مشكلات أو صعوبات معينه , أو لتطوير كفاءة العمل وكفاءته الإنتاجية, وهذا النوع من البحوث يسهم في تكوين العلم التطبيقي للمجتمع, ونظرا للصلة الوثيقة بين العلم والتكنولوجيا فأنه من الصعب ان نفصل بين الجوانب البحتة والجوانب التطبيقية للعلم فهناك علاقة متبادلة بينهما وأصبح دور كل منهما في حياتنا المعاصرة مكمل للأخر .

* 1. **نشأة وتطور البحث العلمي في العالم :**

تطورت أسس التفكير والبحث العلمي ببط شديد , واستغرق هدا التطور عدة قرون في التاريخ الانساني , ولعلنا نستطيع أن نرد هدا التفكير والبحث العلمي , بشكله العملي والتجريدي إلي مصر القديمة والاغريق ,ثم تقدم العرب بالبحث العلمي خطوة واسعة إلي الامام , حيث استخدموا المنهج التجريبي في البحث ,واتخذوا الملاحظة والتجربة أساسا للتقدم العلمي ,وعن العرب نقلت أوروبا في بداية عصر النهضة التراث العربي العلمي والفكري , ولكن التفكير والبحث العلمي قد تأكدت دعائمه فيها بما يسمي بالعصر الحديث ابتداء من القرن السابع عشر حتي وقتنا الحاضر. وكان ذلك علي يد فرانسيس بيكون وجون ستيوارت ميل وكلود برنارد وغيرهم .

ويبدو من العسير أن نتتبع بالتفصيل تاريخ البحث العلمي في هذه الصفحات القليلة إلا أنه يمكن التعرض لبعض معالم التطور في مجال البحث العلمي ونشاطاته , بداية ينبغي أن نشير علي أنه ليس هناك ـ علي وجه يقين ـ فكرة واضحة تماما عن النقطة التي يمكن القول بأنها بداية البحث العلمي في التاريخ الانساني فبينما يعتبر الكثير مما تعلمه الانسان من الثقافات البدائية نتيجة للمصادفة والمحاولة والخطأ والتعميمات الناتجة عن الخبرة فإن هناك رجالا قليلين قاموا في الازمنة القديمة بجهود منتظمة وواعية لاكتشاف المعارف الجديدة , ومن هنا يمكن أن نقسم تاريخ البحث العلمي إلي تلاث عصور ,وهي كالتالي :

* + 1. **تاريخ البحث العلمي في العصور القديمة**

العصور القديمة وهي الفترات التي عاش فيها المصريون القدماء والبابليون واليونان والرومان ,و كان اتجاه التفكير لدي قدماء المصريين اتجاه عمليا تطبيقيا لتحقيق غايات نفعية ,ومن ثم بارعوا في التحنيط والهندسة والحساب والطب والفلك والزراعة , كما كان اتجاه التفكير متصلا بالآلهة وبالخلود وبيوم الحساب, ومن ثم كان للكهنة نفود كبير, وإلي جانب ذلك فقد كان الكهنة في مصر القديمة متمكنين من الرياضيات , واخترعوا المساحة Surveying وذلك حتي يمكن استعادة الحدود الصحيحة بعد الفيضانات السنوية للنيل , كما سجلت علي ورق البردي كثير من معارفهم , كما حفرت علي الاحجار باللغة الهيروغليفية علومهم , وإذا كانت براعة المصريين القدماء في علوم الهندسة والطب والزراعة ملحوظة , فقد قام هيرودوت المؤرخ الشهير بتسجيل الأبحاث التي كان يجريها ملوك مصر عن السكان والثروة وحاجة الأقاليم من الغلال وغير ذلك .

وبالنسبة للحضارة اليونانية القديمة فقد أحرزت تقدما عظيما في مبادئ البحث العلمي , واعتمدوا اعتماد كبيرا علي التأمل والنظر العقلي المجرد , ولعل هذا الاتجاه في عدم الاعتماد علي التجربة وتقدير العمل اليدوي , هو الدي دعا بر تراد راسل إلي القول بأن (فلسفة اليونان كانت تعبر عن روح العصر وطبيعة المجتمع الذي يعيشون فيه ) .

أما من ناحية مناهج البحث وأسلوب التفكير فقد وضع أرسطو قواعد المنهج القياسي أو الاستدلال, ولكن أرسطو فطن أيضا للاستقراء ودعا إلي الاستعانة بالملاحظة , ولكنه لم يقم بتفصيل خطوات المنهج الاستقرائي وكان الطابع التأملي غالبا علي تفكيره .

واعتمد اليونان القدماء في بنائهم العلمي جزئيا علي الاكتشافات السابقة التي سجلها المصريون والبابليون , ومن ثم نقب اليونان المعلومات التي توصل إليها هؤلاء في الفلك والطب والفيزياء والجغرافيا والهندسة كما اهتم بعضهم بدراسة الآداب والأخلاق .

**2.2.3. تاريخ البحث العلمي في العصور الوسطي :**

العصور الوسطي هي الفترة التي ازدهرت فيها الحضارة العربية الإسلامية ,وفترة عصر النهضة في أوروبا , وكان ذلك حوالي من القرن الثامن حتي قرن السادس عشر الميلادي , ولقد كان أمرا طبيعيا أن يستفيد العرب من الحضارات والمناهج والمعارف السابقة لهم , فالحضارة الانسانية ليست إلا عقدا متصل الحلقات ,ومما لاشك فيه أن الحضارة العربية هي حلقة الاتصال بين حضارة ما قبلهم من اليونان وحضارة أوروبا في عصر النهضة ,ولم يكن العرب ناقلين لحضارة اليونان فحسب ولكنهم أضافوا إليها علوما وفنونا كثيرة تميزت بالأصالة العلمية .

وما يهمنا نحن بالدرجة الاولي هو طريقة أو منهج البحث , فقد تجاوز الفكر العربي الحدود الصورية لمنطق أرسطو.. أي أن العرب عارضو المنهج القياسي وخرجوا علي حدوده إلي اعتبار التجربة والملاحظة مصدرا للبحث والتقدم العلمي .

ولقد اتبع العرب في إنتاجهم العلمي أساليب مبتكرة في العلم , فاعتمدوا علي الاستقراء والملاحظة والتدريب العلمي والاستعانة بأدوات القياس للوصول إلي النتائج العلمية , ونبغ من هؤلاء كثيرين منهم الحسن بن الهيثم وجابر بن حيان ومحمد بن موسي الخوارزمي والبيروني وأبو بكر الرازي وابن سينا وغيرهم ,ويمكن أن نشير إشارة عابرة عن الرياضيات عند العرب , فلعل محمد بن موسي الخوارزمي يعد أهم شخصية جديرة بالذكر إذا كتب كتابا بعنوان (الجبر والمقابلة ), اعتمد فيه علي جبر برهما

( Brahma Cupta ) , الهندي كما اعتمد في بعض البراهين علي اليونانيين في طريقتهم الخاصة بتمثيل الاعداد بواسطة الخطوط , وعلي أساس هذا الكتاب قامت دراسات الجبر في العصور الوسطي الإسلامية والمسيحية , وبواسطته دخل النظام العشري بلاد أوروبا , ومن هنا يعد الكتاب ذا أهمية عظمي

وبدأت أيضا دراسة الكيمياء عند العرب , وعن العرب انتقلت المعارف الكيميائية إلي أوروبا , في العصور الوسطي باسم الكيمياء ( Alchemy ) ولعل من بين الاهتمامات العديدة للعرب في هذا المجال ,ما يشتهر عنهم باهتمامهم بتحقيق فرض عبر التحقيق, وهو تحويل المعادن إلي ذهب , وخلاصة هدا كله أن العرب اسهموا بإنتاجهم العلمي الأصلي واسهموا باصطناع منهج الاستقراء , واتخذوا الملاحظة والتجربة أساس البحث العلمي ,وكما أنهم استفادوا من حضارة من سبقهم كاليونانيين والهنود , وقد تم نقل هذه الحضارة إلي أوروبا في بداية عصر النهضة .

ومعني ذلك أن إطلاع الاوروبيين في بداية عصر النهضة علي التراث العربي , هو نقطة الانطلاق في الحضارة الاوروبية التي ازدهرت بعد ذلك , وفي المقدمة من أرسي قواعد التفكير والبحث العلمي في أوروبا روجر بيكون ( 1214ـ 1294م ) وليو نار دي فينشي ,الذي توفي عام 1515م وغير هما, مما طالبوا باستخدام الملاحظة والتجريب وأدوات القياس , للوصول إلي الحقائق وعارضوا منهج أرسطو في القياس المنطقي .

