تأملات علمية
(القسم الأول)

مجموعة من الأبحاث النظرية في (الفيزياء الطبية – والفيزياء البصرية، والبصريات الهندسية) تصلح لابتكارات علمية بعد اخضاعها للتجربة المُختبرية

بقلم
عمار التميمي

حقوق الطبع محفوظة

تأملات علمية

◆ بقلم: عمار التميمي

◆ الناشر: دار المناهل

◆ الطبعة: الأولى 1446 هـ / 2024 م

◆ الإخراج الفنّي: جعفر الفاضلي

◆ الإشراف على الطبع: حيدر النجفي Didvar@gmail.com

◆ رقم الإيداع الدولي (ISPN): 978-622-91820-6-2

لا يجوز شرعاً وقانوناً طبع واستنساخ الكتاب دون الحصول على
إذن خطّي من «دار المناهل» ، وبخلاف ذلك تتمّ المسائلة القانونية

للتواصل مع مدير دار المناهل عبر الواتساب : 964+ 7807588865

تقديم

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الخلق أجمعين مُحمّد واله الطيبين الطاهرين.

تبارك الله الذي وَضع مفاتيح تكامُل الإنسان بِيد الإنسان، فإنّ شاء استخدمها وتَسامى، وإن شاء ركنها وتهاوى، ووضع دلائلاً للإنسان، بانّه متى حسن استخدامه لِمفاتح الكمال، سيجعل نفسه إنسان الجنّة المُتكامل لها، وسيجعل بيئته جنّة تكِاملت له.

فلم يمنع الإنسان من ذلك إلا إن منع هو نفسه، ولِكُل هدف طريق وطريقة للوصول إليه، فكل شيء مُتاح للإنسان، وما عليه إلا حُسن اختيار الطريق والطريقة، فهو المخلوق الوحيد، الذي يستطيع فعلاً الوصول بنفسه وبحياته، إلى مراتبٍ لا تنال إلا باستخدامه الأمثل، لِما اودع الله عنده من نِعم، قد كرّمه بها، إن اكرم هو نفسه، وأدركَ كُنهه وكُنه ما حوله.

ما ذكرني بهذا الكلام، هو ما لمسته في هذا الكاتب وهذا الكتاب، من طموحٍ فكري وعلمي، لا يقبل الركود، تحت رسوبات الجهل المُضبّب بالقناعة، بِبقاء الإنسان على حاله، فلا يتقدّم إلا بعد أن تدفعه الأخطار، فيكون في مكان لم يهيّئه لِنفسه، ولا يعلم منافعه من مخاطره.

لِذلك أُبارك هذا الفكر المدرك للأخ الكاتب، وأُبارك هذه الأفكار العلّمية، كومضات برّاقة، قد يكون لها شأنها، بعد أن تطالها يدّ المُتخصّصين ولو بعد حين. وأتمنى له التوفيق، ولكل المُخلصين أمثاله.

والحمد لله رب العالمين.

د. أحمد عبيد الكلابي
أستاذ علم الليزروفلسفة الفيزياء
في جامعة الكوفة

المُقدّمة

بينما كُنت أبحث عن حيّثيات موضوعٍ معيّن، لإكمال كتاب (رسالة في مبحث الضوء) أتنقّل بين فصوله ومُعطياته المُختلفة، لإستيعاب المفهوم الواسع له، والحصول على مركز المادة المطلوب بحثها، صادَفت بِعَرَض تلك المباحث، مجموعة من الأفكار والرؤى، التي تتّسم بالجانب العملي، المُقيّد بالتجربة المختبرية، فجاءت بعض التأملات المُهمة، في إمكانية الإستفادة منها علمياً، فكتبت بعضها لغرض التصويب والتقويم، والتي تُمثّل مرحلة معينة (حين تدوينها).

فكان البحث الأول في الفيزياء الطبيّة: يتناول إمكانية العلاج بإستخدام تقنية الإشعاعات المُختلفة، والإستغناء عن كافة الأدوية الكيميائية، المُستعملة في مكافحة الأمراض المُختلفة.

والبحث الثاني في الفيزياء البصريّة: حول تحويل بعض الإشعاعات والتردّدات والموجات المُختلفة، إلى مرئية، بواسطة حقل ضوئي مُعين، لإكتشاف كمّية هذه الانبعاثات في حيّز معين، وكيفية تجنّب بعض مضارها.

أما الثالث منها فكان في استعمال مبادئ البصريات الهندسيّة، او مايُسمى بالحوسَبة الضوئية، في إمكانية الكتابة بالهواء.

ثمَّ قمت بتقديمها إلى أصحاب الشأن من المُختصّين (للتقويم)، فأشار عليَّ جناب الأُستاذ الفيزيائي الدكتور أحمد الكلابي مُتفضّلاً، أن تُنقّح على شكل كُراس، كي لا تبقى حبيسة الأوراق، لِتكون بين أيدي الأحبة من الباحثين والمُفكرين، الساعين لخدمة الإنسانية. فأتقدم بالشكر الجزيل له، وللأخ العزيز عبد المنعم الحيدري، ولِكل من ساهم وشارك في إخراجها، وهي محاولة أولى بسيطة، سَتليها بِنُسقِها متوالية ان شاء الله.

ولم أنتهج المسلك المعهود في كتابة البحوث، وتقسيماته وتفريعاته، بل ترجمت الفكرة، بعد الإستعانة بالمصادر ذات الشأن، في بيان مُقدّماتها.

إذن هي دراسة لأفكار نظرية، قائمة على نظام الأطروحة، أقدّمها لذوي الإختصاص، لتنال القسط الأوفر من نقدهم لإنضاجها وإثمارها، فلعلّ الله يوفقنا، أو من يتسنى له من الباحثين، الحصول على فرصة الإعتكاف في أحد مراكز الأبحاث، لِترى النور.

والحمدُ لله أوّلاً وأخراً.

عمار التميمي
النجف الاشرف
٢٠١٧م - ١٤٣٨هـ

البحث الأول

دراسة في جهاز نظام المعالجة الإشعاعي

radiation therapy system

(R.t.s)

المُقدّمة

نظام المعالجة الإشعاعيّ (radiation therapy system) يُمارس الدور العلاجي، باستخدام تقنيّة الإشعاعات المُختلفة المستويات؛ لأنه عند سقوط كمّية من الإشعاعات المُختلفة، على مادة ما، تنقل طاقة هذه الإشعاعات إلى المادة، فتعمل على رفع درجة حرارتها او خفضها، (حسب كثافة ونوع الإشعاع) اما بالنسبة للكائنات الحيّة، كجسم الإنسان وغيره، فعند تعرّضه لهذه الإشعاعات المُختلفة، لا ترتفع درجة حرارته؛ لانه يفقد هذه الطاقة المُمتصّة في تبخير الماء من الجسم، لكن قدّ تؤثر بشكل ايجابي أو سلبي، بحسب الأقتراب بِشكل عشوائي من المصدر- كالإشعاعات المؤيّنة- فلا يمكن ان تحس بها الكائنات الحيّة على الإطلاق، نظراً لِقُدرتها العالية، على اختراق جسم الكائن الحيّ، وفقدانها لطاقاتها، عن طريق تأيين جُزئيات الماء الموجودة في الجسم.

فإنّ قلت: إذن عند تعرض الجسم، لأنواع ومُستويات هذه الإشعاعات المُختلفة، لا تؤثر عليه؟.

قلنا: ليس بالضرورة ذلك؛ لأن من المُحتمل ان لا تنحل تلك الجُزيئات، بِسبب الأبتعاد او الأقتراب من المصدر، وكميّة الإشعاع، وامتزاجه مع غيره أيضاً، وغير ذلك من الأسباب الكثيرة.

على كل حال، فهناك تأثير على المستوى القريب والبَعيد، من تلك الإشعاعات والمُوجات، على الجسم البشريّ، طبعاً على المستوى السلبي والإيجابي، وقد اكتشف العُلماء، العديد من الإشعاعات، من خلال امتزاجات الرئيسيّة منها، مع مواد الطبيعة، او الكونيّة المُختلفة، فحصّلنا على الالاف منها.

ويرتكز البحث على النحو الإيجابي النافع، الذي يتمثّل في إمكان استعمال تلك الإشعاعات المُختلفة، الرئيسيّة منها والإمتزاجيّة، للعلاج من الأمراض كافة، والاستغناء عن المُركّبات الكيميائية، وذلك في خمس مراحل، الأربعة الأولى[1] كمُقدّمة تعريفيّة عن بعض أنواع الإشعاع واستخداماته، ومُعدّل سيولته، وكيفيّة التعرض، وفي الختام نُبذة عن فكرة الجهاز قيد الدراسة، على مستوى الاقتضاب والاختصار.

المرحلة الأولى: أنواع الإشعاعات (types of radiation)

لِنتعرف بشكلٍ سريع ومُبسّط، على أنواع مُختلفة من الإشعاعات، التي تحمل موجات وتردّدات مُختلفة، وبالأخصّ الرئيسية منها، وكذلك أستعمالاتها الشائعة:

(١) اعتمدت فيها على أبحاث الدكتور هشام الخطيب في كتابه (مبادئ الإشعاع والوقاية منه)، وموقع ويكيبيديا (مقالات في الفيزياء الطبيّة)، وغيرها من المصادر والبحوث ذات الشأن بتصرف، مع مناقشات بسيطة.

أولاً: الأشعة الكهرومغناطيسية (electro- magnetic radiation)

وهي المُركّبة (كما هو معروف) من كلمتي الكهرباء والمغناطيسية، وقد أطلق العُلماء على الوحدة من هذه الموجات بـ(الفوتون)، وطاقة الفوتون، ترتبط مع تردّد هذه الموجات، فكلّما زاد التردّد، زادت الطاقة، ومن أهم أنواعها:

١ – الأشعة فوق البنفسجية (rays ultraviolet): وهي موجات كهرومغناطيسية، تنطلق من الذرات المُثارة، وكل فوتون يحمل طاقة أقل من طاقة أشعة أكس، وأكبر من الضوء المرئي.

٢ – الضوء المرئي (visible light): وهي موجات كهرومغناطيسية، تنطلق من الذرات المُثارة، وتحمل الفوتونات طاقة، أقل من الأشعة فوق البنفسجية، إلا أنّها أكبر من طاقة الأشعة تحت الحمراء، والضوء يتكوّن من سبعة الوان، الأحمر البُرتقالي الأصفر الأخضر الأزرق النيلي البنفسجي.

ومن استخداماته الطبيّة أشعة الليزر، الذي هو عبارة عن ضوء مرئي آحادي الطاقة، ينتشر بكميات هائلة في مسار دقيق، وتكون طاقته كبيرة، ويُستخدم في عمليات القطع واللحام ايضاً.

٣–الأشعة تحت الحمراء (infrared rays): وهي موجات كهرومغناطيسية، تحمل فوتوناتها طاقة أقل من الضوء المرئي، وتزيد عن طاقة فوتونات الميكروويف.

٤–الميكروويف (microwaves): وهي موجات كهرومغناطيسية، تحمل

فوتوناتها طاقة، أقل من طاقة الأشعة تحت الحمراء، وتستعمل حالياً في الأغراض الطبيّة.

٥-أشعة الراديو (radio-waves): وهي موجات كهرومغناطيسية، تحمل فوتوناتها طاقة، أقل من الميكروويف.

٦-الموجات الراديوية: وهي موجات كهرومغناطيسية، تحمل فوتوناتها طاقة، أقل من طاقة الميكروويف، وتنقسم إلى u.h.f v.h.f موجات قصيرة، وموجات متوسطة، وموجات طويلة.

ثانياً: الأشعة المؤيّنة (ionization radiayion)

هي التي تُسبّب تأيّن لذرات الوسط الذي تعبره، والتأين: هو عملية تحويل الذرة المُستقرة، إلى آيون موجب والكترون (الزوج الآيوني)، فإنّ الذرة مُتعادلة من ناحية الشحنة، لِوجود الكترونات سالبة الشُحنة، والتي تسبح حول النواة، ووجود البروتونات المُوجبة داخل النواة، (عدد البروتونات = عدد الإلكترونات)، وعند اكتساب الذرة طاقة، من الفوتونات أو الجسيمات، تزيد الطاقة اللازمة للإثارة.

ومعنى الإثارة هنا: ان تكون الذرة مُستقرّة، عندما تكون في أقل مستوى طاقة، وتصبح الذرة غير مُستقرّة، عندما تَكتسب طاقة أقل، أيّ تصبح الذرة مُثارة، وتكون في مستوى طاقة، أعلى من مستوى الطاقة للذرة المُثارة، نتيجة أمتصاص فوتونات أو جسيمات، ونتيجة لإمتصاص الطاقة الزائدة، تعيد الذرة

تركيب الكتروناتها بالمدارات حول الذرة، وفي خلال فترة زمنية قصيرة جداً جداً (جزء مليون من الثانية)، تعود الإلكترونات إلى المدار الأصلي، مع أطلاق موجات كهرومغناطيسية- فوتونات- كافية لِفك الأرتباط، بين الإلكترون ونواة الذرة (قوّة الربط)، فتترّك هذه الإلكترونات الذرة تمامًا، وتصبح الذرة في هذه الحالة غير مُتعادلة، من ناحية الشحنة الكهربائية، وتتحوّل إلى آيون موجب، وتضم مجموعة إشعاعات منها:

١-أشعة جاما (gamma rays): هي أشعة كهرومغناطيسية، تشبه الموجات الضوئية، وان طول موجتها، أقل كثيراً من الطول الموجي للضوء، وتنبعث من داخل النواة، وهي فوتونات ذات طاقة مُحدّدة (طيف مُتقطّع)، تنبع من نواة العناصر الثقيلة، ومن التفاعلات النووية.

