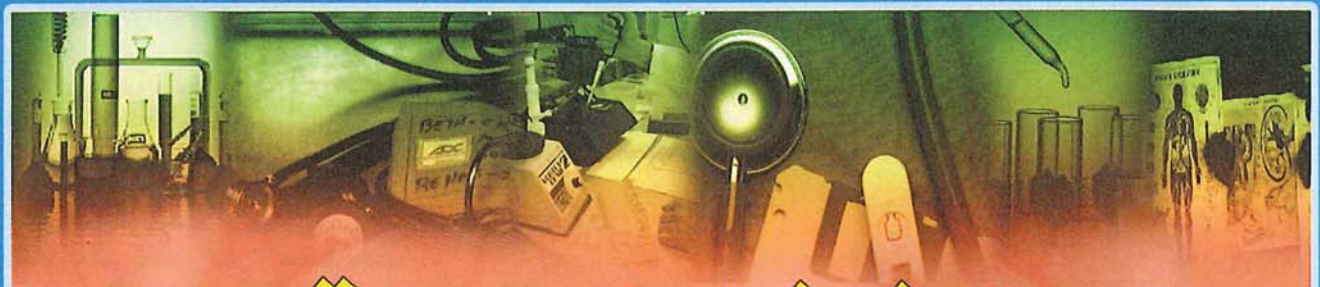
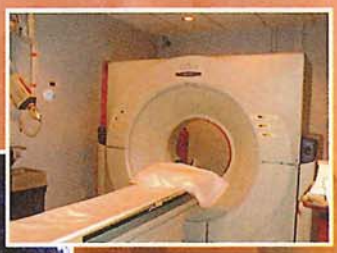
العلوم والتقنية

مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية • السنة السادسة عشر • العدد الثاني والستون • ربيع الآخر ١٤٢٣هـ/يونية ٢٠٠٢ م



الفيزياء الحيوية

(الجزء الأول)



الإتصال والتحكم بجسم الإنسان

المغناطيسية الحيوية

التأثيرات الحيوية للفضاء الخارجي

ISSN 1017 3056

بسم الله الرحمن الرحيم

منهاج النشر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :ـ

١ـ يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢ـ أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣ـ في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤ـ أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥ـ إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

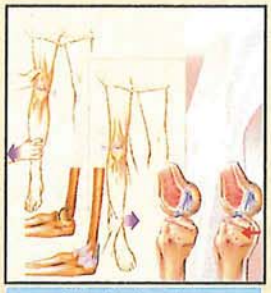
٦ـ إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

٧ـ المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

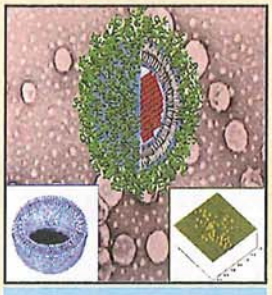
يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويات العدد

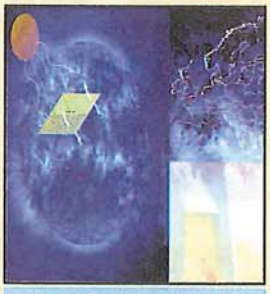
- قسم الفيزياء جامعة الملك سعود ـــــ ٢
- الفيزياء الحيوية ـــــ ٤
- بيوفيزياء العظام ـــــ ٧
- الليبوزومات ـــــ ١٢
- الأغشية الحيوية ـــــ ١٦
- الاتصال والتحكم داخل الجسم البشري ـــ ٢٢
- الأشعة فوق البنفسجية ـــــ ٢٧
- التأثيرات الفيزيوحيوية للفضاء الخارجي ـــ ٣٢
- عالم في سطور ـــــ ٣٥
- المغناطيسة الحيوية ـــــ ٣٦
- تأثيرات المجال المغناطيسي الدائم ـ ٤٠
- الجديد في العلوم والتقنية ـــــ ٤٣
- كيف تعمل الأشياء ـــــ ٤٤
- كتب صدرت حديثاً ـــــ ٤٧
- عرض كتاب ـــــ ٤٨
- مساحة للتفكير ـــــ ٥٠
- بحوث علمية ـــــ ٥٢
- من أجل فلذات أكبادنا ـــــ ٥٤
- شريط المعلومات ـــــ ٥٥
- مع القراء ـــــ ٥٦



بيوفيزياء العظام



الليبوزومات



الأشعة فوق البنفسجية

المراسلات

رئيس التحرير

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ـ الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ـ الرياض

هاتف: ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥ ـ ناسوخ (فاكس) ٤٨١٣٣١٣

البريد الإلكتروني : jscitech@kacst.edu.sa

Journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

يمكن الاقتباس من المجلة بشرط ذكر اسمها مصدراً للمادة المقتبسة

الموضوعات المنشورة تعبر عن رأي كاتبها

العلوم والتقنية

مجلة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

KING ABDULAZIZ CITY FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY

المشرف العام

د. صالح عبد الرحمن العذل

نائب المشرف العام ورئيس التحرير

د. عبد الله أحمد الرشيد

هيئة التحرير

د. إبراهيم المعتاز

د. محمد فاروق أحمد

د. عبد الرحمن بن محمد آل إبراهيم

د. إبراهيم بن محمود بابللي

د. عبد الرحمن بن علي القريشي

د. إياس بن سمير الهاجري

* * *

كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

تزداد كل يوم الاكتشافات داخل خلايا جسم الكائن الحي، ومع أن تلك الخلايا وحدات متناهية الصغر إلا أن كلاً منها يشكل عالماً مستقلاً لا يحيط بأسرارها إلا خالقها العظيم، ولذا فإن سبر أغوارها واستكشاف مجاهلها وتحليل بنائها يعمق إيمان المسلم و يزيد من انبهاره بعظمة خالقه، فكلما زاد علم الإنسان ازداد خوفاً وخشية لله، وذلك مصداقاً لقول الحق تبارك وتعالى: ﴿ إِنَّمَا يَخْشَى اللَّهَ مِنْ عِبَادِهِ الْعُلَمَاءُ.. ﴾ [فاطر : ٢٨] .

قراءنا الأعزاء

أودع الله في كل عضو حي من أعضاء جسم الإنسان والحيوان من الصفات والمزايا الفيزيائية ما يجعلها تتلاءم مع الوظائف التي تؤديها، فالعظام ـ مثلاً ـ تنسجم مع مهامها في دعم الجسم، وحماية أعضائه، والمحافظة على شكله، وحتى أشكال العظام نفسها تتنوع وتتشكل لكي تلائم وظائف محددة.

ومع تنوع خلايا الكائن الحي في أشكالها ومحتوياتها إلا أنها تتكامل مع بعضها البعض لتؤدي وظائف مشتركة، يساعدها في ذلك قدرتها على التواصل فيما بينها من خلال الأغشية الحيوية التي تحيط بكل منها للمحافظة على محتوياتها بمعزل عن الخلايا الأخرى.

قراءنا الأعزاء

يعد علم الفيزياء الحيوية من العلوم الحديثة التي ظهرت وتطورت بسرعة مذهلة، وهو يختص بدراسة أثر الظواهر الخارجية، مثل الأشعة فوق البنفسجية، والمغناطيسية الحيوية والدائمة، والفضاء الخارجي وما يحتويه من إشعاعات مرئية وغير مرئية على التفاعلات الحيوية داخل خلية الكائن الحي.

لذا يسعدنا أن نضع بين أيديكم الجزء الأول من موضوع الفيزياء الحيوية مشتملاً على المواضيع التالية: الفيزياء الحيوية، بيوفيزياء العظام، الليبوزومات، الأغشية الحيوية، الإتصال والتحكم داخل جسم الإنسان، الأشعة فوق البنفسجية، تأثيرات الفضاء الخارجي، المغناطيسية الحيوية، التأثيرات البيوفيزيائية للمجال المغناطيسي الدائم. إضافة إلى الأبواب الثابتة التي درجت المجلة على تضمينها في كل عدد.

والله من وراء القصد، وهو الهادي إلى سواء السبيل،،،

قسم الفيزياء

كلية العلوم - جامعة الملك سعود

يعود إنشاء قسم الفيزياء في كلية العلوم مع بدايات تأسيس جامعة الملك سعود بالرياض عام ١٣٧٨هـ، حيث يساهم هذا القسم في إعداد كوادر بشرية مؤهلة في مجال الفيزياء النظرية والتطبيقية وذلك من خلال برامج أكاديمية متخصصة بدءاً من الدراسة الجامعية الأولى (البكالوريوس)، وإنتهاءً بالدراسات العليا (ماجستير-دكتوراه).

وقد لوحظ إرتفاع عدد الطلاب في الفترة الاخيرة لما للفيزياء من دور رائد في برامج التنمية والتقنية في بلادنا الحبيبة، ويوضح الشكل (١) التطور الملحوظ لعدد خريجي القسم خلال العقود الأخيرة.

يقدم القسم حوالي خمسين مقرراً دراسياً في مختلف مجالات الفيزياء للمرحلة الجامعية، إضافة إلى مايزيد على عشرين مقرراً دراسياً في مرحلة الدراسات العليا (ماجستير - دكتوراه)، كما يقوم بإعداد وتدريس مقررات الفيزياء الموجهة لخدمة إحتياجات الكليات الأخرى مثل كلية الطب، وطب الأسنان، والصيدلة، والعلوم الطبية، والزراعة، والهندسة، وعلوم الحاسب الآلي، وتهدف هذه المقررات إلى إعداد الطالب إعداداً منهجياً جيداً في العلوم الفيزيائية ومايفيده في دراسته المتخصصة والعليا.

يتسارع دور الفيزيائي في عديد من دول العالم لما له من أهمية بالغة في تطور العلوم والتقنية، فقد كان للفيزيائيين في بعض الدول دور رائد في برامج التنمية الشاملة وعلى هذا فإن قسم الفيزياء يحاول بشكل دؤوب تطوير برامجه التعليمية ومختبراته من خلال مواكبة أحدث التجارب الاقليمية والعالمية، حيث يتابع خطط التطوير المستمر لمقرراته التدريسية وتزويد المعامل بأحدث الأجهزة العلمية الدقيقة، لما لها من أثر بالغ في خدمة الدوائر والهيئات العلمية والبحثية المنتشرة في المملكة.

أهداف القسم

إستناداً لما سبق فإن قسم الفيزياء يهدف بشكل رئيس إلى:

١- إعداد مدرسين وخريجين مختصين في مجالات الفيزياء لخدمة الوزارات والهيئات الحكومية.

٢- إعداد الباحثين ومساعديهم في الفيزياء للعمل في المختبرات والمصانع الحكومية والأهلية.

أنشطة القسم

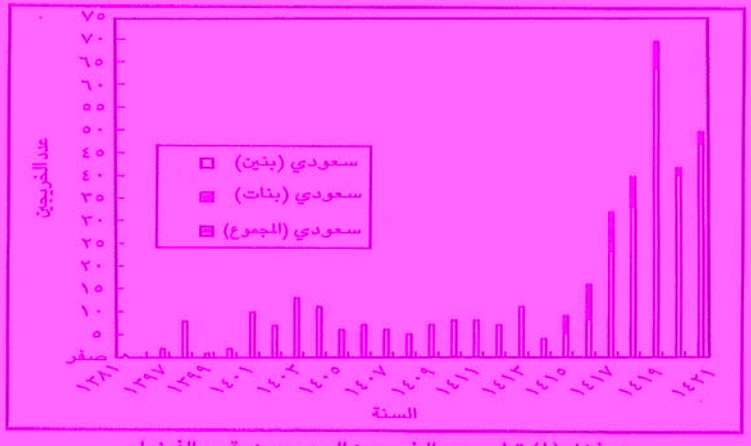
يقوم أعضاء هيئة التدريس في القسم بنشاط علمي واسع في مجالات عدة أهمها البحث العلمي، والتأليف والترجمة، وتطوير التعليم الفيزيائي بالحاسب الآلي. وقد صدرت عدة كتب تعليمية ومرجعية باللغة العربية كانت دعماً للمكتبة العربية، كما يهتم القسم باستكمال مقرراته وإعداد كتب تغطي بقية المناهج المختلفة في القسم، هذا ويضم القسم مايقرب من أربعة وثلاثين عضو هيئة تدريس يساعدهم عدد من المعيدين والفنيين ومساعدي الباحثين موزعون على مجموعات بحثية مختلفة على النحو التالي:

● مجموعة بحوث الفيزياء النظرية

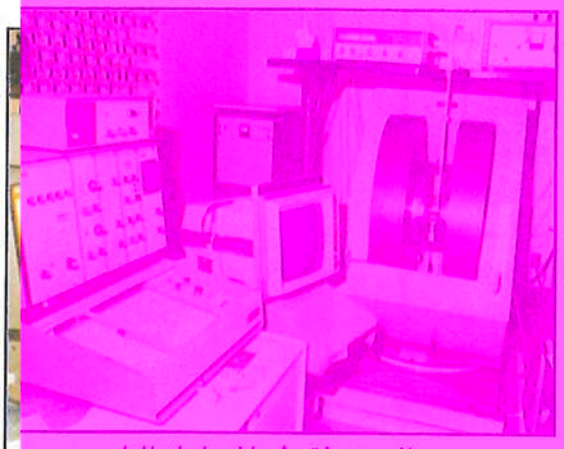
تتعلق الاهتمامات البحثية الرئيسة في مجموعة الفيزياء النظرية بفيزياء الجسيمات الأولية وعلم الكون وفيزياء الجوامد النظرية، وهناك تعاون بحثي جيد بين أعضاء المجموعة في هذه المجالات وتقدم المجموعة برنامج الدراسات العليا على مستوى الماجستير والدكتوراه في الفيزياء النظرية، وللمجموعة إتصالات بمراكز بحثية عديدة في العالم يمكنها من تبادل التقارير والبحوث العلمية.

● مجموعة بحوث المواد

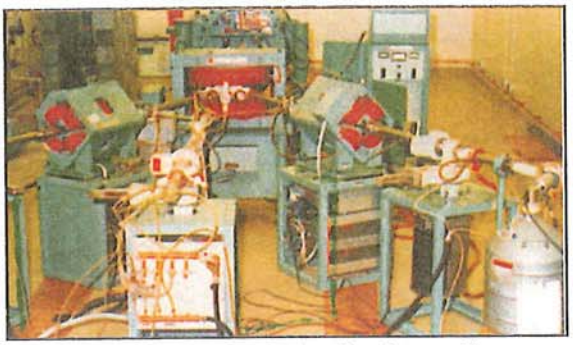
قدمت المجموعة منح درجة الماجستير لعدد من طلاب الدراسات العليا في مجال دراسة الخواص الكهربائية والمغناطيسية للمواد الكهروحرارية والعوازل المختلفة وتزخر المجموعة بعدد من الأجهزة العلمية مثل أجهزة الرنين البارامغناطيسي وتنمية البلورات، وأجهزة القياس الإنتشارية الحرارية، وجهاز قياس خواص المواد فائقة التوصيل، وغيرها.



● شكل (١) تطور عدد الخريجين السعوديين بقسم الفيزياء.



● جانب من مختبر أبحاث دراسات المواد.



● جانب من مختبر المعجل النووي (الفان دى جراف).

● مجموعة بحوث الفيزياء النووية

تضم هذه المجموعة عدة مختبرات بحثية وتدريبية أهمها : مختبر معجل (فان دي جراف) ، ومختبر القياسات الضوئية الحرارية ، ومختبر قياس التلوث الإشعاعي للأغذية والمواد ، ومختبر قياس الخلفية الإشعاعية والغبار الذري ، ومختبر فيزياء النيوترونات ، ومختبر أطياف أشعة جاما ، ومختبر الجسيمات الثقيلة ، ومختبر التدريب الخاص بأسس الوقاية من الإشعاعات الذرية . وتقوم المجموعة بتقديم الإستشارات العلمية والفنية للموسسات الحكومية والخاصة بتدريب منسوبيها في مختلف المجالات ذات العلاقة بإستخدام الإشعاعات الذرية والنووية والوقاية من أخطارها ، حيث يتم سنوياً تقديم عدد من الدروات بالإشتراك مع مركز بحوث كلية العلوم ومركز خدمة المجتمع والتعليم المستمر بالجامعة ، ومن هذه النشرات العلمية في هذا المجال مايلي:

– عمر الطيف الفيزيائي والبيولوجي الفعال للنظائر المشعة.

– أسس الوقاية من الإشعاعات الذرية والنووية.

– تصنيف النظائر المشعة تبعاً لخاصيتها الإشعاعية النسبية.

– الطرق الحسابية والبيانية للحواجز الواقية من الإشعاعات الذرية والنووية.

– الطرق العلمية لإزالة التلوث الإشعاعي للسطوح والأفراد وأجهزة المختبرات.

إضافة لذلك تقوم المجموعة بالعديد من النشاطات العلمية لخدمة المجتمع تتمثل باللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات بجامعة الملك سعود ، حيث للمجموعة النووية دور كبير في تفعليها .

● مجموعة بحوث الطاقة الشمسية:

يمتد نشاط المجموعة البحثية ليشمل دراسة الخواص الأساسية للمواد المستعملة في صناعة الخلايا الشمسية ، ومن ثم تركيب وتصنيع الخلايا الشمسية معملياً، ودراسة خواصها الكهربية والضوئية والتركيبية بناءاً على تغيير عدة عوامل مؤثرة على أدائها، وتقوم المجموعة أيضاً بدراسات تطبيقية كتأثير العوامل الجغرافية من حرارة ورياح وأمطار على أداء تلك الخلايا اضافة إلى دراسة الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الارض . كما تساهم المجموعة من خلال تعاونها الدولي في تطوير المختبرات القائمة حالياً ، وقد قامت مؤخراً من خلال برامج التعاون العلمي مع الجامعات الاجنبية بتطوير بحوث تقنية السيلكون وإعادة بلورته تحت درجات حرارة منخفضة نسبياً، وذلك لخفض تكلفة إنتاج السيلكون البلوري المستخدم في الصناعات الإلكترونية والميكروإلكترونية والكهروضوئية.

● مجموعة الليزر والأطياف:

تعد مجموعة الليزر والأطياف من المجموعات ذات الصبغة التطبيقية في علوم الفيزياء الحديثة ، ويتضمن نشاط مجموعة الليزر في الدراسات الطيفية والظواهر غير الخطية للمواد ، والتطبيقات الطبية ودراسة خواص ليزر أشباه الموصلات ، واستخدامات الليزر في التصوير (الهولوجرافي) والإتصالات ، بالإضافة إلى تصميم أنواع معينة من الليزرات.

● مجموعة بحوث الفيزياء الطبية والحيوية :

تعد هذه المجموعة أحدث المجموعات البحثية الموجودة في القسم ، وهي تهتم بالدراسات والبحوث التطبيقية الطبية لعلم الفيزياء ، ومن أهم النشاطات البحثية للمجموعة توظيف قياسات الحث الكهرومغناطيسي للتمييز بين المواد وقياسات المكونات الأساسية التي تتركب منها الإشعاعات غير المؤينة على ا لكائنات الحية . ولإعضاء المجموعة مشروعات بحثية تطبيقية ونظرية ، كما قامت المجموعة مؤخراً بالتنسيق لنشر بعض المعلومات عن أهمية الفيزياء الإشعاعية والحيوية وتطبيقاتها المختلفة في المملكة.

دور القسم في التنمية

يقوم الفيزيائيون في القسم بأدوار رائدة في التنمية ، ولاسيما تلك المجالات المرتبطة بفروع الفيرياء المختلفة مثل:

– الفيزياء الطبية وتشمل العلاج الإشعاعي والأشعة السينية والرواسم الكهربائية والأجهزة فوق الصوتية ، وأجهزة الرنين المغناطيسي والاستخدامات الطبية لأشعة الليزر وغيرها.

– الفيزياء الصناعية وتشمل إستخدامات الليزر ، والإتصالات عبر الاقمار الصناعية ، والفيزياء الفضائية.

– الفيزياء الهندسية وتشمل الدوائر الإلكترونية المتكاملة ، ومجالات الطاقة المختلفة كالطاقة الشمسية والنووية والحرارية .

– فيزياء طبقات الأرض وتتضمن تطوير الطرق الفيزيائية لإكتشاف مصادر الثروة الطبيعية والإنذار المبكر لحدوث الزلازل والبراكين .

ومن المؤكد أن هناك فرصاً كثيرة لخريج قسم الفيزياء للعمل في العديد من القطاعات الحكومية مثل : وزارة الدفاع والطيران (المصانع الحربية)، قطاع التعليم، وزارة الصحة ، وزارة الصناعة والكهرباء، المؤسسات العامة للتعليم الفني والتدريب المهني ، **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** . كما يعمل البعض في القطاع الخاص في مجالات عديدة ترتبط بالفيزياء مثل مراكز الأبحاث والتطوير في الشركات، إدارة شركات التقنية.

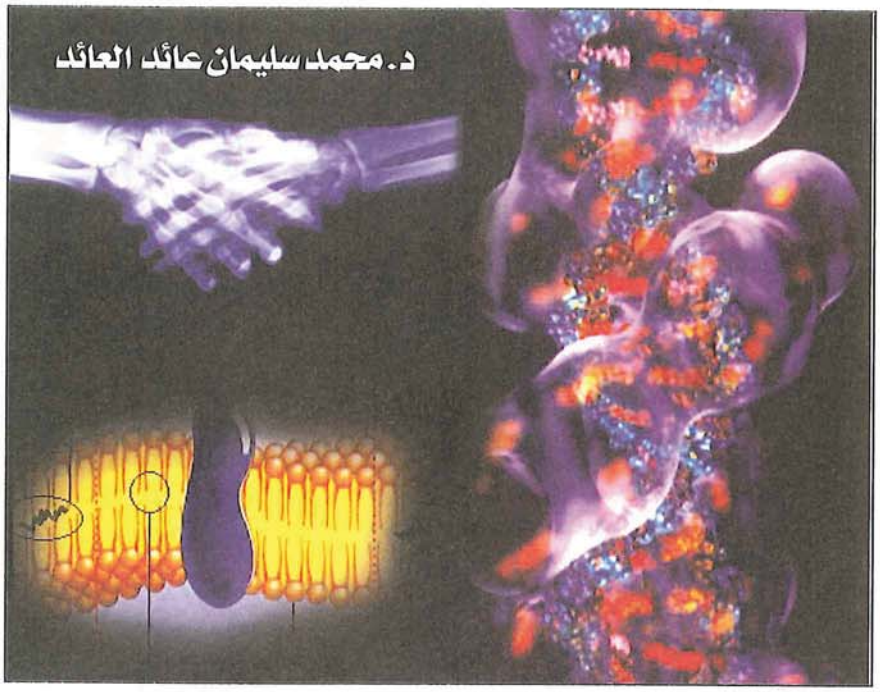
ولايزال العديد من الشباب يكتشفون أنهم يؤدون عملهم جيداً حتى فى المجالات غير المرتبطة بالفيزياء ، وذلك بسبب التفكير التحليلي والمنطق القوي الذي يكتسبونه من خلال معالجتهم للمشكلات العلمية في ميدان الفيزياء ، والمجال مفتوح للتعاون مع أي جهة حكومية أو أهليه.

خدمة المجتمع

يقدم القسم بالتعاون مع عمادة مركز خدمة المجتمع والتعليم المستمر دورات تدريبية متخصصة في عدة مجالات فيزيائية مثل : الالكترونيات ، والوقاية من الإشعاعات ، ودراسة الطيف. كما أن للقسم أنشطة إستشارية يقدمها لبعض الهيئات خارج الجامعة مثل **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية**، ومؤسسة المياه المالحة ، ووزارة المعارف ، وكلية التربية للبنات ، ووزارة الدفاع ، ومستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث ، وغير ذلك من الهيئات العلمية المتخصصة.

الفيزياء الحيوية

د. محمد سليمان عائد العائد



ساهم التطور العلمي المطرد والمتسارع في العلوم الأساس وتداخل بعضها ببعض في ظهور علوم بينية جديدة تنطلق من مجال العلوم البحتة إلى آفاق العلم والتقنية الحديثة. ويعد علم الفيزياء الحيوية ضمن هذه العلوم، حيث يهدف إلى دراسة الظواهر الحيوية والأجسام الحية ومكوناتها وتأثرها بالمؤثرات الطبيعية، وذلك باستخدام نظريات وتقنيات الفيزياء.

بدأت نشأة علم الفيزياء الحيوية بعد الحرب العالمية الثانية بسبب تطبيقات الفيزياء النووية في الأنظمة البيولوجية التي شملت في الأساس دراسة تأثير الإشعاع المؤين على الكائنات الحية، ومن واقع هذه الدرسات والأبحاث دخل الفيزيائيون علوم الحياة، ومن ثم ظهر علم الفيزياء الحيوية الذي أصبح يرتبط ارتباطاً وثيقاً بفروع كثيرة من علوم الحياة، مثل: الكيمياء الحيوية، وعلم الوراثة، والبيولوجيا الجزيئية، والأحياء الدقيقة، ووظائف الأعضاء، وعلم الأعصاب، وعلم الأنسجة، وعلم الفيروسات، بجانب العلوم الأخرى، مثل: الكيمياء الفيزيائية، والرياضيات، والحاسبات، والمعلومات، والهندسة.

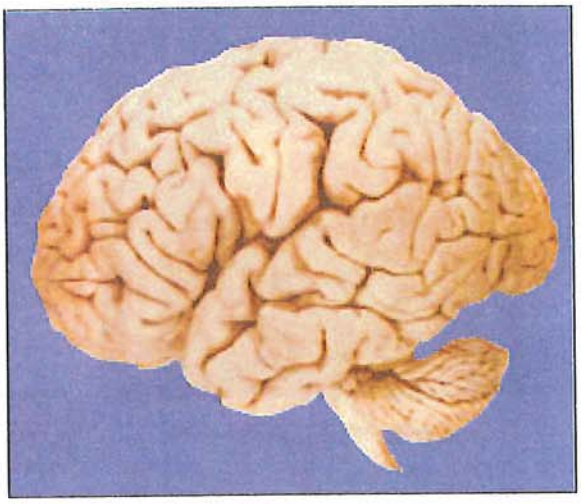
مجالات الفيزياء الحيوية

من أهم المجالات التي تهتم بها الفيزياء الحيوية دراسة وتحليل تركيب جزئيات النظم البيولوجية. وخير مثال لمنجزات هذا العلم نموذج الحامض النووي منقوص الأكسجين (Deoxyribonucleic. acid- DNA) والذي يمثل المادة الوراثية في الخلية الحية. كان هذا النموذج وما يزال اللبنة الأساسية لعلوم البيولوجيا الجزيئية والوراثة. حيث تم ذلك عن طريق استخدام صور الأشعة السينية ـ أحد تقنيات الفيزياء ـ خلال بلورات المكونات الحية، مما جعل من الممكن معرفة تركيب العديد من الجزيئات الحيوية، ومن أشهر الأمثلة على ذلك تركيب الأحماض النووية وتركيب هيموجلوبين الدم، وتركيب اليخضور (الكلوروفيل) وغيرها.

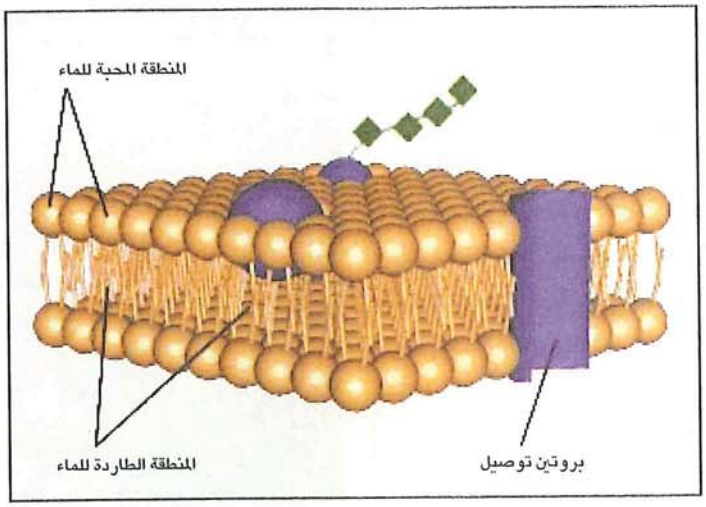
● دراسة الخلايا العصبية

تعد دراسة المعلومات التي تسري في الشبكة العصبية للكائن الحي عن طريق النبضات الكهربائية من أهم مجالات الفيزياء الحيوية. حيث تنتشر هذه المعلومات عن طريق وحدات متقطعة تسمى الجهد النشط، وتحدد بواسطة التردد والتشابك بين الخلايا العصبية.

ويرجع الفضل ـ بعد الله ـ في معرفة منشأ هذه النبضات وكيفية سريانها إلى العالم الفيزيائي الحيوي **ألن هودجكن** (Alan L. Hodgkin) والفيزيائي **أندرو هكسلي** (Andrew Huxley) عندما أجريا تجاربهما على الخلايا العصبية العملاقة للحبار (Squid)، حيث أمكنهما من إدخال العديد من الأقطاب داخلها ـ باستخدام التزاوج بين الكيمياء الكهربائية وعلم الإلكترونيات والنمذجة الرياضية ـ وبالتالي تمكنا من دراسة سبب ظهور الجهد النشط في الخلايا الحية المثارة. حيث اتضح لديهم أن هذا الجهد ناشىء عن تغير نفاذية غشاء الخلية لكل من



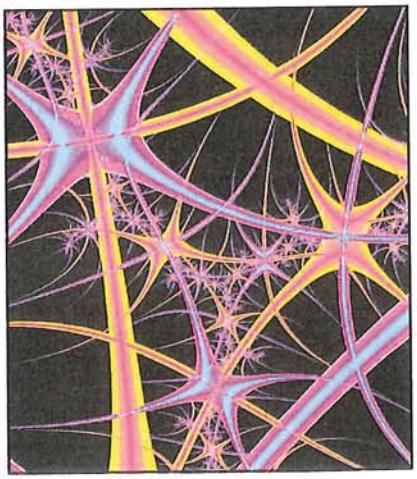
● المخ يقوم بالاتصال والتحكم في جميع أجزاء الجسم.



● دراسة غشاء الخلية أول اهتمامات الفيزياء الحيوية.