**3.2.3. تاريخ البحث العلمي في العصر الحديث**

العصر الحديث هي الفترة التي تبدأ من القرن السابع عشر وحتي وقتنا الحاضر ,وفي هده الفترة اكتملت دعائم التفكير العلمي في أوروبا, وبدأت هذه الخطوات علي يد الكثيرين وأهمهم فرانسيس بيكون وجون ستيوارت ميل وكالو برنارد وغيرهم .

ولعل مسيرة البحث العلمي الكبرى , خصوصا في العلوم الطبيعية , يمكن أن تعود إلي التجارب التي أجراها جاليليو في الفيزياء ( Galileo's Experimental work ) وذلك في أوائل القرن السابع عشر , و كان هذا القرن قرنا زاهراً بالبحث العلمي ,وتوج هذا العصر باكتشاف اللوغاريتم Logarithms ) ) ,علي يد العالم نابير (عام1614 ) وبحوث هارفي ( Harvey ) , علي الدورة الدموية (وإن كان ابن النفيس العربي قد سبقه إلي ذلك ) وكذلك استخدام الرموز العشرية علي بريجز Briggs) - عام 1617) ,ثم نشر نظريات فرانسيس بيكون في مؤلفة (الأداة الجديدة للعلوم ) ,( Novum Oraganum scientiarum -عام 1620) , ليفصل فيه قواعد المنهج التجريبي وخطواته , ثم يظهر بويل ( Boyle ) كأب للكيمياء الحديثة وأثار نيوتن ( ( Newton الرياضيات عن قانون الجاذبية (عام 1679) وغيرهم .

و بالنسبة لخطوات المنهج التجريبي فقد أوضح بيكون أن علي الباحث أن يجمع الحقائق التي تعتبر أساس المنهج الاستقرائي ومادته , كما بين بيكون أن هناك مرحلتين للبحث.

1. مرحلة التجريب 2. مرحلة اللوحات ( تسجيل التجربة ).

**أولاً : مرحلة التجريب وتشمل بعض الجوانب أهمها :**

**أـ تنوع التجربة :** أي أنينوع الباحث في المواد التي تنتج عنها ظاهرة معينة , أو أن ينوع في الظروف التي تمر بها التجربة لاكتشاف خواص جديدة لطبائع الأشياء .

**ب ـ إطالة التجربة :** وذلك بأن يستمر الباحث في جعل المؤثر ينتج أثرهفي الشيء المتأثر , وذلك حتي يعلم هل يغير ذلك في طبيعة المتأثر أو أن ذلك ينتج ظواهر جديدة .

**ج ـ نقلة التجربة :** أي أن يحاول الباحث نقل ما طبقه من إرشادات في تجربة معينة علي تجربة أخري أو فرع أخر من العلوم .

و خلال متابعة مسيرة البحث العلمي في العصر الحديث , يمكن القول بأن العلوم الجيولوجية والبيولوجية ,قد ازدهرت كميادين جديدة للدراسة و للبحث , والعمل الذي قام به رجال مثل ليل Lyell ) ) وداروين Darwin) ),في هذه المجالات قد غير من الصورة الكلية التي لدينا عن العالم الطبيعي ,ولقد بدأت دراسة علم الأثار ( بداية من اكتشاف الحفريات علي يد شليمان ( Schliemann ) وعلم النفس كعلم نام من علم الفراسة Physiognomy) ) وعلم دراسة شكل الجمجمة , كدليل علي الشخصية والملكيات العقلية ( Phrenology ) في خلال القرن التاسع عشر .

وفي نفس الوقت كان قد بدأ البحث في مجالات جديدة نسبيا كالعلاقات الاجتماعية والاقتصادية والتعليم وغيرها , وذلك باستخدام الطريقة العلمية والاستخدام الأمثل كأداة للبحث في مختلف المجالات , فالنمو الملحوظ في التكنولوجيا وفي جميع عناصر الحضارة المعاصرة يمكن أن يعزي إلي حد كبير إلي استخدامنا للبحث العلمي وحتي نري نتائج البحث العلمي فيكفي أن نمعن النظر فيما حولنا .

* 1. **الاستثمار في البحث العلمي عالميا**

يعتبر البحث العلمي بشقيه القاعدي أو الأساسي (Basic) , الذي يشير إلي التعرف علي المبادئ العامة المنظمة لمعارف جديدة وتطبيقية , والذي يهدف للوصول إلي حلول جديدة ومحددة لمسألة معينة أو تطوير منتجات او أساليب جديدة لعنصر مهم من عناصر الإنتاج , ولا تقتصر مخرجات البحث العلمي في مجالات الإنتاج علي تطوير تقنيات جديدة ومنتجات أفضل فحسب بل تتجاوز ذلك إلي زيادة الإنتاجية الكلية لعناصر الإنتاج الأخرى من عمالة ورأس مال وموارد طبيعية , و تتحسن كفاءة هذه العناصر عند اتصالها بتقنيات الانتاج الحديثة وبالتالي يتعزز الانتاج كما وكيفا .

وأيضا ساهم الاتجاه الحديث للتحرير الاقتصادي وانفتاح الاقتصاد العالمي في ارتفاع وتيرة التسابق لتطوير تقنيات وأساليب جديدة للإنتاج للمحافظة علي الحصص في الأسواق العالمية , وقد انعكست زيادة حدة المنافسة بين الدول في إيجاد اهتمام متزايد بالاستثمار في البحث العلمي حتي وضعت ميزانيات للبحث والتطوير, وهذه الميزانيات مفتوحة والقصد منها توفير كافة الموارد اللازمة للمحافظة علي الميزات النسبية في مجالات الانتاج السلعي والخدمي المختلفة , وفي تكريس الزيادة في بعض هذه المجالات بالنسبة للدول الصناعية المتقدمة .

و أثبتت العديد من الدراسات أن للاستثمار الخاص بالبحث العلمي له عائد مؤكد وكبير , وإنه قد يتأخر تحقيقه , ويصل في بعض الأحيان إلي نحو 35% من إجمالي تكلفة الاستثمار , وهذا يفسر الاهتمام المتنامي في أوساط الشركات العالمية الكبيرة بنشاطات البحث والتطوير كما يعلل في الوقت ذاته ازدهار مؤسسات التمويل , خصوصا في الدول المتقدمة , التي تعني بهذا النوع من الاستثمار فيما
يعرف بمؤسسات رأس المال المبادر أو المخاطر (venture capital) .

* 1. **الملامح الرئيسية للاستثمار في البحث العلمي :**

في أغلب الاحيان أنشطة البحث العلمي, تسعي في تحويل المعرفة والافكار إلي سلع وأساليب إنتاج وخدمات تجارية تباع وتشتري بهدف تحقيق عائد مادي, علي ما أنفق من مواد في تطويرها ,وكذلك من الملامح الأخرى الهامة للبحث العلمي ,أنه في العادة يتم في المؤسسات الكبيرة , سواء كانت أكاديمية أو تجارية , وبالتالي يستبعد مع هذه السمة للبحث العلمي وجود نشاط بحثي في المؤسسات الأكاديمية الصغيرة أو حديثة التكوين أو في المنشأة التجارية التي تتصف بمحدودية رأس المال .

ومخرجات البحث العلمي المتمثلة في تطوير سلع أو أساليب جديدة تتشابه في خصائصها إلي حد كبير مع خصائص السلع العامة ( (public goods , فأنه لا توجد منافسة في الاستهلاك بين كافة المستفيدين من هذه المخرجات , كما هو الحال بالنسبة للسلع الخاصة (مثل السيارات أو الملابس ) , كما يصعب عادة أو يستحيل استبعاد شخص أو أشخاص من الاستفادة من مخرجات البحث العلمي بتحديد أسعار هذه المخرجات , ما لم تتوفر الضوابط الكافية لصيانة مصالح المستثمرين في البحث العلمي ,وتمكينهم من تحقيق مردود علي استثماراتهم , وهنا استحدثت الاليات التي تضمن للمستثمرين استعادة التكاليف وتحقيق الأرباح علي الاستثمار ,حيث سنت القوانيين والتشريعات الخاصة بحماية حقوق الملكية الفكرية من براءات اختراع وعلامات تجارية وغيرها , ووفرت الحكومات الحوافز الضريبية وأشكال الدعم المختلفة للمستثمرين , كما اهتمت بالاستثمار الأبحاث القاعدية وذلك حتي تتهيأ البيئة المناسبة لتشجيع الاستثمارات الخاصة في هذا المجال .