٢-الأشعة السينية (x-rays): عبارة عن موجات كهرومغناطيسية، تختلف عن موجة الضوء المرئي، بطول الموجة فقط، وان ذبذبة أي أشعة سينية، أعلى من ذبذبة الضوء المرئي، وبالتالي فإنّ الطاقة التي تحملها، أكبر من تلك التي يحملها أي ضوء مرئي، وتمتاز بِقصر طول الموجة، وفخامة كميّة الطاقة التي يحملها الفوتون السيني نسبيًا، ومسار هذه الأشعة لا ينكسر عمليًا، عند مروره من مادة إلى مادة أخرى، كما هو الحال بالنسبة للضوء المرئي، وهناك نوعان منها، الأشعة السينية البيضاء، والأشعة السينية الخاصة.

٣-جُسيمات آلفا (alpha particles): هي جُسيمات موجبة الشحنة، تحمل وحدتين من الشُحنات الموجبة، تجذب الكترونات ذرات الوسط

المُتعادلة الشحنة، نتيجة قوّة التجاذب، بين الشحنة الموجبة والشحنة السالبة كهربائيـاً، وعليه فإنّ بعض ذرات الوسط، تفقد الكترونات، وتتكون آيونات موجبة، ويتم أطلاق جُسيمات آلفا، نتيجة الإنحلال الإشعاعيّ للنويدات المُشعّة، ومن أمثلتها تلك الموجودة بصورة طبيعية، في اليورانيوم والثوريوم الراديوم البولونيوم.

كما وهناك بعض النويدات المُشعّة الإصطناعية، التي تطبق جسيمات آلفا، مثل البلوتونيوم والأمريسيوم.

٤-جُسيمات بيتا (beta particles): وهي عبارة عن الكترونات (موجبة أو سالبة) ، اما السالبة منها: فهي عبارة عن الكترونات سالبة الشُحنة، تنطلق نتيجة تحول النيوترون داخل النواة، إلى بروتون والكترون، وضديد النيوترن، واما الموجبة منها: فهي عبارة عن الكترونات موجبة بوزترونات، فتتحرّر عندما يتحول البروتون داخل النواة إلى نيترون وبوزترون ونيوترون.

وجسيمات بيتا الكترونات، لها كُتلة صغيرة جداً، فهي تستطيع قطع مسافات، أعظم من تلك التي تقطعها جسيمات آلفا، قبل ان يتم أمتصاص طاقتها، لكنها تتشتّت بصورة واسعة، بِمسار مُتعرّج، خلال وسط الأمتصاص.

وجُسيمات بيتا، يتم أطلاقها من نوى الذرات، نتيجة الطاقة المُتحرّرة من فعاليات الإنحلال الإشعاعيّ، عند تحوّل النيترون إلى بروتون والكترون، ولها خصائص ومُميّزات، لا مجال لِذكرها.

٥-النيوترونات (neutrons): تعتبر النيوترونات من مكوّنات النواة

الأساسية، وتكاد تكون مُتشابهة للبروتونات بِكُتلتها وحجمها، وهي دقائق أولية مُتعادلة الشُحنة، وتسير لِمسافات أطول من أشعة آلفا وبيتا، وتخترق الأجسام لِمسافات كبيرة، ويُمكن الكشف عن النيوترونات بشكل غير مُباشر، عند تحرّرها لِجُسيمات مشحونة، نتيجة تفاعلها مع بعض العناصر، كما تصدر عن نواة الذرات خلال عملية الأنشطار.

وتُشكّل النيوترونات، الجزء الرئيس من الإشعاع الأوّل، الصادر عن التفجيرات النووية، وينطلق الجزء الأعظم ٩٠٪ من النيوترونات، التي تُسمّى بالنيوترونات الفورية، خلال (١٠ -١٤) ثانية، وباقي النيوترونات المتأخرة، تصدر بعد ذلك، خلال تحلّل أجزاء الانشطار.

لذا فإنّ العُلماء اكدّوا، ان الضرر الذي تحدثه النيوترونات، يُقدّر بحوالي أربع إلى عشر مرات، أكثر من الضررالذي تحدثه كميات مُماثلة، من أشعة جاما والأشعة السينية، وذلك لِكونها لا تحدث تأيّنًا وتلفًا للخلايا عند مرورها فحسب، وإنّما تُسبّب تحول جزء من الكائن الحي، إلى مصدر مُشع (ظاهرة التنشيط النيوتروني).

ثالثاً: الأشعة غير المؤينة (Non ionizing radiation)

وهو الذي لا يُسبّب تأين لذرات الوسط الذي يعبره، ولكن يُسبّب إثارة ذراته. ويضم مجموعة من الإشعاعات، التي تُستعمل جميعها في المجالات الطبيّة، وبعض منها في الصناعيّة والحربيّة، وهي:

١-الليـــزر (laser): وهـــو اختصـــار للحـــروف الأولـــى مـــن (Amplification by Simulated Emission Radiation Light) والتي تعني تكثيف أو تضخيم الضوء، بواسطة الأنبعاث المُستحث الأشعاع، وهو ضوء مُكثّف، له طول موجة واحدة، ينتشر في إتجاه واحد فقط، ولهذا السبب تكون أشعته مُتجانسة؛ لان طول موجتها واحدة، ويكون مركزها قوياً، ويختلف قوته باختلاف المادة التي تُستعمل لِتوليده، حيث يمكن استخدام المادة في اي حالة (صلبة أو سائلة أو غازية)[1] لِتوليده، ويكون له لون واحد من الوان الطيف المعروفة، ويُستعمل في العديد من المجالات الطبية والصناعية والحربية، التي لا مجال لِسردها وذكرها؛ لاحتياجها إلى بحثٍ مُستقل، وهو أهم عنصر مُستعمل في بحثنا الثالث.

٢-الموجات فوق الصوتية: وهي تلك الموجات المرنة، ذات تردّدات أعلى من الموجات الصوتية، والتي يمكن اشعاعها مثل الضوء، في صورة حُزم ضيقة موجّهة، تحدث إنعكاس وإنكسار حزم للموجات فوق الصوتية، عند السطح الفاصل بين أي وسطين، وتُستعمل أيضاً في العديد من المجالات الطبية، كتفتيت الحصى، وعلاج الأورام وغيرها كثير.

٣-التصوير بالرنين المُغناطيسي: فقد أُستخدم في التصوير الطبي، باستعمال موجات الراديو، بتردّد يتراوح مابين (١-٨٠) ميغا هيرتز، مع مغناطيس ضخم، لإنتاج مجال مغناطيسي ثابت ومُنظّم.

---

(١) لم نذكر حالات المادة الأُخرى، كون التجارب كانت على الثلاث فقط (لغاية كتابة البحث)، فيُمكن ان تُبحث من جانب نظري فقط إذا وسعنا البحث، إلا أنه ليس مطلبنا هنا.

رابعاً: الأشعة الكونية

تصل إلى الأرض كمية مُعينة من الإشعاعات، قادمة من الفضاء الخارجي من الشمس، وتحتوي هذه الأشعة، على أنواع مُختلفة من الإشعاعات المؤيّنة، وعند دخول هذه الإشعاعات إلى الغلاف الجوي للأرض، تتفاعل مع المواد المُكوّن منها هذا الغلاف، فتتغير محتوياتها، وتضعف كمياتها التي تصل إلى سطح الأرض، لذا يعتبر الغلاف الجوي حاجزاً واقيـاً من تلك الإشعاعات، وتتكـوّن الأشعة الكونية، من سيل من الجُسيمات الأولية ونوى الذرات، وتمتلك هذهِ الأشعة طاقات خارقة، ولذلك يُعتقد بأنها تمر في مجال تعجيل، أو مُعجّل كوني، في جزء من الكون.

خامساً: الإشعاعات الصادرة من التربة

تحتوي القشرة الخارجية للكُرة الأرضية، على كميات ضئيلة من اليورانيوم والتوريوم المُشعين، ونواتجهما المتولّدة عنهما، ويختلف تركيز هذهِ العناصر في التربة، باختلاف نوعها، حيث يزداد تركيزها في الصخور الجراتينية، في حين يقل في الصخور الرملية، ففي الجزر البريطانية، تتراوح الجرعات الإشعاعية الناتجة عن التربة، بين (٣٠ - ٦٠ ملليرم) في السنة، تبعـاً لِنوع التُربة، وهي مكوّنة من إشعاعات كاما، الصادرة عند تفكّك الأنوية، كذلك تحتوي التربة على نسبة ضئيلة من الكالسيوم المُشع.

سادساً: الإشعاعات الموجودة في جسم الإنسان

يحتوي جسم الإنسان، على كميات ضئيلة من النظائر المُشعّة كالكاربون – ١٤ والبوتاسيوم –٤٠، بالإضافة إلى ذلك، تدخل الغازات المُشعّة مثل الرادون والنورون إلى الإنسان، وهذهِ الغازات ناتجة عن تفكّك اليورانيوم والنوريوم المُشعّين، الموجودين في التربة، وفضلاً عن ذلك، تدخل بعض المواد المُشعّة إلى جسم الإنسان مع الغذاء.

سابعاً: الجرعات الناتجة عن المصادر الإشعاعية الصناعية

منذ عشرات السنوات، ظهرت عدة مصادر إشعاعية صناعية، نذكر البعض منها على سبيل التقريب:

١–الأشعة التشخيصية:حيث يتعرض الإنسان لِجرعة إشعاعية مُعيّنة، عند عمل صور تشخيصية بالأشعة السينية، وتختلف قيمة الجُرعة بأختلاف العضو، وتبلغ الجرعة الإشعاعية التي يحصل عليها الإنسان، عند عمل صورة واحدة على الصدر، حوالي ٢٠ ميلليرم.

٢–الأشعة العلاجية: وتتوقف قيمة الجرعة على العضو، وعلى التعرض المطلوب.

٣–استخدام النظائر المُشعّة: حيث اتسع في الآونة الأخيرة، استخدامها في نواحٍ مُتعدّدة، كالطب والصناعة والزراعة.

٤–النفايات المُشعّة: وهي النفايات المُتخلّفة بعد استخدام النظائر،

وكذلك في المفاعلات النووية.

٥-تساقط الغبار الذري: وهو ناتج عن التفجيرات النووية، حيث ينشر هذا الغبار إلى مسافات بعيدة، ويتحكّم به اتجاه الريح، ثُمّ يتساقط على مُختلف دول العالم.

٦- الأشعة المُستعملة في حياتنا اليومية: كالأشعة المُستعملة في الإضاءة، وشاشة التلفاز والحاسوب والموبايل والكابلات الضوئية وتردّدات الأتصال، وغير ذلك كثير.

وفي الختام يُمكن القول: انه بالإمكان الحصول على الالاف من الإشعاعات المُختلفة ممّا ذكرنا، أو بدمج بعضها، على شكل مستويات مُتعدّدة، وبِطاقات وكمّيات مُختلفة، أو من عناصر طبيعية وصناعية أُخرى لم نذكرها، يكون مدارها البحث المُختبري، لإثبات فاعليتها ونجاحها، وهو موكول للباحثين في الوسط.

المرحلة الثانية: كثافة تدفق الإشعاعات أو معدل سيولة الإشعاعات

(radiation flux density or fluence rate)

يتم أعتماد المُدخلات، للحصول على مقدار من الأشعة المُتوازنة، تتلائم والتداخل في كُتلة مُعينة من المادة، أو النسيج البشري، من خلالها يُمكن ان نُدرك، فوائد الأنواع المُختلفة من الأشعة المؤينة وغير المؤينة، في الأنسجة وخلايا النسيج البشري.

ويُقدّر النشاط الإشعاعيّ بـ(الكوري)، الذي كان يُعرف سابقًا: على انه

النشاط الإشعاعيّ لغرام واحد من الراديوم – ٢٦٦ ، ولكنه يُعرف الأن على انه يُعادل ٣,٧ ×١٠(١٠) تفكك في الثانية بيكرل.

وتكون كثافة التدفق للإشعاعات عند نقطة ما، هو عبارة عن عدد الجُسيمات المارة، خلال مساحة قدرها ١سم٢ في الثانية، عند هذه النقطة.

علماً ان مصدر الإشعاعات، قد يكون له أشكال مُختلفة (في بعضٍ منها)، وكذا مسافته عن المادة، فيمكن إعتبار هذا المصدر نُقطياً، (أي على شكل نُقطة مادية صغيرة).

وحينها نستطيع حساب، كثافة تدفق النشاط الإشعاعيّ عند نقطة ما، تبتعد عن مسافة المركز بـ(وحدة الجسيم/ سم ٢ ثانية)، ويمكن ان نُرسّخ هذه العلاقة، وفق قانون التربيع العكسي، لِمُعدّل سيولة الجُسيمات (أو كثافة التدفق) من مصدر نقطي، للأشكال المُختلفة.

حيث في كثير من الأحيان، يصدر المصدر انواعاً مُختلفة من الإشعاعات، من نفس النوع، ولكن بِطاقات مُختلفة، لأجل التعامل مع الفايروس، أو الخلية المُصابة بالفايروس، فباختلاف الموجات ومساحتها، يجب تعيين مُعدّل السيولة، أي (كثافة تدفق) تلك الإشعاعات بانواعها المُختلفة، فكل عضو يتعامل مع الإشعاع، وفق نسبة كثافة وطاقة مُعيّنة، حسب المُدخلات، وتعرف كثافة تدفق الطاقة، على أنها كمية الطاقة المارة، خلال وحدة المساحات في الثانية الواحدة، عند النقطة المُعينة.