أيونات الصوديوم والبوتاسيوم. وقد استحق هذين العالمين بهذا الإكتشاف جائزة نوبل.

أدى هذا الإكتشاف إلى فتح الباب على مصراعيه لدراسة المعلوماتية الحيوية (Bioinformatics) وكيفية قيام المخ بالإتصال والتحكم في جميع أجزاء الجسم وكيف يقوم ـ بما فيه من عدد هائل من الخلايا العصبية ـ بوظائفه المختلفة خاصة في عملية التفكير والتعلم. وقد تمت الإستفادة من هذه الدراسات ـ خاصة في مجال الحاسبات ـ في مواضيع الذكاء الإصطناعية (Artificial intellegence) ، بالاضافة إلى ذلك تم استخدام هذه الإشارات الكهربائية الخارجة عن الاعضاء المختلفة من الجسم في التشخيص. ومثالا لذلك الرسم الكهربي للمخ والقلب والعضلات والشبكية وغيرها. وتجرى الأبحاث الآن لإستخدام هذه الإشارات لتشغيل أجهزة تعويضية لإجزاء الجسم خاصة الأعضاء الطرفية.



● خلايا عصبية

● دراسة غشاء الخلية

إمتداداً لهذا المجال فإن الفيزياء الحيوية تهتم بغشاء الخلية بهدف الكشف عن أسراره من الناحية التركيبية والوظيفية، إذ أن هذا الغشاء يعد البوابة الرئيسية التي تتحكم في أحوال الخلية ووظائفها، وعن طريقه تتصل بالخلايا الأخرى، فإذا أمكن السيطرة على هذا الغشاء فإنه يمكن السيطرة على الخلية والحيلولة دون تحولها من خلية طبيعية إلى أخرى سرطانية. وسوف يقود الإكتشاف ـ بإذن الله ـ إلى كشف أسرار عديدة عن الأمراض غير المفهومة مثل مرض الزهامير الذي يصيب الخلايا العصبية ويؤدي إلى تلفها.

● تأثيرات الإشعاع

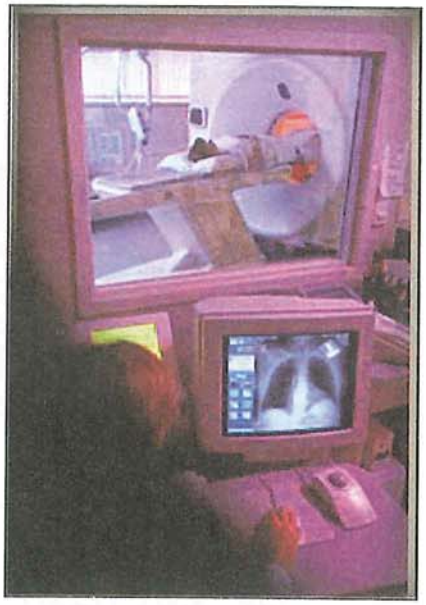
تهتم الفيزياء الحيوية بالإشعاع المؤين وغير المؤين وتأثيراته المختلفة على الكائنات الحية، وأيضا استخداماته في مجالات شتى مثل علاج وتشخيص الأمراض.

● الدراسات البيئية

من مجالات الفيزياء الحيوية مجال يهتم بالدراسات البيئية، وذلك بإستخدام تقنيات الفيزياء في تحديد الملوثات المختلفة ـ خاصة الإشعاعية ـ في مكونات البيئة الرئيسية من تربة وهواء وماء، والمواد والأجسام الحيوية. ويهتم هذا المجال أيضاً بدراسة تأثير الإشعاع الشمسي بمكوناته المختلفة (الأشعة تحت الحمراء والضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية) على الكائنات والنباتات الحية.

● تشخيص الأمراض وعلاجها

تهتم الفيزياء الحيوية أيضاً بالتقنيات الخاصة باستخدام الأشعة



● بعض أجهزة تشخيص الأمراض.

الكهرومغناطيسية والموجات فوق الصوتية في التصوير بغرض تشخيص الأمراض، كما تهتم أيضاً بالتصوير باستخدام الرنين المغناطيسي (MRI) ـ أحدث تقنيات العصر ـ في التصوير الطبي.

الاتحاد الدولي للفيزياء الحيوية

علم الفيزياء الحيوية مثل العلوم الأخرى له إتحاد دولي ممثل فيه عدد قليل من دول العالم، منها المملكة العربية السعودية ومصر من المنطقة العربية، ويسمى الاتحاد الدولي للفيزياء الحيوية البحتة والتطبيقية.

ونظراً لتشابك علوم الفيزياء الحيوية مع العلوم الأخرى، وخاصة البينية منها، مثل: الكيمياء الحيوية، والبيولوجيا الجزئية، والهندسة الحيوية، وما إلى ذلك، فقد قرر الإتحاد الدولي إعداد مجموعة عمل (Task Force) لكل فرع. يشترك فيها بعض من إتحادات العلوم البينية الأخرى. وهي مجموعة عمل المعلوماتية الحيوية (Bioinfor matic) أحد هذه المجموعات، ويشترك فيها الاتحاد الدولي للكيمياء الحيوية والبيولوجيا الجزئية بجانب الاتحاد الدولي لعلم البلورات.

كذلك توجد مجموعة عمل في الهندسة الحيوية (Biomedical Engineering) ومجموعة عمل أخرى في مجال الرنين المغناطيسي (NMR)، بالإضافة إلى مجموعة عمل الفيزياء الحيوية.

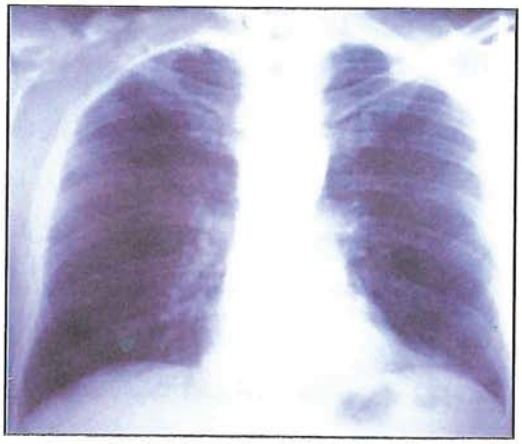
الفيزياء الحيوية الطبية

أصبحت الفيزياء الحيوية ـ الآن ـ من العلوم المهمة التي تُدرس في كليات الطب تحت مسمى الفيزياء الحيوية الطبية أو الفيزياء الطبية (Medical Biophysics)، وتهتم بالأساس النظري والعملي لتقنيات الفيزياء الحيوية المستخدمة في الطب في مجال تشخيص وعلاج الأمراض، وذلك باستخدام جميع أنواع الموجات الكهرومغناطيسية المؤينة وغير المؤينة بالإضافة إلى تطبيقات الموجات فوق الصوتية. وتشمل دراسة الفيزياء الحيوية الطبية ما يلي:ـ

١ – استخدامات الرنين المغناطيسي.

٢ – تقنيات الليزر في التشخيص خاصة في الأجهزة البصرية والمناظير الطبية للرصد والعلاج وخاصة في الجراحة لجميع أعضاء الجسم.

٣ـ الطب النووي وتطبيقاته في التشخيص



● صورة بالأشعة للصدر.

● استخدام الليزر في علاج البصر.

والعلاج واستخدام النظائر المشعة في التشخيص والعلاج.

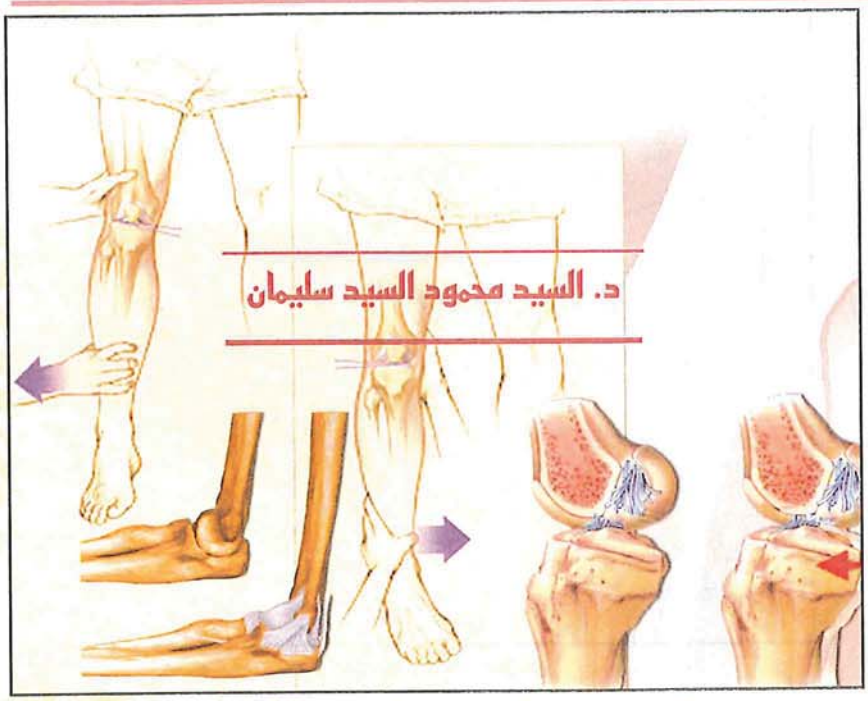
٤ـ استخدام التحليل الطيفي في التحاليل الطبية.

٥ـ دراسة الكهرباء داخل جسم الإنسان وتسجيل النشاط الكهربائي من الأعضاء المختلفة للجسم واستخدامها في التشخيص واستخدام الكهرباء في العلاج.

٦ـ دراسة الطاقة الحيوية والتنفس وتأثير المؤثرات الطبيعية مثل الحرارة والضغط والرطوبة والإشعاع الشمسي على الجسم الحي.

تخصصات الفيزياء الحيوية

تؤهل دراسة الفيزياء الحيوية متخصصين في مجال الانسان الآلي (Robotics) والتصوير التشخيصي باستخدام جميع أنواع الأشعة، والموجات فوق الصوتية، والرنين المغناطيسي، وحركة المفاصل، والنمذجة في الخلايا، والطاقة الحركية (Biokinetic)، والموصلات، والحسية الكيميائية (Chemosensory)، والتجمعات الخلوية، والتآم الجروح، وتحليل الأحمال على الإنسان، وتطبيق نظرية الإتصال في تحليل النماذج الحيوية المختلفة بهدف إنتاج وتطوير أجهزة تعويضية، والمعلوماتية الحيوية، ودراسة تركيب الجزئيات الحيوية، والنمذجة الرياضية والحسابية باستخدام الحاسب.



د. السيد محمود السيد سليمان

بيوفيزياء العظام ..
التركيب والتشخيص

العظام هي أنسجة حية تتكون من خلايا عظمية (Osteocytes) تكوِّن ٢٪ من حجم العظام وتنمو بواسطة الغذاء الذي يأتيها عن طريق الدم إلى أن تصل الى الطول والشكل المطلوب. ولاتتوقف عملية بناء العظام (Osteoclast) في الكائن خلال فترة حياته، إذ توجد عملية أخرى هي عملية هدم خلايا العظام الهرمة بغرض تجديد حيويتها والحفاظ على خواصها الفيزيائية. فخلال فترة الطفولة والمراهقة فإن عملية بناء العظام تكون أسرع من عملية الهدم إلى أن تصل العظام الى خواصها العظمية من حيث الطول والصلابة. وهذا يحدث عندما يصل عمر الإنسان الثلاثين عاماً. بعد هذه السن تبدأ عملية الهدم في الزيادة عن عملية البناء، والتي بدورها تؤدي إلى هشاشة العظام، ومن ثم يسهل تعرضها إلى الكسر وخاصة عند كبار السن.

الجدير بالذكر أن عملية الهدم في العظام عند النساء اللاتي جاوزن سن اليأس (انقطاع الدورة الشهرية) تكون أكبر من الرجال، ولذا فإنهن معرضات لمرض هشاشة العظام (Osteoporosis).

مكونات العظام

تتكون العظام بجانب الماء من نوعين مختلفين من المواد أحدهما عضوي وهو الكولاجين (Collagen)–وهو ليس من نوع كولاجين الجلد – ويكون ٤٠٪ من كتلة العظام و ٦٠٪ من حجمه، والآخر غير عضوي وهو معدن العظام (Bone mineral) ويكون ٦٠٪ من كتلة العظام و ٤٠٪ من حجمه. ومعدن العظام عبارة عن بلورات هيدروكسي أباتيت الكالسيوم $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$، وهذا المعدن مشابه لذلك الموجود في الطبيعة والمسمى بأبتايت الفلور (Fluorapatite) الذي يختلف عن معدن العظام في أن الفلور (F) يحل محل الهيدروكسيد (OH)، ولذا فإنه أكثر ثباتاً من معدن العظام، وعليه فإن وجود الفلور بنسبة ضئيلة في الماء مهم جداً ليعطي الأسنان الصلابة، وذلك عن طريق ملء الفجوات الميكروسكوبية بها عن طريق اتحاده مع معدن العظام. ولهذا يستخدم الفلور المشع (^{18}F) في الكشف عن الفجوات الموجودة في العظام التي لاتظهر باستخدام الأشعة السينية.

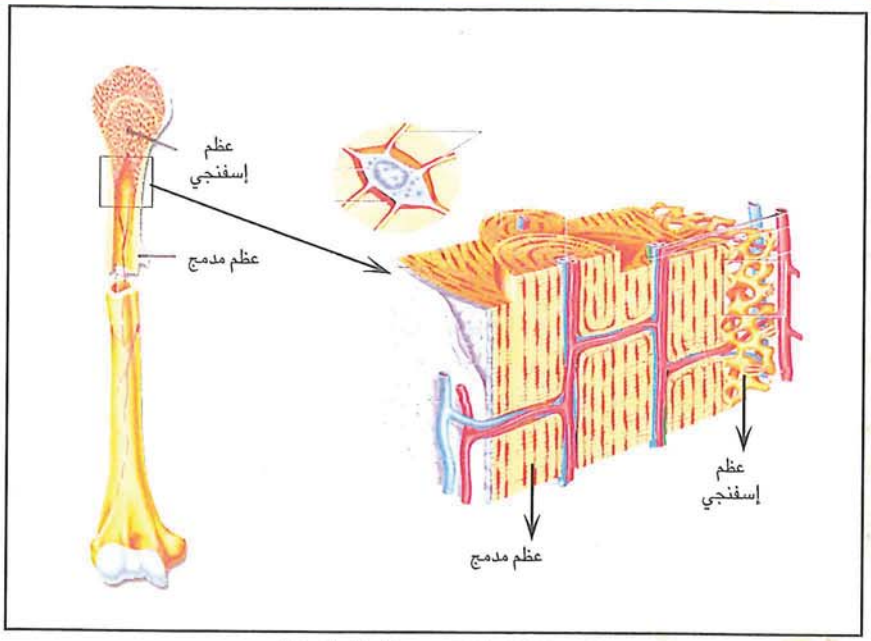
أظهرت الصور باستخدام حيود الأشعة السينية أن معدن العظام يتكون من بلورات كلسية على شكل قضبان (rods) ذات قطر يتراوح مابين ٢ إلى ٧ نانومترات، وطول من ٥ إلى ١٠ نانومترات، ويوجد حول كل بلورة طبقة من الماء تحتوي على محلول مكون من عدد من المواد الكيميائية التي تحتاجها.

ونظراً لقصر أبعاد بلورات معدن العظم فإن المساحة الكلية لها تكون كبيرة، مما يسهل عملية التغذية، إضافة إلى إعطاء العظم ـ بصفة عامة ـ الصلابة المطلوبة لتحمل أقصى درجات الإجهاد.

الجدير بالذكر أن الإنسان تعلم من هذا التركيب الدقيق لمعدن العظام الذي تتجلى فيه عظمة الخالق ﴿وفي الأرض آيات للموقنين . وفي أنفسكم أفلا تبصرون﴾ (الذاريات أية ٢٠–٢١). فاعتمد على هذا التركيب الفريد في إنتاج مواد على هيئة بلورات متناهية الصغر–حدود النانومتر– تنتج بعد تجميعها مادة خالية من التركيبات الغريبة كالشقوق الميكروسكوبية وغيرها، وهذا يعطيها الصلابة المطلوبة لتحمل الخدمة الشاقة.

خواص العظام

يتكون الهيكل العظمي للإنسان من ٢٠٦ عظمة تكوِّن معاً نظاماً ثابتاً تتعلق به الأنسجة الرخوة وأعضاء الجسم



● شكل (١) العظم المدمج والعظم الإسفنجي.

المختلفة. ولهذا فإن حركة الجسم تقوم على التفاعل بين العضلات والهيكل العظمي. أي أنهما يمثلان نظام عضلي ـ هيكلي (Musculo-Skeletal System). حيث تتصل العضلات بالعظام عن طريق الأوتار (Tendons) ، في حين تتصل العظيمات ببعضها البعض عن طريق الأربطة (Ligaments)، وعندها يسمى هذا الاتصال وصلة (Joint).

وتوجد العظام على شكل نسيج، شكل (١)، وفي صورتين ـ يكونان معاً في أغلب الأحيان ـ هما :ـ

ـ مدمج (Compact) صلب كثيف، ويكون الجزء الظاهري الصلب.

ـ إسفنجي (Spongy)، ويكون داخل الجزء الصلب .

وبالرغم من أن الهيكل العظمي يتكون من هذا العدد من العظيمات فإنه يمكن تحديد أشكالها، كما في شكل (٢)، في خمس مجموعات هي:

ـ **المجموعة الأولى :** عظام على هيئة لوح (Plate-Like) مثل عظام الكتف وبعض عظيمات الجمجمة.

ـ **المجموعة الثانية :** عظام طويلة ومجوفة (Long hollow) مثل عظام اليد والأرجل والأصابع.

ـ **المجموعة الثالثة :** عظام إسطوانية (Cylindrical) مثل عظام العمود الفقري (Spin Vertebrae) .

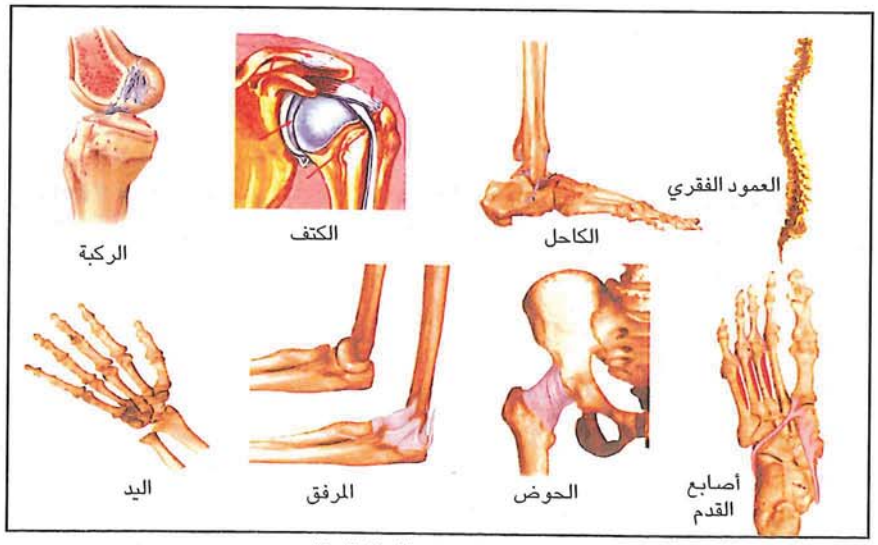
ـ **المجموعة الرابعة :** عظام غير منتظمة الشكل (Irregular) مثل عظام الدماغ ورسغي ـ كاحلي ـ القدم (Ankles).

ـ **المجموعة الخامسة :** عظام الريش (Ribs).

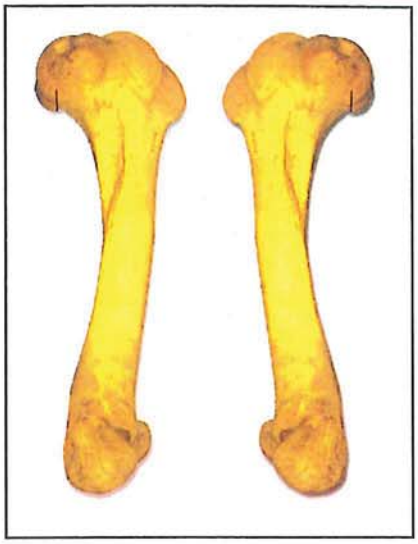
تمثل العظام نظاماً هندسيا بديعاً يحقق أقصى درجات الصلابة مع قليل من المرونة بأقل كمية من المواد. ويمكن التحقق من هذه الحقيقة بدراسة الشكل الهندسي لعظمة الفخذ (Femur bone) المبينة بشكل (٣)، فنجد أن سطحها العلوي والسفلي أكبر بكثير من سمكها. وهذا يشابه إلى حد كبير قضيب السكة الحديد الذي يتخذ نفس الشكل، وذلك لأن الإجهاد الناشيء عن وزن القطار يكون على السطح العلوي والسفلي فقط. ولهذا فإن إتخاذ عظمة الفخذ هذا التركيب وهذا النظام الهندسي البديع من شأنه أن تكون خفيفة مع تحملها لأقصى درجات الإجهاد، ليس هذا فقط ولكن لعظمة الفخذ شكل دائري بعض الشيء بالإضافة إلى أن قطرها عند المنتصف أكبر منه عند الرأسين لتتحمل الإجهاد الذي يصل إلى نهايته العظمي عند المنتصف. ويمكن ملاحظة ذلك إذا احضرت أنبوبة بلاستيكية دائرية مجوفة مثل التي تستخدم في شرب المياه الغازية، فعند الضغط عليها من أعلى فإنها ستنبعج من المنتصف .

وتتميز العظام بوجود حواجز إما على سطحها أو داخلها كما هو واضح في رأس وعنق عظمة الفخذ، والغرض من هذه الحواجز هي زيادة مساحة السطح حتى تتحمل أقصى درجات الإجهاد بالنسبة للإنضغاط (Compression) أو للشد (Tension) حسب ترتيبها في الإتجاهين كما هو موضح بشكل (٤).

بجانب هذه الخواص الفريدة للعظام فإنها مادة صلبة لها صلابة الجرانيت في تحمل الإجهاد، وتفوقه بمقدار ٢٥ مرة في



● شكل (٢) بعض أشكال العظام.



● شكل (٣) شكل عظمة الفخذ (Femur) وفيها تتجلى عظمة الخالق في قمة التصميم الهندسي.

حالة الشد، لاتتغير كثافة العظام المتماسك (Compact bone) ـ تساوي ١,٩ جرام/سم٣ ـ بالزمن ولكن الذي يتغير هو كتلة معدن العظم "Bone mineral Mass" (BM) والذي يؤدي إلى انخفاض سماكته، وبالتالي تجعله أكثر سهولة للكسر.

ويبين جدول (١) مقارنة بين الخواص الميكانيكية للعظام والمواد الأخرى المستخدمة في الحياة، ومنه يتضح أن العظام المتماسكة تتحمل كل من الإجهاد الإنضغاطي والشدي، مما يعطيها بعض المرونة، ويؤدي هذا بالطبع إلى الإجابة على السؤال التالي : لماذا يتغير طول الإنسان تغيراً طفيفا بناءً على وضعه ؟ حيث يكون طوله وهو واقف أقل بعدد قليل من المليمترات بالمقارنة مع طوله وهو مستلقي على ظهره.

يتضح من الجدول (١) أن للبروسولين (الخزف) خواص جيدة لذلك يستخدم في عمل الأسنان الصناعية. كما توجد الآن مواد تستخدم في ترقيع أو ملء الفجوات الموجودة بالعظام. فمثلا تستخدم كبريتات الكالسيوم لهذا الغرض منذ مئات السنين، ومنذ ذلك الوقت فإن الأبحاث على هذه المادة أدت الى تحسين خواصها بإنتاجها على هيئة بلورات دقيقة، مثل معدن العظام ـ وخالية من التلوث حتى يسهل امتصاصها داخل العظام. ومن أمثلة ذلك مادة (Osteoset R) التي تضاف اليها مادة أخرى غير معدنية تحمل إسم (Allmatrix TM) وتكون على هيئة معجون . توجد مادة حديثة تستخدم منذ عام ١٩٩٩م وتحاكي العظم بتركيبته العضوية وغير العضوية ـ تحمل اسم (Pepgen P-15 TM) تمتص داخل العظام وتقوم بتحفيز خلاياه لإنتاج مزيد من الخلايا، وبالتالي إرجاعه إلى حالته الطبيعية .

أمراض العظام وتشخيصها

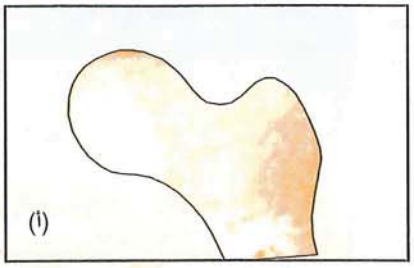
تتعرض العظام كأي نسيج حي من أنسجة وأعضاء الجسم للاصابة بالأمراض. ومن أهم الأمراض التي تصيب العظام مرضان، يتعلق الأول بخلل في تكوين العظام منذ النشأة الأولى ويسمى قصور في تكوين العظام (Osteoginesis Imperfecta-OI) أما المرض الآخر فيتعلق بالعمر ـ الشائع الآن خاصة بين النساء ـ وهو هشاشة العظام (Osteoporosis).

● مرض قصور العظام

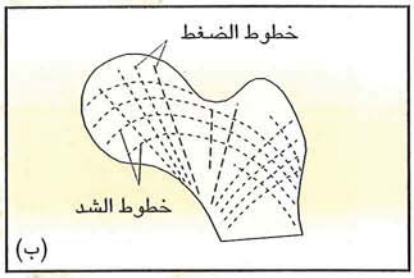
ينشأ مرض (OI)نتيجة خلل في المورثات، ويؤدي المرض إلى سهولة كسر العظام عند تعرضها إلى صدمات بسيطة أو بدون سبب. ويؤدي هذا الخلل الوراثي إلى إنتاج كميات قليلة من الكولاجين أو كولاجين ذا خواص رديئة، يجعل نمو العظام ضعيفاً، وحيث أن الكولاجين هو الأساس المناسب الذي تنمو عليه الخلايا العظمية فإن العظام المتكونة تكون ضعيفة وسهلة الكسر.

المادة	إجهاد الإنهيار نيوتن/مم٢	شد الإنهيار نيوتن/مم٢	معامل يونج للمرونة ×١٠نيوتن/مم٢
الصلب القاسي	٥٥٢	٨٧٢	٢٠٧٠
المطاط	–	٢,١	,٠١
الجرانيت	١٤٥	٤,٨	١٥٧
الخرسانة	٢١	٢,١	١٦٥
شجر البلوط	٥٩	١١٧	١١٠
البرسولين	٥٥٢	٥٥	–
العظم المتماسك	١٧٠	١٢٠	١٧٩
العظم الإسفنجي	٢,٢	–	,٠٧٦

● جدول (١) الخواص الميكانيكية للعظم وبعض المواد الأخرى.



● شكل (٤أ) رأس وورقبة عظمة الفخذ.



● شكل (٤ب) الشكل الحاجزي لخطوط الضغط والشد والتي عن طريقها يتوزع وزن الجسم.

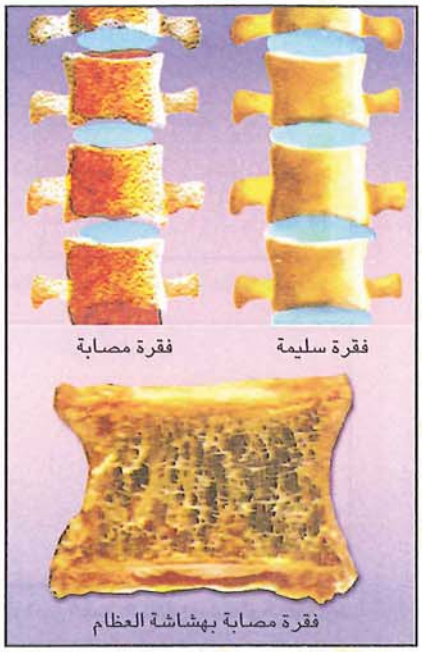
وينقسم هذا المرض حسب شدته إلى عدة أنواع ـ أشدها النوع الذي يؤدي إلى فقد الأسنان وفقد السمع نتيجة كسور عظيمات الأذن الوسطى.

ولايوجد شفاء كامل من مرض (OI)، ولكن يكون العلاج في اتجاه وقف ومراقبة الأعراض، وذلك بزيادة فاعلية الحركة وتطوير أقصى كمية من كتلة العظام وقوة العضلات والعناية بالكسور وزيادة جرعات العلاج الطبيعي.

وينصح الأطفال والبالغون المصابون بهذا المرض بالعناية بالتمرينات الرياضية تحت إشراف أخصائي، وذلك لزيادة فاعلية العضلات والعظام. كما أن السباحة والعلاج الطبيعي بالسباحة مفيدان جداً لأن الماء يساعد على الحركة بدون أخطار نسبية. وينصح أيضا بالاهتمام بالغذاء الصحي بناء على نظام غذائي جيد وعدم زيادة الوزن مع الامتناع عن التدخين وشرب الخمر وعدم أخذ أدوية تحتوي على الإستيرويدات مثل الكورتيزون.

● مرض هشاشة العظام

هشاشة العظام (Osteoporosis) أو العظام المسامية هو مرض يتصف بنقص



● شكل (٥) فقرة سليمة وفقرة مصابة بهشاشة العظام.

في كتلة العظم (Bone Mass) وتلف في بنائه، ويوضح شكل (٥)، الفرق بين فقرة عظمية طبيعية وأخرى مصابة. وبالطبع يؤدي هذا المرض الى ضعف العظام، ومن ثم يؤدي إلى الكسر، خاصة في عظم الحوض (الورك) (Hip) والعمود الفقري والمعصم. ويعاني من هذا المرض كل من الرجال والنساء، وإن كان وجوده في النساء أكثر.