والاستثمار في البحث العلمي يتعرض للكثير من المخاطر , ولهذا السبب مرتفع العائد , وتتمثل أول هذه المخاطر في النجاح من خلال البحث العلمي في تطوير سلع أو أساليب جديدة ذات نوعية أفضل , يلي ذلك المخاطر الكامنة في قبول المستهلكين لهذه السلع أو الأساليب الجديدة ,إذ في حالة الفشل في مرحلة التسويق المنتجات الجديدة يتكبد المستثمر كافة الخسائر كما حدث في حالات جديدة من قبل , أما النوع الثالث والاخير من المخاطر فيكمن في قدرة المستثمر علي تحصيل كل العائد من الاستثمار رغم تشابه مخرجات البحث العلمي مع السلع العامة , وهو ما تضمنه ضوابط حقوق الملكية الفكرية .

* 1. **مقاومات الاستثمار في البحث العلمي**

الاستثمار في البحث العلمي يحتاج إلي توفر عدد من المقومات الضرورية والتي نوجزها فيما يلي :

1. **إغرلت1. 1 الموارد البشرية :** وهي عصب نشاط البحث العلمي إذ لابد من توفر الكوادر المؤهلة تأهيلا رفيعا من علماء في شتي فروع المعرفة.
2. **التمويل :** ويعتبر التمويل بالنسبة للمنشآت الكبيرة من الأمور المحسومة حيث تفرد هذه المنشآت ميزانيات خاصة لأغراض البحث والتطوير للمحافظة علي قدراتها التنافسية . أما بالنسبة للمنشآت الاصغر حجما فيشكل رأس المال المخاطر المصدر الرئيسي للتمويل حيث لا تتوفر لهذه المنشئات الموارد الذاتية الكافية للقيام بنشاطات البحث والتطوير , وينبغي أن تطلع الحكومة بالدور الريادي في تمويل الأبحاث القاعدية نسبة لطبيعة هذه الابحاث والتي لا تستهدف الوصول إلي نتائج ذات مردود مادي مباشر .
3. **هيكل السوق :** وهو التنظيم القائم في السوق وهو أقرب إلي المنافسة أو احتكار. فكلما كان هيكل السوق أكثر ميلا إلي وجود قدر كبير من التنافس بين الفاعلين فيه كلما كان ذلك مدعاة إلي تحفيز الاستثمار في البحث والتطوير للاستثمار بمكاسب الافضلية والتميز , وكلما كانت الاحتكارات هي الشكل الغالب أنخفض تبعا لذلك الحافز لتخصيص موارد لتمويل عمليات البحث والتطوير .
4. **حماية حقوق الملكية الفكرية :** للحيلولة دون بروز إشكالية قصور الاستثمار في البحث العلمي ولتشجيع الباحثين والمستثمرينعلي الابتكار والتطويرولخلق مناخ عام ترتقي من خلاله ثقافة البحث والتطوير والمنافسة .
5. **المناخ العام للاستثمار :** ويشمل كل الضوابط والاجراءات الحاكمة للاستثمار بصفة عامة والتي يجب أن تكون سهلة ومرنة وشفافة بحيث تشكل مع بقية مقومات البيئة المناسبة لازدهار نشاط البحث العلمي.
	1. **البحث العلمي وبعض الشواهد العالمية**

**أولاً : الجامعات ومراكز البحوث**

حققت الدول الصناعية , ولاتزال , إنجازات كبيرة علي صعيد البحث العلمي تمثلت في تطوير عدد لا يحصي من المنتجات وأساليب الإنتاج الجديدة وذلك بالمقارنة مع مجموعة الدول النامية , وقد تأتي ذلك من خلال توفر البنيات اللازمة للبحث العلمي في الدول الصناعية والتي تكون الجامعات ومراكز البحوث أحد عناصرها حيث تقوم هذه المؤسسات بتنفيذ برامج بحثية كثيرة ومتنوعة وتخصص ميزانيات كبيرة لتمويل نشاط البحث والتطوير. وللتدليل علي وفرة الجامعات , وبالتالي برامج الأبحاث , في الدول المتقدمة , نورد في هذه الفترة إحصائية لعدد الجامعات في بعض الدول لتقريب الصورة حول أهمية هذه المؤسسات في رصد البحث العلمي بأحد أهم عناصر الازدهار .

|  |  |
| --- | --- |
| الدولة | عدد الجامعات |
| انجلترا | 74 |
| فرنسا | 80 |
| تركيا | 57 |
| بولندا | 29 |
| كاليفورنيا | 96 |
| نيويورك | 76 |
| تكساس | 70 |

 جدول ( 1 )

يجدر أن نشير هنا إلي أن عدد الجامعات في الجدول أعلاه لا يتضمن الكليات الجامعية المتخصصة ,بل يقتصر علي الجامعات المتعددة الكليات فقط , وعلية أن يتضح أن الانجازات الكبيرة التي حققتها دول مثل انجلترا وفرنسا في مجال البحث العلمي تعود في جانب مهم منها إلي وجود عدد كبير من المؤسسات التي تهتم بمهمة البحث العلمي . ونشير أيضا إلي أن الجدول اقتصر علي عدد الجامعات في انجلترا وليس المملكة المتحدة وعلي الجامعات في أكبر ثلاثة ولايات أمريكية دون غيرها من السبع وأربعين ولاية أخري , وفي هذا أيضا دليل أخر علي ضخامة عدد الجامعات في بعض الدول الصناعية الكبرى .

أما بالنسبة لمراكز البحوث المتخصصة في الدول المتقدمة فإن العدد الأكبر منها يوجد في الجامعات , بينما يوجد أيضا عدد كبير من المراكز الحكومية والخاصة المستقلة عن الجامعات , وتغطي الاهتمامات البحثية لهذه المراكز مختلف فروع العلوم والهندسة والعلوم الانسانية وبالتالي يصعب حصر عددها حتي لدولة واحدة من الدول الصناعية الكبيرة .

**تانياً : مخرجات البحث العلمي**

تمثل الاوراق العلمية المنشورة أحد أشكال مخرجات البحث العلمي بينما الاسباب تتصل بالمحافظة علي سرية نتائج البحث العلمي لا يتم نشر عدد كبير من هذه النتائج . وحتي علي صعيد الأوراق العلمية المنشورة والتي بحكم طبيعتها تحتوي علي مساهمات علمية أصلية وجديدة غالبا ما يكون لها استخداماتها التجارية في مجال الصناعة وغيرها , نلاحظ من الجدول التالي الفارق الكبير بين الدول في هذا المجال , كما نلاحظ تنامي الاهتمام بالبحث العلمي في بعض الدول النامية مع الإشارة إلي أن مساهمة السلطنة في هذا الخصوص تعتبر مساهمة جيدة قياسيا بحداثة تجربة البحث العلمي فيها والذي تضطلع به مؤسسة تعليمية واحدة هي جامعة السلطان قابوس التي تم تأسيسها في العام 1986م , والجدول التالي يوضح عدد الاوراق العلمية المنشورة في سنة ( 1999) ,في بعض الدول الاوربية والعربية ,وهذا الفارق في عدد الاورق يدل علي أهمية الدول بالبحث العلمي .

|  |  |
| --- | --- |
| الدولة | الأوراق العلمية المنشورة (1999) |
| الولايات المتحدة | 163.526 |
| اليابان | 47.826 |
| البرازيل | 5.144 |
| إسرائيل | 5.025 |
| المجر | 1.958 |
| شيلي | 879 |
| الاردن | 204 |
| سلطنة عمان | 73 |

 جدول (2)

* 1. **الإنفاق علي البحث العلمي والتطوير**

يشكل توفير التمويل أحد العناصر المهمة الأخرى لتأسيس قاعدة أساسية للبحث العلمي , وكما يتضح من الجدول التالي تتمايز الدول في مجال البحث العلمي تبعا لما تدخره من موارد مادية لتمويل هذا النشاط , بالإضافة بالطبع إلي توفر المقومات الاخرى من مراكز بحثية متخصصة وكوادر مؤهلة وغيرها والجدول التالي يوضح حجم الانفاق ونسبة الانفاق ومساهمة القطاع الخاص في بعض الدول العربية والاوربية :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| الدولة | الإنفاق علي البحث والتطوير(مليار دولار)ـ 2002م | نسبة الإنفاق للناتج الإجمالي (%) | مساهمة القطاع الخاص في الانفاق (%) | براءات الاختراع (متوسط 1999ـ2001) |
| الولايات المتحدة | 274.7 | 2.7 | 73 | 85.528 |
| اليابان | 127.9 | 3.1 | 74 | 118.535 |
| البرازيل | 6.2 | 1.1 | 40 | 555 |
| اسرائيل | 4.9 | 4.8 | 73 | 408 |
| تركيا | 1.3 | 0.6 | 33 | 40 |
| المجر | 0.7 | 1.0 | 35 | 219 |
| شيلي | 0.3 | 0.5 | 26 | 21 |
| سلطنة عمان | 0.02 | 0.1 | لا يتوفر | لا يتوفر |