وتعتمد هذه الكميات من الإشعاعات، عند اشتقاقها وأرسالها، على

مجموعة من الامور المُختلفة، للحصول على نتائج إيجابية متوخاة، منها أسلوب التفاعل لِنوع مُعيّن من الإشعاع مع المادة، واسلوب أنتقال الطاقة من هذه الإشعاعات للمادة، عند تساوي قيم الطاقة المودّعة، في واحدة الكُتلة من المواد المُختلفة، وكذلك تحديد كتلة الجسم المُستوعب للنشاط الإشعاعيّ، بعد مضي زمن قدره (t ٠ ٠) بيكرل، (وهو يساوي تفكّك واحد في الثانية)، باحتساب الطول والوزن والعمر، فيكون الإشعاع مُتباين، حسب قيم المُدخلات.

ويتم ذلك كلّه، خلال أحتساب المُدخلات، وفق عملية رياضية، لا يمكن إدراجها وفق بحثنا التعريفي المُختصر لِهذا المشروع.

المرحلة الثالثة: التعرّض (the exposure)

فيكمن الأستفادة من جميع أنواع الإشعاعات الطبيعية والمؤينة وغير المؤينة، حيث توصل العُلماء إلى اختراع الاف الأنواع، من تردّدات ومستويات هذه الإشعاعات، كما ويمكن الدمج بين بعضها، للحصول على نتاج مُعيّن ومختلف، ويكون ذلك من خلال مراكز البحوث والتجارب.

ويُستخدم هذا المُصطلح، لِيدل على مفهومين رئيسيين، فيزيائي وعام، والعام يستخدم التعرض، للدِلالة على التعرض للإشعاعات المؤينة، وبهذا المفهوم قد يكون التعرض خارجيًا، أيّ ناتجًا عن مصدر مُشع، موجود خارج الجسم، وقد يكون داخليًا، أي ناتجًا عن ادخال مادة مُشعّة داخل الجسم من

غير تعمّد، ويمكن بيان أنواع مُختلفة من التعرض:

١- التعرض المهني (occupational): كما يحصل للاشخاص العاملين في مجال الإشعاعات المؤينة.

٢- التعرض الطبي (medical exposure): كما يحصل للمرضى، عند تشخيص أمراضهم أو علاجها.

٣-التعرض العادي (normal): وهو التعرض الذي يحدث، في ظل ظروف التشغيل العادية للمصادر والمواد المشعة.

٤-التعرض الكامن (potential exposure): كما يحدث عن ظروف حوادث إشعاعية.

٥-التعرض الحاد (acute exposure): وهو التعرض الذي يودع كمية هائلة من الإشعاعات في المُتعرّض، خلال فترة زمنية قصيرة (دقائق أو ساعات أو حتى أيام).

٦-التعرض المُزمن (chronic exposure): وهو التعرض الذي يودع كميات قليلة من الاشعاع، ولكن خلال زمن طويل (يمتد حتى لِسنوات طويلة).

اما المفهوم الفيزيائي للتعرض، فيقصد به: كمية الإشعاعات المؤينة، التي يتكبّدها عضو، أو نسيج من أنسجة الكائن الحي، أو يتعرض لها جزء مُعيّن من جسمه، وقدّ يرى العُلماء أن هذا النوع من تعرض الخلايا الحيّة لِتلك الإشعاعات المؤينة، والتي تمتص جُزء من الطاقة التي تحملها، قدّ يؤدي إلى

تلفها، والأمر نسبي بِطبيعة الحال.

فالتعرض إذن، هو تعرض الهواء الجاف في الظروف المعيارية، للضغط الجوي ودرجة الحرارة، (اي عند درجة حرارة الصفر المئوي، وعند ضغط يساوي ٧٦٠ ملليمتر زئبق)، لِكمّية مُعينة من الأشعة السينية، أو غاما أو غيرها، ويُقاس التعرض بِكمّية الشُحنة الكهربائية (الموجبة أو السالبة)، الناتجة عن التأيّن في وحدة الحجم من الهواء الجوي الجاف، في هذه الظروف.

حيث يُقاس التعرض، بِوحدة عُرفت باسم رونتجن، وقد عرّفوها في أول الأمر، على أنّها كمية الإشعاعات السينية، التي تؤدي إلى إنتاج شُحنة كهربائية (سالبة أو موجبة)، مقدارها (وحدة كهروساكنة في سنتيمتر مكعب واحد) من الهواء الجاف، في ظل ظروف معياريّة، وهي أنسب طريقة لِقياس كمية الإشعاعات، التي يتعرّض لها الكائن الحيّ.

والرونتجن الواحد، يُعطي جرعة مُمتصّة تساوي (٠,٠٠٨٦٩) جراي، وفي الأنسجة البشرية (٠,٠٠٩٦) جراي ، طبعاً وهذه الوحدة، تُعطي دلالة لكمية الإشعاع المُتدفّق إلى النسيج البشري، وليس لِنوعه، حيث يختلف من اشعاع إلى آخر، بعد أحتساب مُعدّل التعرض، كميته على الزمن المطلوب.

وهو امر في غاية الأهميّة، للحصول على النتائج المُتوخاة من التعرّض.

المرحلة الرابعة: الجرعة الإشعاعية (the radiation dose)

في البحوث السابقة، أستخدم العلماء هذا المُصطلح، لِيُعبّر عن الطاقة

الإشعاعية المنقولة للجسم البشري، وذلك لأن مفهوم التعرّض مُقتصراً على الأشعة السينية، وإشعاعات جاما مُنخفضة الطاقة، وعلى الهواء الجاف، كوسط تنتقل إليه الطاقة الإشعاعية، وهناك ثلاثة مفاهيم لِهذه الجرعات وهي:

١-الجرعة الإشعاعية المُمتصّة (the radiation absorbed dose): وهي عبارة عن كمية الطاقة التي تنتقل من الإشعاعات المؤينة، إلى الجسم المُعيّن، ويُستخدم هذا المُصطلح لجميع انواع الإشعاعات والطاقات، ولجميع الأجسام والمواد، والوحدة القياسيّة المُستخدمة في هذه الجرعة، تُسمّى بالراد (rad)، اما تفاصيل أنتقال كميّة الطاقة ومقدارها، نوكلها إلى بحث رياضي آ.

وكما هناك نظام معياري دولي (si)، يقوم باستخدام وحدة قياس أُخرى للجرعات المُمتصّة تُسمّى غراي (gray - gy)، مقدارها طبعاً (واحد جول) لِكُلّ كغم من المادة، (١ جراي= ١ جول)، لِكُل كغم من المادة، نعم، في بعض الأحيان يتم تدريج الأجهزة، التي تُستعمل وحدة قياس الجرعات، بواسطة وحدات الرينتجن، لذلك ينبغي تحديد علاقة التكافؤ بين تلك الوحدات، لإجراء التحويلات في قيمة الجرعات، طبعاً وهذا موكول للبحث الرياضي المُختبري.

٢-الجرعة المُكافئة للعضو او النسيج (the equivalent dose in tissue or organ): حيث يتعرض العامل في المجال الإشعاعيّ، إلى هذه التاثيرات على المُستوى القريب أو البعيد، في العضو أو النسيج، ويتم إعطاءه جرعة مُكافئة لِتلك الجُرعات المُمتصّة في نفس العضو أو النسيج، بوحدة رم (rem)

أو بوحدة سيفرت (Sievert - sv) في النظام المعياري الدولي، مع الأخذ بنظر الإعتبار، وحدات الجرعة المُمتصّة، حيث تكون الجرعة المُكافئة بوحدة سيفرت، عندما يتم التعبير عن الجرعة المُمتصّة بوحدة غراي، (وفق عملية رياضية)، لإيجاد العامل المُرجّح للإشعاع، لأنسجة الجسم البشري، حسب القيم المُختبريّة المجدولة.

٣-الجرعة الفعّالة (the effective dose): ترتبط الجرعة الفعّالة بالتاثيرات العشوائية، على كامل الجسم البشري، بعد معرفة وزن الجرعات المُكافئة للأعضاء، طبقاً للضرر العشوائي على كامل الجسم، الجرعة الفعّالة هي مجموع حاصل ضرب الجرعة المُكافئة، لِكُل نسيج أو عضو، في قيمة العامل المُرجّح لهذا النسيج أو العضو، وفق جدول قيم العوامل المُرجّحة، لأعضاء الجسم البشري.

العضو أو النسيج	قيمة المعامل المُرجّح
الغُدد التناسلية	٠,٢٠
النخاع العظمي	٠,١٢
القولون	٠,١٢
الرئتين	٠,١٢
المعدة	٠,١٢
المثانة	٠,٠٥
الكبد	٠,٠٥

الأثنى عشر	٠,٠٥
الغُدد الدرقيّة	٠,٠٥
الصدر (الثدي)	٠,٠٥
الجلد	٠,٠١
سطح العِظام	٠,٠١
باقي الأعضاء	٠,٠٥
كامل الجسم	١,٠٠

وتقاس الجُرعة الفعّالة، بنفس قياس الوحدات، المُستخدمة لِقياس الجرعة المُكافئة، وهي السيفرت في النظام المعياري الدولي، والرم في نظام الوحدات القديمة.

وكما معروف في الفيزياء الطبيّة، ان التأثير البايولوجي على جسم الإنسان، الناتج عن أختلاف الجرعات، وبالأخص المُمتصّة (كونها مدار البحث)، يختلف اختلافًا شديداً، باختلاف نوع الإشعاع، فالتأثير البايلوجي الناتج عن جرعة مقدارها (١) غراي، والتي تساوي (١٠٠ راد) من النيوترونات السريعة، أكبر بمقدار عشرين مرة، من التأثير الناتج عن الجرعة نفسها من الأشعة السينية.

هذا مُعدّل التجارب والمعادلات الرياضية، التي أثبتت تلك النسب، في حين ان التأثير البيولوجي للنيترونات البطيئة، أقوى خمس مرات، من تأثير إشعاعات جاما في نفس العضو، وكذا الحال لِبقية موارد الإشعاعات الأُخرى، التي لم يتم العمل على تحديد معامل التأثير البيولوجي النسبي

(biological effectiveness relative)، فينبغي التعرف على العامل المُرجّح للإشعاع (the radiation weighting factor)، لان اللجنة الدولية، وضعت جدولاً، يوضّح الجرعة المُمتصّة المتوسطة، في كامل عضو أو نسيج، وفق طاقات مُختلفة، لِمعرفة متوسط التأثيرات البيولوجية النسبية على الجسم كلّه، عندما تؤثر الإشعاعات في نُقط مُحدّدة من كل عضو أو نسيج.

وأيضاً لابدّ من معرفة الوحدات الإشعاعية، القديمة منها والجديدة، قبل الدخول في الأبحاث المُختبرية، لِقياس واحتساب الجرعات الفعّالة، والتي منها الرونتجن، والراد، والريم، والكيوري، والكيرما، والكولومب، والجراي، والسيفرت، والبيركل. لاحتساب كميّة الجرعة المطلوبة، والجدول أدناه يُبيّن مُلخص للوحدات الإشعاعية.

نوع الإشعاع	الكميّة	الوحدات القديمة	الوحدات الجديدة	الوسط المُقاس	التأثير المُقاس
أشعة أكس أو كاما	تعرض	رونتجن	كولومب/ كغم	الهواء	تأيّن الهواء
الأشعة المؤينة جميعها	الجرعة المُمتصّة	راد	جراي	أي جسم	كمية الطاقة المُمتصّة بواسطة الجسم
الأشعة المؤينة جميعها	الجرعة المُكافئة	ريم	سيفرت	أنسجة الجسم	التأثير البايولوجي

وأيضاً لابدّ من معرفة عامل النوعية، لِكل نوع من أنواع هذه الأشعة المعروفة، وكذلك أحتساب معامل الأشعة المُمتزجة، وفق حساب مُعدّل تلك النوعية الخاصة بها، لِمعرفة إمكانية التصحيح، أو أحداث التلف من قبل ذلك الأشعاع.

المرحلة الخامسة: نظام المعالجة الإشعاعي (radiation therapy system)

بعد حسابات رياضية دقيقة، لِمعامل نوع الإشعاع المعروفة والمُمتزجة، وعامل نوعيته، وكثافة تدفق هذه الإشعاعات، وفق احتساب المسافة بينها، والتعرض وفق الظروف الملائمة، مع احتساب قيمة العامل المُرجّح لِكل عضو، وغير ذلك من الضوابط، التي ذكرنا بعضاً منها في المراحل السابقة، وتوافر الظروف الخاصة.

نقوم بتسليط اشعاع ما، على عضو أو نسيج بشري، أو خلية ما، وبنسبٍ مُعينة، وذلك لِقتل الفايروس المُلتصق بتلك الخليّة، وبذلك يمكن الأستغناء عن كافة العلاجات اللازمة لذلك العضو المُصاب، ففي مرضٍ مُعيّن، ان أُصيب الكائن الحي بفايروس أدى إلى حصول التهابات في البلعوم (مثلاً)، فبدلاً من أخذ علاج كيميائي، يمكنه التعرض لإشعاع ما، (وكما ذكرنا سابقاً)، بِنسب ومدخلات خاصة، (كَحساب الآيونات الموجبة والسالبة في نفس الخلية، وحساب كتلة الجسم وفق الأبعاد الأربعة، ومقدار الضرر، وغير ذلك من شروط، كما ذكرناه في المراحل الثلاثة المُتقدّمة)، فيعمل على قتل الفايروس والجراثيم والفطريات والطفيليات، بغض النظر عن نوعه ودورته في عملية الأنتشار، وعدم تمكّنه من الحاق الضرر بالخلايا الأُخرى، وبالتالي أنتشاره.