يعد مرض هشاشة العظام من أكثر الأخطار التي تواجه صحة ٢٨مليون أمريكي ٨٠٪ منهم من النساء. كما أنه مسؤول عن ١,٥ مليون كسر سنوياً في الولايات المتحدة الأمريكية، منهم ٣٠٠ ألف كسر في الحوض، ٧٠٠ ألف كسر في الفقرات، ٢٥٠ ألف في الرسغ، و ٣٠٠ ألف في أماكن أخرى.

وتوجد عدة عوامل مرتبطة بحدوث -أو المساعدة - في ظهور مرض هشاشة العظام تسمى بعوامل المخاطرة (Risk Factors)، يمكن تجنب بعضها دون البعض الآخر.

* **عوامل لايمكن تجنبها**، ومنها:

١- النساء أكثر عرضة للإصابة لأن كتلة العظام عندهن أقل، كما أن نسبة فقد العظام وخاصة بعد سن اليأس تكون سريعة بسبب نقص هرمون الإستروجين.

٢- كلما تقدم الإنسان في العمر إزداد عامل المخاطرة بالإصابة، وذلك لأن كمية العظام تكون أقل ومن ثم أضعف.

٣- يكون للمرأة النحيلة عامل مخاطرة كبير.

٤- الجنس العرقي له تأثير، فمثلا يكون للمرأة القوقازية والأسيوية عامل مخاطرة أكبر من الاجناس الأخرى (الأفريقية واللاتينية).

* **عوامل يمكن تجنبها**، ومنها:

١- النقص غير الطبيعي في الهرمون الجنسي (Sex hormone). أي نقص هرمون الإستروجين عند النساء خاصة عند سن اليأس، وأيضاً نقص مستوى هرمون الذكورة التسترون عند الرجال.

٢- فقد الشهية وإحتواء الطعام على نسب ضئيلة من عنصر الكالسيوم وفيتامين (د).

٣- استخدام بعض الأدوية مثل أدوية الكورتيزون وأدوية مقاومة نوبات الصرع، وزيادة استخدام أدوية يدخل في تركيبها الألمونيوم وبعض أدوية علاج السرطان، وزيادة هرمون الغدة الدرقية (Thyroid hormone).

٤- الحياة الخاملة وعدم ممارسة الرياضة وكثرة عدد ساعات النوم عن المعتاد.

٥- التدخين وشرب المواد الكحولية.

مكافحة مرض العظام

مما سبق ذكره تتضح أهمية احتواء الطعام على عنصر الكالسيوم وفيتامين (د)، ويوضح جدول (٢) كمية الكالسيوم الضرورية للإنسان خلال فترة حياته والتي أوصى بها المعهد القومي الأمريكي للصحة عام ١٩٩٤م، ويجب الإشارة إلى أن وجود فيتامين (د) ضروري لكي تقوم الأمعاء بامتصاص الكالسيوم، وبما أن هذا الفيتامين يتكون في الجلد نتيجة التعرض لأشعة الشمس، فإنه من الضروري على السيدات والرجال الذين لايتعرضون لأشعة الشمس نتيجة مكوثهم في المنازل مدة طويلة أو خلال فترة الشتاء أن يتناولوا هذا الفيتامين بواقع ٤٠٠ الى ٨٠٠ وحدة دولية (IU) في اليوم، كما يجب الانتباه إلى أن الإفراط في تناول هذا الفيتامين غير مستحب.

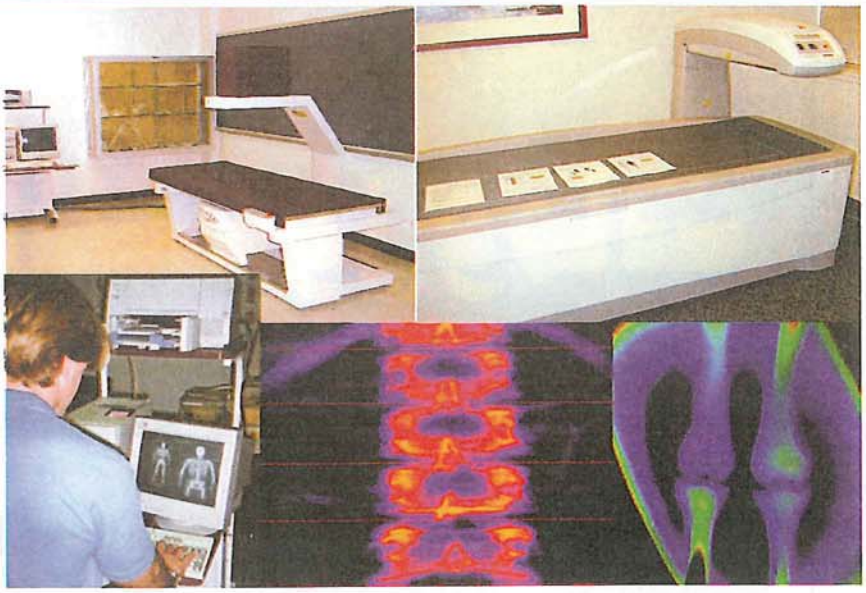
ويطلق على مرض هشاشة العظام أحياناً اسم المرض الصامت (Silent Disease) لأن فقد كمية من معدن العظام يحدث بدون أعراض ولايشعر به الإنسان إلا عندما يحدث له كسر مفاجيء نتيجة صدمة صغيرة مفاجئة، أو يقع على الأرض أو التواء بسيط في الرسغ، هذا بالإضافة إلى أن كسر فقرات العمود الفقري تصاحبه آلام مبرحة في الظهر وانحناء فيه، وبالتالي يؤدي الى إنخفاض في قامة الإنسان المصاب عند ظهور هذه الأعراض، عليه ينصح بعمل مسح لكثافة العظم والذي يقاس فيه كثافة معدن العظم (Bone Mineral Density- BMD)، والذي يرتبط بكمية العظام (Bone Mass). وحتى لايفاجأ الإنسان بهذا المرض الصامت فإنه ينصح هنا الذين لهم تاريخ مع المرض من كلا الجنسين أن يقوموا بعمل قياس قيمة (BMD). وذلك كما يلي :-

١- بالنسبة للنساء بعد سن اليأس وعندهن عرض أو أكثر من الأعراض الآتية:

- تاريخ مرضي في العائلة لمرض هشاشة العظام بعد سن ٦٥.
- نقص في الطول أكثر من بوصة .
- نقص في مادة العظام (Osteopenia) كما توضحه الأشعة.

العمر	كمية الكالسيوم مجلم/ يوم
٦ أشهر	٤٠٠
٦- سنة	٦٠٠
١- ١٠سنة	٨٠٠-١٢٠٠
١١- ٢٤	١٢٠٠-١٥٠٠
٢٥- ٥٠(رجال ونساء)	١٠٠٠
٥١-٦٤(نساء علىERT ورجال	١٠٠٠
٥١(نساء ليست على ERT	١٥٠٠
٦٥ فأكثر	١٥٠٠
النساء الحوامل والمرضعات	١٢٠٠-١٥٠٠

● جدول (٢) كمية الكالسيوم الضرورية للإنسان حسب العمر والجنس.



● شكل (٦) قياس كثافة العظام بجهاز (DEXA).

– الإفراط في شرب الخمر.

٢– بالنسبة للنساء الشابات اللاتي لديهن عرض أو أكثر من الأعراض الآتية:–

– مشاكل في المبايض أو إزالتها.

– عدم انتظام دورة الحيض (الزيادة أو النقصان).

– نقص في مادة العظام.

– كسر العظام عند أقل إجهاد.

٣– بالنسبة للرجال الذين عندهم عرض أو أكثر من الأعراض الآتية:

– قلة إفراز الهرمون الذكري (Testosterone).

– قلة كمية العظام (Osteopenia).

– كسر العظم عند الإجهادات البسيطة.

– الإفراط في التدخين وشرب الخمر.

٤– أسباب إضافية، مثل :

– قلة الكالسيوم في العظام.

– نقص في فيتامين (د).

– الالتهابات الروماتيزمية.

– أدوية الكورتيزون.

– أمراض الكلى المزمنة.

– زيادة إفراز الغدة الدرقية.

ويمكن قياس كثافة العظام باستخدام عدد من الأجهزة مثل الأشعة السينية المقطعية (CAT)، والأشعة السينية العادية، واستخدام الموجات فوق الصوتية أو استخدام إمتصاص أشعة سينية مزدوجة الطاقة (Dual Energy X-Ray Absorptiometry DEXA) ويعد الجهاز الأخير (Dexa) من أكثر وأدق الأجهزة المستخدمة وهو عبارةعن ماسح يستخدم شعاعين من الأشعة السينية منخفض الجرعة، يقوم بإمتصاص هذين الشعاعين داخل العظام أثناء مرورهما خلاله، ويزيد هذا الامتصاص بزيادة كثافة العظام، حيث تسجل درجة الامتصاص بواسطة كاشف يوضع في الطرف المقابل للعظام متصل بحاسب يقوم بحساب كثافة العظام بناء على الامتصاص النسبي بين هذين الشعاعين.

ويوضح شكل (٦)، صورة لهذا الجهاز حيث يرقد المريض على طاولة في حالة سكون، وفي هذه الحالة يتحرك كل من مصدر الأشعة الموجود أسفل الطاولة مع الذراع الموجود أعلى المريض، ويقومان بعملية المسح الكلي أو التركيز على عضو محدد. ويقوم الجهاز بتحويل المعلومات الناتجة عن امتصاص الأشعة وتسجيلها بواسطة الكاشف، وباستخدام الحاسب يمكن ابراز صورة للعضو مع إعطاء نتيجة كثافة العظام (BMD). مقارنة بقيمتها للشخص المعياري – شخص شاب سليم– وإعطاء نسبة الانخفاض. فإذا كان الإنخفاض أقل من واحد إنحراف معياري (Standard Deviation) من الشخص المعياري تكون عادية (Normal)، أما اذا كانت بين ١ و ٢,٥ أقل من الإنحراف المعياري فهذا يعني انخفاض في كمية العظام (Osteopenia) ولكنه ليس خطيراً مثل هشاشة العظام. أما إذا كانت القياسات أكبر من ٢,٥ من الإنحراف المعياري فإن ذلك يعني وجود هشاشة في العظام.

وفي حالة ثبوت وجود هشاشة في العظام فإن هذا المسح يجب أن يكرر أثناء العلاج. ويعد ماسح (DEXA) آمن نسبياً حيث أن الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها المريض تقدر بمقدار ١٠٪ من الجرعة التي يتعرض لها أثناء إجراء أشعة عادية للصدر، كذلك فإن الجهاز لايحيط بالمريض ولايتصل به إتصالا مباشراً، وبذلك لايسبب له أي ازعاج.

المراجع :

1- **Cameron J.R** (1978 "Medicall Physics" John Wiley of Sons, 38-58 .

2- **Brunton, J.A, H.S.Bayley ,and S.A.Atkinson** (1993) Validation and application of dual -energy x-ray absorptionetry to measure bone mass and body composition in small infants Am.J.Clin Nut, 58, 839.

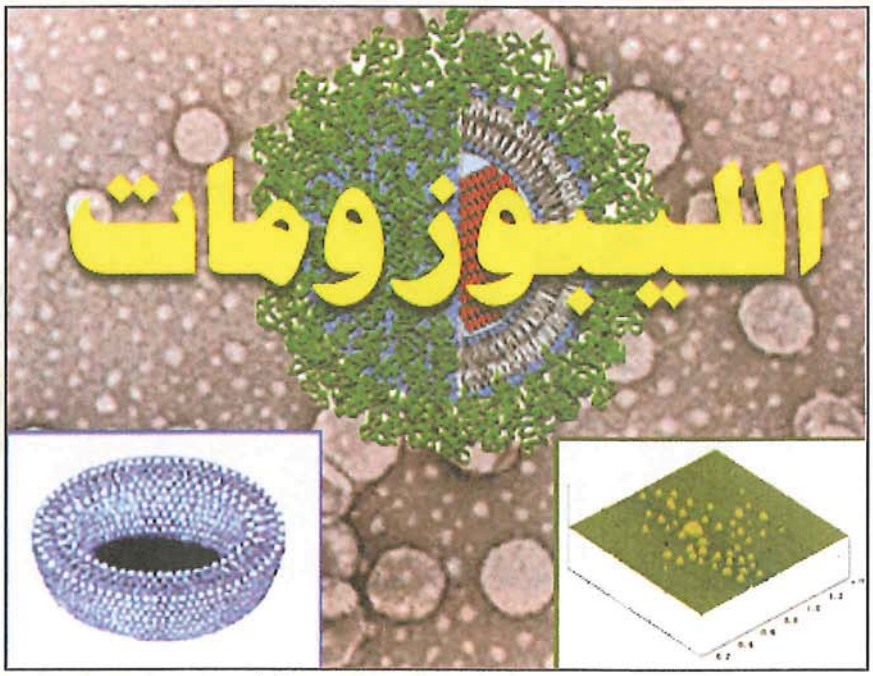
3- **Whyte, M.P.** (1992) Hereditory Metabolic and dysplastic Skeletal disorders Coe Favus M.J. (Ed,) Disorders of Bone and Mineral Metaloolism Rauen Press , Ltd, 210 UK.

4- **Shapiro, J.** (1996). Osteogenesis Impeifecta and other defects of bone development as occassional Cause of Adult Osteoporsis .In : Marcus,R. Feldman **D.Kelsoy, J.** (Eds) Osteoporosihs, Academic Press, 703-713.

5- National Institutes of Health, Osteoporosis and Relatcd Bone Diseases, National Resource center 1232 22nd Street, NW, Washington DC 20037- 129 U.S.A.

6- Osteogenesis Imperfecta OI Foundation 804 W. Diamond Avenue Suite 210 Gaithersburg MD 20878 N.S.A.

الليبوزومات



د. مجدي محمد غنام

الليبوزومات (Liposomes) عبارة عن كريات دهنية -يتراوح قطرها مابين ٢٠ نانومتر إلى ٢٠ ميكرومتراً- تتكون نتيجة تحوصل ذاتي للدهون حول جزء من المحلول التي تتحوصل فيه ، ويختلف شكل وحجم الليبوزومات حسب نوع الدهن والطريقة المستخدمة في التحضير.

يعد العالم الانجليزي آلن بنجهام (Allen Bengham) أول من وضع مسمى الليبوزمات لهذا النوع من الكريات الدهنية ، حيث تم تسجيلها باسمه منذ ذلك الحين ، ورغم أنه كان من الممكن إطلاق أسماء أخرى للدلالة على هذه الكريات مثل الأوعية الدهنية، والكريات الدهنية والحواصل الدهنية- إلا أن اسم الليبوزمات أصبح الأكثر شهرة.

أهمية الليبوزومات

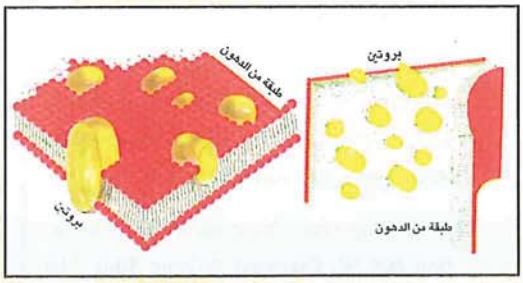
تنبع أهمية الليبوزومات، من أنه يمكن استخدامها كوسيلة لمحاكاة غشاء الخلية من حيث تركيبها وعملها ، حيث ظهر في السنوات الأخيرة علم يسمى علم الفيزياء الحيوية لغشاء الخلية (Cell membrane Biophysics) ، الذي أخذ يستخدم في الطب والصيدلة والكيمياء والأحياء والزراعة والهندسة الوراثية . ومع تطور هذا العلم عزا العلماء سبب جميع الأمراض إلى اختلال عمل مكونات الخلية ومركباتها فاتجهوا إلى دراستها من أجل محاكاتها خاصة غشاء الخلية ، حيث اتضح لهم أن غشاء الخلية يتكون من أنواع كثيرة من الدهون ، يقوم كل نوع بوظيفة معينة حسب نوعه ومكانه في جدار الخلية، ويوضح الشكل (١) غشاء الخلية في أبسط صورة ، كما يوضح الشكل (٢) تركيب جزئ الدهون ، حيث من الملاحظ أنه يتكون من جزئين هما : رأس قُطْبي التكوين ويتجه دائماً إلى الماء ، وذيل يتكون من مجموعات هيدروكربونية ويميل إلى النفور من الماء.

بدأ التعامل مع الليبوزومات، شكل (٣)، قبل حوالي ثلاثين عاماً ، ومع تطور الدراسات والبحوث في مجال العلوم الطبيعية اكتسبت الليبوزومات أهمية كبرى في مجال العلوم الصيدلية خاصة لاستخدامها في صناعة الدواء كمادة طبيعية حاملة ، ومن ثم الانطلاق نحو الاستخدام الطبي في العلاج.

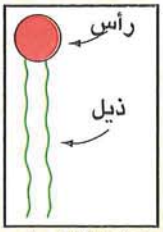
وقد قفزت استخدامات الليبوزومات لتتعدى صناعة الدواء إلى استخدامها في التشخيص والتطعيم ضد الفيروسات المختلفة ، وأدوات التجميل ، والحماية من الأشعة الشمسية وكذلك استخدامها في صناعة الغذاء ، ومن الملاحظ خلال السنوات الأخيرة ازدياد عدد الأبحاث المنشورة دولياً حول مايتعلق بالليبوزومات لتصل مايقارب الألفي بحث سنوياً.

تصنيع الليبوزومات

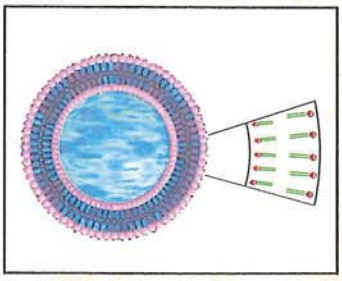
تصنع الليبوزومات من دهون طبيعية مستخرجة من خلايا حية مثل صفار البيض أو نبات الصويا ، وأحياناً من دهون مصنعة معملياً ، وهي غير ضارة أو سامة وغير مرفوضة تماما من جهاز المناعة بجسم الإنسان، حيث من الممكن أن



● شكل(١) نموذج تركيب غشاء الخلية.



● شكل(٢) نموذج تركيب جزئ الدهون.



● شكل(٣) مقطع عرضي من ليبوزوم.

يرتبط خلال غشائها أو يتحوصل بداخلها العديد من المواد والعناصر مثل البروتينات والصبغات والأدوية .

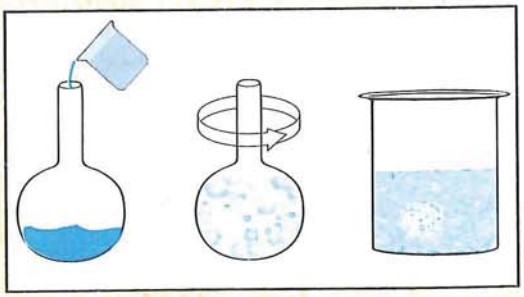
وتصنف الليبوزومات -حسب طريقة تصنيعها اعتماداً على عدد الطبقات الدهنية وحجمها ، جدول (١) - إلى ليبوزومات وحيدة الطبقة (Uncilamellar) ، التي منها الكبيرة والصغيرة الحجم ، وكذلك ليبوزومات عديدة الطبقات (Multilamellar) ، التي غالباً ماتكون ضخمة الحجم.

وكقاعدة عامة يتم تحضير الليبوزومات باستخدام طرق تعمل على المحافظة على مواصفات الدهون المنتجة منها ، والتي تقلل من الأكسدة أو التحلل، وتؤدي الى استقرارها خلال التعامل معها.

وتبدأ عملية التحضير بإذابة الدهون في محاليل عضوية مثل الكحول والإيثر ، والكلوروفورم ، أو خليط من تلك المذيبات بنسب محدودة ، ومن ثم التعامل مع تلك المحاليل الذائبة . وتنقسم طرق التحضير إلى طرق رئيسية وأخرى فرعية حسب نوع المنتج المطلوب ، وذلك كما يلي:

● **الطريقة الميكانيكية**

ترتكز هذه الطريقة ، شكل (٤) ، على إحداث طاقة ميكانيكية لمحلول الدهون يساعد على تحوصل الدهون حول قطرات الماء ، وتتنوع هذه الطريقة ما بين الخلط باستخدام الإهتزاز البسيط والترشيح تحت تأثير الضغط ، إلى استخدام الموجات فوق الصوتية ذات الطاقات العالية ، ويختلف شكل وحجم الليبوزومات المتكونة على مقدار ونوع الطاقة الميكانيكية المبذولة.



● شكل(٤) الطريقة الميكانيكية المبسطة لتحضير الليبوزومات.

الرمز	المسمى	الحجم (نانومتر)
MLV	حويصلات عديدة الطبقات	أكبر من ٢٠٠
SUV	حويصلات وحيدة الطبقة ذات الحجم الصغير	أصغر من ٤٠
LUV	حويصلات وحيدة الطبقة ذات الحجم كبير	من ١٠٠ إلى ١٠٠٠

● جدول (١) تصنيف الليبوزومات حسب عدد الطبقات والحجم.

● **طريقة المذيبات العضوية**

تعتمد هذه الطريقة على خلط الدهون المذابة في بعض المحاليل العضوية ببعض الماء، ومن ثم العمل على تطاير المذيب لتتحوصل الدهون حول قطرات الماء المتبقية مكونة ليبوزومات متوسطة الحجم.

● **طريقة المنظفات**

تعتمد هذه الطريقة على إذابة الليبوزومات المحضرة بأحدى الطرق السابقة ببعض المنظفات التي لاتؤثر على تركيب الدهون، ومن ثم العمل على إزالة المنظف مرة أخرى باحدى الطرق المتعارف عليها ، وبالتالي تعود الدهون مرة أخرى للتحوصل حول كريات الماء مكونة ليبوزومات ذات حجم متوسط ومتجانس.

استخدامات الليبوزومات

تستخدم الليبوزومات في العديد من الصناعات وذلك كما يلي:

● **نظام حامل للدواء**

تستخدم الليبوزومات كنظام حامل للدواء بسبب تشابه بعض خواصها مع تركيب الخلية من حيث أنها دهون طبيعية غير مرفوضة من الجهاز المناعي للجسم وغير سامة ولديها القدرة على حوصلة العديد من الأدوية .

ويعتمد ذلك الإستخدام على الخواص الفيزوكيميائية لليبوزومات ، ونوع الدهن المستخدم ، وحجمها ومدى استقرارها عند حمل الدواء ، وأيضاً مدى تفاعلها مع الخلايا الحية.

ويعتمد جدوى استخدام معظم الادوية على مدى تأثيرها الصحي والعلاجي وقلة التأثيرات الجانبية الضارة لها، وقد نجح العلماء في استخدام الليبوزومات كعامل مساعد حامل للدواء بنسبة تصل إلى ٩٩٪ من الدواء المستخدم ويعد عقار الدوكسيروبيسين أحد الأدوية التي نجحت الليبوزومات في حملها، إذ من المعلوم أن هذا العقار ذو فعالية جيدة في علاج الأورام السرطانية، ويستخدم في مايعرف بالعلاج الكيميائي (chemotheraby)، ولكن تتمثل عوائق استخدامه في مقدار ومعدل الجرعة المستخدمة بسبب سميته العالية لأنسجة القلب، ومقاومة الأنسجة السرطانية له، مما يؤدي إلى استعمال كمية أكبر منه للقضاء على الورم .

وقد وجد العلماء أن حوصلة هذ الدواء داخل الليبوزومات قللت من آثاره السمية والضارة غير المرغوبة لخلايا القلب بنسبة عالية ، كما زادت من فعالية الدواء ، وذلك لعدم فقد الكثير منه في مواضع أخرى داخل الجسم ، فضلاً عن ذلك يمكن زيادة الجرعة المعطاة للمريض عن طريق تحميل الليبوزومات بكمية أكبر من الدواء، مما يعد من أهم مميزات أستخدام الليبوزومات في هذا المجال ، وتستخدم الليبوزومات كمواد حاملة لأدوية علاج الأمراض الفطرية المعدية ، ولأدوية فيروس الكبد الوبائي (أ)، (ب) ، وقد وجُد أيضاً زيادة فعالية الدواء وقلة سمية الدواء المحمل بالليبوزومات ، كما وجد أيضاً أن الأدوية المضادة للإلتهاب قد زادت فعاليتها حوالي سبعمائة ضعف عند تحميلها بالليبوزومات، وذلك في علاج التهابات الأربطة والوصلات . كما تم تحميل الليبوزومات بالأدوية المستخدمة للقضاء على الفيروسات والإنسولين

والمضادات الحيوية العديدة ، وكذلك الأدوية التي تستعمل ككواشف لتحديد مدى الانفصال الشبكي أو قطرات للعين.

ويوضح الجدول (٢) ، بعض منتجات الليبوزومات المحملة بالأدوية والتي تباع بالاسواق ، كذلك بعض تلك التي تمر بالمراحل الأخيرة من الاختبار الصيدلاني والعلاجي لطرحها في الأسواق .

ومن الحقائق العلمية المعروفة أن الجهاز المناعي والكبد يتعاملان مع الأدوية بسرعة كبيرة لاتتعدى بضع دقائق من تعاطي الدواء ويعملان على امتصاصه والتخلص منه ، مما يقلل من استفادة الجسم القصوى منه ، إلا أنه بعد حوصلة بعض الأدوية داخل الليبوزمات مع بعض المركبات التي تساعد علي تضليل جهاز المناعة بالجسم (مادة البولي إيثيلين جليكول) ، وجد أن زمن سريان تلك الليبوزومات المحملة بالدواء داخل الجسم تصل إلى عدة ساعات (حوالي ٦ ساعات) ، كما نقص معدل التخلص من الدواء ، لذلك أطلق على هذا النوع من الليبوزومات بالليبوزومات الشبحية (Stealth liposomes) نسبة إلى تخفيها عن جهاز المناعة بالجسم كالأشباح.

ومن الحقائق العلمية الأخرى المعروفة أنه عند تعاطي الدواء لعلاج أحد الأمراض الموجودة ، مثلاً في أصبع القدم ، فانه يسرى ويصل إلى جميع أعضاء الجسم من الرأس إلى أخمص القدم ، مما يقلل من استفادة العضو المصاب مباشرة.

وقد وجد العلماء أيضاً أنه عندتحميل الليبوزومات ببعض المركبات ذات الصفات الخاصة أو ذات الميل للتعامل مع بعض الخلايا دون الأخرى ، يمكن أن توجه الليبوزومات المحملة بالدواء إلى ذلك العضو المراد علاجه مباشرة ، وبالتالي الإستفادة القصوى من الدواء (Drug Target Specification) ، ولزيادة فعالية توجيه الدواء نحو الهدف مباشرة وزيادة كمية الدواء المعطى للعضو المصاب إتجه العلماء إلى الجمع بين العلاج باستخدام الليبوزومات المحملة بالدواء والطرق العلاجية التقليدية الأخرى مثل العلاج بالإشعاع النووي أو بالموجات الكهرومغناطيسية أو بأشعة الليزر ، مما يزيد من إيداع الدواء في العضو المستهدف أكثر من أي عضو آخر.

الشركة المنتجة والبلد	المنتج التجاري والدواء المستخدم	الاستخدام
Segus الولايات المتحدة	(Doxil) دكسوربسين داخل ليبوزومات شبحية	مضاد للأورام السرطانية
Nexstar الولايات المتحدة	5pyo 7 سيزبلاتين داخل ليبوزومات شبحية	مضاد للأورام السرطانية
	(Daumaxane) دانو داخل ليبوزومات	مضاد للأورام السرطانية
	(Ambiosome) أمفوترسين ب داخل ليبوزومات	مضاد فطري
	(Mikasome) أميكايين داخل ليبوزومات	مضاد حيوي (المرحلة الأخيرة من الدراسات)
Liposome Co. الولايات المتحدة	(Myocet (TLCD- 99) دكسوروبسين داخل ليبوزومات	مضاد للأورام السرطانية (المرحلة الأخيرة من الدراسات)
Asta Medica. ألمانيا	Topical Anticancer - Creme	كريم موضعي لسرطان الجلد
Swiss Serum Inst.، سويسرا	Epaxal	تطعيم فيروس الكبد الوبائي (A)
Biozone lab الولايات المتحدة	ELA - MAX ليدوكابين داخل ليبوزومات	مخدر موضعي

● جدول (٢) بعض منتجات الليبوزومات المحملة بالأدوية واستخداماتها.

● الهندسة الوراثية

استغل العلماء قدرة الليبوزومات على التعامل مع الخلية الحية ، وكذلك قدرتها على حمل العديد من الجزيئات الكبيرة من مورثات وبروتينات وأحماض أمينية لزيادة مقدرة تلك الجزيئات على إختراق الخلية وإيجاد معلومات قيمة حول سلوك وتفاعلات الخلية أثناء انقسامها ، والعمل على تسريع أو إبطاء تلك التفاعلات .ومثالاً لذلك إستخدام الليبوزومات لحمل مصل فيروس الكبد الوبائي للتحصين ضد هذا الفيروس.

● تشخيص الأمراض

من أهم الطرق التصويرية المستخدمة في التشخيص إستخدام الأشعة السينية في التصوير المباشر ، أو عمل صور مقطعية للجزء المراد دراسته – التقنية المعروفة بالتوموغرافيا المسحوبة (C T) – أو استخدام النظائر المشعة في عمل صور مقطعية وزمنية (Scintigraghy) ، وكذلك التصوير باستخدام الرنين المغناطيسي (MRI) ، وتستخدم في تلك الطرق مواد مساعدة كعوامل موضحة للأنسجة الحية (contrast materials) للمساهمة في إيجاد صور لايمكن الحصول عليها بدقة في عدم وجود تلك المواد ، وعليه استخدم العلماء الليبوزومات في حمل تلك المواد سواء كانت إشعاعية أو مغناطيسية أو صبغات ، مما أدي إلى تقليل الآثار الجانبية لتلك المواد وزيادة نسبة تركيزها خلال العضو المستهدف تصويره ، وبالتالي زيادة وضوح الصورة، مما أدى إلى دقة التشخيص ، وحالياً استطاع العلماء تحميل الليبوزومات بالنيتروجين واستخدامها كمادة موضحة لدراسة وتشخيص أمراض الرئتين والشعب الهوائية.