جدول رقم ( 3 )

نلاحظ من الجدول المبالغ الضخمة التي ترصدها بعض الدول الصناعية الكبرى لتمويل الإنفاق علي البحث والتطوير , كما نلاحظ ارتفاع نسبة الانفاق للناتج المحلي الإجمالي فيها علما بأن اسرائيل تقدمت كل العالم في هذا المؤشر عام 2002م بتخصيصها نسبة 4.8% من الناتج المحلي الإجمالي الإنفاق علي البحث والتطوير . نلاحظ من الجدول أيضا أن الدول التي تتصدر نشاط البحث والتطوير نجد أن القطاع الخاص يساهم بالقسط الاكبر من التمويل , كما نلاحظ ارتفاع عدد براءات الاختراع في هذه الدول كنتيجة مباشرة لكثافة البرامج البحثية لوفرة التمويل والكوادر العلمية المؤهلة .

لم تتوفر البيانات عن مساهمة القطاع الخاص في تمويل أنشطة البحث والتطوير في السلطنة , والتي نظن أن تكون متواضعة إن وجدت , بينما لم يتجاوز إجمالي المخصصات للإنفاق علي البحث والتطوير 0.1% فقط من الناتج المحلي الإجمالي . ومع التسليم بضالة الموارد المتاحة بالبحث والتطوير في السلطنة إلا أننا نرى أن السبب الرئيسي في ذلك هوا أسبقيات الانفاق في دولة نامية كالسلطنة علي التعليم والصحة والرعاية الاجتماعية , وعلي البنيات الاساسية وغيرها من أوجه الإنفاق الضروري والتي تستنزف معظم الموارد المتاحة , هذا فضلا عن حادثة التعليم العالي في السلطنة التي أشرنا إليها من قبل ومحدودية المؤسسات التي تقوم علي تنفيد برامج البحث العلمي .

* 1. **البحث والتطوير :**

كلما كانت المنشأة كبيرة كلما توفرت لها الموارد اللازمة لتمويل عمليات البحث والتطوير وكلما ازدادت بالتالي قدرتها علي تطوير منتجات أو أساليب جديدة تستطيع من خلالها تحسين وضعها التنافسي في مقابل المنشآت الأخرى , والجداول التالية توضح مقارنة بين حجم بعض الشركات العالمية والناتج الإجمالي لبعض الدول.

ونلاحظ من خلال الجداول التالية الحجم الهائل الذي أصبح يميز الشركات العالمية والتي أصبحت بفضله تتجاوز في إمكانياتها المادية الحجم الإجمالي لبعض الاقتصاديات العالمية الكبيرة , فمثلاً يزيد إجمالي الموجودات لشركة جنرال الكتريك الأمريكية وبفارق كبير عن إجمالي الناتج المحلي للبرازيل , اكبر الاقتصادات في أمريكيا الجنوبية , وعن الناتج المحلي الإجمالي لكافة الدول الأفريقية جنوب الصحراء والتي يزيد عددها عن الخمس وأربعين دولة , نلاحظ من الجداول أن إجمالي الناتج المحلي لدول مجلس التعاون الست , والذي يضم المملكة العربية السعودية ثاني أكبر اقتصاد في منطقة الشرق الأوسط بعد الاقتصاد التركي , يعادل تقريبا إجمالي الموجودات لشركة جنرال موتورز الأمريكية ويقل عن ثلثي الموجودات لشركة جنرال الكتريك ـ أكبر الشركات العالمية في عام 2002م .

|  |  |
| --- | --- |
| الشركة | إجمالي الموجودات (مليار دولار )ـ 2002 |
| جنرال الكتريك | 575 |
| جنرال موتورز | 371 |
| فورد | 295 |
| فودافون | 233 |
| دايملرـ كرايسر | 196 |

|  |  |
| --- | --- |
| الدولة / المجموعة | إجمالي الناتج المحلي (مليار دولار )ـ 2003 |
| البرازيل | 492 |
| افريقيا جنوب الصحراء | 439 |
| دول مجلس التعاون | 373 |
| تركيا | 240 |
| شمال أفريقيا | 238 |

جدول (4)

جدول (5)

* 1. **الذرات والجزيئات :**

شخصية تشارلز داروين تهيمن على أي حوار بشأن العلم في القرن التاسع عشر, و يمثل إلى حد ما استثناء من القاعدة, وذلك أن العلم خلال القرن التاسع عشر , على مدى حياة داروين تقريباً , أنجز نقلة تحول معها من كونه هواية ومتعة أهل الثراء والفراغ, حيث يمكن لاهتمامات وقدرات فرد وحده أن يكون لها تأثيرها العميق, إلى مهنة يشارك فيها جمع غير قليل, ويعتمد التقدم فيها على عمل وجهد كثيرين يمكن التبديل والإحلال فيما بينهم إلى حد كبير. وهذا ما تشهد به حالة نظرية الانتخاب الطبيعي, إذ لم يكن داروين تقدم بالفكرة لكان والاس, وبدأنا من ذلك التاريخ فصاعداً نرى كيف أن الاكتشافات تحققت في وقت واحد بدرجة أو بأخرى على أيدي علماء من هنا وهناك يعمل كل منهم مستقلاً عن الآخر ويكاد كل منهم لا يعرف شيئاً عن الآخر, ولكن الوجه الآخر لهذه العملة يتمثل, للأسف, في أن تزايد عدد العلماء يقترن بتزايد حركة القصور الذاتي ويقضي إلى ممانعة للتغيير, معنى هذا أنه حين يتوصل شخص بذكائه الملهم إلى رؤية جيدة عميقة ونافذة بشأن الطريقة التي يعمل بها العالم, نجد في الغالب أن هذه الرؤية تلقى رفضاً مباشراً لمصداقيتها, وتحتاج إلى جيل كامل حتى تجد مكانها الجدير بها داخل الإطار العلمي المعتمد.

سوف نشهد بعد قليل تجلياً لهذا القصور الذاتي في التطبيق العلمي متمثلاً في حالة رد الفعل (أو الافتقار إلى رد الفعل) إزاء أفكار جون دالتون عن الذرات؛ وسوف يبين لنا في وضوح ويسر كيف نما العلم على مدى حياة دالتون . إذ مع ميلاد دالتون العام 1766, لم يكن هناك على الأرجح أكثر من 300 شخص يمكن إدراجهم آنذاك ضمن فئة العلماء في كل أنحاء العالم, كذلك فإنه بحلول العام 1800, وقتما شرع دالتون في إنجاز العمل الذي نذكره به الآن, كان هناك قرابة الألف من العلماء, ولكن مع وفاته في العام 1844, كان في العالم قرابة العشرة آلاف عالم, بينما بلغ عددهم بحلول العام 1900 نحو مائة ألف عالم. ويمكن القول على وجه التقريب إن عدد العلماء تضاعف كل خمسة عشر عاماً خلال القرن التاسع عشر. ولكن حري بنا أن نتذكر أن جملة سكان أوروبا تضاعفوا من نحو 100 مليون إلى نحو 200 مليون فيما بين العامين 1750 و 1850, وتضاعف سكان بريطانيا وحدها فيما بين 1800 و 1850, إذ زاد عددهم تقريباً من 9 ملايين نسمة إلى 18 مليوناً, ويزداد عدد العلماء عملياً بنسبة زيادة السكان, ولكن ليس بالزيادة المذهلة التي توحي بها زيادة أعداد العلماء لأول وهلة .

* 1. **حياة همفري ديفي :**

 هي خير تعبير عن انتقال العلم من حالة الهواية إلى المهنة, كان همفري ديفي عملياً أصغر من دالتون, وإن كانت حياته أقصر, ولد ديفي في بنزانس في كورنوال في السابع عشر من ديسمبر العام 1778. وكانت كورنوال آنذاك إقليماً شبه منفصل عن إنجلترا, ولم تكن لغتها الكورنية قد ماتت تماماً , ولكن طموحات ديفي منذ سن باكرة اتسعت آفاقها وتجاوزت حدود إقليمه الخاص.