ويمكن أستعماله في الأمراض المُختلفة، سواء على المستوى الخارجي لبدن الكائن الحي، كأمراض الجلد وغيرها، أو على المستوى الداخلي،

كالأمراض التي تُصيب الأجهزة والأعضاء والغُدد المُختلفة، ولِجميع العلل والأسقام المُختلفة.

والرسم المُلحق رقم (١)، يوضح بعض المُدخلات التي يحصل عليها الجهاز.

اما الرسم رقم (٢)، يُبيّن بعض الطرق المُستعملة في التعامل (مع بعض أنواع الإشعاع الموجب أو السالب)، مع الخلايا والأنسجة.

والرسم رقم (٣)، يوضح بعض طرق التعرض.

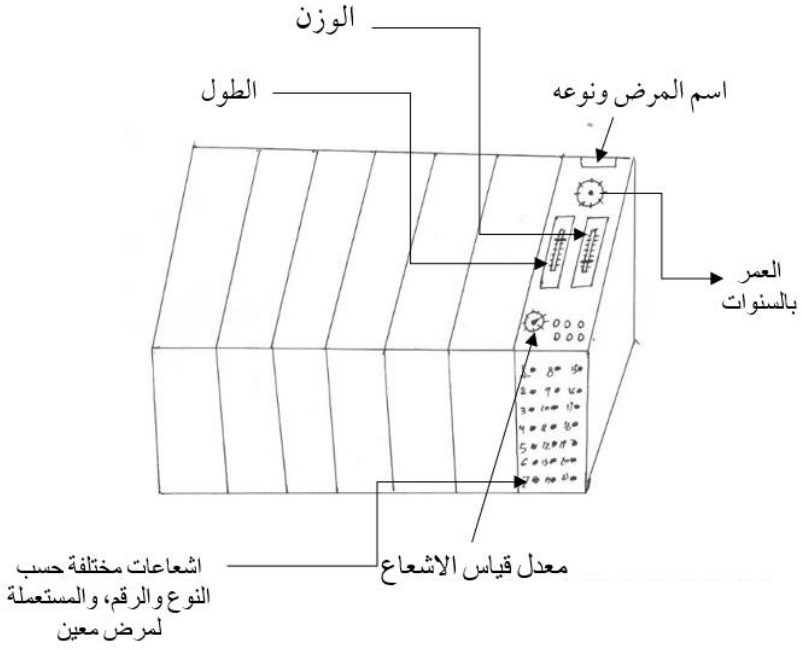
لذا فإن الهدف من كتابة هذه الأوراق، بيان الملامح العامة للفكرة، وفق منظور علمي، أما بقية التفاصيل الرياضية، تركناها للتجارب المُختبرية، كي لا يحصل الملل الباحث اللبيب.

ولعلّك تسأل عن أمرين:

الأوّل: هل يُمكن ان تعمل هذه الإشعاعات، على مُعالجة كل الأمراض، حتى المُزمنة منها، والتي تُصاب بإعطاب خلايا غدة ما، أو توقف عملها، وإعادة الحياة لتلك الخلايا من خلالها.

الثاني: هل يُمكن لنا ان نستثمر جهاز (R.t.s)، في عملية الحقن الإشعاعي (وسيأتي بيان مفهومه في أبحاث قادمة ان شاء الله).

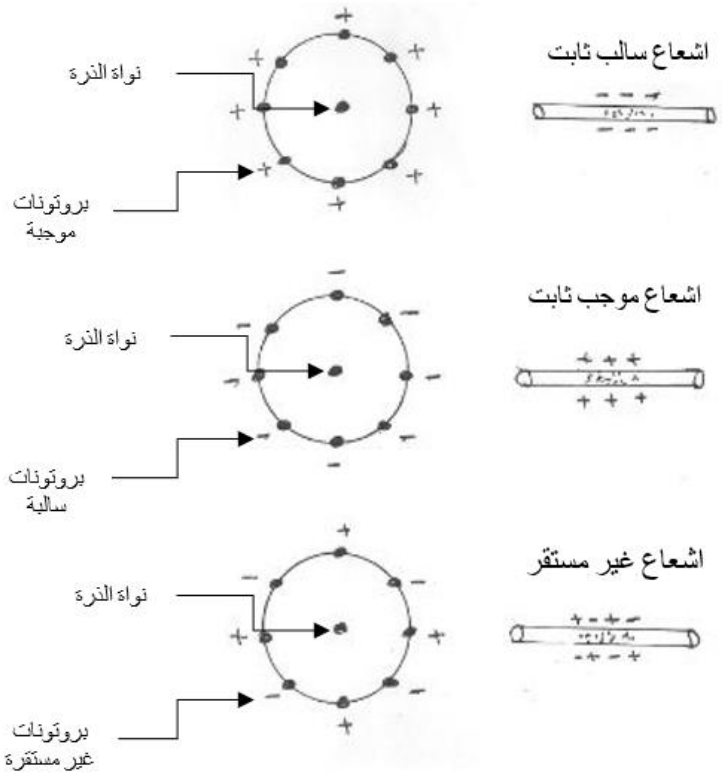
نقول: لكل منهما دراسة مُستقلّة خاصّة موسّعة، لعلّنا نوفق لذلك، ونسأله تعالى الرضا والقبول، أنّه ولي التوفيق.



رسم أولي توضيحي للجهاز

بعض المُدخلات والمُخرجات

الشكل رقم -١-



١- قد تكون نواة الذرة موجبة، وقد تكون سالبة.

٢- قد تكون البروتونات موجبة، وقد تكون سالبة.

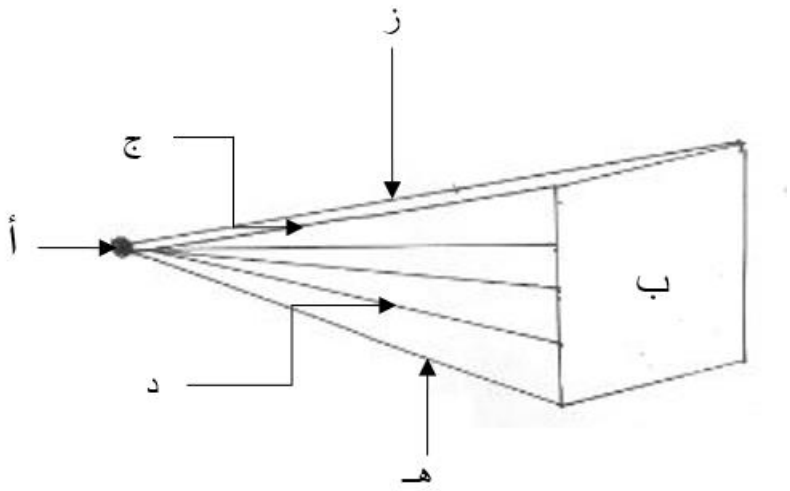
٣- قد تكون نواة الذرة أو البروتونات أو الإلكترونات موجبة أو سالبة، أو كلاهما، وهو مايُسمى غير مُستقرّة.

٤- كذلك الحال بالنسبة للإشعاعات ذات التردّدات المُختلفة.

٥- وحاصل ضرب المُحتملات أعلاه (٣×٣×٣) فيتولّد من ذلك (٢٧) إحتمال، يمكن ان نتعامل معه حسب الكيفية الخاصة.

الشكل أعلاه يُمثل أحد طرق العلاج، في التعامل مع الفايروس أو البكتريا أو الفطريات...الخ، وحسب دورة حياته المُختلفة.

الشكل رقم -٢-



أ- مصدر الإشعاع.

ب- المادة.

ج- طول الإشعاع.

د- كثافة الإشعاع.

هـ- زمن وصول الإشعاع للمصدر.

ز- مساحة سطح الجسم الذي يكون المصدر في مركزها، ونصف قطرها (ز).

البحث الثاني

دراسة في الحقل الضوئي

(**Optical field**)

مُقدّمة

الكثير منا يسعى للحصول على بيئة مثالية، خالية من الآثار المرضيّة المُباشرة، الناتجة عن المواد الكيمائية والإشعاعية، ومواد بيولوجية أُخرى، بالإضافة إلى الآثار التي تنتج غالباً بِشكل غير مُباشر، وتؤثر على صحة الإنسان، سواء الجسدية أو النفسية أو الإجتماعية او الثقافية في المدى البعيد، وعلى النظام الصحي البيئي بشكل عام.

ولأجل تقليل الآثار السلبية للتلوث الحاصل في البيئة، يعمد الإنسان إلى زيادة الأنشطة الزراعية، وتطبيق سياسات الصحة البيئية، لذلك نرى المناطق الزراعية والريفية، التي لا تعيش صخب المدينة والصناعة، ومضار الانبعاثات، تحظى ببيئة صحية أكثر امناً، بينما اليوم وبموجب التطور التكنولوجي، فلعلّك لا تجد مساحة على سطح الأرض، خالية من الإشعاعات والتردّدات، سواء الضارة منها- على الكائن الحي- أو غير الضارة، على المستوى القريب أو البعيد.

وفي هذه الأوراق سنذكر مُحاولة نظرية، لإمكان رؤيتها في حيّز مُعين، وذلك من خلال بناء حقل ضوئي (كهرومغناطيسي أو حراري أو الكتروني)، كما نتعرض إلى إمكانية الحصول على مكان خالٍ منها، في نفس هذا الحيّز.

وسيكون البحث على ثلاثة مراحل، الأوّلى: في بيان تلك الترّددات والإشعاعات والموجات، والثانية: في كيفية بناء الحقل الضوئي، الذي يسمح بتحويلها إلى مرئية، والثالثة: في كيفية الحصول على حيّز صحي، يُمثل بيئة آمنة.

وان تظافرت الجهود على تحقيق المرحلة الثانية أعني: إمكان رؤية تلك الترددات والموجات والإشعاعات بانواعها كما سيأتي، فهو الإنجاز الذي عقدنا تلك المباحث لأجله، وكذلك المرحلة الثالثة.

المرحلة الأوّلى[1]: أنواع الترّددات والموجات والإشعاعات

ذكرنا في البحث الأوّل، تقسيمات الفيزيائيين للأشعة وانواعها بشكل عام، ومنها ماهو ظاهر وبيّن للعين المُجرّدة، وأُخرى لا، والقسم الأوّل منها يُسمّى بالطيف المرئي (Visible spectrum)، أو يُسمّى أحياناً الطيف الضوئي، هو جزء من الطيف الكهرومغناطيسي، حيث يُمكن اكتشافه من قبل العين البشرية، ويتكون الطيف الكهرومغناطيسي من أمواج، منها: الموجات الراديوية، والموجات الصغرية، والأشعة تحت الحمراء (الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والبنفسجي والنيلي)، والأشعة فوق البنفسجية، والأشعة السينية، وأشعة غاما، ولِكل من هذه الموجات، طول موجي مُعين، يختلف عن الآخر.

---

(١) اعتمدت فيها على موقع ويكيبيديا، مقالات في الفيزياء الإشعاعية، ومقالات في البصريات الهندسية، وفي الضوء. وأيضاً موقع الفيزياء التعليمي، مقالة في الأشعة تحت الحمراء– رؤية ما لا يمكن رؤيته، د. حازم فلاح سكيك، وغيرها من المقالات والمصادر ذات الشأن، بتصرف، مع مناقشات بسيطة للمباني المذكورة.

والطيف الكهرومغناطيسي في هذا المجال، من الأطوال الموجيّة، والعين البشرية النموذجية تستجيب للضوء، والتي هي طاقة مُشعّة، يُشار إليها بأنها إشعاع كهرومغناطيسي، مرئي للعين البشرية، ومسؤول عن حاسة الإبصار، يتراوح الطول الموجي للضوء ما بين (٤٠٠)نانومتر (nm) أو (٤٠٠×١٠−٩)، إلى (٧٠٠) نانومتر، بين الأشعة تحت الحمراء (الموجات الأطول)، والأشعة فوق البنفسجية (الموجات الأقصر).

ولاتُمثل هذه الأرقام، الحدود المُطلقة لرؤية الإنسان، ولكن يمثل النطاق التقريبي، الذي يستطيع أن يراه مُعظم الناس بشكل جيد، في معظم الظروف، وتُقدّر أطوال الموجات للمصادر المُختلفة للضوء المرئي، ما بين النطاق الضيق (٤٢٠ إلى ٦٨٠) إلى النطاق الأوسع (٣٨٠ إلى ٨٠٠) نانومتر، يستطيع الإنسان تحت الظروف المثالية، أن يرى الأشعة تحت الحمراء على الأقل، التي يصل طولها الموجي (١٠٥٠) نانومتر، والأطفال والشباب يستطيعون رؤية ما فوق البنفسجية، ما بين حوالي (٣١٠ إلى ٣١٣) نانومتر.

والخصائص الأساسية للضوء المرئي هي:

- الشدة.
- إتجاه الأنتشاء.
- التردد أو الطول الموجي.
- الطيف.
- الاستقطاب.

• السرعة.