● أدوات التجميل والعناية بالبشرة

قفزت الليبوزومات في الوقت الراهن قفزة هائلة ورائعة في مجال أدوات التجميل والعناية بالبشرة ، ويوجد حالياً مايربو على المائتي منتج متاح في الأسواق العالمية وبعض الأسواق العربية ، وقد استخدمت الليبوزومات في مجال أدوات التجميل لعدة أسباب منها أن الدهون المستخدمة تساعد على ترطيب الجلد ، مما يعطيه المرونة اللازمة للقيام بوظائفه الحيوية، وكذلك حمايته من الأشعة فوق البنفسجية وغيرها ، فضلاً عن القدرة العالية لليبوزمات على حمل الأدوية والمواد الأخرى ، ومن ثم زيادة مقدرة إختراق تلك المواد ، وفي نفس الوقت الإقلال من

تحللها والتخلص منها واستغلالها لأطول وقت ممكن، وتوجد منتجات الليبوزومات على هيئة كريم، جل، معلق، سوائل، أو مساحيق.

● **صناعة الغذاء**

يرتكز استخدام الدهون في صناعة الغذاء على قاعدة أساسية هي صفتها كمستحلب دهني، وبالتالي إنقسمت استخدامات الليبوزومات في مجال الغذاء إلى مايلي :

أولاً : ساعدت حوصلة الإنزيمات المختلفة داخل الليبوزومات على زيادة فاعلية التخمر ونقصان الزمن اللازم لإتمامها، ومن أمثلة ذلك عملية صناعة الأجبان.

ثانياً: تعمل الليبوزومات على زيادة فعالية اللقاحات وحمل الدواء وبعض المواد المغذية لأجزاء النمو المختلفة بالنبات

ثالثاً: تتم معظم العمليات الحيوية الطبيعية من خلال جدار الخلية وبالتالي فإن دراسة تفاعل اللقاحات مع الليبوزومات كنموذج لجدار الخلية الحية يساعد على وضع الضوابط التي تعمل على زيادة التفاعلات البناءة وإنقاص المواد غير المفيدة.

رابعاً : أمكن استعمال الليبوزومات مع مكسبات الطعم والفيتامينات ومضادات الأكسدة.

● **البيئة**

استغل العلماء خواص الليبوزومات والتطور العلمي في ذلك المجال للعمل على الحد من تلوث مياه البحار ببقع الزيت، أو التخلص من بعض النفايات الموجودة بالتربة.

وقد وجد العلماء أن قوة التوتر السطحي للزيت تقل بمعدل خمسين ألف مرة عند إضافة محلول الليبوزومات الى بقع الزيت، مما يسهل عملية تشتيت وفصل بقع الزيت، وبالتالي سحبها والتخلص منها خلال عملية التنظيف، كما هو مبين بشكل (٥).

كذلك أمكن تحميل الليبوزومات ببعض الكائنات الدقيقة التي تتعامل وتعمل على تحلل المواد العضوية، كما استخدم العلماء الليبوزومات كغشاء حيوي لتنقية المياه وتحليتها واستخلاص الأملاح المعدنية المختلفة.

مستقبل الليبوزومات

من المتوقع إزدياد المعروض من أدوية علاج الأورام السرطانية والمضادات الفطرية والحيوية والفيروسية، ومن ثم سوف تقفز إلى الحلبة محاولات علاج مرض الإيدز من خلال تنشيط جهاز المناعة بالجسم.

كذلك يمكن التوسع في استخدام الليبوزومات في مجال أمراض القلب والأوعية الدموية ومايتعلق بها من الكشف عن الجلطات وتصلب الشرايين، فضلاً عن ذلك يمكن إدخال الليبوزومات في صناعة فصائل الدم المختلفة، وذلك عن طريق تحميلها بمادة الهيموجلوبين اللازم لمعظم الوظائف الحيوية لخلايا الدم، ومن ثم تغليفها بمادة البولي إيثلين جيليكول لمنع جهاز المناعة من التعامل معها وتدميرها (الليبوزومات الشبحية).

وبالرغم من ارتفاع سعر المواد المصنعة لليبوزومات في مجال صناعة الدواء ورخصها نسبياً في صناعة أدوات التجميل إلا أنه من المتوقع أن تزداد كفاءة وكمية المنتج وبالتالي رخص ثمنه.

● محاصرة التلوث البترولي في المياه بضخ كمية من الليبوزمات في منطقة التلوث.

المراجع

1. **Bangham A. and Dauslon** R(1958-1962) Biochem. J and Bichem BioPhys. Acta.

2. **Gregoriadis G.** (1993) "Liposome Technology" CRC Press.

3. **Dean** J,.. and **Nicolas** (1994) "Lipsomes as Carriers for Drugs and Antigens" Drug Devol. and Industrail pharmacy, 20.

4. **Paternostre M**,.. and Ghannam M. (1995) "Partition Coefficient of a Surfactant between aggregates and solution" Biophysical J., 69,

5. **Kullkarni, S**,.. and **Singh M.** (1995) "Factors Affecting Microencapsulation of Drugs in Lipsomes" J. microencapsulation, 12.

6. **Babincova M.** and **Bibinec P.** (1995) "Possibility of magnetic targeting of drugs using magnetoliposomes" Pharmajie, 50.

7. **Lasic D.** (1995) "Lipsomes from Physics to Applications". Elsevier Press.

8. **Ghannam M,**.. and **Ali F.** (1996) "Effects of the external fields on the Drug released from Lipsomes" EJB,1.

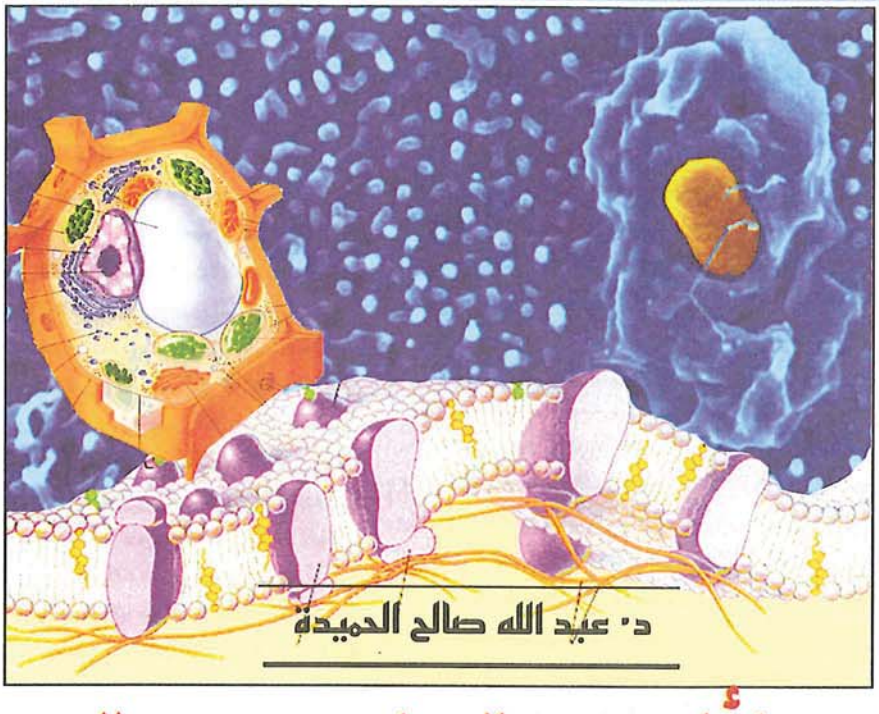
9. **Vermuri S** and **Rhodes C.** (1995) "Preparation and characterization of Lipsomes as therapeutic delivery" pharmaceutica Acta Helvetiate.

10. **Dmitri K**,.. and **Papahadjpouls D.** (1997) "Sterically Stablized Anti-HERZ Immuno Liposomes, Design and Targeting to Human Breast Cancer" Biochemistry, 36.

11. **Gaber M., Ghannam M,**.. (1998) "Interaction of Doxorubicin with phosopholipid monolayer and lipsomes" Biophysical chemisty, 70.

12. **Lasic D.** (1998) "Novel Application of Lipsomes" TIBTECH, 16.

13. **Lasic D.** and **Papahadjopoulos** (1998) "Medical Application of Liposomes" Elsevier Press.



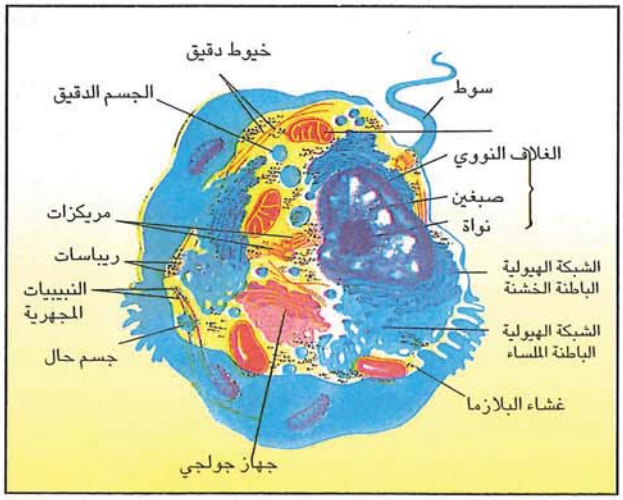
د. عبد الله صالح الحميدة

الأغشية الحيوية

الخلية هي الوحدة الأساس لبناء الأجسام الحية. إذ يتكون كل نسيج من خلايا متشابهة، تتجمع الأنسجة لتشكل الأعضاء المختلفة التي تشكل جسم الكائن الحي.

يحيط بالخلية غشاء ذو طبقة دهنية مزدوجة (Lipid bilayer) يطلق عليه غشاء الخلية (Cell membrane)، ويتميز بأنه ذو نفاذية أختيارية (Selectively permeable)، يفصل بين الخلية وبيئتها، كما تحتوي الخلية على عدد من الأغشية تقسم حيز الخلية إلى عدة حجرات قد تختلف عن بعضها البعض في محتوياتها نتيجة لفصلها بتلك الأغشية، ويؤدي هذا التنظيم إلى حصر الحليلات (Substrates) مع الإنزيمات في الحجرة نفسها لكي تتفاعل بكفاءة عالية. وأحياناً تكون هذه الأنزيمات جزء لايتجزأ من تركيب الغشاء، كما في الغشاء الداخلي للمتقدرات (Mitochondria).

تتكون الخلية من نواة (Nucleus) وعضيات (Organelles) تسبح في الهيولي(Cytoplasma)، شكل (١)، ويلعب الهيولي دوراً هاماً في تأدية الخلية لوظائفها المختلفة، كما يقوم بالعديد من الوظائف الحيوية الأخرى، حيث تتم فيه عمليات البناء، مثل عملية تصنيع الدهون والبروتين والأنواع الأخرى من الجزيئات الكبيرة (Macromolecules)، كما يتم فيه أيضاً توليد الطاقة اللازمة للقيام بتلك العمليات حيث تستخلص معظم تلك الطاقة من عملية هدم (أكسدة) المواد الغذائية التي تدخل الخلية.



● شكل (١) خلية حيوانية نموذجية.

الأغشية الحيوية

تحتاج الكائنات ـ لكي تبقى حية ـ إلى أغشية حيوية (Biological Membranes) تعزل محتوياتها الداخلية والعضيات عن محيطها الخارجي . تتحكم هذه الأغشية في حركة المواد من وإلى الخلية للمحافظة على مكوناتها، فمثلاً لهذه الأغشية القدرة على ضبط سريان المعلومات بين الخلايا؛ إما بالتعرف على جزيئات التأشير (Signal molecules) التي تستقبلها من الخلايا الأخرى، أو بإرسال أشارات كيميائية أو الكترونية إلى خلايا أخرى. كما تساهم الأغشية في تحرر الطاقة، كما في عملية التمثيل الضوئي والفسفرة التأكسدية التي تتم فيها؛ ولذلك فإن لأغشية الحيوية ليست مجرد أغشية خاملة، بل هي أجزاء نشطة وحيوية في الخلية الحية. حيث تحتوي جميعها على دهون فسفورية، وبروتينات، بالأضافة إلى كميات قليلة من السكريات.

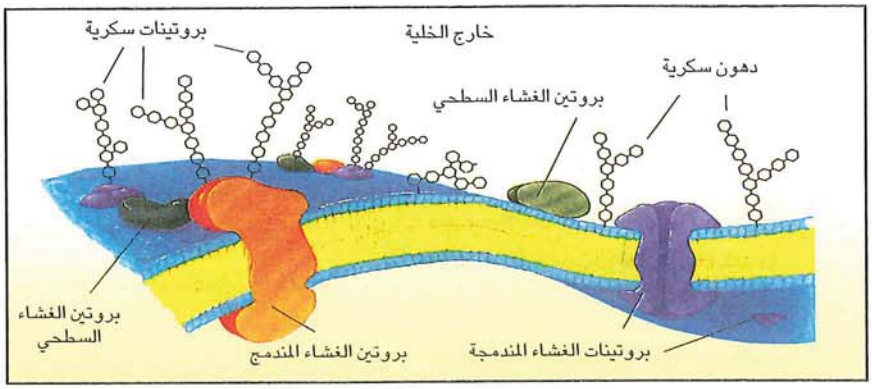
تلعب مرونة الغشاء والجزيئات البروتينية (داخلية وخارجية)دوراً هاما في عملية الإتصال ونقل المعلومات بين الخلايا المختلفة، كما توجد تأكيدات حديثة على أن فشل الإتصال بين خلية وأخرى يحدث مشاكل خطيرة للعضو ويمكن أن تكون أحد الأسباب الرئيسية في حدوث السرطانات.

● مكونات الأغشية الحيوية

تتكون الأغشية الحيوية من ثلاث مركبات رئيسية، هي:

* **الدهون:** ويتشابه تركيبها العام في جميع الأغشية الحيوية ، فهي تتكون من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهون الفسفورية، و الكوليسترول، والدهون السكرية، والبروتينات السكرية.

تشكل الدهون طبقة مزدوجة، تتكون كل منها من أحماض دهنية فسفورية ذات



● شكل (٢) تركيب غشاء خلية حقيقية.

طرفين مختلفين (Amphipathic)، أحدهما قطبي يعرف بالرأس، والآخر غير قطبي يعرف بالذيل.

تترتب جزيئات الدهون الفسفورية بشكل منتظم، بحيث تكون الأطراف غير القطبية (الذيول) بإتجاه وسط الغشاء، بينما تقع الأطراف القطبية (الرؤوس) التي تحمل شحنة كهربائية ساكنة (Electrostatic) قرب سطح الغشاء الداخلي باتجاه الهيولي (السيتوبلازما) أو السطح الخارجي للغشاء، مكونة طبقة دهنية مزدوجة تجعل من الغشاء نظاماً ثابتاً، كما هو موضح في شكل (٢). ولأن معظم دهون الغشاء تحتوي على سلسلتين من الأحماض الدهنية المؤسترة (Fatty acyl) المشبعة (Saturated)، والتي تحتوي ـ عادة ـ على مابين ١٤ إلى ٢٤ ذرة كربون، وسلسلة واحدة غير مشبعة (Unsaturated) تحتوي على رابطة واحدة أو أربع روابط مزدوجة (Double bond) من النوع الجانبي(.Cis) ، فإن هذه الروابط المزدوجة تُكَوِّنْ أنحناءات (Bends) في سلسلة الحمض الدهني، فتلعب دوراً أساسياً في سيولة (Liquid) الغشاء. أما الأطراف غير القطبية فتوفر قوة الأستقرار والثبات الرئيسية للغشاء، و تدعم هذه القوة قوى أخرى ناشئة من أن الأطراف القطبية الرأسية تكون بعيدة عن بعضها البعض، فتشارك هذه الأطراف في أستقرار وثبات الغشاء، نتيجة لتفاعلات قوى غير تساهمية (Non-covalent)، مثل الروابط الأيونية، والروابط الهيدروجينية، وغيرها مع الجزيئات القطبية المجاورة.

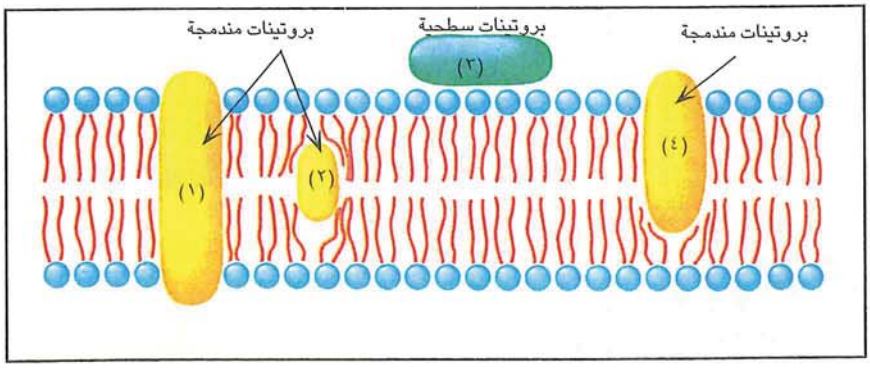
توثر الأحماض الدهنية على سيولة غشاءَ الخلية، حيث لوحظ أن سيولته تزداد كلما زاد محتواه من الدهون غير المشبعة، وقد وجد أن بعض الكائنات الحية مثل البكتيريا تستطيع تغيير نسبة الدهون المشبعة إلى غير المشبعة إستجابة للتغيرات في درجة الحرارة أثناء نموها، . وقد وجد أيضاً أن فخذ حيوان الرنة **Reindeer** يحتوي على كميات كبيرة من الدهون غير المشبعة القريبة من الحافر(الظلف) حيث يكون عرضة للبرودة أكثر من باقي الجسم، وبالتالي يكون غشاء الخلية للحافر سائلاً أثناء فترة البرد والجليد.

* **البروتينات:** وتقوم بمعظم الوظائف الخاصة للغشاء ، لذلك تتباين كميتها ونوعها من غشاء إلى آخر. فكلما كان الغشاء مساهماً في العمليات الأيضية، كانت كمية البروتينات كبيرة.

وقد دلت التجارب على أن بعض جزيئات بروتينات الغشاء تتحرك وتنتشر بحركة جانبية سريعة، والبعض الآخر لها القدرة على التجمع (Aggregations) والالتصاق (Patch) على سطح الخلية أو العضي، الأمر الذي يؤدي إلى عرقلة الحركة الفردية لجزيء البروتين، بينما يمكن لها أن تتحرك حركة جماعية مع بعضها البعض مكونة هيكلاً ملتصقاً، كما في مستقبلات أسيتل كولين (Acetylcho-line) . ويتجمع البعض الآخر من بروتينات الغشاء مع بعضه البعض مكوناً مرساة (Anchor) تمنع حرية حركة جزيئات البروتينات الفردية داخل الطبقة الدهنية المزدوجة للغشاء، كما هو الحال في كريات الدم الحمراء التي تحتوي على جزيء جلايكوفورين (Glycophorin) وجزئ تبادل البيكربونات والكلوريد (Chloride bicarbonate exchanger)

تتفاعل جزيئات الدهون للطبقة المزدوجة مع جزيئات بروتينية فتعمل كقناة (Channel) لعبور الجزيئات والأيونات من وإلى الخلية، كما تعمل هذه البروتينات كعلامات للتعرف على الصفة المناعية للخلية (Immunological identi-ty) يمكن تقسيم بروتينات الغشاء بناءاً على تفاعلها وإنتظامها إلى عدة مجموعات، هي:

ـ بروتنيات الغشاء الجوهرية (Intrinsic): وتتميز بأنها لها مجاميع قطبية (مشحونة) ومجاميع غير قطبية (غير مشحونة). تقع المجاميع القطبية بين الأطراف القطبية لجزيئات الدهن على الجانب الهيولي أو الخارجي للغشاء، بينما تقع المجاميع غير قطبية (غير مشحونة). بين سلاسل الأحماض الدهنية غير القطبية في عمق الغشاء.



● شكل (٣) بعض أنواع البروتينات الملتصقة بالغشاء.

- بروتينات الغشاء الناقل (Transmembrane): وتمثل بعض أنواع جزيئات البروتينات التي تمتد عبر كامل عرض الطبقة الدهنية المزدوجة للغشاء، تمتلك هذه البروتينات مناطق كارهه للماء (Hydrophobic) مدفونة في عمق الطبقة المزدوجة للغشاء، وتتفاعل مع الطرف غير القطبي لجزيئات الدهن الفسفوري. وتتميز هذه المناطق في أغلب الأحيان بأنها حلزونية (Helical) الشكل مكوّنة أنابيب قاسية ومرصعة (studded) بالسلاسل الجانبية للأحماض الأمينية للبروتين الكارهة للماء، وقد يحتوي البروتين الناقل على منطقة واحدة أو أكثر من هذه المناطق الحلزونية.

- البروتينات المندمجة (Integral): وتشمل بعض جزيئات البروتينات التي لا تمتد عبر كامل عرض الغشاء، ولكن تمتد فقط عبر النصف الداخلي أو الخارجي لهذه الطبقة، وترتبط تساهمياً (Covalently) بالسطح الداخلي؛ إما بسلسلة الحمض الدهني أو بالدهن الفسفوري. كما هو مبين في شكل (٣) و يمكن فصل هذا النوع من البروتينات عن الغشاء بتمزيقه بواسطة المذيبات العضوية أو المنظفات.

- بروتينات الغشاء السطحية (Peripheral): ويطلق عليها هذا الإسم لأنها لا تمتلك مجاميع غير قطبية مدفونة في وسط الطبقة الدهنية المزدوجة، لذلك فإن جزيئاتها ترتبط بالغشاء إرتباطاً غير محكم بواسطة قوى غير تساهمية تعمل بين المجموعات القطبية، و بالتالي يمكن فصلها بإستخدام المذيبات العضوية أو المنظفات أو تغيير الرقم الهيدروجيني (pH)، أو تغيير القوة الأيونية (Ionic strength) دون أن يحدث تمزق للغشاء الحيوي، و من أمثلتها بروتين سيتوكروم ج (Cytochrome c) للغشاء الداخلي للمتقدرات (للميتوكندريا).

السكريات : وتوجد بكميات قليلة حيث ترتبط معظمها برابطة تساهمية مع البروتينات مكوّنة البروتينات السكرية (Glycoproteins)، أومع الدهون مكونة الدهون السكرية (Glycolipids).

ترتبط جزيئات السكر بجزيئات بروتينات الغشاء؛ إما عن طريق المجموعة الوظيفية الأميدية ($Amide\ CONH_2$) للسلسلة الجانبية للأسبارجنين (Asparagine) أو مجموعة الهيدروكسيل (OH) للسلسلة الجانبية لسيرين (Serine) أو الثريونين (Threonine). تُكَوِّنْ هذه الجزيئات السكرية - عادة - سلاسل صغيرة ومتفرعة تحوي ما بين ٤ إلى ١٢ جزئ سكر مغطية السطح الخارجي للخلية، ومكوّنة طبقة سكرية تعرف بغطاء الخلية (Cell coat)، أو الكأس السكري (Glycocalys). تتألف هذه الطبقة من سلاسل طويلة من سكريات مركبة ترتكز على جزيئات بروتينية تخترق النصف الخارجي من الغشاء شكل (٢).

يساهم غطاء الخلية في تعرف الخلية على خلية أخرى، ومن ثم إلتصاقها بها، وهناك علاقة وثيقة بين غشاء الخلية وغطائها. فعند إزالة الغطاء دون تمزيق الغشاء تبقى الخلية قابلة للحياة، و تستطيع توليد غطاء جديد، غير أن تمزق غشاءها يؤدي إلى موتها.

يمكن تلخيص أهم الوظائف الذي يقوم بها غطاء الخلية بما يلي:

١- يقوم معظمها بطرد المواد الأخرى ذات الشحنة السالبة بسبب إمتلاكها لشحنات سطحية سالبة.

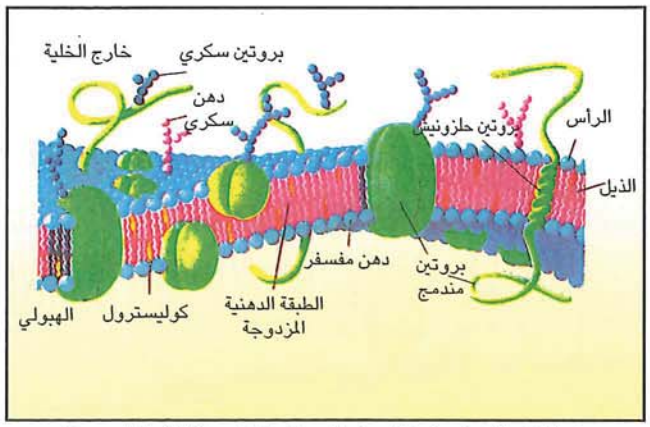
٢- يعمل على إلتصاق الخلايا مع بعضها البعض.

٣- تلعب دوراً مهماً في عمليات التعرف الجزيئي لبعض المواد، مثل المستقبلات الهرمونية (Hormonal receptor)

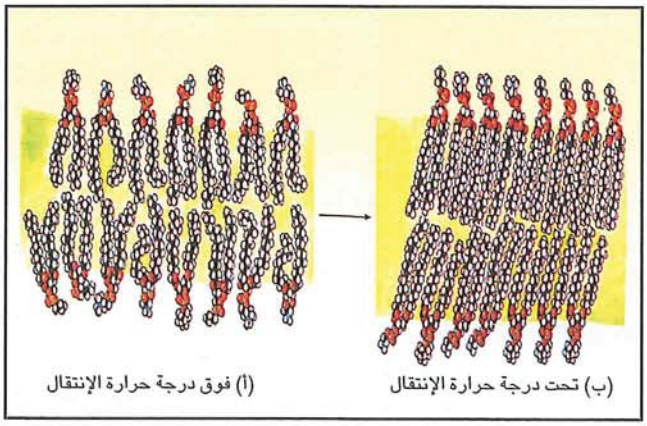
٤- تتعرف على المواقع التي تمنح الخواص المناعية للخلية (immunological identity).

نموذج الأغشية الحيوية

يُعَرَّفْ النموذج الحالي لترتيب و تنظيم مكونات الأغشية الحيوية بنموذج الفسيفساء السائل (Fluid mosaic model) وذلك حسب النظرية التي إقترحهاالباحثان (Singer و Nicolson) عام ١٩٧٢م، والتي تشير إلى سيولة الدهون وتنوع الهيكل بشكل عام، شكل (٤)، وبناءً على هذه النظرية وجد أن سمك كل وريقة غشائية (Leaflet) حوالي ٢,٥ نانومتر (nm) ، وسمك الجزء الرأسي حوالي ١ نانومتر، وسمك الجزء الذيلي حوالي ١,٥ نانومتر، وتتأثر سيولة هذه الطبقة بعدة عوامل، منها:



● شكل (٤) نموذج الفسيف السائل لتركيب الأغشية الحيوية.



● شكل (٥) أطوار الإنتقال للطبقة الدهنية المزدوجة.

* **الحرارة:** وتؤثر تغيراتها في حالة الطبقة الدهنية المزدوجة، فمثلاً عند درجة الحرارة المنخفضة نسبياً (٢٠°م) تقترب وترتص وتنتظم الأطراف الهيدروكربونية (الذيل) للطبقة الدهنية المزدوجة مع بعضها البعض لتكون هيكلاً قاسياً منتظماً. تعرف بالحالة الهلامية(Gel state)، وعندما تزداد درجة الحرارة إلى حوالي (٣٧°م) يتحول الغشاء إلى الحالة البلورية ، أما عندما تصل درجة الحرارة إلى أعلى من (٤٢°م) فإن الجزيئات الدهنية تتموج بسرعة أكبر مسببة أنصهار الطبقة الدهنية المزدوجة وتحولها إلى الحالة السائلة (Liquid state)، شكل (٥)، وتعرف الحرارة التي تصبح عندها الطبقة الدهنية المزدوجة سائلة بحرارة الأنتقال (Transition)، وتتراوح - عادة - لمعظم الأغشية الحيوية ما بين ١٠ - ٤٠ درجة مئوية.

تتأثر درجة حرارة الإنتقال(أي أن الطبقة الدهنية تكون أكثر سيولة)بعدة عوامل، منها : طول الذيل، و عدد ذرات الكربون، ووجود الروابط المزدوجة، فالسلاسل القصيرة تتفاعل عند درجة حرارة أقل مقارنة بالسلاسل الطويلة، لذلك تتميز بدرجة حرارة إنصهار أقل. بينما يؤدي وجود الروابط المزدوجة في الذيل إلى تكوّن أنحناءات، وبالتالي يصعب على الدهن الفسفوري أن يرتص وينتظم، الأمر الذي يزيد من سيولة الطبقة المزدوجة، ويلاحظ هذا في الزيوت النباتية، مثل زيت الزيتون الذي يكون سائلاً، بينما تكون الشحوم صلبة عند درجة حرارة الغرفة.

* **الكوليسترول:** ويلعب دوراً في تنظيم درجة حرارة الإنتقال أثناء تغير درجة حرارة الجسم في الفصول المختلفة، فمثلا عند درجات حرارة أقل من الدرجة الإنتقالية للبروتين فإن الحلقات الهيدروكربونية والسلسلة الجانبية للكولسترول تمنع ترتيب وصف وتنظيم الأطراف غير القطبية (الذيل) للغشاء، الأمر الذي يزيد من سيولة الطبقة الدهنية المزدوجة. والعكس صحيح عندما تكون درجة الحرارة أعلى من الدرجة الإنتقالية للغشاء فإن نظام الحلقة الهيدروكربونية الصلب للكولسترول تقلل من حرية الحركة للأطراف غير القطبية للطبقة الدهنية المزدوجة المجاورة للكولسترول، وبذلك تمنع عملية الدوران فتؤدي إلى تقليل سيولة الغشاء. وبهذا فإن وجود الكولسترول في الطبقة الدهنية المزدوجة مهم جداً في تقليل سيولة غشاء الخلية وجعله يقاوم إلى حد ما التغيرات في البيئة المحيطة بالكائن الحي، خاصة تغيرات درجات الحرارة أثناء فصول السنة.