بدا ديفي تلميذا ً مهنياً واعداً واستهل برنامجاً للتعلم الذاتي , يذكرنا ببنجامين تومسون وهو في عمره هذا, وتهيأ له أن يصبح صيدلانياً ناجحاً, أو حتى طبيباً, ولكن شتاء عامي 1797/1798 يمثل نقطة تحول في حياة الفتى, إذ مع نهاية العام 1797, وقبيل الاحتفال بعيد ميلاده التاسع عشر, قرأ كتاب لافوازييه "رسالة عن عناصر الكيمياء" بلغته الأصلية الفرنسية وأصبح مفتوناً بالكيمياء, وحدث قبل ذلك ببضعة أسابيع, وبينما الأم الأرملة تكابد لتلبي بالكاد متطلبات الحياة الأساسية, أم استقبلت في بيتها مستأجراً ليسكن خلال فترة الشتاء, وهو شاب يعاني مرض السل وأرسله ذووه إلى كورنوال ذات المناخ المعتدل نسبياً في الشتاء مراعاة لحالته الصحية, وتصادف أن التقى غريغوري وات, ابن جيمس وات, والذي درس الكيمياء في جامعة غلاسجو, ونشأت صداقة بين غريغوري وات وهمفري ديفي , استمرت بينهما إلى حين وفاة وات في العام 1805, وهو في السابعة والعشرين من العمر, ووجد ديفي في معية وات في بنزانس رفيقاً يشاركه اهتمامه المتزايد بالكيمياء, واستطاع في العام 1798, ومن خلال تجاربه التي يجريها, أن يطور أفكاره عن الحرارة والضوء (التي كانت لا تزال في غالبيتها ضمن نطاق الكيمياء) وسجلها في مخطوطة مطولة, وبدت أكثر هذه الأفكار في صورة ساذجة ولا تصمد أمام الفحص والتدقيق المألوف اليوم (هذا على الرغم من أنه من المثير للاهتمام أن ديفي رفض فكرة السيال الحراري), مع هذا إنجازاً بالغ الأهمية بالنسبة لفتى من الأقاليم في التاسعة عشرة من العمر وعلم نفسه بنفسه, ولنا أن نقول أن غريغوري وات وأباه جيمس هما اللذان قدما ديفي (من خلال المراسلات) إلى الدكتور توماس بيدوس من بريستول لأول مرة, وأرسلا إليه دراسته عن الحرارة والضوء.

درس بيدوس (1760-1808) على يدي جوزيف بلاك في أدنبرة, قبل أن ينتقل إلى لندن ثم إلى أكسفورد, حيث أكمل دراساته الطبية و الكيمياء من العام 1789 حتى العام 1792, وأثار اهتمامه اكتشاف أنواع مختلفة من الغازات, ومن ثم قرر إنشاء عيادة لفحص إمكانات هذه الغازات في مجال الطب, وتولدت لديه فكرة (وإن بدت مثيرة في نظر المحدثين) مؤداها أن استنشاق الهيدروجين يمكن أن يشفي من السل, وانتقل إلى بريستول, حيث مارس الطب هناك أثناء حصوله على تمويل, لما أصبح يعرف في العام 1798 باسم ((المعهد الرئوي Pneumatic institute)). وأعرب بيدوس عن حاجته إلى مساعد في عمله الكيميائي , وهي الوظيفة التي شغلها ديفي , وغادر بنزانس في الثاني من أكتوبر العام 1798, قبل شهرين من عيد ميلاده العشرين.

وأجرى ديفي في بريستول تجاربه على الغاز المعروف لنا الآن باسم أكسيد النيتروز, وهو سبب شهرته الواسعة و أصبح اسمه معروفاً على نطاق واسع, وحيث إنه لم يجد أمامه من سبيل آخر لمعرفة كيف يؤثر في جسم الإنسان, فقد أعد أربع كوارتات (ما يساوي 4 لترات) من أكسيد النيتروز, واستنشقها من داخل كيس حريري, بعد أن أفرغ رئتيه قدر الاستطاعة, واكتشف على الفور الخصائص المبهجة للغاز الذي أضفى عليه اسم ( غاز الضحك ) وبذلك أصبح موضع اهتمام لدى الباحثين عن المتعة , وبعد فترة وجيزة, وبينما كان ديفي يعاني من ألم ضرس العقل, اكتشف مصادفة أن الغاز يخدر الإحساس بالألم, ووصل به الأمر إلى حد أنه كتب في العام 1799 ( إن الغاز يمكن استعماله والاستفادة به أثناء عمليات الجراحة ), ولكن للأسف لم يلقي الاقتراح اهتماماً ومتابعة, إلى أن جاء هوراس ويلز, طبيب الأسنان الأمريكي, ليكون الرائد في استخدام ( غاز الضحك ), في العام 1844 عند خلع الأسنان.

أجرى ديفي على مدى عشرة أشهر تقريباً دراسة مكثفة عن الخصائص الكيميائية والفسيولوجية للغاز. وأثبت بعد ذلك اكتشافاته في كتاب له مؤلف من أكثر من 80 ألف كلمة أتمه في أقل من ثلاثة أشهر ونشره في العام 1800, وبينما دراسته عن أكسيد النيتروز توشك أن تبلغ غايتها, بدأ ديفي يكشف عن اهتمام بالكهرباء, وحدث ذلك نتيجة للأنباء عن اختراع (أو اكتشاف) فولت للعمود الجلفاني Galvanic Pile , واستهل عمله بالتجربة الكلاسيكية لتحلل الماء إلى هيدروجين وأكسيجين بتأثير تيار كهربي, وسرعان ما أقنع ديفي نفسه بوجود علاقة مهمة بين الكيمياء والكهرباء, وجدير بالذكر أنه في الوقت الذي استهل فيه هذه الدراسة, كان كونت رامفورد (وقد كان بنجامين تومسون) يحاول تأسيس المعهد الملكي في لندن. وتأسس المعهد الملكي في مارس 1799, ولكن أول أستاذ للكيمياء تم تعيينه في المعهد الملكي هو توماس غارنيت, الذي لم يحقق نجاحاً و كانت أول سلسلة من محاضراته جيدة جداً, ولكن سلسلة المحاضرات التالية شابها قصور في الإعداد وفتور في العرض. وثمة أسباب لذلك , إذ توفيت زوجة غارنيت قبل ذلك بقليل, وبدا أنه فقد حماسه لكل شيء وكأنه اختار لنفسه الموت عام 1802 وهو في السادسة والثلاثين من العمر, وأياً كانت أسباب فشل غارنيت, فقد كان لابد أن يتصرف رمفورد سريعاً إذا ما شاء للمعهد الملكي أن يحقق الوعد الذي بدأ به سيرته, وهكذا دعا ديفي النجم الساطع الصاعد في سماء الكيمياء في بريطانيا, دعاه لينضم محاضراً مساعداً في الكيمياء ومديراً للعمل في المعهد الملكي براتب يبدأ بمائة جنيه سنوياً, علاوة على الإقامة في المعهد الملكي, مع إمكانية أن يخلف غارنيت ويشغل منصبه الرفيع, قبل ديفي العرض, وشغل المنصب في السادس عشر من فبراير 1801, وحقق نجاحاً باهراً كمحاضر سواء من حيث الأداء والإشارة لأحاديه المعدة إعداداً جيداً وأسلوبها المتجدد, وكذلك من حيث نظراته المعبرة وشخصيته الجاذبة المؤثرة, حتى أنه أقبل عليه جمهور من الفتيات والسيدات المغرمات بكل مستحدث طريف للاستماع إلى محاضراته بغض النظر عن محتواها, وسرعان ما استقال غارنيت (تحت ضغط من رمفورد) وأصبح ديفي صاحب النفوذ الأقوى في المعهد الملكي, وتولى منصب أستاذ الكيمياء في مايو 1802 وذلك قبل أن يترك رمفورد لندن بوقت قصير ويستقر في باريس. كان ديفي لا يزال في الثالثة والعشرين من العمر ولم يكن قد تلقى تعليماً رسمياً أكثر مما قدمته له مدرسة ترورو الابتدائية, وهكذا ووفق هذا المعنى, نراه واحداً من الرعيل الأخير من العلماء العظام الهواة (وإن لم يكن بالدقة والتحديد من النبلاء)؛ ولكنه يعتبر أيضاً من العلماء المهنيين الأوائل, نظراً إلى أنه عمل موظفاً براتب سنوي في المعهد الملكي.