فالطول الموجي: هو المسافة لخطٍ مستقيم، من قمّة الموجة إلى القمة التي بعدها. والتردّد: هو عدد المرات التي تمر خلالها القمة، من نقطة ثابتة في الثانية. والسِعة: هي أقصى مسافة للقمة أو القاع، (النقطة السفلى من الشعاع). والفترة: هي الوقت اللازم لِمرور قمّتين، خلال نُقطة ثابتة في الفراغ. وسرعة الانتشار: هي المسافة التي تقطعها الموجة، في زمن قدره ثانية واحدة أثناء انتشارها، والتي تُقدّر بـ(٢٩٩،٧٩٢،٤٥٨ م/ ث)، وهي احدى الثوابت الأساسية في الطبيعة.

ولا نريد التوسع في بيان الرؤى المُختلفة للضوء والأبصار، وبيان الحُزم الضوئية للفوتونات، وإنكسار الضوء، والتداخل، والحيود، والإنعكاس، والتشتّت، والإستقطاب، والظاهرة الكهروضوئية، التي لحقتها نظريات مُتعدّدة، كنظرية الجُسيمات الضوئية، ونظرية النسبية العامة، ونظرية الموجبة الكمية، ونظريات الحقل الموحد، والتعديلات والتحديثات الطارئة عليها، وغير ذلك ممّا ذكرناه وغيره[1]، إلا ان الذي يهمنا في هذا البحث، هو أربعة أنواع من الأشعة والموجات والتردّدات.

الأوّل: الموجات الصُغْرِيّة أو أشعة ميكروويف (Microwave)

هي موجات كهرومغناطيسية، ذات طول موجي قصير، بين الموجات الراديوية، والأشعة تحت الحمراء، أي أنها تشمل نطاق الأشعة، بطول موجة من

(١) أنظر لذلك: رسالة في مبحث الضوء، عمّار التميمي.

(١) سم، إلى الأشعة المليمترية، ويحدّها الموجات الراديوية من أسفل، (ذات طول موجة أكبر)، كما تحدّها الأشعة تحت الحمراء، التي تحدّ طيف الضوء المرئي من أعلى، (ذات طول موجة أصغر).

هذا معناه، أن اسم تلك الأشعة بالميكروويف، يدل على صغر طول موجتها، ونلاحظ أن طول الموجة، يتناسب عكسيًا مع تردّدها، وثابت التناسب، هو سرعة الضوء، وتُستخدم الموجات الصغرية في الرادار، وفي فرن ميكروويف المنزلي، وفي البلازما، وفي تقنية الإتصالات، والهاتف المحمول، والبلوتوث، والبث التلفزيوني، وغير ذلك، كما هناك بعض الأبحاث، لإستخدامها كسلاح في الحرب.

الثاني: الموجَات الإذاعيّة أو موجات راديويّة أو موجات الراديو (Radio waves)

هي جزء من طيف الموجات الكهرومغناطيسية، بطول موجي أعلى من تحت الحمراء، تنتج تلك الموجات بالطبيعة، عن طريق البرق، أو الأجسام الفلكية، أما استخدامه الصناعي، فيكون في البث الإذاعي الثابت والمُتحرّك، مثل الراديو والتلفزة واتصالات الخلوي والملاحة، ويتم بها أيضًا الإتصال بروّاد الفضاء، وبواسطتها يجرى التحكّم في صواريخ الفضاء، والتحكّم في كل الأجهزة التي يرسلها الإنسان إلى الكواكب، وعالم الفضاء، وأيضًا شبكات الكمبيوتر، وتطبيقات أخرى، لا تعُدّ ولا تُحصى.

ويبلغ الطول الموجي لِموجات الراديو، بين عدة سنتيمترات إلى مئات

الأمتار، فاختلاف التردّدات لتلك الموجات، يُعطي خصائص مُختلفة، للانتشار في الغلاف الجوي، فالموجات الطويلة، تُغطي جزء من الكوكب بشكلٍ دائم، والموجات الأقصر فإنها تنعكس من طبقة الأيونوسفير، ممّا يتيح لها السفر حول الكرة الأرضية. أما الموجات القصيرة، فإنها تنحني أو تنعكس بشكل بسيط جداً، ويكون مسارها هو خط الأُفق، وسرعتها هي نفس سرعة الضوء، أي (ثلاثمائة ألف) كيلومتر في الثانية.

الثالث: الضوء تحت الأحمر (infrared light) أو الأشعة تحت الحمراء

وهو مدى صغير من الضوء، يقع بين الضوء المرئي وامواج الميكروويف، في الطيف الكهرومغناطيسي، فعين الإنسان تشعر بالضوء المرئي، المُكوّن من الضوء الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والبنفسجي، وكل الظلال التي تكون بين هذه الألوان.

وهذا الضوء المرئي، يُعتبر جزء صغير جداً من الضوء، في هذا الكون الفسيح، والمنطقة تحت الحمراء، تكون تردّداتها أقل من الضوء المرئي، وهناك الضوء فوق البنفسجي، وواضح إنها المنطقة التي تزيد فيها التردّدات عن الضوء المرئي، وهناك مناطق من الطيف، أكتُشفت حديثًا، مثل أشعة أكس، وأُطلقت هذه التسمية، لِكون هذه الأشعة كانت مجهولة، فجاءت التسمية (x-ray)، وأحيانًا نقول أشعة رونتجين، نسبة للعالم الذي اكتشفها.

والأشعة تحت الحمراء، تُعرف باسم (Infrared). وتُكتب اختصاراً (IR)،

وهي الأشعة التي تقع في المدى المُجاور، لِمدى رؤية العين، ولكن ليس لان العين لا تستطيع إبصار الأشعة تحت الحمراء، فإننا لا يمكن ان نستفيد منها، بل بالعكس، هناك العديد من التطبيقات، التي تعتَمد على الأشعة تحت الحمراء، كالنظارات التي تُستعمل في الرؤية الليلية، وسوف تجد كأنك في وضح النهار، والصور الخضراء التي تنتج من تلك النظارات، تُمكّن القوات الجوية والعسكرية والصيادين، وحتى الهواة، من رؤية ماذا يحدث في الظلام الدامس؛ لان هذه النظارات ترى من خلال انبعاث الأشعة تحت الحمراء، التي تصدر من الأجسام، عند مُختلف درجات الحرارة.وهناك ثلاثة أنواع:

منها ما يُستعمل في التصوير الحراري.

ومنها في التصوير المُنخفض الشدّة، من خلال تكبير إشارة الضوء، بنفس الطريقة التي تعمل بها مُكبرات الصوت، باستخدام كل الأطياف المذكورة، لتمكن من توضيح الصورة بدرجة كبيرة، تتمكّن من تحديد هوية أي شخص في المكان، في حالة وجود ضوء مُنخفض جداً، لا تستطيع العين المُجرّدة ان تُميّز الأشخاص به.

وكذلك منها الصور بجوار الأشعة تحت الحمراء، (القريب جداً للضوء المرئي)، وهذه التقنية تعتمد على مصدر للأشعة تحت الحمراء، ولاقط، أو كاشف للأشعة تحت الحمراء، يقوم مصدر الأشعة تحت الحمراء، بإصدار ضوء غير مرئي (أشعة تحت حمراء)، ويقوم الكاشف بالتقاط الصورة.

ويُمكنك تخيّل فكرة عملها، مثل الكاميرا والفلاش، حيث يصدر الفلاش

الضوء الذي ينعكس على الجسم، وتقوم الكاميرا بالتقاط هذا الضوء، وتكوين الصورة للمشهد، وفي هذه الحالة يُستخدم فلاش يصدر أشعة تحت حمراء، بدلاً من الضوء الأبيض، وكذلك المُستعملة في جهاز الرمونت كونترول.

الرابع: الإشعاع الطبيعي أو الخلفية الإشعاعية (Natural radiation or radiation background)

حيث يوجد الإشعاع الطبيعي في كل مكان حولنا، ومصدره الصخور والتربة الأرضية، كما يأتي إلينا جزء منها من الشمس والنجوم، وهذه تُسمّى أشعة كونية، ويتعرض للأشعة الكونية بصفة خاصة، الطيارون والمضيّفات في الطائرات، وكذلك من يستخدم الطيران في سفره، حيث يزداد معدّلها بالإرتفاع عن سطح الأرض.

والمصدر الرئيسي لِهذه الأشعة الكونية (Cosmic ray)، ناتج عن الحوادث النجميّة في الفضاء الكوني البعيد، ومنها ما يصدر عن الشمس خاصة، خلال التوهجات الشمسية، التي تحدث مرة أو مرتين كل (١١) سنة، مولّدة جرعة إشعاعية كبيرة، إلى الغلاف الغازي للأرض.

وتتكوّن هذه الأشعة الكونية من (٨٧٪) من البروتونات، و(١١٪) من جسيمات ألفا، وحوالي (١٪) من النوى ذات العدد الذري، ما بين (٤) و (٢٦)، وحوالي (١٪) من الإلكترونات ذات طاقة عالية جداً، وهذا ما تمتاز به الأشعة الكونية، لذلك فإنّ لها قدرة كبيرة على الإختراق، كما أنها تتفاعل مع نوى ذرات الغلاف الجوي، مولّدة بذلك إلكترونات سريعة، وأشعة غاما

ونيوترونات وميزونات، ولا يستطيع أحد تجنب الأشعة الكونية، ولكن شدّتها على سطح الأرض، تتباين من مكان لأخر.

اما النشاط الإشعاعيّ الطبيعي في القشرة الأرضية (Natura radioactivity in The earth Sheff)، فإنّ أهم العناصر المُشعّة في صخور القشرة الأرضية، هي البوتاسيوم (٤٠)، والروبيدوم (٨٧)، وسلسلتا العناصر المُشعّة، المُتولّدة من تحلل اليورانيوم (٢٣٨)، والثوريوم (٢٣٢) .

وهناك ما يقارب الأربعين من النظائر المُشعّة، وأعمار النصف للعناصر المُشعّة الأساسية- في صخور القشرة الأرضية- طويلة جداً، لهذا بقيت في الأرض إلى الآن منذ خلقها، فعمر النصف للبوتاسيوم (-٤٠) يزيد على ألف مليون سنة، وعمر النصف الروبيدوم (٨٧)، يزيد على أربعين ألف مليون سنة، وهذه النظائر المُشعّة، تبعث أنواعاً مُختلفة من الإشعاع الذري، كجسيمات بيتا وألفا وأشعة غاما، وكذلك بعض الأحجار الكريمة، كالياقوت والعقيق وغيره، فإننا نعتقد بان كل ماهو مادي له أشعاع بقدرٍ ما، أما ماليس بمادة، فهل ينبعث منه أشعاع، ذلك يحتاج إلى بحثٍ مُستقل، لعلنا نوفق أن شاء الله لتدوينه.

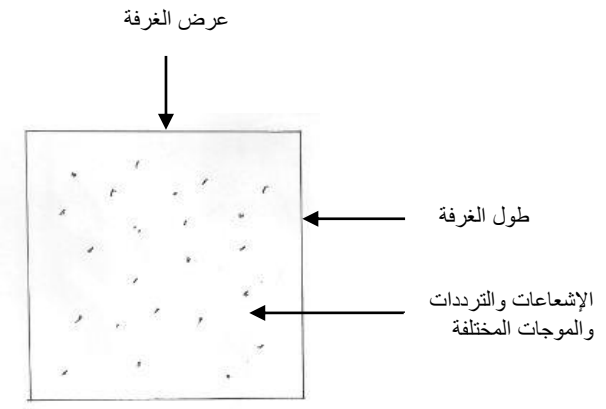
أما النشاط الطبيعي داخل جسم الإنسان، فإنّ جسم الإنسان يشع من الداخل، عن طريق كل من الهواء الذي يتنفسه، والغذاء والماء الذي يصل إلى جوفه، فالهواء هو المصدر الرئيسي للجرعة الإشعاعية الطبيعية، التي تصل إلى داخل جسم الإنسان، ومصدرها الأساسي، غاز الرادون الموجود في جو الأرض، والمُتولّد عن التحلل التلقائي لنظير اليورانيوم (-٢٣٨)، الموجود

طبيعياً في صخور قشرة الأرض.

وكذلك فإنّ العامل الرئيسي للمواد المُشعّة في النبات هو التربة، التي تمتص منها النباتات تلك المواد، مع غيرها من المواد الطبيعية، فتدخل في بنائها، كما أن بعض الغبار الذي يتساقط على النبات، يحوي آثاراً من تلك المواد المُشعّة، وتصل المواد المُشعّة إلى داخل جسم الإنسان، عن طريق تناوله النباتات أو لحوم الحيوانات، التي تتغذّى على النباتات، لذلك تكون أجسامنا مُشعّة قليلاً من الداخل، نظراً لوجود بعض العناصر المُشعّة فيها.

المرحلة الثانية: بناء الحقل الضوئي

بعد بيان الأنواع الأربعة، من الإشارات والتردّدات والموجات المُختلفة، وما يتعلّق بها، والتي تنتشر في الأنحاء والأرجاء كافة، ولا سيّما التي تدور في بيوتنا، يمكن بناء حقل ضوئي مُعيّن، في حيّز معين (ولنفترض غرفة مثلاً)، يُمكن من خلالها، التعرف على هذه الإشعاعات والتردّدات والموجات، التي تتواجد معنا في نفس الحيّز، وكما موضح في الرسم أدناه.



حقل ضوئي كاشف للإشعاعات والموجوات والتردّدات المختلفة، بشكل تناظري أو متوازي

ان قلت: وما الفائدة من معرفة ذلك.

قلنا: ثلاثة أمور:

الاوّل: التعرّف على اعداد الإشعاعات والتردّدات والموجات في حيّز معيّن، وكيفية دورانها واتجاهاتها وحركتها.

والثاني: إمكانية اكتشاف اجسام مُشعّة جديدة غير معروفة بحثياً.