كما يؤثر أن ترتيب ووضع جزيئات الكوليسترول على سيولة الغشاء ، فعلى سبيل المثال تحتوي أغشية خلايا الكائنات الحقيقية (Eukaryote) على جزئ كوليسترول واحد لكل جزئين من الدهن الفسفوري. تقع جزيئات الكوليسترول بين الطبقة الدهنية المزدوجة للدهون الفسفورية، بحيث تكون مجموعة الهيدروكسيل قريبة من الطرف القطبي (الرأس) للطبقة الدهنية المزدوجة، بينما تكون الحلقات الهيدروكربونية والسلسلة الجانبية للكوليسترول مدفونة داخل الطبقة الدهنية المزدوجة - كما يشاهد في الشكل (٤) - وبالتالي يقلل هذا الترتيب والتفاعل لجزيئات الكوليسترول من سيولة الغشاء.

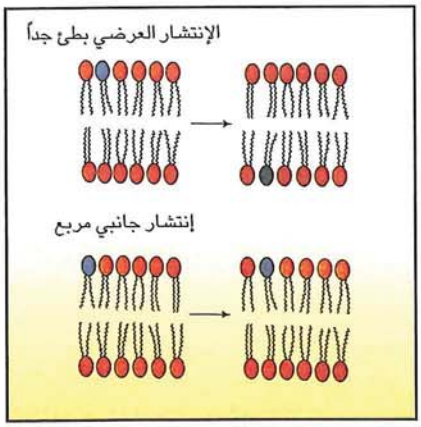
تحتوي بلازما الدم على عدة بروتينات دهنية - كوليسترول - منها مايعرف بالبروتينات الدهنية عالية الكثافة (High-density lipoproteins HDL) وتعد هذه البروتينات المستقبلات (Receptors) الرئيسية في السائل الخارجي للخلايا (Extracellular fluid) للكوليسترول المتحرر من الخلايا بطريقة النقل السطحي للكوليسترول، وهذه هي الخطوة الأولى في النقل العكسي للكولسترول حيث يتم فيها نقل الكميات الزائدة منه في الأنسجة غير الكبدية (Extra hepatic) إلى الكبد وبالتالي إفرازه في الصفراء للتخلص منه.

* **الروابط المزدوجة في الذيل:** وتؤدي إلى تكون إنحناءات، وبالتالي يصعب على الدهن الفسفوري أن يرتص وينتظم، الأمر الذي يزيد من سيولة الطبقة الدهنية المزدوجة، كما في الزيوت النباتية، مثل زيت الزيتون الذي يكون سائلاً عند درجة حرارة الغرفة بينما تكون الشحوم صلبة عند نفس الدرجة من الحرارة.

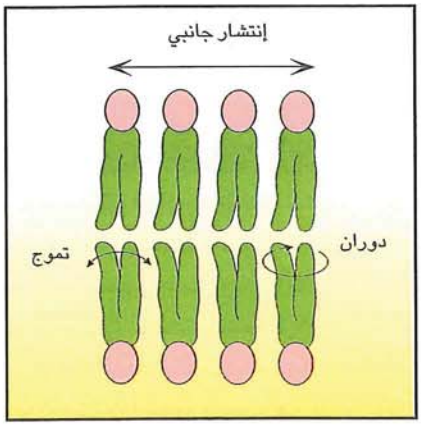
● حركة الجزيئات في الطبقة الدهنية

دلت التجارب على أن جزيئات الدهن الفسفوري لها القدرة على الحركة، إذ ينتشر بعضها بسرعة بحركة جانبية (Lateral movement)، وبعضها بحركة دورانية (Rotation) حول محورها من الرأس إلى الذيل، أما البعض الآخر فله القدرة على التموج (Waving) حول النهايات الطرفية المرنة للذيل. تتحرك جزيئات الدهون داخل الطبقة نفسها، أما تحركها من طبقة إلى إخرى فيعد نادراً، أو ربما مستحيل كما في الشكلين (٦، ٧).

من جانب آخر تتباين قدرة جزيئات بروتين الغشاء على الحركة حسب تركيبها



● شكل (٦) إنتشار جزيئات الطبقة الدهنية المزدوجة.



● شكل (٧) حركة جزيئات الطبقة الدهنية المزدوجة.

الغشاء الخلوي	الغشاء الخلوي النسبة المئوية (٪) (وزن/وزن)		
	دهون	بروتين	سكريات
كرية الدم الحمراء (الإنسان)	٤٣	٤٩	٨
خلية عصبية للنخاع (الإنسان)	٧٩	١٨	٣
المتقدرات (كبد الجرذان)			
الغشاء الداخلي	٢٣	٧٥	٢
الغشاء الخارجي	٤٧	٥٠	٣

● جدول (١) مكونات الغشاء الخلوي لبعض الخلايا.

و تصنيفها. ويمكن لجزيئات البروتين أن تتحرك جانبياً في الغشاء، مثلها مثل قطع الجليد في البحيرة، لأن الطبقة الدهنية المزدوجة تكون سائلة عند درجة حرارة الجسم الطبيعية.

● تنوع الغشاء الخلوي

تتنوع الخلايا في وظائفها سواءاً في تكوينها أو في تركيبها، فعلى سبيل المثال نجد أن أحد الأطراف للغشاء العازل للخلية العصبية ـ تتكون من مادة نخامية (Myelin) ـ يحتوي على حوالي ٧٩٪ من وزنه من الدهون، بينما يحتوي غشاء كرية الدم الحمراء على بروتينات أكثر قليلاً، إذ يحتوي على (٤٩٪) بروتين مقابل.(٤٣٪) دهون، ومع أن معظم جزيئات البروتين مرتبطة بالطبقة الداخلية للغشاء، إلا أنها تساهم في تكوين هيكل الخلية، كما أن الأغشية التي لها دور رئيسي في العمليات الأيضية (Metabolism) ولها وظائف أنزيمية مثل الغشاء الداخلي للمتقدرات تحتوي على ٧٥٪ بروتين،جدول (١).

النقل عبر الأغشية الحيوية

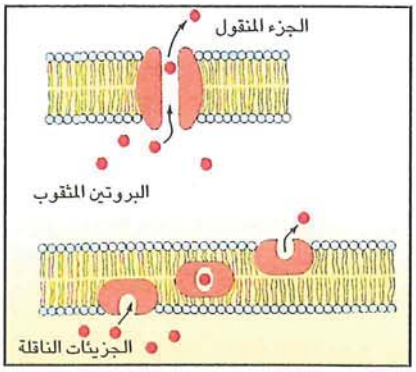
تعد عملية نقل المواد والأيونات ما بين داخل الخلية وخارجها عملية حيوية نشطة ومهمة لاستمرار عمل ونمو الخلية. فالأغشية الحيوية ليست منفذة لكل المواد والأيونات، ولكنها ذات نفاذية أختيارية، ولذا فإنها تلعب دوراً مهماً وحيوياً في بقاء الخلية، كما تحافظ على تماسك العضيات وتفصلها عن الهيولي، كما تعمل كأماكن للتفاعلات البيوكيميائية في الخلايا الحية. إضافة لذلك فإنها تنظم وتتحكم بالأنزيمات الضرورية لجميع العمليات الحيوية. تسمح الأغشية الحيوية بعبور العديد من الجزيئات والأيونات من خلال آليتين مختلفتين، هما:

● النقل السلبي

تتميز آلية النقل السلبي (Passive transport) بأنها لا تتطلب صرف طاقة من قبل الخلايا، كما أن الخلايا لا تظهر نشاطاً خاصاً؛ كأن تسمح لمواد معينة بالأنتقال وتعرقل مواد أخرى، أو تسمح بانتقال مواد أسرع من مواد أخرى، وبالتالي فإن الطاقة التي تولد هذا الإنتقال هي الطاقة الحركية الإعتيادية للجزيئات، أي ما يعرف بالإنتشار (Diffusion)، وتنقسم هذه الآلية بدروها إلى نوعين،هما:

*** الانتشار البسيط (Simple Diffusion):** ويقصد به صافي عملية نقل الجزيئات والأيونات من مناطق تركيزها العالي إلى مناطق تركيزها المنخفض نتيجة للحركة العشوائية للجزيئات والأيونات الناتجة عن الطاقة الحرارية، ويمكن أن يتم الأنتشار البسيط للجزيئات والأيونات خلال الغشاء بطريقتين: من خلال فتحات الطبقة الدهنية المزدوجة للغشاء، ومن خلال القنوات المائية في بعض البروتينات الناقلة. لذلك يستطيع الأنتشار عبر هذا الغشاء أي جزئ بامكانه الذوبان في الغشاء، ويعتمد معدل انتشاره على تدرج gradient تركيز المادة عبر الغشاء، وعلى معامل انقسام الجزئ بين الوسطين القطبي وغير القطبي للغشاء. ومن أمثلة الجزيئات التي تعبر الغشاء غالباً أو كلياً بواسطة هذا الأنتشار، الماء والأكسجين وثاني أكسيد الكربون والكحول وغيرها، كما تعتمد النفاذية السالبية للأيونات عبر الغشاء على نصف قطر الأيون المتميه (Hydrated).

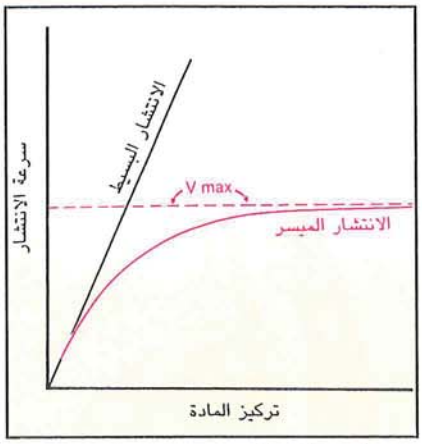
وتعد الذوبانية الدهنية للمادة أهم عامل يحدّد سرعة تحرك المواد خلال الطبقة الدهنية المزدوجة. فمثلاً يذوب لأكسجين والنيتروجين و الكحول كلياً ومباشرة في



● شكل (٨) نقل الجزيئات بواسطة النقل الميسر.

الطبقة الدهنية المزدوجة بسبب ذوابانيتها العالية، ثم تنتشر خلال الغشاء بالطريقة نفسها التي يتم بها إنتشار هذه المواد في المحلول المائي. ويتضح من ذلك أن سرعة انتشار هذه المواد خلال الغشاء يتناسب تناسباً طردياً مع درجة ذوبانيتها في الدهون، لذلك فإن كميات كبيرة من الأكسجين يمكن أن تنتقل بهذه الطريقة. بالرغم من أن الماء لا يذوب بالدهون بدرجة كبيرة جداً، لكنه يخترق غشاء الخلية بسهولة ويعبر معظمه مباشرة خلال قنوات البروتين. وتصل سرعة الإختراق إلى سرعة مذهلة، فمثلاً تبلغ كمية الماء الكلية التي يمكن أن تنتشر خلال غشاء كرية الدم الحمراء في الثانية الواحدة حجماً يساوي ١٠٠ ضعف حجم الخلية نفسها. إلا أن المواد المحبة للماء تكون نفاذيتها محدودة جداً عبر الطبقة الدهنية المزدوجة للغشاء، بينما نفاذية الأغشية للأيونات عالية جداً، حيث أنها تنجذب كهروستاتياً مع جزيئات الماء، وتتحرك داخل وسط الغشاء مكوّنة ما يعرف بغلاف الأذابة (Solvation shell).

*** الانتشار الميسّر (Facilitated Diffusion):** ويتضمن نقل الجزيئات من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز المنخفض بطريقة مشابهة للأنتشار البسيط، إلا أن الجزيئات لا تستطيع ـ بهذه الطريقة ـ العبورخلال الغشاء من دون مساعد بروتين حامل لها. وهذا يعني أن الحامل البروتيني ييسّر انتشار الجزيئات للجهة الثانية، ولهذا يعرف بالانتشار الميسّر، ولا يتطلب صرف طاقة، ويوضح شكل(٨) أن هناك أنواعاً



● شكل (٩) تأثير تركيز المادة على سرعة الأنتشار خلال الغشاء.

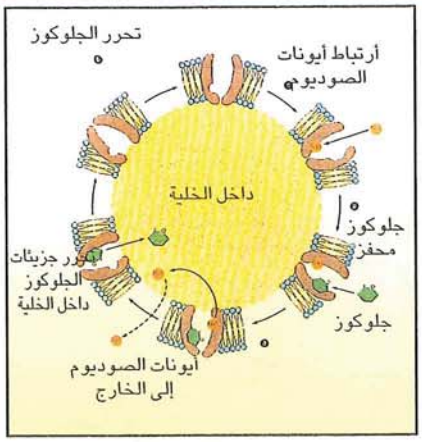
عدة من بروتينات النقل، منها ما يلي:

ـ البروتين المثقوب :وهو عبارة عن قناة أو نفق له فتحتان؛ الأولى مفتوحة للخارج بينما الفتحة الثانية مفتوحة للداخل. لذا يتم نقل الجزيئات عبر هذه القناة من تركيزها العالي إلى تركيزها المنخفض.

ـ البروتين الناقل: وفيه يتم ارتباط الجزيء المراد نقله في منطقة الربط الخاصة به، ثم يقوم البروتين بنقله من منطقة التركيز العالي ـ عابراً الغشاء الخلوي ـ إلى منطقة التركيز المنخفض، ومن الأمثلة على ذلك الحركة السريعة للجلوكوز والفركتوز خلال خلايا الأمعاء الدقيقة، وأيضاً حصول خلايا كريات الدم الحمراء وخلايا العضلات وخلايا الكبد على الكربوهيدرات بسرعة.

وتعد جزيئات الجلوكوز وبعض الأحماض الأمينية من بين أكثر المواد ـ الضرورية ـ التي تعبر الغشاء بهذه الطريقة، وقد تم التعرف على الوزن الجزيئي لجزئ البروتين الناقل للجلوكوز، و يبلغ حوالي ٤٥٠٠٠ دالتون، كما يتم نقل العديد من السكريات الأحادية الأخرى التي لها التركيب الكيميائي الشبيه بالجلوكوز بنفس البروتين الناقل.

قد يوجد بعض المواد التي تساعد على زيادة سرعة الأنتشار الميسّر، إذ لوحظ أن الأنسولين يساعد على سرعة الإنتشار



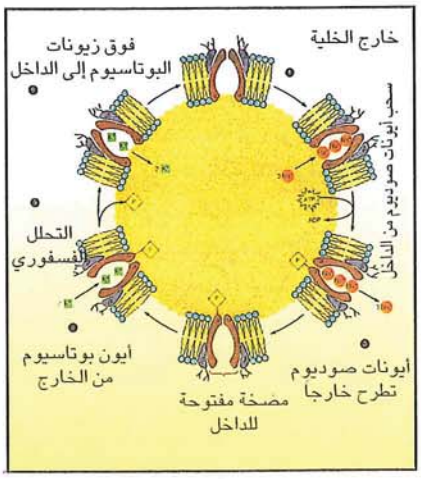
● شكل (١٠) نقل الجلوكوز بمصاحبة الصوديوم.

الميسر للجلوكوز حتى تصل مابين ١٠ – ٢٠ ضعفاً.

الجدير بالذكر أن الأنتشار الميسّر يختلف عن الأنتشار البسيط في أن سرعة الأنتشار البسيط خلال القناة المفتوحة تزداد نسبياً مع زيادة تركيز الجزيئات المنتشرة (بنسبة طردية مع التركيز)، أما في حالة الأنتشار الميسّر فتصل سرعة الأنتشار إلى الحد الأقصى ـ تعرف بالسرعة القصوى (Maximum velocity.Vmax) ـ عندما يزداد تركيز الجزيئات (عندها يصل الأنتشار إلى حالة التشبع)، ويوضح شكل (٩) الفرق بين الأنتشار البسيط والأنتشار الميسّر.

● النقل النشط

يتطلب النقل النشط (Active transport) صرف طاقة من قبل الخلايا، كما أن الخلايا تظهر نشاطاً خاصاً. وتتضمن هذه الآلية



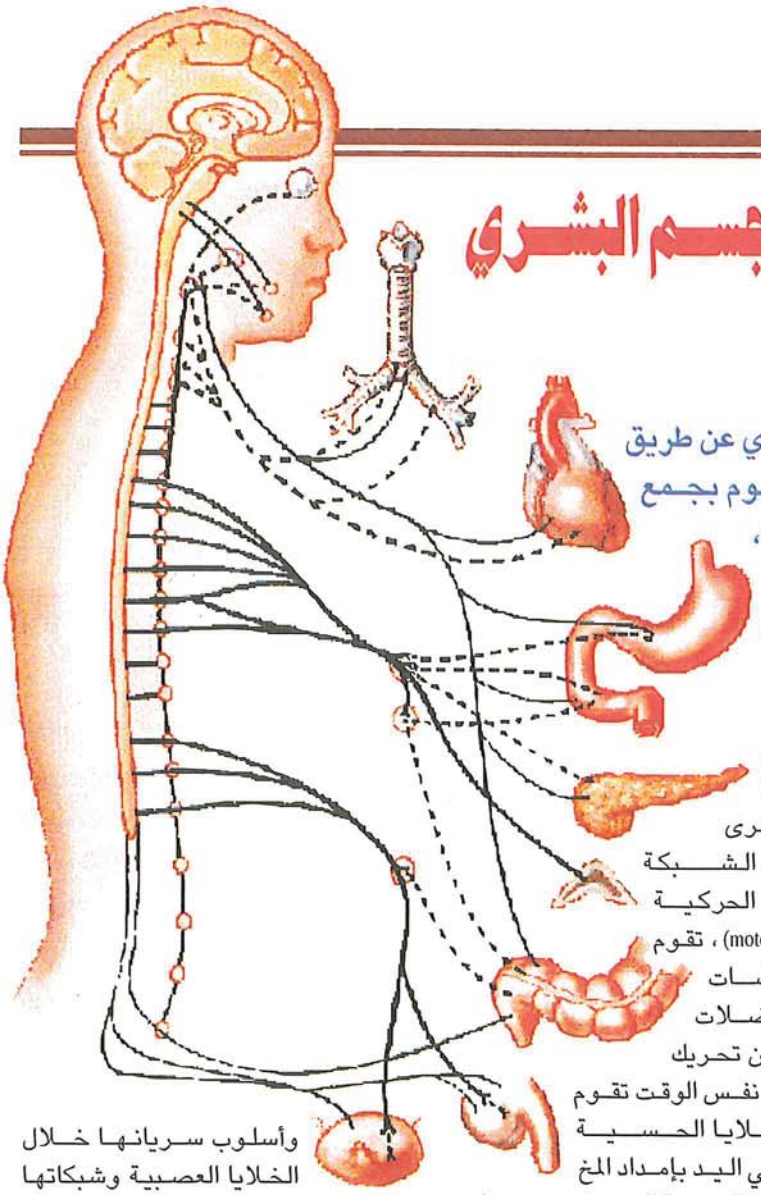
● شكل (١١) مضخة الصوديوم ـ البوتاسيوم.

نقل الجزيئات بعكس متدرج(فارق) التركيز (Against concentration gradient)، أي من منطقة التركيز المنخفض إلى منطقة التركيز العالي. ويحتاج إلى طاقة تأتي ـ غالباً ـ من تحلل جزيئات أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) إلى ثنائي أدينوسين الفوسفات (ADP) أو إلى أحادي أدينوسين الفوسفات (AMP)، وهذا ما يعرف بالنقل النشط الأولي (Primary active transport)، إضافة إلى أن العديد من المواد تنقل بطريقة غير مباشرة، وذلك باستخدام متدرج (فارق) التركيز الناتج من النقل النشط الأولي، وهذا مايعرف بالنقل النشط الثانوي (Secondary active transport).

يوجد هذان النوعان من النقل (الأولي والثانوي) في العديد من الخلايا، مثل الخلايا الطلائية للأنابيب الكلوية (Renal tubular epithelial cells) التي تقوم باسترجاع الجلوكوز، شكل(١٠). فمثلاً يتم نقل الجلوكوز مصحوباً بأيونات الصوديوم، حيث يرتبط أيون الصوديوم ببروتين النقل محفزاً إياه على التعرف والإرتباط بالجلوكوز، ومن ثم نقله من الخارج إلى الداخل، وبعد ذلك يتم ضخ أيونات الصوديوم من الداخل إلى الخارج بواسطة مضخة الصوديوم ـ البوتاسيوم (Sodium-potassium pump). وعلى هذا يجب أن يبقى تركيز أيونات الصوديوم داخل الخلية اقل منه خارجها، بينما يكون تركيز أيونات البوتاسيوم داخل الخلية أعلى منه في خارجها، وبما أن طبيعة أيونات البوتاسيوم تميل إلى الأنتشار خارج الخلية؛ بينما تميل أيونات الصوديوم إلى الإنتشار إلى داخلها فإنه يجب ـ لإعادة توزيع هذه الأيونات إلى الحالة الطبيعية ـ أن تضخ أيونات الصوديوم من داخل الخلية إلى خارجها، و ضخ أيونات البوتاسيوم من خارج الخلية إلى داخلها. ويلزم لذلك طاقة تأتي من تحلل جزيئات (ATP)، ويوضح شكل (١١) كيفية عمل هذه المضخة، والتي تعمل بواسطة نواقل بروتينية تنقل أيونات الصوديوم عبر الغشاء إلى خارج الخلية، و تسحب أيونات البوتاسيوم أثناء رجوعها إلى داخل الخلية؛ للمحافظة على التوزيع الطبيعي لهذه الأيونات، مؤدية إلى وجود فرق في الجهد الكهربائي على سطحي الغشاء.

الاتصال والتحكم داخل الجسم البشري

د. السيد محمود السيد سليمان



يتم الاتصال والتحكم داخل الجسم البشري عن طريق الجهاز العصبي (nervous system). الذي يقوم بجمع المعلومات عن طريق حواس الجسم المختلفة، ومن ثم يحللها بهدف إعطاء الاستجابة الملائمة لاحتياجاته التي من أهمها المحافظة على الحياة.

ويمكن تقسيم الجهاز العصبي للإنسان إلى جزئين رئيسيين هما :

- الجهاز العصبي المركزي ويتكون من المخ (Brain)، والحبل الشوكي (Spinal cord)، والأعصاب الطرفية (Peripheral nerves).
- الجهاز العصبي اللاإرادي (Autonomic nervous system) ، ويتحكم لا إرادياً في عمل الأعضاء الداخلية المختلفة مثل : القلب والأمعاء والغدد والجهاز الهضمي وغيرها من الأجهزة. وينقسم الجهاز العصبي اللاإرادي إلى قسمين هما: الأعصاب السمباثاوية (sympathetic)، والباراسمباثاوية (parasympathetic). وكلاهما يعمل ضد الآخر ، بحيث تكون النتيجة ثبات فاعلية عمل العضو تحت الظروف المختلفة. يقوم الجهاز العصبي اللاإرادي بالسيطرة على الغدد الصماء (Endocrine) ، وهي مجموعة من الغدد تفرز الهرمونات اللازمة لوظائف الجسم مباشرة في الدم ، وذلك لتنظم العلميات الحيوية (الأيض) والنمو والجنس وما إلى ذلك.

ويعتمد عمل الجهاز العصبي على النبضات الكهربائية العصبية التي تحدث نتيجة إثارة حواس الإنسان بواسطة المؤثرات البيئية المختلفة. وتنتقل هذه النبضات بسرعة تبلغ حوالي مائة متر لكل ثانية (100m/s) في الشبكات العصبية الحسية (sensory nervous net)، إلى أن تصل إلى المخ فيقوم بتحليلها واتخاذ القرار المناسب حيالها. فمثلاً إذا كان القرار تحريك اليد، فإن المخ يقوم بإرسال مجموعة مناسبة من النبضات العصبية التي تنتقل عبر شبكة عصبية أخرى تسمى الشبكة العصبية الحركية (motor nervous net) ، تقوم هذه النبضات بإثارة العضلات المسؤولة عن تحريك اليد ، وفي نفس الوقت تقوم أطراف الخلايا الحسية الموجودة في اليد بإمداد المخ بالنبضات الحسية التي تخبره بعمل الحركة وما إذا كانت ملائمة أو تحتاج إلى تعديل ، وهذا مايطلق عليه في علم الالكترونيات بالتغذية المرتجعة (Feed back) ، وبذا يتم الاتصال والتحكم في الحركة. ويفسر هذا عدم تعثر الإنسان في مشيته عند المشي في طريق تتخلله بعض الحفر الصغيرة، والتي لا ينتبه إليها. في هذه الحالة يقوم الجسم بحفظ توازنه بفضل نهايات الأعصاب الحسية الموجودة في الأرجل والتي تقوم بإعطاء المخ المعلومات الكافية عن السير، وبالتالي يقوم بحفظ التوازن في الوقت المناسب. ومن الأمثلة الأخرى فإنه عندما يتحدث الإنسان فإنه في نفس الوقت يسمع الكلام الصادر منه. وهذا يعطي المخ القدرة على المراقبة والتحكم في الكلام وهل كان الكلام واضحاً وبالشدة المطلوبة أم لا.

يستعرض هذا المقال ماهية النبضات الكهربائية العصبية؟ وكيف تتكون؟ وأسلوب سريانها خلال الخلايا العصبية وشبكاتها (المسارات) العصبية (neural path-ways)، وتخزين المعلومات في المخ، ويستعرض المقال كذلك النشاط الكهربائي لبعض أعضاء الجسم وكيفية استخدامه في التشخص الطبي.

النبضات الكهربائية العصبية

كان المصريون القدماء أول من لاحظ وجود الكهرباء داخل جسم الكائنات الحية وذلك منذ ٤٠٠٠ عام قبل الميلاد، حيث كانوا يجدون صعوبة في صيد سمك القط (cat fish) بسبب الصدمات الكهربية التي يحدثها عند صيده. كما أكتشف لاحقاً نوع من ثعبان سمك الإيل (eel fish) - موجود في أمريكا الجنوبية - ينتج كهرباء ذات قوة دافعة تقدر بعدة مئات من الفولتات تكفي لصعق فريسة في حجم الحصان ، وبذلك يستخدم هذه الكهرباء في الحصول على غذائه.

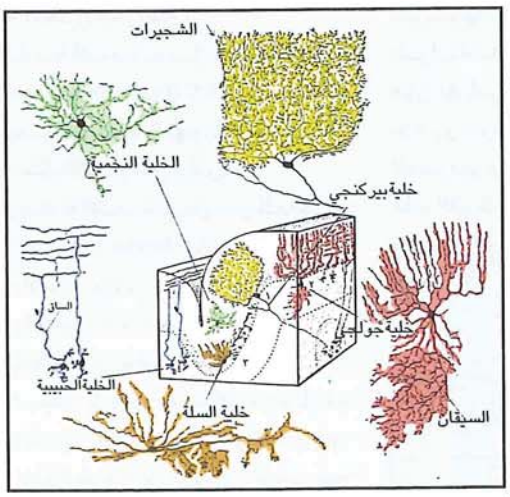
وقد بدأت الأبحاث التجريبية في الكهرباء داخل جسم الكائنات الحية بأعمال العالم الإيطالي **جلفاني** (Luigi Galvani) عام ١٧٨٦م، عندما لاحظ أنه عند تعليق ضفدعة من رجلها بخطاف من النحاس في حديد شرفته فإن رجلها تنقبض عند ملامسة جسمها للحديد. كان تفسير جلفاني لهذا الانقباض هو وجود كهرباء داخل جسم الضفدعة. إلا أن هذا التفسير تم تعديله بواسطة العالم **فولتا** (A. Volta) الذي أقر بوجود الكهرباء داخل جسم الضفدعة، إلاأن الانقباض الذي حدث كان ناتجاً عن أن كلا من الحديد والنحاس عملا وصلة أنتجت قوة دافعة كهربائية أثارت رجل الضفدعة، وبالتالي سببت الانقباض الذي حدث. توالت الأبحاث بعد ذلك إلى أن تم قياس النبضة الكهربائية في عضلة الضفدعة بواسطة العالم **ماتيوس** (Carlo Mateuci). وفي عام ١٨٨٧م قام العالم **أوجست ولر** (August Waller) بتسجل أول رسم كهربائي للقلب. وتوالت الأبحاث بعد ذلك إلى الآن، حيث تم تسجيل النشاط الكهربائي لأعضاء الجسم المختلفة بهدف استخدامها في التشخيص والعلاج.

تنقسم الكهرباء داخل جسم الإنسان إلى قسمين هما: كهرباء ساكنة وكهرباء متحركة تنتقل من مكان إلى آخر عن طريق الشعيرات العصبية. ويمكن تسجيل الكهرباء المتحركة على سطح الجسم معلنة عن نشاطه. ومن أمثلة هذه الأنشطة تسجيل النشاط الكهربائي للقلب (Electrocardiogram - ECG)، وتسجيل النشاط الكهربائي للمخ (Electroencephalogram - EEG)، وتسجيل النشاط الكهربائي للعضلات (Electromyogram - EMG) وتسجيل النشاط الكهربائي للعين (Electroretinogram - ERG,).

ينشأ عن النشاط الكهربائي للأعضاء نشاط مغناطيسي يستغل الآن في التشخيص، ومن أمثلة ذلك تسجيل النشاط المغناطيسي للقلب (Magnetocardiogram - MCG) والمخ (Magnetoencephalogram -MEG).

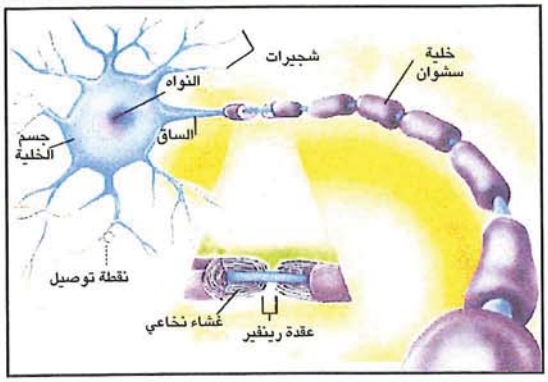
● إنتاج النبضات

تعد الخلية العصبية (Nerve cell) هي اللبنة الأساسية في الجهاز العصبي، فهي التي تقوم بإرسال واستقبال الرسائل الكهربائية (Electrical messages)، وتحليلها، وتوجد عدة أنواع من الخلايا العصبية تختلف باختلاف وظيفتها. فمثلاً من بين خلايا المخ ـ حوالي مائة بليون خلية ـ أمكن التعرف على خمسة أنواع من الخلايا العصبية كما هو مبين في الشكل (١). ويلاحظ أنه في جميع أنواع هذه الخلايا فإن جسمها يتصل بمجموعة هائلة من النهايات العصبية.