وإذا كنا نتذكر ديفي عادة باعتباره عالماً "بحتاً", فإن أعظم إنجازاته في عصره استهدفت النهوض بالعلم, سواء من حيث الأسلوب العام في المعهد الملكي أو في مجال التطبيقات الصناعية والزراعية , مثال ذلك أنه قدم سلسلة محاضرات شهيرة بترتيب مع هيئة الزراعة بشأن العلاقة الوثيقة بين الكيمياء والزراعة, وتمثل هذه معياراً دالاً على أهمية الموضوع, وكذلك مهارات ديفي في العرض, مما أدى إلى دعوته فيما بعد (في العام 1810) ليعيد المحاضرات في دبلن (علاوة على سلسلة محاضرات عن الكيمياء الكهربية).



**همفري ديفي ( Humphrey Davy )**

**أهم إنجازاته:**

1. وضع عدة أبحاث حول استخراج المعادن وتصنيعها ومعالجة الجلود [وصناعة الأسمدة](https://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=%D8%B5%D9%86%D8%A7%D8%B9%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%B3%D9%85%D8%AF%D8%A9&action=edit&redlink=1)، واهتم أخيراً [بالأبحاث الزراعية](https://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%A8%D8%AD%D8%A7%D8%AB_%D8%A7%D9%84%D8%B2%D8%B1%D8%A7%D8%B9%D9%8A%D8%A9&action=edit&redlink=1).
2. اكتشف [الصوديوم](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D8%B5%D9%88%D8%AF%D9%8A%D9%88%D9%85) [والبوتاسيوم](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%88%D8%AA%D8%A7%D8%B3%D9%8A%D9%88%D9%85) ومنحه [نابليون](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%86%D8%A7%D8%A8%D9%84%D9%8A%D9%88%D9%86) ميدالية ذهبية.
3. نشر كتاباً في مجال الحل الكهربائي في كتابه ) [عناصر الفلسفة الكيميائية](https://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=%D8%B9%D9%86%D8%A7%D8%B5%D8%B1_%D8%A7%D9%84%D9%81%D9%84%D8%B3%D9%81%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D9%83%D9%8A%D9%85%D9%8A%D8%A7%D8%A6%D9%8A%D8%A9&action=edit&redlink=1) (Elements of Chimical Philosophy) ) , ونشر في كتابه [عام](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B9%D8%A7%D9%85) [1912](https://ar.wikipedia.org/wiki/1912) وكان يحمل اسم ( [عناصر الكيمياء الزراعية](https://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=%D8%B9%D9%86%D8%A7%D8%B5%D8%B1_%D8%A7%D9%84%D9%83%D9%8A%D9%85%D9%8A%D8%A7%D8%A1_%D8%A7%D9%84%D8%B2%D8%B1%D8%A7%D8%B9%D9%8A%D8%A9&action=edit&redlink=1)( ,وفي نهاية السنة منح أعلى وسام إنكليزي وحصل على لقب [لورد](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%84%D9%88%D8%B1%D8%AF) وتزوج من أرملة ثرية وخلال شهر العسل الذي دام [18](https://ar.wikipedia.org/wiki/18) شهراً اصطحب معه مختبراً ومساعده [مايكل فارادي](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%A7%D9%8A%D9%83%D9%84_%D9%81%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%AF%D9%8A).
4. اكتشف في [عام](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B9%D8%A7%D9%85) [1816](https://ar.wikipedia.org/wiki/1816)-[1817](https://ar.wikipedia.org/wiki/1817) مصباح للأمان يصلح للاستخدام في المناجم دون أن يحرق غاز المناجم، فلاقى اكتشافه هذا رواجاً وتقديراً عظيمين. منح على أساسه [وسام رومفورد](https://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=%D9%88%D8%B3%D8%A7%D9%85_%D8%B1%D9%88%D9%85%D9%81%D9%88%D8%B1%D8%AF&action=edit&redlink=1) وانتخب [عام](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B9%D8%A7%D9%85) [1820](https://ar.wikipedia.org/wiki/1820) رئيساً للجمعية العلمية الملكية وعضو شرف في أكاديمية العلوم.
	1. **جون دالتون ونموذجه الذري : ( الاوزان الذرية )**

ليس بالإمكان إعادة بناء تسلسل أفكار دالتون كما كانت بالدقة والتحديد, نظراً إلى عدم اكتمال مذكراته, ولكنه في مطلع القرن التاسع عشر أصبح مقتنعاً تماماً بأن كل عنصر مؤلف من نوع مغاير من الذرة, وأنه نوع فريد خاص بهذا العنصر, وأن القسمة الرئيسية المميزة والتي مايزت عنصراً عن آخر هي وزن ذرات العنصر, هذا علاوة على أن جميع ذرات عنصر محدد متماثلة الوزن ولا يمكن تمييزها عن بعضها, كذلك فإن ذرات العناصر ذاتها لا تفنى ولا تستحدث, ولكن ذرات العناصر يمكن أن تتجمع مع بعضها لتؤلف "مركباً من ذرات" (وهو ما يمكن أن نسميه اليوم جزيئاً) وفق قواعد نوعية محددة. وتوصل دالتون إلى منظومة رموز تمثل العناصر المختلفة, وإن لم تحظ هذه الفكرة بالقبول على نطاق واسع, ولهذا سرعان ما تم إبدالها بالرموز الأبجدية المعروفة والمبنية على أساس أسماء العناصر (وأحياناً بناءً على أسمائها اللاتينية). ولعل أكبر خطأ يشوب نموذج دالتون أنه لم يدرك أن عناصر مثل الهيدروجين مؤلفة من جزيئات , وليست من ذرات مفردة أي H2 وليس , H ونجد لهذا السبب , علاوة على أسباب أخرى, أخطأ في بعض عمليات الاتحاد الجزيئي, ووفق الرموز المستخدمة حديثاً, تصور أن الماء مؤلف من Ho وليس H2o.

وعلى الرغم من أن دالتون عرض وصفاً لبعض جوانب نموذجه في عديد من أوراق البحث والمحاضرات, فإن أول عرض كامل للفكرة ورد في محاضراته في المعهد الملكي في ديسمبر العام 1803 ويناير 1804, وقتما ساعد ديفي دالتون لشحذ عرضه وجعله مؤثراً. وعرض توماس تومسون المنظومة (دون أن يفرزها وحدها باعتبار أن لها استحقاقاً خاصاً بها) في الطبعة الثالثة من كتابه "منظومة الكيمياء" System of Chemistry الصادر العام 1807, وكذا في كتاب دالتون "منظومة جديدة للفلسفة الكيميائية". وتضمن هذا الكتاب قائمة لأوزان ذرية تم تقديرها, وصدر العام 1808 (عُرض أول جدول للأوزان الذرية في ختام ورقة البحث التي كتبها دالتون العام 1803).

وعلى الرغم مما يبدو عليه نموذج دالتون من حداثة وقوة تأثير, فإنه لم يمثل عاصفة يهتز لها العالم العلمي مع نهاية العقد الأول من القرن التاسع , رأوا أنها لا تزيد على كونها أداة إجرائية تستخدمها لبيان كيف تسلك العناصر وكأنها مكونة من جسيمات دقيقة من دون أن تكون كذلك بالضرورة, وكان لابد أن ينقضي نصف قرن كي تثبت في الواقع ذرة دالتون وتتأكد كقسمة مميزة للكيمياء, وجدير بالذكر أنه لم يتأكد برهان حاسم على وجود الذرات إلا في السنوات الأولى من القرن العشرين أي بعد رؤية دالتون النافذة بمائة عام بالتمام والكمال, ولم يقدم دالتون نفسه أي مساهمة إضافية لتطوير هذه الأفكار ولكن أغرقته مظاهر التكريم والاحتفاء به طوال حياته المديدة (نذكر من بينها منحه الزمالة بالجمعية الملكية العام 1822 ثم مجيئه خلفاً لداني ليكون أحد ثمانية أجانب فقط حظوا بعضوية الأكاديمية الفرنسية في العام 1830). وعندما وافته المنية في مانشستر في 27 يوليو 1844, شيعت جنازته في حفل مهيب ليس له مثيل, لا يتناسب مع أسلوب حياته باعتباره من الكويكرز, وضمت الجنازة موكباً مؤلفاً من مائة عربة ومنذ ذلك التاريخ بدأت النظرية الذرية تشق طريقها لتكون من بين أسس المعرفة العلمية المعتمدة.