الثالث: التداخلات والتقاطعات التي تحدث فيما بينها، وإمكانية التأثير والتاثر فيما بينها، وعلى الأجسام المُتعرضة لها.

فإنّنا إذا وضعنا مجموعة من النُقاط التي تصدر ضوءاً حرارياً، طيف ضوئي له طول موجي مُعيّن[1]، (وفق خصائص الضوء التي ذكرناها في المرحلة الأوّلى)، له القدرة على اكتشاف كل تلك التردّدات والإشعاعات والموجات،

(١) أقول: يتراوح الطول الموجي للضوء، مابين (٤٠٠) نانومتر (nm)، أو (٤٠٠×١٠−٩ م)، إلى (٧٠٠) نانومتر، بين الأشعة تحت الحمراء (الموجات الأطول)، والأشعة فوق البنفسجية (الموجات الأقصر). ولاتُمثّل هذه الأرقام الحدود المُطلقة لرؤية الإنسان، ولكن يُمثّل النطاق التقريبي، الذي يستطيع أن يراه مُعظم الناس، بشكل جيد في معظم الظروف، وتُقدّر أطوال الموجات للمصادر المُختلفة للضوء المرئي، ما بين النطاق الضيق (٤٢٠ إلى ٦٨٠)، إلى النطاق الأوسع (٣٨٠ إلى ٨٠٠) نانومتر. يستطيع الإنسان تحت الظروف المثالية، أن يرى الأشعة تحت الحمراء على الأقل، التي يصل طولها الموجي (١٠٥٠) نانومتر، والأطفال والشباب يستطيعون رؤية ما فوق البنفسجية، ما بين حوالي (٣١٠) إلى (٣١٣) نانومتر.

(التـي تعـيش معنـا في نفـس الحيّـز)، امـا بشـكل مُتنـاظر او متـوازي، او نقطـة محورية.

ويُشكّل أنتشاره حقل ضوئي كامل، يُمكن من خلاله، رؤية الأقسام الأربعة التي ذكرناها، من الموجات الصغرية، والموجات الإذاعية الراديوية، والأشعة تحت الحمراء، بل والأشعة الكونية والطبيعية أيضـاً، المُستخدمة في موجات الـرادار، وفي تقنيـة الهـاتف المحمـول، والبلوتـوث، والـواي فـاي، والبـث التلفزيـوني، والراديـو، والرمونـت كنـترول، وشـبكات الكمبيـوتر وغيرهـا، والطبيعية منها كالأحجار والأجسام المُختلفة، بل وحتى الكونية منها، وسنرى حينها، أعداد هائلة من تلك الإشعاعات والموجات والتردّدات، تدخل في هذا الحقل الضوئي.

ويمكن ان نتقدّم خطوة أخرى بهذا الصدد، وأن نرى كيف تكون حركتها، وذلك بإيجاد حقل ثاني، بِمسافة أمتار عن الأوّل، لِنرى كيفية حركة كل واحد منها.

فإن قلت: لايمكن ذلك؛ لأنه يحتاج إلى تشخيص كل واحد منها، وسيكون التفريق بينها والتمييز، أمر غاية في الصعوبة.

قلنا: كل واحد منها يمتلك طول موجة وتردّد معين، وأيضـاً يُمكن حساب طاقة اشعاعها، وفق (ثابت بلانك) بشكل رياضي، ولذا يُمكن للحقل ان يُظهر كل واحد منها، على شكل طيف لوني مُعين.

اما إذا أوجدنا حقلاً ثالثـاً بالشروط السابقة نفسها، فإننا يُمكن من خلاله، ان

نستفيد منه كثيراً، في معرفة التداخلات الإشعاعية والموجيّة، ومعرفة تأثير كل واحد منها، وتأثّره بالأخر وبغيره.

والتداخل أو التراكب ظاهرة فيزيائية، تحدث بين الموجات المُقترنة، فيحدث بين هذه الموجات تراكب أو تداخل، نتيجة صدورهما من مصدر واحد، أو تقاربهما في قيمة التردّد.

ويكون هذا التداخل تداخل هدّام، أي أن الإشارة الأولى تُدمّر الأُخرى وتوهنها، وذلك حين تكون إزاحة الطور (١٨٠) درجة، فحينها تكون الموجة المُشكّلة صفرية المطال.

ويمكن أن يكون تداخلاً بنّاءاً، أي أن تُعزّز الواحدة الأُخرى، ويُشكّلان موجة ثالثة مُضاعفة المطال[1]، ويكون ذلك عندما نعتبر موجتين متوافقتي الطور، ولهما المطال (A١ وA٢)، هاتان الموجتان تتداخلا، ويكوّنا موجة يبلغ مطالها (A = A١ + A٢)، ويعرف ذلك بالتداخل البنّاء.

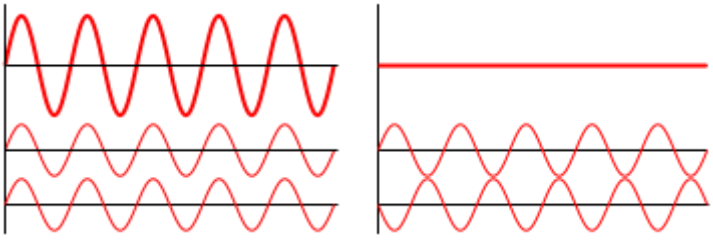
أما إذا كان فارق الطور بين الموجتين (١٨٠°)، أي أن طور الموجة الأولى، عكس طور الموجة الثانية، فعند تداخلهما، تمحي الواحدة الأخرى، ويصبح مطال الموجة الناتجة: (A = A١ − A٢)، فإذا كان (A١ = A٢)، ينتج عن

(١) المطال (Amplitude): يعتبر السعة القصوى من مُتذبْذبة أو موجة، خلال تغير دوري في الفيزياء. ففي حالة الرقاص، يتأرجح الرقاص من مقدار إزاحة عظمى (مطال)، عائداً إلى نقطة الإتزان، ومنها إلى إزاحة عُظمى على الناحية الأخرى، ثم يعود في اتجاه نقطة الإتزان، وهكذا.
فالمطال: هو مقدار الإزاحة العظمى. وتتّسم الحركة الموجية بالتغير الدوري، وتُقاس طول الموجة، بالمسافة بين مطالين مُتتاليين، عند مساواة طَوْرهما في السّياق.

ذلك: مطال كُلّي (= ٠)، وهذا هو التداخل الهدّام.

اما عندما تتداخل موجتان موجبتان، يعتمد شكل الموجة الناتجة على التردّد، أي طول الموجة والمطال، وفارق الطور بين الموجتين، فإذا تساوى مطال الموجتين (A)، وتساوى طول موجة كل منهما، نتج عنهما موجة ذات مطال بين (٠ و A٢)، ويعتمد ذلك على كون الموجتين متوافقتين في الطور، أو غير متوافقتين.

ويمكن الحصول على عشرات الصور، لتداخل الموجات والإشعاعات والتردّدات، ويكون التغير من أسفل إلى أعلى، تبعًا للقُصر المُتزايد لِطول الموجتين، والتغير من اليسار إلى اليمين، تبعًا لزيادة البُعد بين مصدري الموجتين، وكما في الرسم أدناه.



اما إذا أوجدنا حقل رابع، فيُمكن ان نعرف من خلاله، مدى تأثّر هذه الإشعاعات والتردّدات بالعوامل المُختلفة، والتي تُعتبر حواجب للبعض منها، أو تُقلّل من قوتها، وهذا يمكن الإستفادة منه في المرحلة الثالثة.

المرحلة الثالثة: الحصول على حيّز صحي

تنتقل تلك الإشعاعات والتردّدات والموجات، عبر الماء والهواء، بل حتى داخل الماء أيضاً (كما ذكرنا)، ولكن منهم من قال بأنه يُمكن اعتراضها أو حجبها أو تشتيتها، بواسطة الجدران، أو الأجهزة الإلكترونية، أو حتى بواسطة الأشخاص والأشياء؛ لأن تلك الإشارات لا تستطيع اختراق المواد الصلبة، كالمعادن والخُراسانات الأسمنّتية والصخور.

لكن هذا واقعاً غير دقيق، لأننا لو افترضنا وجود غرفة مُغلقة بلا باب او نوافذ، يمكن حينئذٍ ان تصل إليها تلك الإشعاعات والتردّدات والموجات، كذلك في المناطق التي تحتوي على سقوف حديدية، وأيضاً الابنية المُشيّدة من خراسانات كونكريتية، وغير ذلك.

فإن قلت: ما الفائدة في حجب تلك الإشعاعات والموجات والتردّدات، في حيّز معين (كالغرفة مثلاً).

قلنا: نعم، من المُمكن ان لا يظهر تاثيراتها السلبية على المستوى القريب، لكن على المستوى البعيد، فقد أكدت العديد من الدراسات الطبية الحديثة، مخاطرها على صحة الإنسان وتفكيره، والأضرار التي يُمكن ان تسببها.

كما ان ذلك يُساعد في خلق بيئة آمنة- ولو على مستوى معيّن- من كل تلك الإشعاعات والترددّات والموجات.

فإن قلت: ما السبيل إلى ذلك، إذا كانت تخترق كل الحواجز.

قلنا: يمكن ذلك على ثلاث مستويات:

الأول: إيجاد حقل الكتروني، مانع من سريان تلك الإشعاعات والترددات والموجات، من أربع إتجاهات، أو ستة ، أو ثمانية وغيرها، لا يعمل على اضعافها، بل حجبِها تماماً، اما مكوّناته فذلك يكون في البحث المُختبري حينها، بحيث لا يكون ذلك الحاجب، هو ناقل ايضاً.

الثاني: ان يكون ذلك الحيّز، مُحاط بحاجز من مكونات طبيعية، أو صناعية مُعينة، يعمل على أضعاف تلك الإشعاعات والتردّدات والموجات، وبقياسات معينة، لِتصل قيمتها إلى الصفر، في مسافة مُعينة منها، فتكون حينئذٍ باقي المسافة، آمنة وسليمة.

الثالث: عمل حاجز من مواد صناعية معينة، (كالزجاج او غيره مثلاً) من طبقتين أو ثلاث أو أكثر، بمسافة وابعاد مُعيّنة، وهذه الطبقات تكون مُفرّغة من الهواء تماماً؛ لان الهواء (أو الفراغ بالمصطلح الفيزيائي)، هو الناقل الأساسي لتلك الإشعاعات والتردّدات والموجات.

وفي الختام، فإن كل ماتقدّم على المستوى النظري، اما تطبيقاته العملية فهو مشروط بالمعادلات الرياضيّة، التي أعرضنا عنها (ابتعاداً عن التطويل)، لأننا في مرحلة استعراض الفكرة فقط، وبعد ذلك المُختبري. والله المستعان وعليه التكلان.

البحث الثالث

جهاز الكتابة في الهواء
Air writing

مُقدّمة

قمنا باستعراض مفهوم الليزر، (كونه المادة المُستعملة في البحث) تجميعاً من أهل الاختصاص، وبيّنت استعمالاته المُتعدّدة في المجالات المُختلفة، ثم عرضت ما له تماس بالبحث، (اعني الضوئي منها)، كمُقدّمة لِنضوج الفكرة وتوضيحها، والا فإنّ التطور في استخدام الليزر، انتقل إلى نواحي عديدة من مرافق الحياة المُعاصرة.

فالليزر (laser): هو اختصار مُكوّن من أحرف بالإنجليزية، جاءت من بدايات الكلمات المُكونة لعبارة (Light Amplification by Stimulated Emission Radiation)، والتي تعني، تكثيف أو تضخيم الضوء، بواسطة إنبعاث الإشعاع المُستحثّ، وهو ضوء مُكثّف، له طول موجة واحدة، ينتشر في إتجاه واحد فقط، ولهذا السبب تكون اشعته مُتجانسة؛ لأن طول موجتها واحدة، ويكون مركزها قوياً (غالباً)[1]، وتختلف قوته باختلاف المادة التي تُستعمل لِتوليده[2]، حيث يُمكن استخدام المادة في أي حالة (صلبة أو سائلة أو

(١) لأن هناك حالات تكون الشدّة في المركز أقل مايُمكن.

(٢) شدّة الليزر، تعتمد بشكل كبير على تصميم جهاز الليزر نفسه، وكذلك على التقنية المُستخدمة لِتضخيم نبضة الليزر.

غازية) لِتوليده، ويكون له لون واحد من الوان الطيف المعروفة، ويُستعمل في العديد من المجالات الطبية والصناعية والحربية والزراعية وغيرها.

فإنّ اختلاف لون وقوّة وطول موجة شعاع ليزر، باختلاف المادة المُستخدمة، لا تفقد الأشعة خصائصها المذكورة، أي (تساوي طول الموجة، والأنتشار في إتجاه واحد)، مع إمكانية توجيهها، وأنها تمتلك خصائص أشعة الضوء المرئية، من الإنعكاس على سطوح الأجسام والمرايا، وان تنكسر (اي يمكن تغيير مسارها)، كما يُمكن فصلها إلى أشعة مُنفردة باستخدام مُرشّحات خاصة، اما تفريقها، فلا يمكن ذلك؛ لان مفهومه في علم البصريات، يعني ان الأشعة ذات الاطوال المُختلفة، تأخذ مسارات مُختلفة، وهذا لا ينطبق على الليزر؛ لأنه بشكلٍ عام له طول موجي واحد.