● شكل (١)، بعض الخلايا العصبية الموجودة في طبقة معينة من المخ وتفريعاتها.

تتكون الخلية العصبية في شكلها المبسط، شكل (٢)، من جسم الخلية (cell body) الذي يستقبل النبضات العصبية عن طرق نهايات توصيل (contacts) تسمى نقاط الاتصال العصبي(synapses)، والتي توجد إما على سطح الخلية أو على الشجيرات الطرفية (dendrities) التي تعد جزء من الخلية العصبية، وتختص نقاط الاتصال بتلقي المعلومات من الخلايا المجاورة، وبذلك فإنها تعمل على إثارتها، فإذا كانت الإثارة كافية فإن الخلية سوف تنتج نبضة كهربائية تسري إلى خارجها عن طريق الشعيرة العصبية المتصلة بها والمعروفة بالساق (Axon). ويختلف طول هذا الساق من خلية لأخرى، فقد يصل إلى متر واحد في بعض الخلايا. وهو يعمل على حمل النبضات الكهربائية العصبية إلى الأنسجة والأعضاء المختلفة، أو إلى خلايا عصبية أخرى عن طريق نقاط الاتصال.



● شكل (٢)، رسم تخطيطي لخلية عصبية حركية.

● الجهد الساكن

تحتوي جميع الخلايا الحية الساكنة على كمية من الشحنات السالبة في جدارها الداخلي وأخرى موجبة على جدارها الخارجي، وهو مايطلق عليه جهد الخلية (Membrane Potential)، أو الجهد الساكن (resting Potential)، وقد شهدت حقبة الثلاثينيات من القرن الماضي بداية تسجيل الجهد الساكن عن طريق إدخال أقطاب متناهية الصغر (microelectrodes). داخل الخلية، حيث يتم تسجيل هذا الجهد بمجرد اختراق تلك الأقطاب لجدار الخلية، ولذا يسمى هذا الجهد أحياناً بجهد الغشاء (membrane potential). وقد أتضح لاحقاً أن هذا الجهد ـ جهد الغشاء ـ يتكون نتيجة تراكم الشحنات حول غشاء الخلية الحية، ولكنه يختفي بموتها، وعليه فإن هذا الغشاء يلعب دوراً هاماً في منشأ هذا الجهد، وأنه ناشئ عن سببين رئيسين هما:

١ ـ وجود الغشاء الخلوي شبه المنفذ (semipermeable) الذي يسمح بمرور بعض الأيونات ولا يسمح بمرور الأيونات الأخرى، وتعتمد نفاذيته على حالة الخلية.

٢ ـ اختلاف تركيز أيونات المواد المختلفة داخل الخلية الحية عن تركيز الأيونات الموجودة خارجها، وقد أثبتت الدراسات أن أيونات البوتاسيوم والصوديوم والكلور وبعض الأيونات الأخرى ـ ولكن بدرجة أقل ـ مثل أيونات الكالسيوم تلعب الدور الرئيسي في الجهود الحيوية. فعندما تكون الخلية في الحالة الساكنة يكون تركيز أيونات البوتاسيوم في الداخل أكبر بكثير من الخارج (بحوالي مائة مرة)، بينما يكون تركيز أيونات الصوديوم والكلور

وغيرها في الداخل أقل بكثير منها في الخارج. وأن كلا من البوتاسيوم والكلور يوجدان في حالة اتزان يسمى اتزان دونان (Donan equilibrium) ، وذلك حسب المعادلة الآتية:

$$\frac{[K]_i}{[K]_o} = \frac{[Cl]_o}{[Cl]_i}$$

حيث $[K]_i$ و$[Cl]_i$ يرمزان إلى تركيز كل من البوتاسيوم (K) والكلور (Cl) داخل الخلية ، أما $[K]_o$ و$[Cl]_o$ فيرمزان إلى تركيزهما في الخارج ، وقد أثبتت التجارب العملية أن الجهد الساكن في كثير من الخلايا يتغير بتغير تركيز البوتاسيوم خارج الخلية ، ويصل إلى الصفر عندما يتساوي كلاً من تركيز البوتاسيوم الخارجي والداخلي ، وبهذا فإنه يمكن وصف هذا الجهد تقريبًا باستخدام معادلة نرنست (Nernst) :

$$E_k = \frac{RT}{F} \text{ Ln } \frac{[K]_i}{[K]_o}$$

حيث R الثابت العام للغازات، T درجة الحرارة المطلقة، F ثابت فراداي.

بجانب هذا الجهد فإن للغشاء خواص كهربائية أخرى مثل السعة الكهربائية والمقاومة لأنه مكون تقريباً من مواد عازلة معظمها عبارة عن دهون وجزيئات بروتينية. مما يجدر ذكره أن غشاء الخلية يفقد جميع خواصه السابقة الذكر عند موت الخلية، وذلك لفقدانه صفه شبه النفاذية التي ترتبط بتركيبه والمعتمدة على فرق الجهد بين سطحي غشاء الخلية الخارجي والداخلي ، والذي بدوره يكّون مجالاً كهربائياً كبيراً جدًا. فمثلاً عند جهد ساكن مقداره ٠,١ فولت ، ولغشاء خلية سمكه ١٠ نانومتر تكون شدة المجال عشرة ملايين فولت لكل متر ، حيث يعمل هذا المجال الكهربائي الهائل الشدة على المحافظة على تركيب الغشاء الذي يعتمد بدوره على النظام الحيوي للخلية.

● الجهد النشط

الجهد النشط (Action Potential) ، عبارة عن الجهد الناجم عن تحول الخلايا والأنسجة الحية من الحالة الساكنة إلى الحالة النشطة عن طريق إثارتها بأي مثير مناسب والذي يختلف باختلاف خلايا الجسم ، وذلك كمايلي:

- المثير الكيميائي وتستقبله وتتأثر به خلايا الجلد، وخلايا حاسة الشم، وخلايا حاسة التذوق.
- المثير الميكانيكي وتتأثر به الخلايا السمعية - يؤدي إلى الإحساس بالسمع - وبعض الخلايا الأخرى.
- المثير الضوئي ، وتتأثر به خلايا شبكية العين مما يؤدي إلى الإحساس بالرؤية.
- المثير الكهربائي وتتأثر به الأعصاب والعضلات.

وتُستقبل المؤثرات المذكورة بالحواس التخصصية المناسبة والموجودة في البيئة ، فمثلاً لايمكن لشخص الرؤية بدون وجود ضوء مرئي له شدة مناسبة ، لأنه هو المثير المناسب لخلايا شبكية العين ، وبالمثل فإن الخلايا السمعية لا يمكن إثارتها بالضوء لأنها لا تثار إلا بالمثير الصوتي المناسب (له شدة مناسبة وتردد مناسب).

وقد أوضحت التجارب العملية أن المثير الكهربائي يعد أنسب هذه المثيرات ، وذلك لسهولة التحكم في كل من : شدته (Intensity)، واستمراريته (Duration)، وتدرجه (steepness) ، وكذلك لأن تأثيره يكون عكسيًا ، كما أن الجهد النشط الناتج من استخدام المثير الكهربائي المناسب يزول عند إزالة هذا المؤثر لترجع الخلية إلى وضعها السابق ، وهذا يفسر سبب استخدام التيار الكهربائي بترددات المختلفة في العلاج وخاصة الأمراض الروماتيزمية.

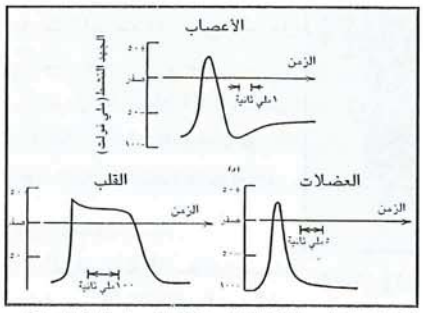
يتكون الجهد النشط إذا تعرضت الخلية للمثير المناسب والكافي لتحويل جهد الغشاء (لا يتغير بالنسبة للزمن) إلى جهد نشط، أي جهد تتغير قيمته بالنسبة للزمن ، وتكون على هيئة نبضة (impulse). ليتم تسجيله بأحدى الطريقتين :

(أ) طريقة التسجيل من الخارج (Extracellular recording) كالتي تستخدم في تسجيل النشاط الكهربائي للأعضاء المختلفة مثل القلب والمخ وغيره.

(ب) طريقة التسجيل من الداخل (Interacelluar recording) بإدخال أقطاب متناهية الصغر يكون قطر طرفها أقل بكثير من قطر الخلية ، وغالبًا ما تستخدم أقطاب زجاجية ذات سن قطره يتراوح مابين ٠,٥ إلى ٠,١ ميكرون مملوءة بسائل موصل ذو تركيز كبير من كلوريد البوتاسيوم ، وتمتاز هذه الطريقة عن الأولى بأنها تسمح بدراسة الجهد النشط المتكون من خلية واحدة ، حيث تعد هذه الطريقة مثالية لمعرفة تأثر الخلية بالمؤثرات المختلفة بعكس الطريقة الأولى التي تسجل من مجموعات من الخلايا. ولذا فإنه لفهم كيفية تكون الجهد النشط تستخدم طريقة التسجيل من الداخل. فبمجرد اختراق سن القطب المتناهي الصغر جدارالخلية الحية الموجود نسيجها في محلول فسيولوجي مناسب يظهر على شاشة نظام التسجيل جهدًا سالباً. وعند إثارة الخلية بمثير كهربائي مناسب فإن هذا الجهد يبدأ في التغير ليتحول إلى جهد موجب ، ثم يرجع ثانيًا إلى مستواه الأصلي بعد مدة معينة.ويبين الشكل (٣) الجهد النشط لخلايا الأعصاب والعضلات وعضلات القلب. ومنه يلاحظ أن الشكل العام واحد ولكن قيمة الجهد والاستمرارية تزيد في حالة العضلات عن الأعصاب، أما في حالة عضلة القلب فإن الاستمرارية تزيد حتى ٣٠٠ ملي ثانية. ولكي تقوم الخلية بإنتاج جهد نشط آخر يجب أن يمر زمن محدد يسمى زمن عدم الاستجابة (refractory period)، خلال هذا الزمن - زمن الصمود - تقوم الخلية بإعادة تركيز أيوناتها في الداخل والخارج إلى مستواها كما في الحالة الساكنة .

● أسباب تكون الجهد النشط

أجريت دراسات عديدة لمعرفة أسباب تكون الجهد النشط وكيفية تحول الخلية من حالة السكون، من أهمها دراسة العالمان **هود جكن و هكسلي** (Hodgkin & Huxly) عام ١٩٥٣، وذلك باستخدام تقنية تثبيت الجهد والنماذج الرياضية، التي حصلا بموجبها على جائزة نوبل. وتتلخص هذه الدراسة أنه عند إثارة الخلية بمثير مناسب فإن نفاذية (permeability) غشاء الخلية تتغير ، وتبدأ في الزيادة بالنسبة لأيون الصوديوم الذي يتحرك من خارج الخلية ذات التركيز العالي إلى داخل الخلية ، أي

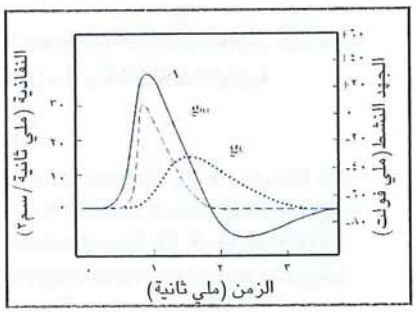


● شكل (٣)، الجهد النشط المتولد من خلايا الأعصاب ، العضلات ، القلب.

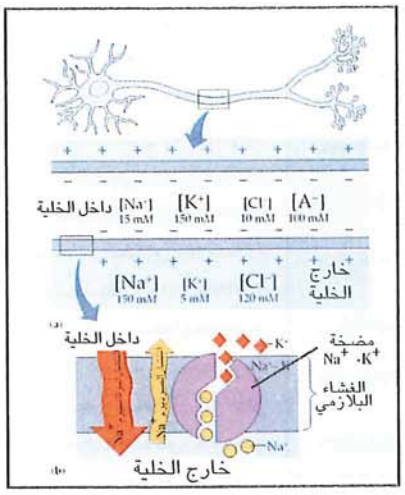
تبعًا للتدرج في التركيز. ونتيجة لذلك يقل جهد الغشاء، وبالتالي تزيد نفاذية الغشاء للصوديوم، ليزيد من استمرار دخوله، وينعكس ذلك على صورة مزيد من الانخفاض في الجهد الساكن إلى أن يصل إلى الصفر ويتعداه إلى قيم موجبة. عند هذا الحد تتكون في الغشاء عمليات تسمى عمليات الإخماد (inactivation) تكون من نتائجها وقف النفاذية بالنسبة لأيون الصوديوم وبداية زيادتها بالنسبة لأيون البوتاسيوم، كما هو موضح في الشكل (٤). في هذا الوقت يبدأ أيون البوتاسيوم في الخروج من داخل الخلية ـ حيث تركيزه كبير ـ إلى خارج الخلية تبعًا للتدرج في التركيز. ويستمر خروج البوتاسيوم إلى أن تستعيد الخلية جهدها الساكن مرة ثانية. ويلاحظ أنه بعد حدوث الجهد النشط فإن تركيز أيونات الصوديوم داخل الخلية تكون أعلى من المعتاد مع نقص في تركيز أيونات البوتاسيوم، وفي هذه الحالة فإن الخلية تكون غير قادرة على إنتاج جهد نشط آخر أو نبضة كهربائية إلا إذا عاد التركيز الأيوني داخلها كالمعتاد، ويتم ذلك بطرد أيون الصوديوم وإدخال أيون البوتاسيوم في عملية تسمى مضخة الصوديوم والبوتاسيوم (Na-K pump). وتحتاج هذه العملية إلى طاقة ـ بعكس عملية تكون الجهد النشط ـ تستمد من تفكك مركبات الفوسفات (ATP)، كما تحتاج أيضًا إلى زم، وذلك كما هو موضح في الشكل (٥).

آلية انتقال النبضات

يمكن للشعيرات العصبية تمرير النبضة الكهربائية إلى غيرها من الخلايا عن طريق نقاط الإتصال التي تسمح



● شكل (٤)، تغير نفاذية غشاء الخلية لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم أثناء الجهد النشط.



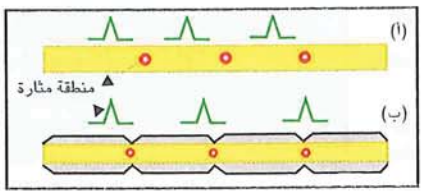
● شكل (٥) كيفية عمل مضخة الصوديوم بوتاسيوم خلال الغشاء عكس تركيز الأيونات داخل الخلية وخارجها.

بمرورها فقط في اتجاه واحد. وتعتمد سرعة توصيل النبضة الكهربائية العصبية على نوع العصب، قطره، وخواصه الكهربائية (المقاومة والسعة). ومن المعلوم أن الأعصاب تنقسم إلى نوعين هما:

* **العصب المغطى (myelinated nerve)**، ويتميز بأن غشاء نخاعه (myelin) ـ يغطي الساق ـ سميك بعض الشيء وتتخلله على مسافات متساوية فجوات صغيرة غير مغطاة يطلق عليها عقد رانفير (nodes of Ranveir)، نسبة لمكتشفها، ويوجد هذا النوع من الأعصاب في الثدييات والإنسان، ولكنه لايوجد في الكائنات ذات الحركة البطيئة مثل القواقع والديدان.

* **العصب غير المغطى (unmyelinated nerve)**، وهو عبارة عن عصب مغطى بغشاء رقيق متصل. يوجد في الإنسان في الأماكن التي لاتحتاج إلى ردة فعل عالي مثل حركة الأمعاء.

يوضح الشكل (٦) كيفية مرور النبضة العصبية خلال كل نوع من الأعصاب، ففي حالة العصب غير المغطى فإن النبضة تنتقل من مكان إلى آخر عن طريق التتابع، أي أن النبضة في منطقة معينة تعد مثيرًا كافيًا للأنتقال إلى المنطقة الأخرى، وبالتالي تنتج



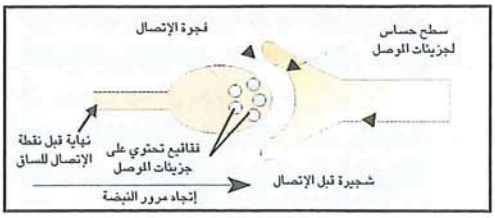
● شكل (٦) مرور النبضات الكهربائية (الجهد النشط) في العصب غير المغطى (أ) والمغطى (ب).

نبضة عصبية مشابهة تمامًا للأولى. بهذه الطريقة يمكنها قطع مسافات كبيرة دون أن يحدث لها أي تغير في خواصها. ولا يحدث هذا بالطبع في حالة مرور نبضة كهربائية خلال موصل (سلك كهربائي) إذ تتغير خواصها وتقل قيمتها بعد قطعها مسافة معينة نتيجة مقاومة الموصل ومن ثم تحتاج إلى تكبير لأن طريقة الانتقال مختلفة في الحالتين، ولو تمكن الانسان تقليد هذه الطريقة في التوصيل لأمكنه توفير كميات هائلة من الطاقة.

وفي حالة العصب المغطى، الشكل (٦ ب)، فإن النبضة العصبية تتكون عند العقدة لأنها أكثر الأماكن حساسية للإثارة. حيث يتم إثارة العقدة التالية والتي بدورها تنتج نبضة عصبية أخرى. أي أن النبضات عند إنتقالها تقفز من عقدة إلى أخرى، ولهذا فإن ميكانيكية سريان النبضات في هذه الحالة تسمى ميكانيكية القفز (Saltatory Mechanism). وتعد سرعة سريان النبضات في العصب المغطى أكبر بكثير من سريانها في الأعصاب غير المغطاة ذات القطر الواحد. وللمقارنة بين نوعي الأعصاب وجد أن سرعة مرور النبضة في عشرة آلاف شعيرة عصبية (nerve fiber) ذات الغشاء المغطى والتي يبلغ قطر كل منها ١٠ ميكرون ومساحة مقطعها من١ إلى٢مم٢ تماثل سرعة مرورها في نفس العدد من الشعيرات العصبية ذات الغشاء غير المغطى بمساحة مقطع يبلغ ١٠٠سم٢ لكل شعيرة. أي أن مساحة المقطع يجب أن تزيد بمقدار عشرة آلاف مرة عن حالة الغشاء المغطى. عليه فإن وجود الأعصاب ذات الغشاء المغطى في جسم الإنسان ليس الغرض منه إعطاء سرعة عالية لمرور النبضات العصبية فحسب، بل أنه في نفس الوقت يشغل حيزًا أقل، وبذلك تكون هناك أقصى إستفادة. فلو تخيلنا جدلاً أن الإنسان بسرعته ووظائفه الحالية كانت أعصابه جميعًا من النوع غير المغطى للزم زيادة في حجمه ووزنه نتيجة لزيادة أقطار أعصابه، وهذا بالتالي يقلل الحركة ويزيد من استهلاك الطاقة، فسبحان الله الذي أتقن وصور.

الموصلات الكهربائية

ترتبط الخلايا العصبية مع بعضها البعض إما عن طريق ارتباط نهايات السوق (axon) بعضها مع بعض، أو مع الشجيرات أو الشجيرات بعضها مع بعض، أو أن كلا



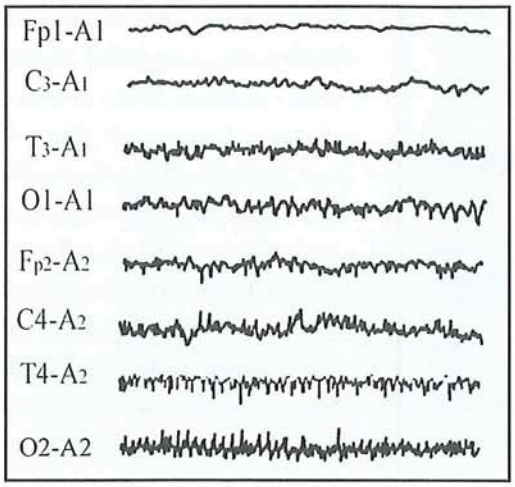
● شكل (٧) الطريقة الكيميائية لتوصيل النبضات من نهاية الساق عبر نقطة الاتصال إلى شجيرات الخلية الأخرى.

من السوق والشجيرات تتصل بجسم الخلية. وتتم جميع هذه الإتصالات عن طريق نقاط التوصيل (Synapses) التي تقوم بتوصيل الجهد النشط (النبضة الكهربائية) من مكان إلى آخر ولاتسمح له بالمرور في الاتجاه المضاد. كذلك تتم طريقة عمل نقاط التوصيل إما عن طريق موصلات كيميائية أوموصلات كهربائية. يعتمد التوصيل عن طريق الموصلات الكيميائية، شكل (٧)، على الإثارة التي يحدثها السائل الموصل (Transmitter) لسطح المستقبل على الشجيرات العصبية، ويتم ذلك بواسطة نقاط التوصيل والتي هي عبارة عن عقد يفصل بينها وبين نهاية الساق فجوة (gap) يبلغ مداها واحد ميكرون من سطح مستقبل على شجيرة نهاية الساق تسمى قبل نقطة التوصيل (Presynaptic)، وتحتوي على فقاقيع تتضمن السائل الموصل، فعند وصول الجهد النشط إلى نهاية الساق فإن الفقاقيع المحتوية علي السائل الموصل ـ أشهر أنواعه الأستيل كولين ـ تنتشر وتنفجر خلال فجوة نقطة الإتصال في زمن أقل من جزء من الألف من الثانية لتقوم بإثارة السطح المستقبل على الشجيرة لينتج جهد نشط مماثل للأول. في نفس الزمن تتكسر مادة الأستيل كولين الموجودة في الفجوة وتختفي، وذلك بفضل إنزيم الاستيل كولين إستريز (acteylcholinesterase)، وبذلك يوقف مرور أي جهد من الناحية الأخرى وفي نفس الوقت يُعد الفجوة لاستقبال جهد نشط آخر. وبفضل نقط الإتصال هذه فإن مرور النبضات الكهربائية العصبية يكون إما صاعدًا إلى المخ كما في حالة الإشارات الحسية، أو هابطًا كما في حالة الإشارات الحركية.

بالإضافة إلى مادة الاستيل كولين أمكن أخيراً التعرف على موصلات كيميائية أخرى منها موصلات جاما أمينوبيوتريت (aminobutyrate) وأسبرتيت (aspartate) ودوبامين (dopamine) وابنفيرين (epinephrine) وجلوتاميت (glutamate) وجليسن (glycine)، والهستامين (histamine) ونورابنفيرين (norepinephrine) وسيروتونن (serotonin)، ومواد عديدة أخرى.

من جانب آخر وجُد أن أي خلل في إفراز الموصلات المذكورة يسبب أمراضاً نفسية وأمراضاً تتعلق بالذاكرة. وتلعب الموصلات سابقة الذكر دورًا هامًا في حفظ المعلومات في المخ عن طريق تغيير مسارات الشبكات العصبية الهائلة الموجودة في المخ بطرق لا يتسع هذا المقال لذكرها، ويمكن تسجيل النشاط الكهربائي الهائل لخلايا المخ ـ كثيرة العدد ـ بواسطة رسم ذبذبات المخ (Electroencephalogram-EEG)، شكل (٨)، باستخدام أقطاب توضع في أماكن محددة على المخ كما هو موضح في شكل (٩)، وتعد قيم الجهود المسجلة قليلة ـ في حدود ٥٠ ميكروفولت ـ وهذا يستلزم وجود أجهزة تسجيل متناهية الدقة، كذلك يعتمد تردد هذه الموجات على الحالة الذهنية للشخص تحت الاختبار، فمثلا عندما يكون الشخص في حالة راحة فإن الترددات السائدة تكون في حدود ٨ إلى ١٣ هيرتز (Hz)، وتسمى موجات ألفا (alpha waves). أما إذا كان منتبهًا تكون الموجات أكثر ترددًا ـ أكثر من ١٣ هرتز (HZ) ـ وتسمى موجات بيتا (beta waves).

توجد أيضًا موجات ذات ترددات أقل وتظهر في الحالات المرضية مثل موجات ثيتا ... (٤ إلى ٧ هيرتز)، موجات دلتا (٠,٥ إلى ٣,٥ هيرتز)، كما أن انعدام



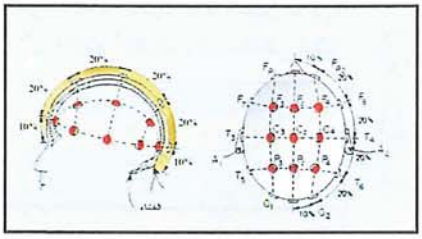
● شكل (٨) رسم ذبذبات المخ بأقطاب موضوعة في مسافات معينة من القطب المرجعي الموضوع على الأذن A1 أو A2.

الذبذبات المسجلة بواسطة جهاز (EEG) يعد دليلاً دامغاً على الوفاة الدماغية، خاصة في الحالات الحرجة عندما يكون المريض في غرفة العناية المركزة، حيث يعتمد على الحياة بفضل التغذية والتنفس الصناعي.

كذلك يمكن تسجيل النشاط الكهربائي للأعضاء المختلفة للجسم مثل العضلات وشبكية العين والقلب، وذلك بغرض التشخيص والعلاج.

الخلاصة

يتم الاتصال والتحكم في الجسم بواسطة طرق معقدة جدًا عن طريق عمل الأعضاء المختلفة ورقابة وإدارة المخ عن طريق المعلومات التي تصل إليه وتصدر منه بواسطة النبضات الكهربائية العصبية ذات الإتجاه المحدد. كما أن هذه النبضات مسؤولة عن حفظ المعلومات في طبقات المخ المختلفة، وبعددها الهائل وتفرعاتها. وقد قلد الإنسان هذه الطريقة في عمل الحواسب السريعة (super computsers) بتطوير ذاكرتها بحيث تعمل بطريقة الطبقات المتوازية.



● شكل (٩) الأماكن العالمية لأماكن وضع ١٠ ـ ٢٠ نظام للأقطاب المستخدمة في تسجيل رسم ذبذبات المخ (EEGS).

المراجع :

(1) Cameron J. R., Skofromick J. G. Medical Physics, John Wiley & Sons (1978).

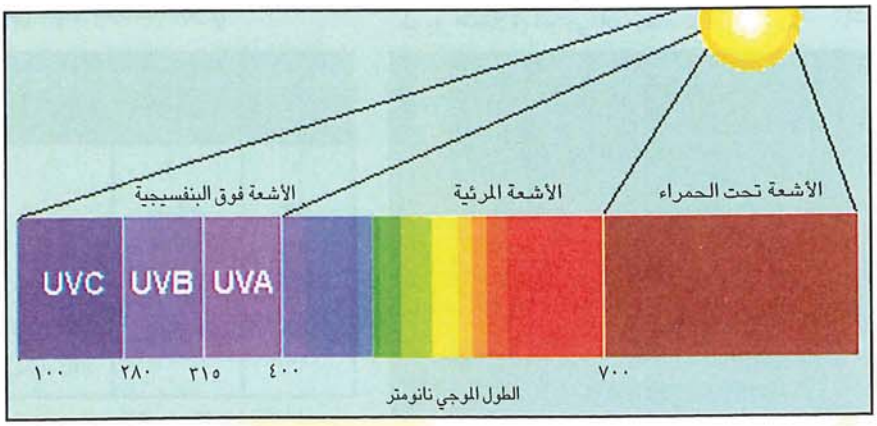
(2) De Callatay A. M. Natural and artifical intelligence processor systems compared to the human brain. Elesevier science Pub., 1986.

(3) Rose S. The making of memory (from molecules to mind), Bantam Book, 1993.

تعد الشمس مصدراً طبيعياً ورئيساً للأشعة فوق البنفسجية (Ultra violet Radiation-UV) التي يمكن تقسيمها حسب نطاقات تردداتها الموجية إلى: أشعة (UVA) ذات الطول الموجي ٤٠٠ إلى ٣١٥ نانومتر (النانومتر= 10^{-9}متر)، وأشعة (UVB) ذات الطول الموجي ٣١٥ إلى ٢٨٠ نانومتر، وأشعة (UVC) ذات الطول الموجي ٢٨٠ إلى ١٠٠ نانومتر. وتعد نطاقات الأشعة فوق البنفسجية ضيقة مقارنة بنطاقات الأشعة تحت الحمراء (Infra Red-IR) التي تمتد من الأطوال الموجية واحد مليمتر حتى ٧٦٠ نانومتر.

إضافة لذلك توجد مصادر صناعية مختلفة لإنتاج أشعة (UV)، والتي لها تطبيقات واسعة من حيث آثارها وفوائدها وأضرارها. وقد تم إعداد دراسات متعددة في هذه المجالات تخص بحوث فيزياء الأشعة فوق البنفسجية في قطاعات الصحة والبيئة والصناعة والزراعة.