* 1. **يونس بيرزيليوس ودراسة العناصر :**

الخطوة الرئيسية التالية في مجال تطوير فكرة دالتون خطاها عالم الكيمياء السويدي يونس بيرزليوس, المولود في فافيرسوندا, في 20 أغسطس 1779, عمل أبوه مدرساً, وتوفي بينما بيرزيليوس في الرابعة من العمر وتزوجت أمه بعد ذلك قسيساً يدعى أندرس إيكمارك, وتوفيت الأم أيضاً في العام 1788, وذهب بيرزيليوس للعيش مع أسرة أحد أخواله, وفي العام 1796 بدأ يدرس الطب في جامعة أوبسالا, واعتاد أن يقطع دراسته بين حين وآخر بغية العمل حتى يسدد مصروفات الدراسة, وتخرج طبيباً في العام 1802, وانتقل بيرزيليوس عقب تخرجه إلى ستوكهولم, حيث عمل لأول الأمر مساعداً من دون أجر لدى عالم الكيمياء ويلهلم هيزنينغر (1766-1852) ثم عمل بالنظام نفسه مساعداً لأستاذ الطب والصيدلة في كلية الطب في ستوكهولم, وأبلى في هذا العمل بلاءً حسناً حتى أنه عقب وفاة الأستاذ العام 1807, شغل بيرزيليوس منصبه بديلاً عنه. ولكنه سرعان ما انصرف عن الطب وركز اهتمامه بالكيمياء, اتجه بداية لدراسة الكيمياء الكهربية مستلهماً, مثله مثل ديفي, أعمال فولتا, ولكن نظراً لما تمتع به بيرزيليوس من تدريب علمي وعملي, كان باحثاً تجريبياً أكثر دقة من ديفي, وهكذا كان واحداً من أوائل من صاغوا الفكرة القائلة إن المركبات مؤلفة من أجزاء موجبة كهربياً وسالبة كهربياً, ويعتبر واحداً من المتحمسين لنظرية دالتون الذرية. وابتداءً من العام 1810 فصاعداً أجرى بيرزيليوس سلسلة من التجارب لتقدير نسب اتحاد العناصر المختلفة بعضها ببعض (إذ درس 2000 مركب مختلف حتى العام 1812), وهكذا قطع شوطاً كبيراً على الطريق في اتجاه توفير دعم تجريبي تحتاج إليه نظرية دالتون, واستطاع بيرزيليوس بفضل تجاربه أن يقدم جدولاً دقيقاً إلى حد معقول للأوزان الذرية لأربعين عنصراً, هي مجموع العناصر المعروفة آنذاك, (وجرى تقديرها بالقياس إلى الأكسجين وليس الهيدروجين). وجدير بالذكر أنه هو أيضاً مخترع المنظومة الأبجدية الحديثة للترتيب التصنيفي للعناصر, على الرغم من مرور وقت طويل قبل استخدامها على نطاق واسع, واستطاع بيرزيليوس ورفاقه في ستوكهولم, وفي اتساق مع هذا العمل, أن يعزلوا ويحددوا عديداً من العناصر "الجديدة", نذكر من بينها السيلينيوم والثوريوم والليثيوم والفاناديوم.

* 1. **ثابت أفوغادرو :**

لم يتنسنى لبيرزيليوس ولا لدالتون (ولا لأي عالم آخر مختص في هذا الشأن) أن يلتقط مباشرة الفكرتين اللتين ساهمتا معاً في تقدم فكرة الذرات, واللتين تمت صياغتهما مع حلول العام 1811, نعرف أولاً أن عالم الكيمياء الفرنسي جوزيف لويس غاي , لوساك (1778-1850) أدرك على أساس الحجم, وأن حجم نواتج التفاعل (إذا كانت هي الأخرى غازية) من الهيدروجين مع حجم واحد من الأكسجين لينتج حجمان من بخار الماء.

واقترن هذا الاكتشاف بتجارب أوضحت أن جميع الغازات تخضع لقانوني التمدد والانضغاط Laws of expansion and compression من دون تغيير, وأفادت هذه التجارب, مع الاكتشاف السابق, العالم الايطالي اماديو أفوغادرو (1776-1856) ليعلن فرضه المعروف باسمه في العام 1811, والذي يقضي أنه في درجة حرارة معينة يحتوي حجم أي غاز يبقى كما هو على عدد الجسيمات نفسها, واستخدم عملياً كلمة "جزيئات", ولكن حيث كان يستخدم دالتون كلمة "الذرة" لتعني في آن واحد ما نعنيه نحن بالذرات وما نعنيه بالجزيئات, واستخدم أفوغادرو كلمة "الجزيء" لتعني معاً ما نعنيه نحن بالجزيئات وما نعنيه بالذرات, وتوخياً للتبسيط سوف ألتزم بالاستخدام الاصطلاحي الحديث, يفسر فرض أفوغادرو اكتشاف جاي , لوساك من حيث لو كان كمثال, كل جزيء أكسجين يحتوي على ذرتين من العنصر, والذي يمكن انقسامه ليكون قسمة بين جزيئي الهيدروجين, ويؤثر هذا الفهم بأن الأكسجين (والعناصر الأخرى) يمكن لها أن توجد في صورة جزيئية متعددة الذرات Polyatomic molecular form (وهو في هذه الحالة O2 وليس O) خطوة حاسمة إلى الأمام معنى هذا أن حجمين من الهيدروجين يحتويان جزيئات تعادل ضعف ما في حجم واحد من الأكسجين, وأنه عندما يتحدان فإن كل جزيء أكسجين يؤلف ذرة لكل زوج من جزيئات الهيدروجين, ويكون العدد نفسه من الجزيئات مثلما كان الحال في الحجم الأصلي للهيدروجين.

ونعبر عن هذا بالرموز الحديثة $2H\_{2}+O\_{2}\rightarrow 2H\_{2}O$

* 1. **فرض وليام بروت عن الأوزان الذرية :**

لم تلق أفكار أفوغادرو صدى ذالك الوقت , ويمكن القول أن الفرض الذري جمد تقريباً ولم يحقق تقدم يذكر على مدى عقود, وعاق تقدمه الافتقار إلى التجارب , التي يمكنها أن تختبر الفرض, وفي العام 1815, ذهب عالم الكيمياء البريطاني وليام براوت (1785-1850), تأسيساً على جهود دالتون, إلى أن الأوزان الذرية لجميع العناصر هي بالدقة والتحديد مضاعفات الوزن الذري للهيدروجين, ويفيد هذا ضمناً بشكل ما أن العناصر الأثقل وزناً يمكن أن تكون تراكماً مؤسساً على الهيدروجين, وأن تقنيات التجريب خلال النصف الأول من القرن التاسع عشر تكفي تماماً لبيان أن هذه العلاقة ليست مطردة على نحو دقيق ومضبوط, وأن أوزاناً ذرية كثيرة تحددت بفضل التقنيات الكيميائية لا يمكن اعتبارها مضاعفات صحيحة في وحدة كاملة للوزن الذري للهيدروجين, ولكن خلال القرن العشرين فقط, ومع اكتشاف النظائر (ذرات عنصر بذاته تختلف أوزانها الذرية عن بعضها اختلافاً طفيفاً, وإن كان الوزن الذري لكل نظير هو بالدقة ضعف وزن ذرة واحدة من الهيدروجين), ( إذا عرفنا أن الأوزان الذرية التي تحددت كيميائياً هي متوسط الأوزان الذرية لكل النظائر لعنصر ما موجود), وهنا وضح أن فرض براوت بمنزلة رؤية نافذة إلى لطبيعة الذرات.

وبينما عجزت الكيمياء, على الرغم مما توافر لها من دقة وبراعة, عن أن تقدم الكثير للبحث على المستوى الذري طوال نصف قرن, ثمة تقدم مهم تحقق في سبيل فهم ما يحدث عند مستوى أعلى من التنظيم الكيميائي, إذ كان العلماء التجريبيون يدركون منذ زمن طويل أن كل شيء في العالم المادي موزع بين ضربين من المواد الكيميائية, البعض مثل الماء والملح المعروف, يمكن تسخينه ويبدو لنا في ظاهره وقد تحولت خاصيته (التوهج والاحمرار أو الانصهار, أو التبخر أو أي شيء آخر), ولكن عند التبريد يعود ثانية إلى حالته الكيميائية الأولى والبعض الآخر, مثل السكر أو الخشب, يتغير تماماً بفعل الحرارة, ويكون من الصعوبة بمكان استعادة قطعة خشب احترقت, أي إلغاء تأثير الاحتراق, واستطاع بيرزيليوس في العام 1807 أن يصوغ علمياً التمييز بين نوعي المادة, إذ حيث إن المجموعة الأولى من المواد مقترنة بالمنظومات غير الحية, فقد أطلق عليهما اسم "لا عنصري" و "عنصري". ومع تطور الكيمياء أصبح واضحاً أن المواد العضوية, مؤلفة في مجملها من مركبات أكثر تعقداً من المواد غير العضوية, ولكن ساد اعتقاد أيضاً بأن طبيعة المواد العضوية مرتبطة بوجود "قوة حيوية", أو الحياة, وهي التي تجعل الكيمياء تعمل على نحو مغاير في الكائنات الحية عنها في الكائنات غير الحية.