وهناك العديد من المصادر المُختلفة، التي يُمكن منها توليد أشعة الليزر، والتي تختلف باختلاف استعمالاتها في المجالات المُتنوّعة، لِتصل في بعض الأحوال إلى مليون ضعف قوّة شُعاع الشمس، وهذا النوع يُمكن توليده من الياقوت، الذي يُستعمل في قطع الماس والمعادن.

أستعمالات أشعة الليزر

ونستعرض للفائدة، أهم استعمالاته بشكل مُختصر، في المجالات المُختلفة، والتي منها:

في المجال الطبي

فإنّ الليزر هو عبارة عن ضوء، تتميّز أشعته بالتجمع في بؤرة (نقطة) واحدة، وبطاقة (حرارة) عالية جداً، ويُعطي العلاج كومضات قصيرة، في زمن أقل من ثانية، نذكر منها:

أولاً: الأمراض الجلدية

يستخدم أطباء الجلدية، الليزر في العديد من المجالات الهامة، التي منها ما هو تجميلي، كما هو في الحالات التالية:

- إزالة آثار حب الشباب.
- إزالة الشعر غير المرغوب فيه.
- إزالة التجاعيد وصنفرة الجلد.
- إزالة الوحمات والبُقع الجلدية.
- إزالة البقع الزرقاء حول العينين.
- إعادة تنعيم وتجديد البشرة السطحية.
- علاج الحالات الجلدية المُستعصية وتجميلها.
- علاج حالات إزالة الشامات والوشم والنمش والكلف.

ومنها ما هو علاجي، مثل علاج مرض البُهاق، وعلاج دوالي الساقين الظاهرة على الجلد، وسواء كان الهدف من استخدام الليزر تجميلياً، أو علاجياً، فلا بدّ أن يُستخدم تحت إشراف طبيب أمراض جلدية، أو جرّاح

تجميل مؤهل لذلك، حيث يحدث الليزر أحيانـًا، آثاراً جانبية غير مرغوب بها، مثل إسمرار أو ترقّق الجلد، في حالة استخدامه من أحد الأشخاص غير المؤهلين لإستخدامه، أما بالنسبة لبعض الآثار الجانبية المؤقتة، مثل إحمرار الجلد، أو ظهور بعض البقع أو الأنتفاخ، فهو أمر طبيعي، وتزول جميع هذه الأعراض بعد فترة قصيرة من الزمن، وبطبيعة الحال فإنّ هذه الأستخدامات لحين كتابة بحثنا، وإلا فالعلم يتطوّر بشكل مُتسارع وهائل، ولا نعلم في المستقبل القريب أو البعيد تداخلاته، والإستفادة منها.

ثانياً:أمراض العيون

لعل طب العيون، هو أول وأوسع المجالات التي استفادت من تطور علم الليزر، حيث يُستخدم الليزر الآن، في علاج العديد من الأمراض والاعتلالات، التي تصيب أغشية العين وأجزاءها المُختلفة، ومن أهم أستعمالات الليزر في مجال طب العيون هو:

- حالات اعتلال الشبكية الناتجة عن مرض السكري.
- تمزقات الشبكية (Retinal Tears).
- الانسداد أو التخثّر في الوريد الشبكي (Central retinal Vein).
- علاج الجلوكوما أرتفاع ضغط العين (Glaucoma).
- علاج عيوب النظر المُختلفة، الناتجة عن خلل في الإنكسار الضوئي في العين (طول أو قصر النظر واللابؤرية) .

- علاج انسداد القنوات الدمعية.
- علاج بعض الأورام داخل العين.
- عمليات التجميل حول العين.
- حالات اندثار البقعة الصفراء (Macular Degeneration).

ثالثاً: أمراض القلب

يعمل الليزر على تسخين الدهن في الجسم، بدون إيذاء الغشاء الجلدي، أو إحداث أي مفعول جانبي، وذلك باستخدام تقنية التحلّل بواسطة الطاقة الضوئية والحرارية (photothermolysis) الإنتقائية، لِمعالجة الأمراض التي سبق ذكرها، بواسطة أشعة الضوء، والتي تستهدف بالتحديد، تدفئة أنسجة الجسم الداخلية بالضوء.

رابعاً: استخدام الليزر في طب الأسنان

استخدام الليزر في طب الأسنان، أصبح في تطور مُستمر، حيث يقوم طبيب الأسنان المعالج بالليزر، بتوجيه طاقة ضوئية على الأسنان أو اللثة، التي يرغب في علاجها، ويعمل الليزر كأداة قاطعة أو مُذيبة للأنسجة التي يمر عليها.

ومن الاستطبابات الهامة لليزر في مجال طب الأسنان ما يلي:

١. تسوس الأسنان: يُستخدم الليزر لإزالة تسوس الأسنان، وتهيئة الأسنان للحشوة.

٢. أمراض اللثة: يمكن استخدام الليزر كأداة قاطعة، لإزالة وتعديل مظهر اللثة.

٣.تبييض الأسنان: يعمل الليزر على توفير الوقت، في عملية تبييض الأسنان.

٤.إزالة الأورام: يُمكن أستخدام الليزر لإزالة الأورام الحميدة والخبيثة، في حال وقوعها داخل الفم.

٥.تعقيم القنوات الجذرية (مُعالجات العصب).

٦.الجراحات البسيطة، إذ تتميز بعض أنواع الليزر، بالقدرة على إجراء شق جراحي، والقدرة على إحداث التخثير في الأوعية الدموية النازفة.

خامساً: استخدامات طبية أُخرى

منها: استخدام الليزر كمشرط حراري، بدلاً من استخدام المشرط التقليدي المعدني، نظراً لقابلية امتصاص الليزر للماء، الذي يُشكّل (٧٥ – ٩٠٪) من الانسجة الخلوية في الجسم، ممّا يؤدي إلى التبخر، ويساعد على شقّ الجلد، وهذه الطريقة تُقلّل من كمية الماء المفقودة؛ لأن الحرارة العالية، تساعد على وقف النزيف، وخاصة في الاماكن التي تغرز فيها الاوعية الدموية، واثبت الليزر فاعلية أكبر من الجراحة التقليدية، بالنسبة لاستئصال الأورام السرطانية.

ومنها: أستخدم الليزر في امراض المفاصل والأُذن والحنجرة وغيرها.

ومنها: أستخدم الليزر في معالجة الأورام السرطانية المُختلفة.

وكذلك يدخل الليزر في أنواع عديدة من الجراحات، مثل جراحة الدماغ، والأُذن والجهاز الهضمي، واقنية فالوب، والجلد، وجراحة التجميل، وعنق

الرحم، ويستعمل أيضاً في تفتيت الحصى.

ويستعمل أيضاً في معالجة الكثير من الامراض النسائية والتوليد، وإزلة الألياف من الرحم، وإزالة الالتصاقات الرحمية، وغير ذلك، ممّا يحتاج بحث مُستقل لذكرها.

سادساً: في المجال الصناعي

يُستعمل الليزر في الكثير من الصناعات المُختلفة، والتي منها:

١- قص وحفر المواد السيراميكة، في مجال الصناعة الالكترونية، وفي حفر الياقوت في مجال الساعات.

٢- لحم الأنابيب، ولحم قطع السيارات.

٣- فتح الثقوب بالليزر، في مُختلف انواع المعادن.

٤- المُعالجة الحرارية لجدران السليندرات في محركات الديزل الضخمة.

٥- كسر المواد الصخرية كالرخام، وتشذيبها، والرسم في بعض الأحيان عليها.

٦- التصوير المُجسّم (holograpghy): التصوير المُجسّم ثلاثي الأبعاد، للأجسام والأشكال، وهي من أهم التطبيقات لتكنولوجيا الليزر، وتُستعمل في المجاهر الألكترونية، وفي مجال علوم الحاسبات، لتعزيز كميات كبيرة من البيانات.

٧- الإستشعار عن بعد، المُستعمل في جهاز فلوريا، لِمراقبة البقع النفطية،

والكشف عن اليورانيوم، والحصول معلومات طيفيّة دقيقة، يُمكن بواستطها قياس رجة الحرارة أو الضغط، أو الكشف عن وجود مجالات كهربائية أو مغناطيسية مؤثرة حولها.

٨- أستخدم الليزر بشكل كبير في الحاسبات الألكترونية، وأجزائها المُختلفة.

٩- أستعمالات الليزر في مجال صناعة الموبايل، ومُلحقاته المُتطوّرة المُختلفة.

سابعاً: في المجال العسكري

١- استخدم الليزر الحارق، على أفراد جند العدو، على بعد يزيد عن (٢) كيلو متر، مؤدياً للموت المُحقّق.

٢- الكشف عن أماكن وجود العتاد العسكري، ومواقع الدبابات والمدفعيات، والقيام بتفجيرها على مسافات بعيدة.

٣- تحديد أهداف الرمي الجوي والأرضي، وتوجيه القذائف والصواريخ بشكل دقيق جداً.

٤- تدمير الأقمار والصواريخ النووية بواسطة مدفع الليزر.

ثامناً: استعمالات أُخرى متفرّقة

١- استخدم الليزر في تدوين البيانات، على أشرطة واقراص التخزين البصرية (optical discs storage) ويرجع ذلك إلى مايتمتّع به الليزر من شدّة

وترابط وثبات في الطول الموجي.

٢- استخدم في اجهزة الاتصال الألكترونية والكهربائية.

٣- استخدم الليزر في عملية مد انابيب مياه الصرف والأمطار.

٤- استخدم الليزر في الزراعة، ممّا ادى إلى أدخال العديد من التحسينات، وأدى إلى زيادة الكفاءة والأنتاج، مثل أستخدام الليزر في تسوية الأراضي، وتصريف المياه، ومعالجة البذور النباتية بالليزر.

٥- تنظيم حركة المرور، وكذلك في تفصيل الملابس.

٦- استخدم الليزر في المباحث الجنائية، حيث يلعب دوراً في إضاءة البصمات الخفيّة، التي يتعذر كشفها بالطرق التقليدية.

٧- كشف الحُفر والبراكين بواسطة الليزر.

وهناك العديد من التطبيقات، التي تحتاج إلى بحثٍ خاص ومستقل، لِذكرها سردها واستعمالاتها في مجالات أُخرى، ونكتفي بهذا الأختصار.

خصائص الليزر في بعض أجهزة التحكّم

معظم أجهزة التحكم عن بُعد، تستخدم دايودات تشع (تُرسل) أشعة تحت الحمراء، وهي غير مرئية لعين الإنسان، ولكنها تُلتقط (تُكتشف) بِحساسات فى أجهزة الإستقبال، وهي فكرة (الدايود المُشع (المرسل) للأشعة تحت الحمراء (infrared).

فعند استخدام قناة واحدة للتحكم عن بُعد (أي وظيفة واحدة وبمفتاح

ضاغط واحد)، فإنّ هذه الوظيفة تحمل إشارة حاملة (carrier signal)، حيث تستخدم فى بدء (قدح) الوظيفة. وفي الأنظمة المُتعدّدة القنوات (أي مُتعدّدة الوظائف)، تكون أجهزة التحكم عن بعد أكثر تعقيداً، حيث تتكوّن الإشارات المُرسلة من إشارة حاملة مُعدلّة (modulating)، بإشارات ذات تردّدات مُختلفة، يُسمى تعديل التردد (FM)، وفي أجهزة الإستقبال يتم إستخلاص (demodulation) هذه الإشارات، وترشيحها بمرشحات مناسبة، وتوجيهها إلى الدوائر المُختلفة، لِتؤدي الوظائف المُتعدّدة. والآن تُستخدم الالكترونيات الرقمية فى تنفيذ هذه الخطوات.

وكذلك هناك فكرة الكاشف التقاربي للأشعة تحت الحمراء (INFRARED PROXIMITY DETECTOR)، حيث يُستخدم هذا النوع من الكواشف في مُختلف المُعدّات، مثل أجهزة فتح الأبواب أتوماتيكيًا، وفي أجهزة الإنذار ضد السرقة، حيث تتكوّن الدائرة من مُرسل (transmitter)، أشعة تحت الحمراء، ومستقبل (receiver) أشعة تحت الحمراء.

أما القسم المُرسل، الذي يتكوّن من الدائرة المُتكاملة للمؤقت (٥٥٥) والتي تعمل فى نظام مُذبذب غير مُستقر (astable)، يصل خرج المُذبذب إلى دايود الأشعة تحت الحمراء، من خلال المقاومة (R٤)، والتي تقوم بتحديد تيار العمل للدايود، هذه الدائرة تنتج خرج بتردد (frequency = ٣٨ kHz) وبدورة خدمة (duty cycle = 50٪) والمطلوب لموديول الكشف (الاستقبال)، يتم توصيل موديول الكشف on) بواسطة الإشارة المُستمرّة بالتردّد (٣٨ kHz).

واما قسم المُستقبِل يتكوّن من موديول الاستقبال والمؤقت (٥٥٥) الذي يعمل فى نظام (مُذبذب مُتعدّد أحادي الاتزان) (Monostable multivibrator) ودايود مُشع للضوء، وعند استقبال إشارات الأشعة تحت الحمراء، تتحوّل حالة المؤقت إلى حالة التوصيل، ويظل فى هذه الحالة، كلّما كان هناك استقبال للأشعة تحت الحمراء، وعند إنقطاع أو إعتراض الإشارات، يتحوّل المؤقت إلى حالة الفصل بعد عدة ثواني، تعتمد على قيمة كل من (RVو C٦ period=١,١ RVxC٦).

القلم الضوئي (Optical Pen)

يعمل القلم بشكل عام على شاشات ال(Resistive) القديمة، المُعتمدة على الضغط، وكذلك شاشات Capacitive)، ولكن كِلا النوعين، لا يتمتع بالتقنية العالية الموجودة بقلم (s-pen)، ويخلو كلاهما من مُكوّنات الكترونية داخلية.