يزداد معدل التعرض لأشعة (UV) خاصة بالقرب من المناطق الاستوائية للأرض، أي بنقصان خطوط العرض على الكرة الأرضية، إضافة لذلك فإن تقلص سمك طبقة غاز الأوزون (O_3) الجوي التي تحمي الكرة الارضية من الأشعة فوق البنفسجية سوف يؤدي إلى زيادة الكمية الساقطة منها على الأرض، حيث تشير الحسابات والتوقعات الأولية أن ازدياد النشاط الصناعي والزراعي سيؤدي إلى تدمير أكثر من ٤٠٪ من طبقة الأوزون في عام ٢٠٧٥م، إذا لم تتخذ الإجراءات والضوابط الوقائية، ويعني ذلك أن كل نقص في طبقة الأوزون بمقدار ١٪ سيرافقه ازدياد في مستوى أو شدة أشعة (UV) التي تخترق الغلاف الجوي بما يعادل ٢٪، وهذا بدوره سيؤدي إلى ازدياد معدلات الإصابة بأمراض خبيثة ـ سرطان الجلد مثلاً ـ وإلى كوارث بيئية شديدة في كافة أنحاء العالم. يوضح الشكل (١) التغيرات المسجلة لتركيز طبقة الأوزون وتوزعها، حيث يلاحظ انخفاض سمكها بالقرب من منطقة القطب الجنوبي للأرض. هذا وقد أكدت دراسات علوم الطقس والرصد الجوي مؤخراً أن درجة حرارة الأرض تزداد تدريجياً بسبب التغيرات البنيوية للغلاف الجوي، فقد ارتفعت نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بمعدل ٣٠٪، ووصلت نسبة الميثان وأكسيد النيتروجين إلى ١٥٪، ولاشك أن هذه الغازات المتزايدة ستؤدي ـ كما هو معلوم ـ إلى ظاهرة الانحباس الحراري ـ تراكم الحرارة أو الأشعة تحت الحمراء (IR) داخل الغلاف الجوي ـ والتي بدأت تتفاقم عالمياً على كافة المستويات السياسية والبيئية والعلمية.



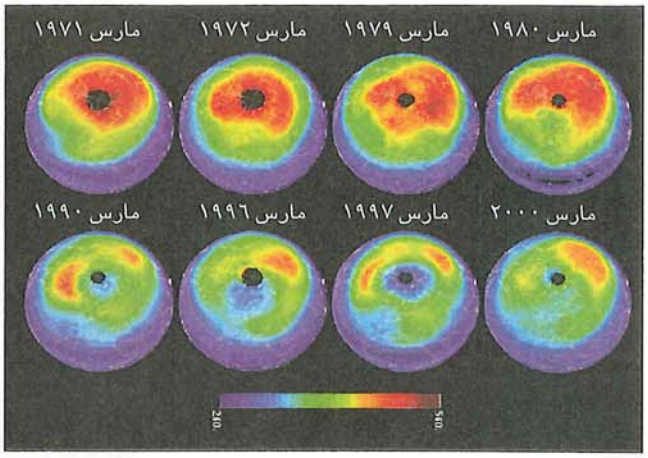
● جزء من الطيف الكهرومغناطيسي يظهر الأشعة المرئية وتحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية .

مصادر الأشعة فوق البنفسجية

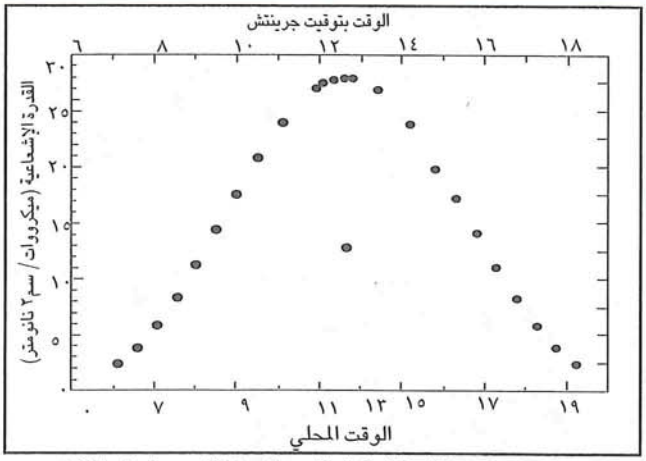
تأتي الأشعة فوق البنفسجية ـ أساساً ـ من مصدرين هامين هما:-

● المصادر الطبيعية

تتولد الأشعة فوق البنفسجية من مصادر طبيعية كالشمس والبرق والنجوم وغيرها. وتعد الشمس المصدر الأساسي لأشعة (UV) الموجودة في الطبيعة، ونسبة لإرتفاع درجة حرارة سطح الشمس وكبر حجمها ـ مقارنة بالأرض ـ فإن أشعة (UV) تمتد على نطاق موجي عريض نسبياً، كما أن شدتها تعد مرتفعة مقارنة مع بقية أجزاء الطيف من الأشعة الكهرومغناطيسية. وعند اقتراب أشعة (UV) الشمسية من الأرض فإنها تمتص وتنتشر بواسطة غازي الأكسجين (O_2) والأوزون (O_3) حيث تمتص طبقة الأكسجين لوحدها أكثر من ٩٠٪ من الطاقة الإجمالية لأشعة (UV) في نطاق الطول الموجي ٣١٥ إلى ٢٩٠ نانومتر لتمنعها من الوصول إلى الأرض مما يؤدي إلى حمايتها. ويوضح الجدول (١) التوزيع الطيفي لشدة الإشعاع الشمسي الكهرومغناطيسي ونطاقاته الموجية ـ أطواله ـ قبل دخوله طبقة الغلاف الجوي لسطح الأرض.



● شكل (١) تركيز طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي من عام ١٩٧١م إلى ٢٠٠٠م.



● شكل (٢) توزيع الأشعة فوق البنفسجية بمنطقة محددة عام ١٩٩١م.

وتؤثر طبقة الغلاف الجوي بصورة كبيرة على تغير شدة الإشعاع الشمسي، وبالتالي على شدة الأشعة فوق البنفسجية الواصلة إلى الأرض. ففي فصل الشتاء - كانون الثاني (يناير) في نصف الكرة الشمالي للأرض وتموز (يوليو) في نصف الكرة الجنوبي للأرض - تكون الشمس منخفضة ومائلة، لذلك فإن أشعة (UV) تعبر مسافة أطول خلال الغلاف الجوي، وبالتالي يحدث لها انتشاراً أكبر في مختلف الإتجاهات. أما في فصل الصيف فإن شدة أشعة (UV) المباشرة تكون أكبر من شدة أشعة (UV) غير المباشرة بسبب قلة الغيوم والعواصف وغيرها من العوامل الجوية.وهناك عوامل عدة تؤثر على شدة الأشعة فوق البنفسجية أهمها:-

١- طول الموجة

٢- زاوية السقوط (خط العرض، اليوم، الساعة ...)

٣- طبيعة الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي يصل إلى طبقة الغلاف الجوي.

٤- سمك طبقة الأوزون.

٥- امتصاص وانتشار الجزيئات الموجودة في الغلاف الجوي وبالقرب من سطح الأرض.

٦- الغيوم بأنواعها.

٧- الارتفاع عن سطح البحر.

٨- التلوث والغبار الجوي وبخار الماء.

يوضح الشكل (٢) توزع أشعة (UV) المسجلة عند توقيت محدد في منطقة محددة على سطح الأرض في عام ١٩٩١م.

● المصادر الصناعية

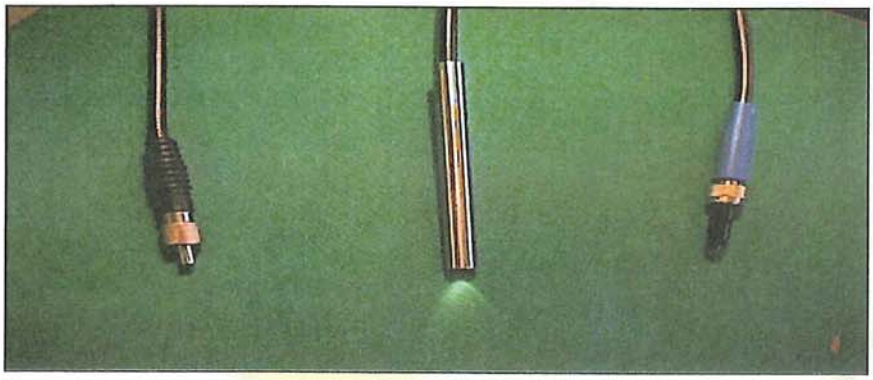
تصنف مصادر أشعة (UV) الصناعية بصورة عامة حسب طبيعة المواد المستخدمة، وطريقة تشغيل الأجهزة والكواشف الإشعاعية، وفي كل الأحوال فإن اهتزاز الجزيئات داخل المادة يؤدي إلى انتقال الإشعاع الساقط إلى مستويات طاقة أدنى أو أعلى، وذلك بسبب انتقال الإلكترونات من وإلى الجزئيات المشحونة في المادة حيث يتم الإصدار الإشعاعي عن طريق انطلاق فوتونات تحت تردد معين، وعلى هذا الأساس تتوزع المصادر الإشعاعية الاصطناعية لأشعة (UV) على النحو الآتي:

* **مصادر حرارية:** أذ عند تسخين مادة ما إلى درجة حرارة تفوق ٢٥٠٠ كلفن، فإن الإصدار الإشعاعي يحدث عند أطوال موجية توافق أشعة (UV) حسب قانون ستيفان، وعلى هذا فإن لون المادة التي يتم تسخينها سينتقل في هذه الحالة من الأحمر إلى الأبيض أو الأزرق، ومن أهم هذه المصادر مصابيح التنجستن.

* **مصادر التفريغ الكهربائي للغازات:** حيث يحدث إصدار أشعة (UV) في هذه الآلية عن طريق مرور التيار الكهربائي خلال غاز أو بخار تحت ضغط منخفض، ليحدث تأين سريع للغاز ويستثار حتى ترتفع الطاقة الإجمالية للإلكترونات إلى مستوياتها الذرية، وعند عودة هذه الإلكترونات المثارة إلى مستويات الطاقة الأساسية (المنخفضة) فإنها تصدر إشعاعات أو فوتونات تحت طول موجة

النطاق الموجي	القدرة الإشعاعية (وات/م٢)	النسبة المئوية (٪)
UVC	٦,٤	.٥
UVB	٢١,١	١,٥
UVA	٨٥,٧	٦,٣
المجموع	١١٣,٢	٨,٣
الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء (IR)	١٢٥٤,٠	٩١,٧

* جدول (١): شدة الأشعاع الكهرومغناطيسي الشمسي وتوزعه الطيفي.



● مصادر ليزرية للأشعة فوق البنفسجية.

معين حسب نوع الغاز المستخدم. ومن مصادر الأشعة فوق البنفسجية المُعْتَمدَة على مبدأ التفريغ الكهربائي: التفريغ الزئبقي، أو الزينوني، أو الهيدروجيني، أو الكربوني وغيرها.

كذلك فإن مصابيح الفلورسانت المشهورة تعتمد على مبدأ مصابيح التفريغ الكهربائي القوسي فتصدر أشعة فوق بنفسجية.

* **المنابع الليزرية:** ويمكنها إصدار أشعة (UV) اعتماداً على مبدأ توليد الليزر وضخه، لاستخدامها في التعرض الإشعاعي والمعالجة الإشعاعية (UV-Radiation Exposure).

وهناك عدد من منابع أشعة (UV) الاصطناعية المتوفرة تجارياً، والتي تزيد شدتها الإشعاعية عن شدة أشعة (UV) الشمسية. كما أن هنالك منابع أخرى لأشعة (UV) تستخدم في الصناعة، ويحاط هذا النوع عادة بوسائل حماية وضوابط محددة حتى لاتحدث مخاطر كبيرة للمتعاملين معها. ويوضح الشكلان (٣)،(٤) مثالاً نموذجياً لمنبع ليزري يصدر أشعة (UV) مع طيف الإصدار الخاص به، والتي تعرف تجارياً تحت مسمى مصابيح الليزر. كما يوضح الجدول (٢) القدرة الإشعاعية النموذجية لمصادر أشعة (UV) الصناعية تحت درجات حرارة مختلفة. أما الجدول (٣) فيوضح المواصفات الفنية لبعض مصابيح أشعة (UV) الإصطناعية ـ التجارية.

درجة الحرارة كلفن (K)	القدرة الاشعاعية (وات/م٢) (UVB/C) *٢٠٠-٣١٥	(UVA) *٣١٥-٣٤٠	(UVA) *٣٤٠-٤٠٠
١٥٠٠	$٨,٦ \times ١٠^{-٥}$	$٥,٦ \times ١٠^{-٤}$	$٢,٧ \times ١٠^{-٢}$
٢٠٠٠	$٢,٤ \times ١٠^{-٤}$	$٧,٩ \times ١٠^{-١}$	١٤,٢
٢٥٠٠	٢٩	٦٢	٦٣٤,٠
٣٠٠٠	٧٦٠	١١٤٧	٨٠٩٥,٠
٣٥٠٠	٨٠٥٠	٩٢٢٠	٥×١٠^{٤}
٤٠٠٠	$٤,٨ \times ١٠^{٤}$	$٩,٤ \times ١٠^{-٤}$	٢×١٠^{٥}
٦٠٠٠	$٣,٦ \times ١٠^{٦}$	$١,٧ \times ١٠^{٦}$	٥×١٠^{٦}
١٠,٠٠٠	١٠٤×١٠^{٨}	$٣,٢ \times ١٠^{٧}$	$٩,٩ \times ١٠^{٧}$

* الطول الموجي (نانومتر)

* جدول (٢): القدرة الإشعاعية لمنابع أشعة (UV) حسب درجات الحرارة.

عدد مراكز رصد هذه الأشعة حوالي خمسة مراصد في نهاية الثمانينات، بينما وصل حالياً إلى أكثر من ٢٥ مركز رصد موزعة في مختلف أرجاء العالم. هذا وقد أخذت عدة جهات ـ حكومية ومعاهد علمية وجامعات وبعض الهيئات الأهلية ـ على عاتقها التسجيل المستمر لبيانات أشعة (UV)، من أجل إنشاء قواعد معلومات على المدى البعيد.

وقد نشأ عن ذلك بناء شبكة دولية ـ من خلال منظمة الأرصاد العالمية (WMO) ـ تقوم بتجميع وتحليل أشعة (UV)، للإستفادة من هذه الشبكة في عدة أوجه على المستوى العالمي منها ما يلي:

ـ توفير المعلومات إلى السكان من خلال تحديد تغيرات مستوى أشعة (UV) بصورة آنية ويومية وشهرية وسنوية.

ـ إيجاد العلاقة بين أشعة (UV) وتغيرات الطقس.

ـ دراسة انتقال أشعة (UV) عبر الغلاف الجوي ومراقبة طبقة الأوزون.

ـ دراسة وتجميع تغيرات مستوى أشعة (UV) خلال فترات زمنية تصل إلى خمسين سنة.

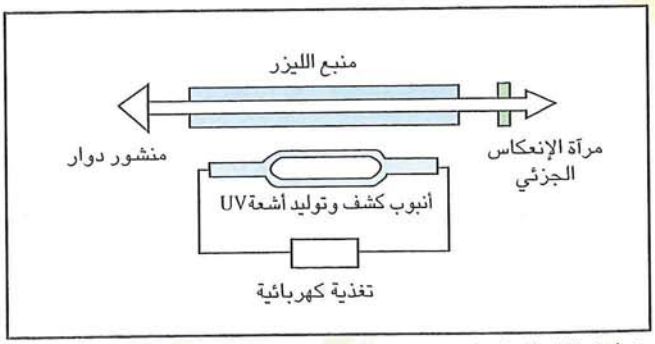
هذا وقد قام قسم الفيزياء ـ كلية العلوم بجامعة الملك سعود بالرياض بنشر بحوث عدة تتعلق بتحليل بيانات مسجلة لأشعة (UV) في منطقة الرياض، حيث تمت دراسة تأثيراتها على ازدياد نقص فيتامين (D) عند الأطفال والنساء، كما تم مؤخراً إعداد نموذج رياضي تحليلي يربط مستوى الأشعة فوق البنفسجية (UV) مع مستوى الأشعة تحت الحمراء (IR) لمنطقة الرياض، وما يزال العمل جارياً في تطوير هذه البحوث نظراً لأهميتها وارتباطها المباشر

المقدار	المصدر 782L-30	782-20	782H-10	793
القدرة الإسمية (وات)	١٧	١٤	١٢	٣,٥
الطول الكلي (سم)	٨٥	٦٠	٣٥	٢٠
الجهد المطبق (AC)	٧٥٠	٥٧٥	٤٠٠	٢٠٠
جهد التشغيل (AC)	٤١٠	٣٢٥	٢٤٠	٩٠
تيار التشغيل (A)	.٠٥	٠,٠٠٥	٠,٠٦	٠,٠٤
أشعة UV (٢٥٣,٧ نانومتر)	٥,٢	٢,٠	٠,٢	٠,١٣

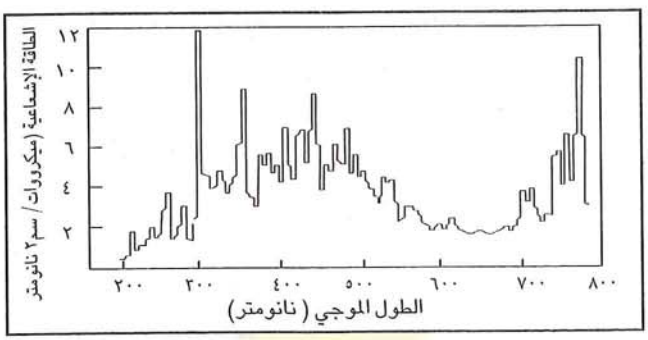
*جدول (٣): المميزات الكهربائية والفنية لبعض مصابيح أشعة (UV) التجارية.

الأشعة فوق البنفسجية والبيئة

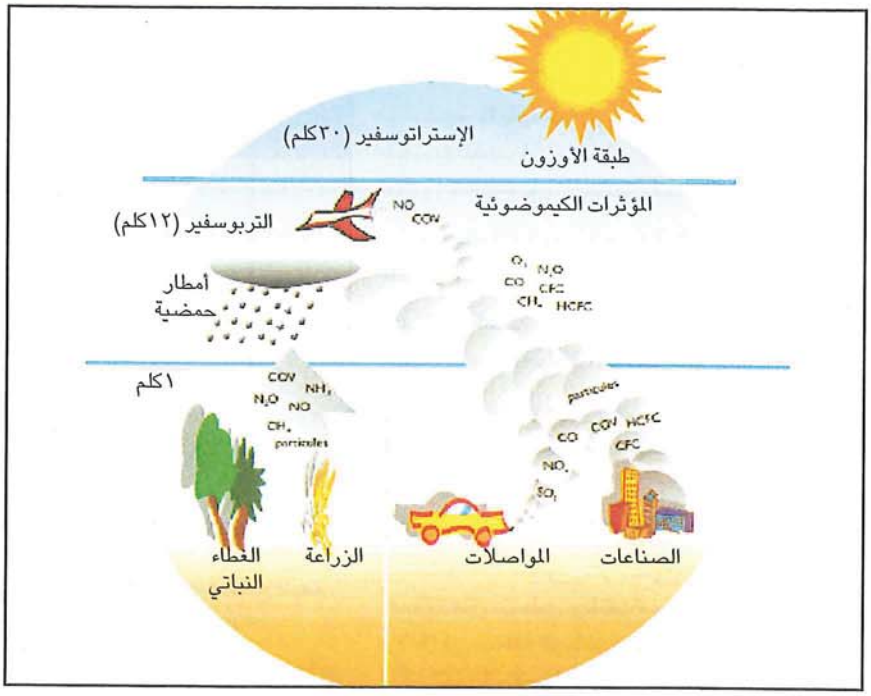
نظراً للتغيرات البيئية الملحوظة فقد ازداد اهتمام المراكز البحثية بأهمية تسجيل وقياس أشعة (UV) ومراقبتها، فعلى سبيل المثال بلغ



● شكل (٣) مثال نموذجي لمنبع الليزر الخاص بتوليد الأشعة فوق البنفسيجية.



● شكل (٤) طيف الإشعاع الصادر من المنبع الليزري لإنتاج الأشعة فوق البنفسيجية.



● العوامل البيئية المؤثرة على طبقة الأوزون.

بالوضع البيئي العام لمنطقة الرياض. وفي هذا السياق يجب التنويه إلى أهمية تسجيل بيانات الأشعة فوق البنفسجية ومراقبتها بشكل مستمر من خلال محطات الرصد والقياس الجوية المنتشرة في المملكة.

أجهزة قياس أشعة (UV)

عند دخول أشعة (UV) الغلاف الجوي فإنها تواجه عدة عوامل ـ تختلف باختلاف الوسط الذي تمر فيه ـ أهمها الامتصاص والانتشار والانعكاس والانكسار والحيود، حيث تحدث تبادلات وتفاعلات بينها وبين تلك الأوساط أو المواد من خلال تغير أتجاهها وشدتها حسب أطوالها الموجية.

وتتشابه عملية تبادل الطاقة بين أشعة (UV) والوسط المادي مع تبادلها في بنية الجوامد (الجسم الصلب) أو أشباه الموصلات. لذا كان لابد من تطوير أجهزة خاصة لكشف وقياس أشعة (UV) تعتمد على تقنيات مختلفة أهمها:

ـ أجهزة القياس المباشر الراديومترات (Radiameters).

ـ أجهزة قياس الطيف الإشعاعي (Spectroradiometers).

ـ أجهزة قياس الجرعة الإشعاعية (Dosimeters).

ويعتمد مبدأ القياس في معظم التقنيات السابقة على تحويل الإشعاع الملتقط إلى إشارة كهربائية بواسطة الكواشف الإشعاعية (أدوات الكترونية مصنوعة من أشباه الموصلات)، حيث يتم التحليل والمعالجة والقياس لحظياً أو خلال فترة زمنية محددة، ومن أهم الكواشف المعروفة في التقاط وتسجيل أشعة (UV) ما يلي:

١ـ الثنائيات الضوئية، ويعتمد معظمها على مواد السليكون يبلغ تجاوبها الطيفي بين ١١٠٠ إلى ١٩٠ نانومتر.

٢ـ الجاليوم ـ زرنيخ ـ وفوسفور (GAs P)، ويبلغ تجاوبه الطيفي بين ٦٧٠ إلى ١٩٠ نانومتر.

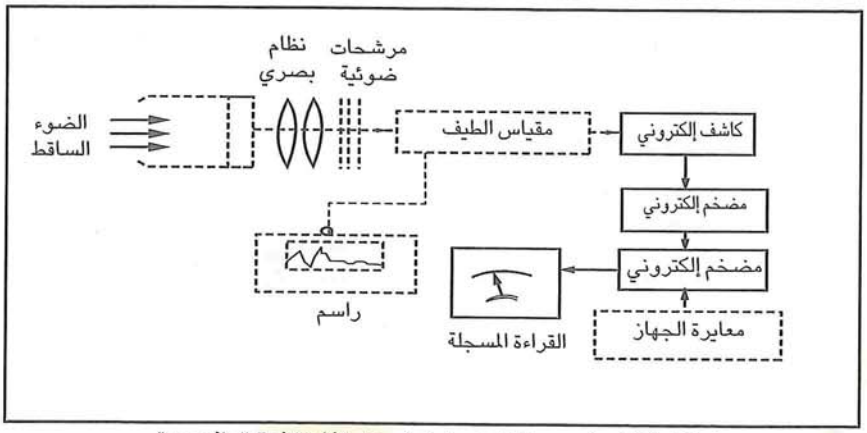
٣ـ الجاليوم فوسفور (Ga P)، ويبلغ تجاوبه الطيفي بين الأطوال ٥٢٠ إلى ١٩٠ نانومتر.

إضافة لذلك هنالك الكواشف الكيميائية الحساسة والبوليمرية المعروفة تحت مسمى (CR-39) والتي تتحسس وتلتقط بسهولة الإشعاع الساقط. إضافة إلى الكواشف الحيوية التي تستخدم تطبيقات أشعة (UV) في النظم البيولوجية المختلفة.

الجدير بالذكر إن معظم الأجهزة والكواشف السابقة تحتاج إلى معايرة دورية بين فترة وأخرى، وهذا يتطلب إجراءات قياسية يجب إتباعها قبل إعادة الأجهزة إلى طور التشغيل مرة أخرى، ويوضح الشكل (٥) نموذجاً مبسطاً لإحدى طرق تسجيل الأشعة فوق البنفسجية.

تطبيقات الأشعة فوق البنفسجية

تستخدم الأشعة فوق البنفسجية ـ إضافة إلى البحوث العلمية ـ في العديد من



● شكل (٥) نموذج مبسط لإحدى طرق تسجيل الأشعة فوق البنفسجية.

● أجهزة قياس الطيف الإشعاعي (Spectroradiometers).

● الأضرار الناتجة عن الأشعة فوق البنفسجية على الجلد.

التطبيقات الصناعية، ومن أهمها ما يلي:-

١- المعالجة الضوئية في الصناعة باستخدام مصابيح أشعة (UV) من رتبة كيلووات) ذات الضغوط المرتفعة خاصة في الصناعة الإلكترونية الدقيقة مثل تصنيع شرائح السليكون والدوائر المتكاملة المصغرة.

٢- التعقيم الطبي الجرثومي بإستخدام مصدر من مصادر أشعة (UVC) عند الأطوال الموجية من ٢٦٥ إلى ٢٦٠ نانومتر - مثل مصابيح الزئبق تحت الضغط المنخفض - لقتل البكتيرياء والجراثيم.

٣- اللحام الغازي والكهربائي القوسي بإستخدام تيار شعاع (UVA) تبلغ شدته حوالي ٤٠٠ إلى ١٥٠ أمبير للحصول على قدرة إشعاعية يتراوح مقدارها ٧٠ إلى ٣ وات/م٢.

٤- أجهزة اسمرار الجلد وتعقيمه بإستخدام مصابيح أو منابع على هيئة فلورسانت (UVA) مع مرشحاتها عند ضغط منخفض.

٥- كشف التلوث في المنتجات الزراعية بإستخدام مصابيح أو منابع (UVA) الفلورسنت (أصفر أو اخضر).

٦- أجهزة التخلص من الحشرات بإستخدام مصابيح (UVA) عند طول موجي يبلغ ٣٥٠ نانومتر.

٧- تطبيقات أخرى في الطب البشري وطب الأسنان.

الأضرار

بالرغم من التطبيقات الواسعة لمصادر الأشعة فوق البنفسجية الصناعية سواء كان في الطب أوالصناعة أوالبحث العلمي والتعليم، إلا أنها لا تخلو من وجود بعض الأضرار الصحية التي يجب التنبيه إليها، ومن أهم إجزاء الإنسان والحيوان التي يمكن أن تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية ما يلي:-

١- البشرة وجلد الإنسان.

٢- أشعة الخلايا الداخلية للإنسان خاصة سلاسل الحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA) والحموض الأمينية وغيرها، حيث يلاحظ النشاط الزائد والسريع للخلايا الجينية والفيروسية عند التعرض لأشعة (UV) خاصة النوعين (UVB)، (UVC)، حيث تؤدي في النهاية إلى أمراض وبائية كسرطان الجلد.

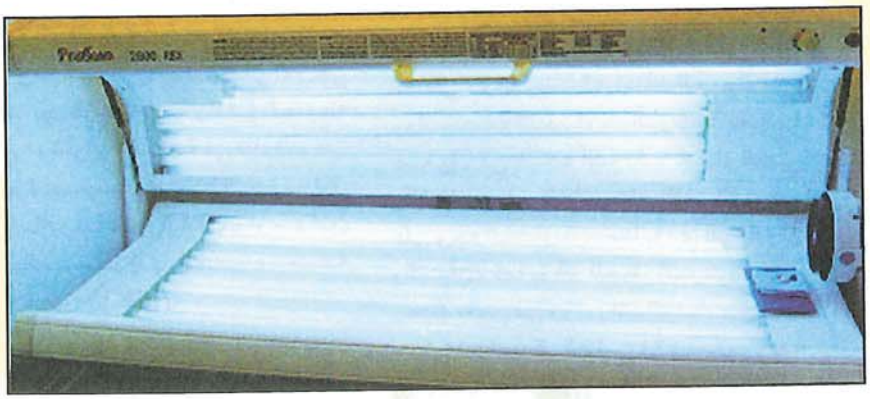
٣- خلايا الحيوانات حيث أنها تتأثر بصفة خاصة بأشعة (UVB).

تقاس شدة أشعة (UV) بوحدة الوات/م٢ نانو متر، كما أن هنالك وحدة قياس أخرى في الفيزياء الحيوية تعرف بالجرعة الإشعاعية لأقل إحمرار جلدي، (Minimun Erythemal Dose MED) حيث أن وحدة واحدة من (MED) تقابل أصغر جرعة إشعاعية من أشعة (UV) مقاسة بالجول/م٢ (J/m2) والتي تسبب تأثيراً مباشراً على العين أو الجلد أو نظام المناعة لدى الإنسان، وتتراوح تلك الجرعة بين ١٥٠٠ إلى ٢٠٠٠ جول/م٢، ويوضح الجدول (٤) الجرعات الإشعاعية لأقل إحمرار جلدي (MED) لفئات سكانية مختلفة، وذلك حسب طبيعة أو نوع الجلد المعرض لهذه الأشعة.

ويوجد دليل إرشادي يحدد المستويات الاشعاعية لأشعة (UV) اليومية المسموح التعرض لها، والتي تعرف تحت مسمى (Exposure limits-ELs)، كما أن هنالك مقياساً آخر يدعى معامل الوقاية أو الحماية الشمسية (Sun Protection- spf)، وعلى هذا الأساس يتبين بأن هناك معايير زمنية مختلفة يجب عدم تجاوزها عند التعرض لأشعة (UV).

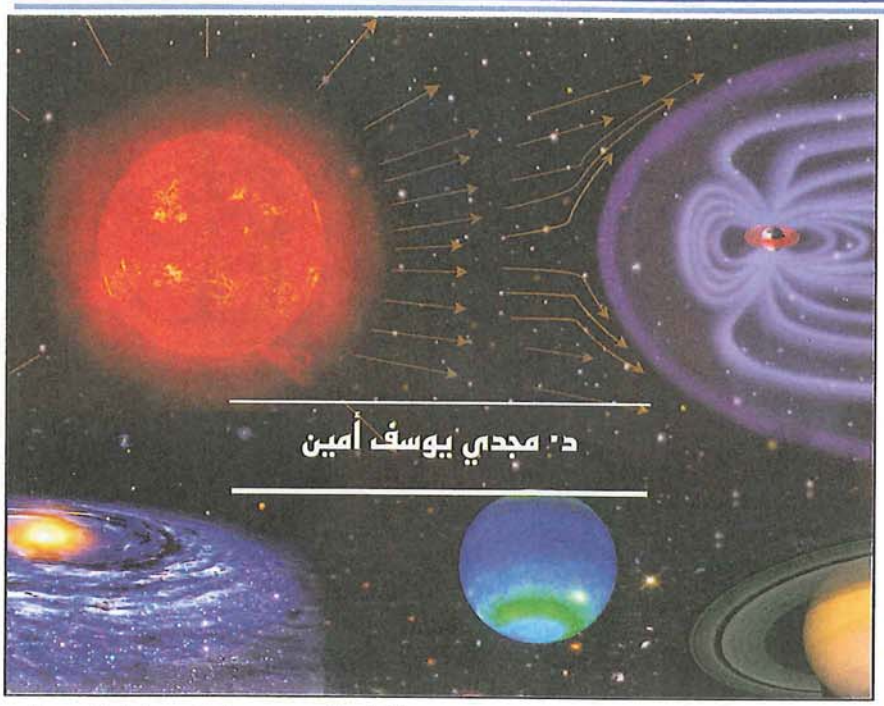
الفئة	الجرعة السنوية MED'S
عمال الطرق والمباني والمطارات	٢٧٠
عمال داخل المباني	٩٠
اسمرار الجلد في العطل الصيفية	١٠٠-٥٠
السرير الإشعاعي UVA (٣٠ دقيقة)	٢٠

● جدول (٤): الجرعات الإشعاعية (UV) لفئات سكانية مختلفة.