* 1. **فريدريك فوهلر:**

**1.3.8. دراسات من المواد العضوية وغير العضوية:**

الإفادة هي أن المواد العضوية أنتاج المنظومات الحية فقط, لذلك بدا الأمر مفاجأة مذهلة في العام 1828 عندما اكتشف مصادفة عالم الكيمياء الألماني فردريك فوهلر (1808-1882) أثناء إجرائه سلسلة تجارب, لهدف مختلف تماماً, أن اليوريا (أحد مكونات البول) يمكن إنتاجه عن طريق تسخين مادة سيانات الأمونيوم البسيطة, وكان المعروف آنذاك أن سيانات الأمونيوم مادة غير عضوية, ولكن تغير تعريف ( العضوي ) في ضوء هذا الحدث, علاوة على تجارب مماثلة صنعت مواد عضوية من مواد لم تكن قط, مرتبطة بالحياة, وبدا واضحاً مع نهاية القرن التاسع عشر أن لا وجود لقوة حياة غامضة تعمل داخل الكيمياء العضوية, وأن ثمة شيئان فقط, يميزان المركبات العضوية عن المركبات غير العضوية: 1. المركبات العضوية غالباً ما تكون معقدة, بمعنى أن كل جزيء فيها يحتوي على ذرات كثيرة من عناصر مختلفة عادة.

2. جميع المركبات العضوية تحتوي على الكربون (وهو في الحقيقة سبب تعقدها, لأن ذرات الكربون, تستطيع الاتحاد بوسائل عديدة ومهمة مع الكثير من الذرات الأخرى ومع ذرات كربون أخرى). معنى هذا أن مادة سيانات الامونيوم التي تحتوي على الكربون ننظر إليها الآن باعتبارها مادة عضوية , وأصبح ممكناً الآن صناعة جدائل كاملة من الدنا DNA في المعمل من مواد غير عضوية بسيطة.

وجدير بالذكر أن التعريف المألوف الآن للجزيء العضوي هو أي جزيء يحتوي على كربون, وأن الكيمياء العضوية هي كيمياء الكربون ومركباته, وننظر الآن إلى الحياة باعتبارها نتاج كيمياء الكربون, وأنها تخضع للقوانين الكيميائية نفسها العاملة في كل أنحاء عالم الذرات أو الجزيئات, وأدى هذا الفكر, علاوة على أفكار داروين ووالاس, إلى حدوث تحول أساسي خلال القرن التاسع عشر في النظر إلى مكان البشرية في الكون

**9. التكافؤ :**

قدم عالم الكيمياء الانجليزي ادوارد فرانكلاند (1825-1899) تحليل واضح على نحو معقول لما بات يعرف باسم التكافؤ ( Valency ) , وهو معيار قدرة عنصر ما على الاتحاد مع آخر, أو كما أصبح واضحاً, قدرة ذرات عنصر ما على الاتحاد بذرات أخرى, وجدير بالذكر أن مصطلحات كثيرة استخدمت خلال الأيام الأولى لوصف هذه الخاصية, من بينها مصطلح مساو ( Equivalent ) والذي أفضى عبر كلمة ( التساوي , Equivalency ) إلى التعبير السائد اليوم, وإذا عبرنا عن ذلك بلغة الاتحادات الكيميائية نقول بمعنى من المعاني إن كميتين من الهيدروجين تكونان متساويتين بكمية واحدة من الأكسجين, وأن كمية واحدة من النيتروجين تكون مساوية لثلاثة هيدروجين وهكذا, وفي العام 1858, كتب أرتشيبالد كوبر الاسكتلندي (1831-1892) بحثاً قدم فيه للكيمياء فكرة الروابط ( bonds) , و بذلك التعبير عن التكافؤ وطريقة اتحاد الذرات, ويقال الآن تكافؤ الهيدروجين أحادي, ويعني أن بإمكانه تكوين رابطة (bonds) واحدة مع ذرة أخرى, وتكافؤ الأكسجين تنائي بمعنى أن بإمكانه تكوين رابطتين وهكذا, وعلى نحو منطقي تماماً, تكون كل رابطة من الرابطتين, "تخص" ذرة أكسجين ويمكنها الارتباط بذرة هيدروجين واحدة ليكونا الماء H2O, ولك إذا شئت أن تقول H-O-H حيث تمثل القاطعتان رابطتين. ويقال بالمثل أن تكافؤ النيتروجين ثلاتي, بمعنى أن يكون ثلاث روابط, ومن ثم يمكنه الاتحاد مع ثلاث ذرات هيدروجين في وقت واحد لينتج أمونيا ( ammonia NH3 ) ولكن الروابط, يمكنها أيضاً أن تكون ذرتين من عنصر واحد, كما هو الحال في الأكسجين O2, والذي يمكن أن نعبر عنه بقولنا O=O, كذلك الكربون له تكافؤ رباعي, ويمكنه أن يكون أربع روابط منفصلة, مع أربع ذرات منفصلة مشتملة على ذرات كربون أخرى في الوقت نفسه, وتمثل هذه الخاصية لب كيمياء الكربون, وبعد سبع سنوات توصل كيكولي إلى فكرة ملهمة تفيد بأن ذرات الكربون يمكنها أن ترتبط بعضها ببعض على هيئة حلقات (والشائع أكثر في حلقة من ست ذرات كربون لتكون شكلاً سداسياً) مع روابط تنائيه من الحلقة لترتبط بذرات أخرى أو حتى بحلقات أخرى للذرات).

المراجع :

1. البحث العلمي بين المشرق العربي والعالم الغربي , د. محمد الصادق ,( 2014) .
2. مقدمة البحث العلمي , تأليف د. رحيم يونس كرو العزاوي, (2008) .
3. تاريخ العلم , تأليف جون غريبين 1543- , 2001 الجزء الثاني يوليو ( 2012 ) .

|  |
| --- |
| الفهرس |
| التسلسل | الموضوع | الصفحة |
| 1 | المقدمة  | 2 |
| 2 | طبيعة العلم ومجالاته  | 2 |
| 3 | العلم كبناء معرفي  | 2 |
| 4 | العلم كطريقة للتفكير والبحث  | 3 |
| 5 | النظرة المزدوجة للعلم كمادة وطريقة  | 3 |
| 6 | العلم والتكنولوجيا | 4 |
| 7 | نشأة وتطور البحث العلمي | 4 |
| 8 | تاريخ البحث العلمي في العصور القديمة  | 4 |
| 9 | تاريخ البحث العلمي في العصور الوسطي  | 5 |
| 10 | تاريخ البحث العلمي في العصور الحديثة  | 6 |
| 11 | مرحلة التجريب  | 6 |
| 12 | الاستثمار في البحث العلمي عالميا  | 7 |
| 13 | الملامح الرئيسية كالاستثمار في البحث العلمي  | 8 |
| 14 | مقاومات الاستثمار في البحث العلمي  | 8 |
| 15 | البحث العلمي وبعض الشواهد العالمية  | 9 |
| 16 | مخرجات البحث العلمي والانفاق في البحث العلمي والتطوير | 10 |
| 17 | الذرات والجزيئات | 12 |
| 18 |  حياة همفري ديفي وأهم انجازاته | 13 |
| 19 | جون دالتون ونموذجه الذري | 15 |
| 20 | يونس بيرز يليوس ودراسة العناصر | 16 |
| 21 | تابت أفوغادرو | 17 |
| 22 | فرض وليام بروت عن الاوزان الذرية | 18 |
| 23 | فريدريك فوهلر (درسات من المواد العضوية والغير عضوية ) | 18 |
| 24 | التكافؤ | 19 |
| 25 | المراجع والفهرس | 20 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | الاشكال والجداول | الصفحة  |
| 1 | جدول رقم (1) | 9 |
| 2 | جدول رقم (2) | 10 |
| 3 | جدول رقم (3) | 11 |
| 4 | جدول رقم (4) | 12 |
| 5 | جدول رقم (5) | 12 |