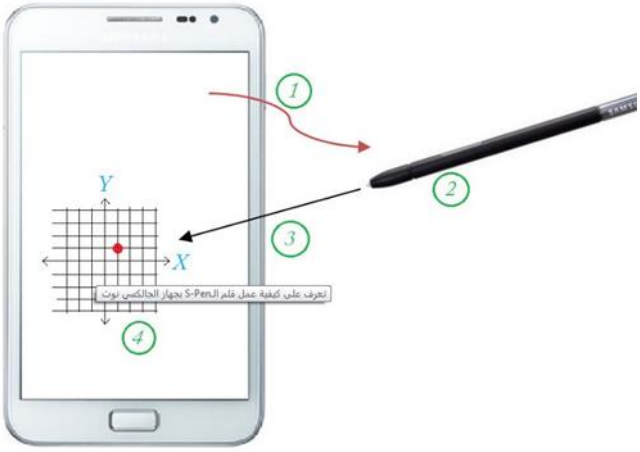
وتعتبر شركة (Wacom) الرائدة والمُتخصّصة في صناعة أقلام الرسم الرقمية، المُستخدمة في العديد من المجالات، إحدى الجهات التي تعمل على التطوير المُستمر لِعمله، حيث يحتوي القلم على دائرة كهربائية الكترونية، تعمل بالتزامن مع شبكة طبقة الكترونية، موجودة أسفل الشاشة، أو مدمجة بالشاشة، وليس لها دخل بعمل الشاشة (Capacitive).

والطبقة هذه عبارة عن (شبكة) مُكوّنة من ملفات (Coils)، وعواكس للموجات الألكترومغناطيسية،

يقوم الجهاز عن طريق هذه الطبقة، بإرسال أمواج كهرومغاطيسية على خارج الشاشة، بتردّد معين، والقلم يقوم باستقبال هذه الأمواج، ويقوم بشيئين ضروريين لِعمل القلم:

اولاً: جزء من الأمواج المُستقبلة يتم ردها (أي عكسها)، باتجاه شاشة الجهاز، ومن ثُمّ تقوم الطبقة الشبكية أسفل الشاشة، بالتحسّس والتعرف على موقع إنعكاس الأمواج، وبمعالجتها يتم التعرف على موقع القلم على الشاشة.

ولوجود الطبقة أسفل الشاشة، يتم تحديد الموقع على طريقة المعاملين (x-y)، كما في الرسم التوضيحي:



أما شرح طريقة عمله فهو:

١- تقوم الطبقة أسفل الشاشة، بارسال أمواج كهرومغناطيسية إلى الخارج، بتردّد وطاقة معينة.

٢- بداخل القلم، يوجد عواكس (Reflectors)، تقوم بردّ الأمواج المُستقبلة.

٣- ترجع الأمواج الكهرومغناطيسية باتجاه الجهاز.

٤- تقوم الطبقة الشبكية كما في الصورة، بالتعرّف على موقع أصطدام الأمواج العائدة (حساسات) عليها، وتصدر معلومات تحمل قيمة كل من (x-y)، لِتحديد الموقع إلى المعالج، للقيام بالعمليات الحسابية، والتعرف على موقع لمس القلم للشاشة.

ثانيـاً: الدور الأخر للأمواج الكهرومغناطيسية، تقوم بإمداد الدائرة الكهربائية للقلم بالطاقة (طاقة لاسلكية)، ما يحدث ان الأمواج الكهرومغناطيسية، تقوم بتحفيز الملف (Coils)، الموجود بالقلم لاسلكيًا، وبالتالي تنتج طاقة كهربائية، تسري وتعمل على تفعيل الدائرة الكهربائية.

علمًا ان الدائرة الكهربائية الموجودة في القلم، تقوم بالتعرّف على شدّة الضغط على الشاشة، وأيضًا التعرف على حالة الزر (سواء مضغوط أو لا)، ومن ثُمّ ترسل هذه المعلومات إلى الجهاز، لِيقوم بمعالجتها، وأظهار أثرها للمُستخدم على الشاشة.

ولهذا السبب يكون عمل القلم على جهاز النوت فقط، وليس غيره من الأجهزة والشاشات الأُخرى، لتوافر التقنية المطلوبة.

وقد عمل الباحثون على أدخال تحسينات، لتطوير كفاءة عمل القلم، وخاصة في السنوات الأخيرة، وزوّدته بتقنيات مُتعدّدة، منها أصدار بعض الأوامر عن بُعد، بدون ملامسة الشبكة الموجودة في الهاتف، وخيارات الترجمة، وتحويل الصور (بعد تحديدها) إلى نص، وغير ذلك.

الكيبورد الضوئي (Optical keyboard)

يعمل الكيبورد الضوئي، على رسال أشعة الليزر، تصطدم بالأرض، لِترسم أشكال الأحرف، كما هي موجودة في لوحة أدخال الأحرف (الكيبورد) (keybord)، وفكرة ذلك كما هو حال القلم، ولكن بشكل اكثر تطوراً، حيث يصدر الجهاز الضوئي اشعاعاً ضوئياً مرئياً، يصطدم بالأرض على شكل نقاط أوامر مُتعدّدة، خاصة بالأحرف، يعمل الضغط عليه تقاطعاً مُعيناً، لِيستقبل بذلك شكل الحرف المُتصل بعواكس (Reflectors)، تقوم برد الأمواج الضوئية المُستقبلة.

الكتابة في الهواء (Writing in the air)

تستخدم أجهزة الكمبيوتر اليوم، حركة الإلكترونات داخل وخارج الترانزستور للعمل منطقياً، بينما الحوسبة الضوئية، أو الحوسبة الفوتونية، تهدف إلى استخدام الفوتونات أو جزيئات الضوء (التي ينتجها الليزر)، بدلاً من الإلكترونات، ومقارنةً بالإلكترونات فإنّ الفوتونات تمتلك عرض نطاق تردّدي أعلى.

وحيث ان إشعاع الليزر، الذي هو ضوء مُكثّف، له طول موجة واحدة، وينتشر في إتجاه واحد فقط، فإنّ فكرة الجهاز، عبارة عن مجموعة من النقاط المرئية المُتجانسة، تظهر على شكل مرئي أو غير مرئي، تصطدم بجسمٍ مُعين (بالسقف على سبيل المثال)، تقوم بإرسال إشارات تُمثّل نقاط رسومية

مُترابطة، يمكن ان تُستقبل من خلال قلم، يقوم بردّ الأمواج الضوئية بانعكاسها.

فعند الكتابة بالهواء في القلم، وفوق الجهاز الضوئي (دون ملامسته)، يتم قطع تلك النقاط الرسومية، وردّها (عبر ترانزستور ضوئي)، لِيرسم بعد ذلك شكل الحرف المراد كتابته، فكل حرف يُرسم، هو عبارة عن تقاطع لمجموعة نقاط مُعينة، تظهر صورته على جهاز الحاسبة، من خلال المنفذ المُتصل الموصول في جهاز الكمبيوتر. طبعاً ويمكن تطوير ذلك، بتحويل تلك الرسومات للأحرف، إلى نظام الورد (word)، من خلال برامج معينة، أيضاً يمكن أستعمال هذه التقنية في الرسوم الهندسية والفنية وغيرها. كذلك يُمكن تطبيق الأمر على القلم الضوئي الخاص بالكتابة على الشاشات، والاستغناء عنه.

حيث ان الأبحاث تتّجه نحو الحوسبة الضوئية (Optical computing) فاليوم نرى ان معظم المشروعات البحثية، تُركّز على أستبدال المكونات الحالية لجهاز الكمبيوتر، بمكونات ضوئية مُكافئة، للعمل على انتاج جهاز كمبيوتر رقمي ضوئي، يقوم بمعالجة البيانات الثنائية.

ويبدو أن هذا النهج، يفتح آفاقاً أفضل، على المدى القصير للحوسبة الضوئية التجارية، نظراً لإمكانية دمج المكونات الضوئية، إلى أجهزة الكمبيوتر التقليدية؛ لإنتاج هجين ضوئي (أو) إلكتروني.

وبطبيعة الحال الأمر يحتاج لمزيد بحث، حيث تفقد الأجهزة الضوئية الإلكترونية (٣٠٪) من طاقتها، التي تُحوِّل الإلكترونات إلى فوتونات

والعكس، وهذا أيضاً يُبطئ من عملية نقل الرسائل، وتستبعد جميع أجهزة الكمبيوتر الضوئية الحاجة، إلى تحويلات ضوئية-كهربائية-ضوئية.

إن اللبنة البنيوية الأساسية، لأجهزة الكمبيوتر الإلكترونية الحديثة، هي في الترانزستور، ولإستبدال المكوّنات الإلكترونية بأخرى ضوئية، يتطلب الأمر وجود (ترانزستور ضوئي) مُكافئ، ويتحقّق ذلك عن طريق استخدام مواد ذات قرينة إنكسار غير خطية، وعلى وجه التحديد، توجد المواد حيثما تؤثر شدّة الضوء القادم، على شدّة الضوء المنقول عبر المادة، بطريقة مشابهة لاستجابة الجهد الكهربائي للترانزستور الإلكتروني.

ويمكن استخدام مثل هذا (الترانزستور الضوئي)،لإنشاء بوابات منطقية، والتي بدورها يتم تجميعها، في مكوناتٍ ذات مستوى أعلى، من وحدة المعالجة المركزية (CPU) الخاصة بالكمبيوتر، وستكون تلك عبارة عن بلورات غير خطية، يتم استخدامها لمعالجة الحزم الضوئية، في السيطرة على أُخرى.

وهناك تحدٍ مهم تجاه الحوسبة الضوئية، وهو أن الحساب عبارة عن عملية لا خطية، والتي ينبغي فيها تفاعل الإشارات المُتعدّدة، لأداء العمليات الحسابية، ويمكن للضوء وحده (والذي يُعد موجة كهرومغناطيسية)، أن يتفاعل فقط مع موجات كهرومغناطيسية أخرى، في وجود إلكترونات في المواد، وتُعتبَر قوّة هذا التفاعل، أكثر ضَعفاً بالنسبة للموجات الكهرومغناطيسية، مثل الضوء، من الإشارات الإلكترونية في الكمبيوتر التقليدي. وهذا ينتج عنه عناصر المعالجة للكمبيوتر الضوئي، وهو ما يتطلب طاقة أكبر، وأبعاد أوسع من تلك

المُتعلّقة بالكمبيوتر الإلكتروني التقليدي، الذي يستخدم الترانزستور.

اما الطريقة العملية الخاصة بالجهاز، والمواد المُستعملة في صناعته، وكذلك حيثيات الجهاز وما يعتريه من تفاصيل أُخرى، سوف تُدشّن في المختبر أن شاء الله تعالى، وهو المستعان.

الفهرس

تقديم..... ٥

المُقدّمة..... ٧

البحث الأول: دراسة في جهاز نظام المعالجة الاشعاعي

المرحلة الأولى: أنواع الإشعاعات ١٢

أولاً: الأشعة الكهرومغناطيسية ١٣

ثانيـًا: الأشعة المؤيّنة..... ١٤

ثالثـًا: الأشعة غير المؤينة ١٧

رابعـًا: الأشعة الكونية..... ١٩

خامسـًا: الإشعاعات الصادرة من التربة..... ١٩

سادسـًا: الإشعاعات الموجودة في جسم الإنسان..... ٢٠

سابعـًا: الجرعات الناتجة عن المصادر الإشعاعية الصناعية..... ٢٠

المرحلة الثانية: كثافة تدفق الإشعاعات أو معدل سيولة الإشعاعات ٢١

المرحلة الثالثة: التعرّض..... ٢٣

المرحلة الرابعة: الجرعة الإشعاعية..... ٢٥

المرحلة الخامسة: نظام المعالجة الإشعاعي..... ٣٠

البحث الثاني: دراسة في الحقل الضوئي

المرحلة الأوّلى: أنواع التردّدات والموجات والإشعاعات..... ٤٠
الأوّل: الموجات الصُغْرِيّة أو أشعة ميكروويف..... ٤٢
الثاني: الموجَات الإذاعيّة أو موجات راديويّة أو موجات الراديو..... ٤٣
الثالث: الضوء تحت الأحمر أو الأشعة تحت الحمراء..... ٤٤
الرابع: الإشعاع الطبيعي أو الخلفية الإشعاعية..... ٤٦
المرحلة الثانية: بناء الحقل الضوئي..... ٤٨
المرحلة الثالثة: الحصول على حيّز صحي..... ٥٣

البحث الثالث: دراسة في جهاز الكتابة في الهواء

أستعمالات أشعة الليزر..... ٥٨
في المجال الطبي..... ٥٩
أولاً: الأمراض الجلدية..... ٥٩
ثانيـًا:أمراض العيون..... ٦٠
ثالثـًا: أمراض القلب..... ٦١
رابعـًا: استخدام الليزر في طب الأسنان..... ٦١
خامسـًا: استخدامات طبية أُخرى..... ٦٢
سادسـًا: في المجال الصناعي..... ٦٣
سابعـًا: في المجال العسكري..... ٦٤

ثامنـًا: استعمالات أُخرى متفرّقة..... ٦٤
خصائص الليزر في بعض أجهزة التحكّم..... ٦٥
القلم الضوئي..... ٦٧
الكيبورد الضوئي..... ٧٠
الكتابة في الهواء..... ٧٠
الفهرس..... ٧٥