● جهاز أشعة فوق البنفسجية يستخدم بغرض العلاج.

التأثيرات الفيزيوحيوية للفضاء الخارجي



د. مجدي يوسف أمين

منذ بداية القرن العشرين تأكد الفلكيون أن الفراغ الضخم بين النجوم داخل المجرة يمتلىء بمادة غازية تسمى مادة مابين النجوم، وقد تم أكتشاف هذه المادة عام ١٩٠٤م، عندما لاحظ العالم الهولندي هارتمان ذرة الكالسيوم المتأينة وذرة الصوديوم مع طيف أحد النجوم ذي الخواص الفيزيائية التي لاتسمح بتواجد هاتين الذرتين، وفي عام ١٩٢٢م، لاحظ هيجر وجود خطوط طيف لعناصر كيميائية معقدة. وبين عامي ١٩٣٣م ـ ١٩٤١م أكتشف أيون الميثيلدين (CH^+)، والسيانوجين (CN)، في مادةَ مابين النجوم،

ففي دراسة للسحابة بين النجمية ذات الحرارة العالية عام ١٩٤١م، تم رصد خط طيف امتصاص للسيانوجين عند طول موجي قدره ٣٨٧,٥ نانومتر، وهذا يشير إلى أنه يوجد في هذه السحابة جزيئات سيانوجين راديوية مستقرة، مما يعني أن جزيئات السيانوجين في الفضاء تكون أكثر استقراراً من الحالة العادية على سطح الأرض لانها سرعان ما تكَّون روابط أكثر استقراراً مثل حمض سيانو الماء (HCN)، وفي نهاية عام ١٩٦٨م تمكنت مجموعة أمريكية بقيادة س. هـ. تاونسي من أكتشاف خطوط طيفية عند الأطوال الموجية ١,٥٢سم لكل من الأمونيا (NH_3)، – يعتقد أن لها دور في تكوين مواد بروتينية بسيطة في العصور البيوكيميائية الأولى – والماء (H_2O)، وفي عام ١٩٦٩م تمكنت مجموعة أخرى من اكتشاف خط الطيف عند الطول الموجي ٦,٢ سم الدال على وجود الفورمالدهيد (H_2CO)، الذي يتكون من أكثر الجزيئات شيوعاً في الكون وهما أول أكسيد الكربون (CO)، وجزيء الهيدروجين (H_2)، ولقد لعب الفورمالدهيد دوراً موثراً في العصور البيوكيميائية الأولى، حيث تتحد ستة من جزيئاته في وجود الأشعة فوق البنفسجية ليكّون سكر (العنب) الجلوكوز.

تلا ذلك اكتشاف مركبات جديدة مثل الكحول الميثيلي وحامض النمليك و الأسيتيلين الميثلي، والأسيتالدهيد والفورماديمين والميثيل الأميني والديمثيل الإثيري وسيانيد الفنيل والكحول الإيثيلي وجزيئات أخرى غيرها، وبعد دخول عصر الفضاء وتطور المناظير الراديوية عام ١٩٧٠م، تم اكتشاف طيف اكثر من ١٤٧ عنصراً ومركباً كيميائياً حتى الآن في السحب بين النجمية والمادة المحيطة بالنجوم، وتتراوح الكثافة في تلك السحب من عشرة جسيمات إلى ٧١٠ جسيم لكل سم٣، أما درجة الحرارة فتتراوح مابين عشر إلى ألف درجة مطلقة (١٠ـ١٠٠٠ كلفن).

أدت معرفة تركيب مادة مابين النجوم وأجواء الكواكب إلى نشأة علم بيولوجية الفضاء (Bioastronomy)، الذي يهتم بإمكانية وجود مادة حية خارج نطاق الغلاف الجوي الأرضي، كما يهتم بتأثير التركيب الفيزيائي للفضاء– كل ماهو خارج الغلاف الجوي الأرضي– على الخلية الحية وصحة الإنسان أثناء رحلات الفضاء.

تأثر الإنسان بالفضاء

استطاع الانسان البقاء في الفضاء لمدة تزيد عن ستة أشهر في ظل وجود عاملي انعدام الجاذبية (انعدام التوازن) والعوامل البيئية المرتبطة بوجود الجسيمات المذكورة.

ويعد انعدام الجاذبية من أهم التأثيرات على جسم الإنسان في الفضاء، فالجهاز الدوري يتأثر بتغير توزيع كتلة الدم – نتيجة لغياب الجاذبية – الذي يتركز في الرأس والصدر والرقبة، وهذا يفسر تورم وجوه رواد الفضاء وتقلص أطرافهم السفلى، وقد بينت الدراسات الحديثة على رواد محطة الفضاء ساليوت ـ٦ نقصاً ضعيفاً في ضغط الدم، أما جهاز الوعي والإتزان فيظهر التأثير على الأذن الوسطى على وجه الخصوص، مما يؤدي إلى الدوار والغثيان، كما يتأثر الجهاز الحركي، حيث يحدث نقص في وزن رائد الفضاء وخمول جزئي في الهيكل العظمي والعضلات، مما يؤدي إلى تمدد أقراص الفقرات، وبالتالي زيادة طول رائد الفضاء عدة سنتيمترات،

وقد لوحظ أيضاً تأثيرات مختلفة على الوظائف الحيوية، مثل الهضم والتجلط والمناعة والتركيبات البنائية داخل الجسم، نتيجة لزيادة أعداد البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية.

وقد تم التغلب على بعض العوامل البيئية المذكورة بصناعة زي خاص برواد الفضاء ذو مجال مغناطيسي يحيط بهم للتغلب على الأشعة الكونية في حالة سباحة الرائد خارج السفينة الفضائية.

التأثير الفضائي على الخلية الحية

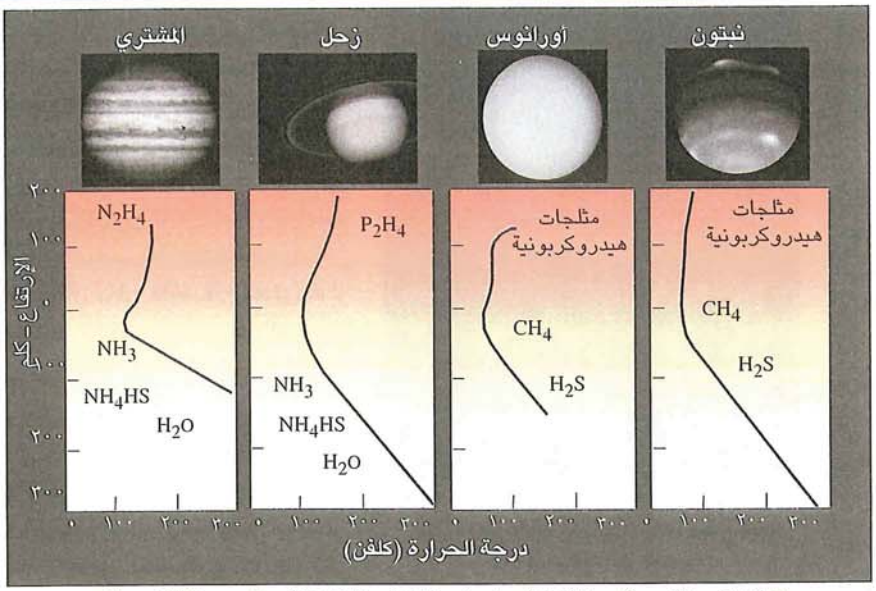
تتأثر الخلية الحية بوجودها في الفضاء بعدة عوامل أهمها :

● الضغط

عند تعرض أي جسم للضوء أو الحرارة فإنه يمتص جزءاً من هذا الضوء أو هذه الحرارة ويعكس بعضها، وهذا يودي إلى وقوع الجسم تحت ضغط إشعاعي (ضوء)، يكون كبيراً بالنسبة للجسيمات الصغيرة، وهذا ماذكره أويلر في عام ١٧٤٦م، عندما قال بأن موجات الضوء تقوم بالضغط على الأجسام عندما تسقط عليها، وثبتت صحة هذا الرأي من خلال العمل النظري لماكسويل على طبيعة الكهرباء عام ١٨٣٢م.

وفي تجربة قام بها أرهينوس – الحاصل على جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٠٣م – على أثر ضغط أشعة الشمس على الجسيمات الصغيرة في النظام الشمسي، أتضح أن هناك مدى من الأحجام يكون ضغط الإشعاع عليه أكبر من قوة الجاذبية الشمسية، ويبلغ هذا الحد للحجم ٣ ميكرون، حيث أن معظم البكتيريا والفيروسات تقع تحت هذا الحد، وبالتالي فإنها تتأثر بضغط الإشعاع أكثر من تأثرها بالجاذبية الشمسية.

واعتماداً على النظريات الفيزيائية التي توضح أن الضغط المنخفض خارج الخلية يؤدي إلى خروج وتجمد الماء الحر الموجود فيها وظهور فراغات داخلها يؤدي إلى هلاكها، فقد قامت وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) بإجراء تجارب لاختبار مدى تأثر الكائنات الدقيقة بالضغط الشديد الانخفاض السائد في الفضاء مابين الكواكب، وقد تم ذلك بتعريض ثلاثة أنواع من الكائنات الدقيقة لمدة خمسة أيام لتفريغ بالغ الشدة يقارب مثيله في الفراغ بين الكواكب، وقد اظهرت نتائج الدراسة المذكورة أنه لم يلاحظ أثر مميت على هذه الكائنات، وبالتالي فليس هناك ثمة قرينة تدل على أن التفريغ في الفضاء الخارجي يودى إلى موت هذه الكائنات.



● التركيب الكيميائي والفيزيائي لبعض للكواكب الغازية في المجموعة الشمسية .

● الحرارة

تلعب درجة الحرارة دوراً حيوياً في حياة الكائنات الحية، وطبقاً لقانون التربيع العكسي للطاقة الشمسية الساقطة على وحدة المساحة، فإن درجة حرارة كواكب المجموعة الشمسية تقل كلما زاد بعدها عن الشمس، وبالتالي أصبح من الضروري معرفة تأثير درجات الحرارة المختلفة على الكائنات الحية خارج الغلاف الحيوي للأرض.

وقد تمت في السنين الأخيرة أبحاث في معهد جينريلزن على جراثيم بكتيرية حفظت لعشرين ساعة في درجة حرارة بلغت (-٢٥٢مْ) درجة مئوية تحت الصفر في نيتروجين سائل، واتضح أن قدرتها على الإنبات لم تتحطم، إضافة إلى ذلك توصل ماكفادين بالتجربة إلى أن الكائنات الدقيقة يمكن أن تحفظ في الهواء السائل عند درجة حرارة (-٢٠٠مْ) لفترة تبلغ ستة أشهر دون أن تفقد قدرتها على الإنبات.

وتعزى القدرة على الإنبات إلى بعض العمليات الحيوية التي تحدث بمعدلات أقل في درجات الحرارة المنخفضة منها في درجات الحرارة المرتفعة، وحيث أن درجة حرارة كوكب نبتون تبلغ حوالي (-٢٠٠مْ)، فقد وجد أن الطاقة الحيوية والإنباتية لتلك الجراثيم البكتيرية نقصت بمقدار واحد من ألف مليون عن كفاءتها عند درجة حرارة ١٠مْ، ولذلك فإن هذه الكفاءة خلال ثلاثة ملايين سنة لن تنخفض بأكثر مما تنخفض به في يوم واحد في درجة حرارة ١٠مْ. من هذا يمكن القول أنه ليس هناك مستحيل في فكرة استمرار قدرة الإنبات في درجات الحرارة المنخفضة، وذلك لمدة أطول مقارنة بدرجات الحرارة المرتفعة، ونتيجة هذه التجارب تجعل العقل البشري يقر أن البرد الشديد في الفضاء سيعمل كواق عالي الفعالية للبذور.

● الأشعة فوق البنفسجية

يمتليء الفضاء خارج الغلاف الجوي الأرضي بالأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس، والتي حمانا الله سبحانه وتعالى منها بأمتصاص معظمها بواسطة غاز الأوزون في طبقات الجو العليا.

لا يؤدي امتصاص الحامض النووي منقوص الأكسجين الـ (DNA) في الخلية الحية لموجات الأشعة فوق البنفسجية ذات أطوال قريبة من ٢٦٠ نانومتر إلى توفر الطاقة الكافية لكسر جدائل الـ (DNA) وبعض جزيئات البروتين الموجودة قريبة منه، ويرجع السبب في ذلك إلى وجود

كميات هائلة من الجرافيت في الفضاء ، حيث يمتص الجرافيت الأشعة فوق البنفسجية بكفاءة عالية في موجاته المهمة بالنسبة للحياة (نحو ٢٦٠ نانومتر) ، اذ تكفي وجود طبقة منه لايزيد سمكها عن ١٠ ميكرومتر لتوفير غلافاً فاعلاً واقياً ضد الأشعة فوق البنفسجية. لذلك فإنه بإمكان الخلية الحية إن كانت ملتصقة ببعض غبار الجرافيت أن تقترب حتى من الشمس والعيش في الفضاء.

ومن المعلوم أيضاً أن عملية تحلل المادة الحية في غياب الأكسجين الحر – تحت الظروف غير المؤكسدة – ينتج عنها كمية إضافية من الجرافيت ، وهذا يعني أن تحلل بعض الكائنات في الفضاء يولد المادة التي توفر الحماية الفعالة والطبيعية لبقية الكائنات ضد الأشعة فوق البنفسجية.

ومن الحقائق السابقة وجد العالم روكس أن جراثيم الجمرة الفحمية التي تموت فور تعرضها للضوء في وجود الهواء داخل المعامل الأرضية ، تبقى حية إذا لم يتوفر الهواء طبقاً للأوضاع السائدة في الفضاء ، أما خلايا الجراثيم الجاهزة للإنبات فإنها تقتل بواسطة الأشعة فوق البنفسجية بعد وقت قصير جداً.

● الاشعة الكونية

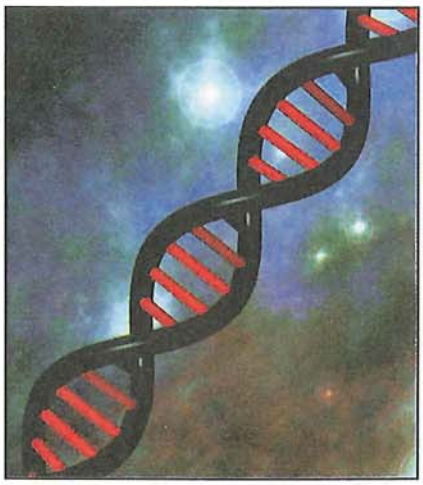
الاشعة الكونية عبارة عن الجسيمات التي تصل إلى الغلاف الجوي الخارجي للأرض ، وقد وجد أن معظم هذه الجسيمات ماهي إلا نوى لذرات بعض العناصر تشكل نوى ذرة الهيدروجين حوالي ٩٢٪ منها، و ٧٪ جسيمات ألفا ، أما النسبة الباقية (١٪) فتشمل نوى ذرات ثقيلة إبتداء من ذرة الليثيوم (Li) وانتهاء بذرة الزركونيوم (Zr).

وتسير هذه الجسيمات بسرعة فائقة وتتراوح طاقاتها بين ٩١٠ إلى ٢٠١٠ إلكترون فولت، وهناك عدة مصادر محتملة للأشعة الكونية منها :

١ـ الشمس: حيث لوحظ أن الأشعة الكونية تزداد في حالة حدوث تهيجات شمسية.

٢ـ النجوم المتفجرة : وهي موجودة في مجرتنا وفي مجرات أخرى.

وعند دخول الأشعة الكونية للغلاف الجوي المحيط بالأرض فإنها تتصادم مع



● الحامض النووي منقوص الأكسجين (DNA) قليل التأثر بالأشعة فوق البنفسجية بسبب وجود الجرافيت في الفضاء .

نوى ذرات الأكسجين والنيتروجين متفاعلة معها محدثة فيها عدم استقرار مما يؤدي إلى تحطيم تلك النوي إلي شظايا أو جسيمات نووية مشحونة وجسيمات أخرى متعادلة الشحنة ، يطلق على قسم منها أسم الميزونات مثل ميزون (TT) وميزون (K) . كذلك تنبعث نيوكليونات (بروتونات ونيوترونات) ، وجسيمات أخرى أثقل من النيوكليونات.

وتتفاعل هذه الجسيمات مع نوى ذرات أخرى فاقدة بذلك جميع طاقاتها في اصطدامات متعاقبة، وفي بعض الأحيان عندما تكون طاقة الجسميات الأولية عالية جداً ـ حوالي ١٥ إليكترون فولت ـ ، تكون طاقة الجسيمات الناتجة (الثانوية) كبيرة بحيث تكفي لإنتاج تفاعل بينها وبين ذرات الجو الأخرى ، مسببه تحطيم نوى تلك الذرات وانتاج المزيد من الجسيمات الثانوية، وتتكرر العملية فيتكون مايسمى بزخة (shower) الأشعة الكونية التي تتجه نحو الأرض لتغطي مساحة كبيرة (واحد كيلومتر مربع تقريباً).

ويصل حوالي ١٪ من الأشعة الكونية المتكونة في الجو إلى مستوى سطح البحر ، بينما يكون الباقي قد تفاعل مع ذرات الجو وخسر جميع طاقته ، وقد وجد أن الجسيمات التي تصل عمودياً إلى الأرض تتكون من ٧٠٪ ميزونات ... و ٢٩٪ إليكترونات و ١٪ نيوكليونات وميزونات أخرى ، أما الجسيمات الساقطة في الاتجاه الأفقي فإن جميعها ميزونات (μ) ، وذلك لأن سمك الغلاف الجوي في هذه الحالة يساوي حوالي ٣٦ مرة سمك الغلاف الجوي في الإتجاه العموي.

وتعد الأشعة الكونية من أهم الإشعاعات التي يتعرض لها الإنسان ، حيث يتعرض الفرد (في مستوى سطح البحر) نتيجة للأشعة الكونية إلى جرعة مكافئة قدرها ٥ مللي رم (٤٥٠ميكروسيفرت) كل عام ، وعند ارتفاع ١٥٠٠ متر إلي ٦٠ مللي رم (٦٠٠ميكروسيفرت) كل عام ، وهكذا يزداد معدل الجرعة مع ازدياد الارتفاع .

كذلك قد تؤدي الأشعة الكونية إلى إنتاج بعض المواد المشعة في الغلاف الجوي ، فيكون لها تأثير غير مباشر على الإنسان .

ويتعرض الإنسان لجرعات إشعاعية قدرها ١٦٩ مللي رم في السنة (في المتوسط) ، وهي تمثل مجموع مايتلقاه من مختلف المصادر الإشعاعية ، وتمثل الجرعة التي يتلقاها من الأشعة الكونية حوالي ٤٥ مللي رم أي، بنسبة ٢٦٪ تقريباً .

● الأشعة السينية

يصدر عن الشمس كذلك أثناء نشاطها كمية من الأشعة السينية يبلغ مائة الف ضعف ما ينبعث منها في حالتها الهادئة ، وعند امتصاصها داخل الخلايا فإنها تولد إلكترونات عالية الطاقة عن طريق ما يسمى بالظاهرة الكهروضوئية ، وقد تسبب كسر إحدى جديلتي الـ (DNA) ، ويصل التدمير ذروته عندما تبلغ طاقة الكم واحد كيلو فولت ، ويمكن أن تتوفر حماية جزئية من هذه الطاقة بواسطة مادة التغليف (الجرافيت) التي تقي كما أسلفنا من الأشعة فوق البنفسجية.

وقد تم حساب معدل الجرعة التي يتلقاها الكائن الحي الدقيق من الإشعاع في الفراغ بين الكواكب على مسافة تبلغ بعد الأرض عن الشمس عند حدوث أكبر الانفجارات الشمسية ، فتراوحت من واحد إلى عشر راد في الثانية. ورغم أن هذا المعدل مرتفع إلا أن المستوى الأعلى للأشعة السينية الناتجة من الانفجارات العنيفة ينخفض كثيراً في نحو عشر دقائق،، ولكن الجرعة المتراكمة من الانفجارات المتتابعة تصل إلى بضعة كيلو

رادات ، وبشكل مواز تم في المختبرات الأرضية قياس تحمل عدد من الكائنات الدقيقة لجرعات مختلفة من الأشعة السينية ، واتضح أن معظم الكائنات تستطيع أن تتحمل جرعات إشعاعية تعادل ناتج عدد من الإنفجارات الشمسية الكبيرة.

وقد وجد أن عدد الجدائل المفردة للولب الـ (DNA) ، المزدوج التي تكسرت في بكتيريا ميكروكوكوس راديوديورانس بلغت نحو ١٨٠٠ جديلة ، وحيث أن هذه التشوهات في اللولب مميتة إذا تركت دون إصلاح ، فإنه يبدو أن لتلك الكائنات آلية خاصة للإصلاح عن طريق العديد من الإنزيمات والعمليات البيولوجية ذات الكفاءة العالية.

وقد أوضحت تجارب عديدة أجريت على بعض الكائنات الدقيقة تحت ظروف ضغط مختلفة في غياب الأكسجين الحر ـ محاكاة للظروف الفضائية ـ أن قدرة الكائنات الدقيقة على إصلاح التلف الناجم عن الأشعة السينية يحدد مدى مقدرتها على الحياة في الفضاء ، حيث يكون ضغط الغاز منخفضاً للغاية مقارنة بضغطه على الأرض ، ونتيجة لذلك الضغط المنخفض تفقد هذه الكائنات الدقيقة الماء الحر فيها ، وقد وجد أن المقاومة للأشعة السينية تتحسن قليلاً حتى ضغط ٠١, من الضغط الجوي العادي ، وتبقى ثابتة بعد ذلك حتى ضغط قيمته 10^{-6} من الضغط الجوي ، مما يدل على أن الكائنات الدقيقة تحت ظروف الفضاء تظل تحتفظ على الأقل بنفس قدرتها التي قيست بالمختبر في تحمل التلف بالأشعة السينية.

خاتمة

يبدو أن البحث في هذا الموضوع يحتاج إلى تقنية عالية التطور لأن التجارب المعملية لايمكن أن تجرى تحت ظروف مشابهة تماماً للفضاء ، فمثلاً تتعرض الكائنات الدقيقة بالمختبرات الأرضية للتأثيرات الفيزيائية بالتتابع في حين أن كلا التأثيرات توجد معاً في الفضاء في نفس الوقت ، وعموماً فهذا القرن سوف يشهد طفرة كبيرة في هذا المجال ، وأن ماتم إيراده هو صورة مبسطة لموضوع بالغ التعقيد.

عالم في سطور

محمود الفلكي

عالمنا لهذا العدد من علماء الفلك الأفذاذ، المتميزين على المستوى العربي والعالمي، وهو ليس من المتقدمين الذين عاصروا النهضة العلمية الإسلامية إبان عصرها الذهبي، وليس من المتأخرين الذين توفرت لهم وسائل البحث والدراسة المتقدمة، ومع أنه عاش في القرن التاسع عشر الميلادي إلا أنه نهج منهج أسلافه من علماء الأمة الإسلامية من حيث تبحره في علوم كثيرة، فكان في كل علم تحسبه نذر نفسه لهذا العلم فقط، فخلف إنتاجاً غزيراً في الفلك والمغناطيسية والجغرافيا.

● **الإسم** : محمد أحمد حمدى، ويلقب "بالفلكي".

● **تاريخ ومكان الميلاد**: ١٨١٥م،بقرية الهسا، محافظة الغربية، مصر.

● **تاريخ الوفاة**: ١٩/٧/١٨٨٥م.

● **تعليمه:**

ـ الإبتدائية في الإسكندرية

ـ ضابط بحري من مدرسة البحرية في الإسكندرية (١٨٣٤م).

ـ شهادة الهندسة من مدرسة الهندسة المعروفة بإسم "منهدس خانا" (١٨٣٩م).

ـ منحة دراسية إلى فرنسا لدراسة الفلك (١٨٥٠ـ١٨٥٩م).

● **أعماله**

١٨٣٩م عمل محاضر الرياضيات والفلك في مدرسة الهندسة، بجانب إدارته للمرصد الفلكي فيها.

ـ عضواً الأكاديمية المصرية، ثم نائباً للرئيس (١٨٥٩م).

ـ عضواً في جمعية الخديوي الجغرافية، ثم نائباً للرئيس، فرئيس (١٨٧٥م).

ـ وزيراً للأشغال العامة.

١٨٨٥م وزيراً للتربية والتعليم حتى وفاته (١٨٨٢م).

● **إنجازاته**

١- بعض الأبحاث المتميزة حول التقويم المقارن الهجري مع الروماني والقبطي.

كتيب عن أهرامات الجيزة .

٢- عمل أول خارطة لمصر.

٣- جمع بيانات عن فياضانات النيل لمدة أكثر من ستين سنة، إستخدمت كمصدر هام للمعلومات لمهندسي الري فيما يتعلق بمستوى مياه نهر النيل.

٤- إكتشف بعض الآثار في الإسكندرية، مثل الميناء الملكي، وجزيرة أنتيرس، كما حدد مواقع المعركة البحرية التي وقعت في الإسكندَرية، كما إكتشف بعض الآثار في رشيد وأبو كير والماريوت.

٥- إقترح إنشاء محطات رصد في عدة مواقع في مصر لقياس مستوى النيل.

٦- ترجم كتاب حساب التفاضل والتكامل من الفرنسية إلى العربية.

● **تقدير شهرته**

حصل محمود الفلكي على الكثير من التقدير على مستواه العلمي المتميز في معظم الدول الأوربية ومصر، منها على سبيل المثال:

١- وضع له تمثال في مدينة شتوتجارت بألمانيا .

٢- سمي أحد الشوارع بإسمه في الدنمارك.

٣- إنشأت بلجيكا متحفاً يشتمل على إنجازاته العلمية.

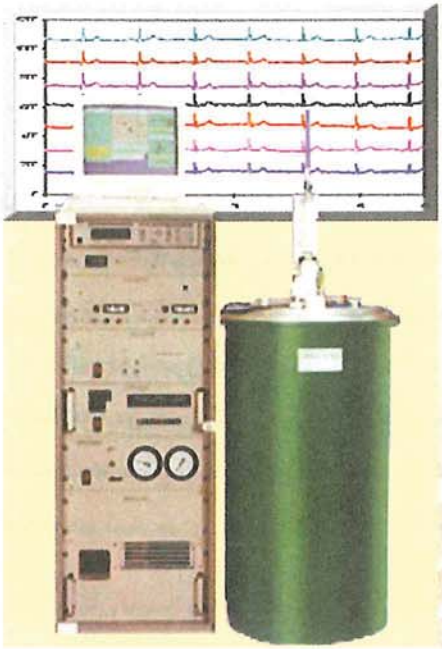
٤- إطلق إسمه على أحد شوارع القاهرة الرئيسية بمصر.

المصدر:

http://sis.gov.eg/calender/html/cl190797.htm

المغناطيسية الحيوية

د. حامد بن عبدالرزاق السويدان



تمتلك أعضاء الكائنات الحية - خاصة الانسان - مجالات مغناطيسية تعرف بالمغناطيسية الحيوية، وهي عبارة عن مجالات مغناطيسية ذات قيمة متدنية - منخفضة. تتولد بواسطة عدد من أعضاء هذه الكائنات الحية، وتتعدد مصادر المجالات المغناطيسية داخل جسم الإنسان - وتختلف أيضا في شدتها - حسب أعضاء جسمه المختلفة.

ومن أهم تلك المصادر مايلي: -

١ - المجالات المغناطيسية التلقائية والناتجة عن نبضات التيارات الكهربائية لخلايا العضلات أو الأعصاب لبعض أعضاء الجسم كالقلب والدماغ التي تمثل المقابل المغناطيسي للقياسات الكهربائية العادية.

٢ - المجالات المغناطيسية المتولدة بواسطة محفز خارجي يقوم بإثارة إحدى حواس الجسم فتنتج إشارات مغناطيسية مستحثة للجهاز العصبي المركزي.

٣ - الاستجابات المغناطيسية الناتجة من المكونات الدايا مغناطيسية أو البارامغناطيسية (Ferromagnetic) للنسيج البشري بوجود مجال مغناطيسي، والتي توظف في تحديد التركيزات العالية للمواد البارامغناطيسية نتيجة لزيادة مخزون الحديد في الكبد أو حصول تخثر للدم في أحد أعضاء الجسم.

٤ - المجالات المغناطيسية الناتجة من بعض الشوائب المغناطيسية - من أهمها الحديد - والتي تتركز في الرئتين.

وتعد قيم شدة المجالات المغناطيسية المذكورة منخفضة جداً، فهي تقل من مليون إلى بليون مرة عن قيمة شدة المجال الأرضي الذي يساوي تقريباً ٥×١٠^{-٥} تسلا، كما أنها أصغر بعدة رتب من مستوى التشويش للوسط المحيط الناتج عن المجالات المغناطيسية القريبة والمتولدة من الأسلاك الحاملة للتيار والأجسام الحديدية الكبيرة كالمصاعد والآلات المختلفة.

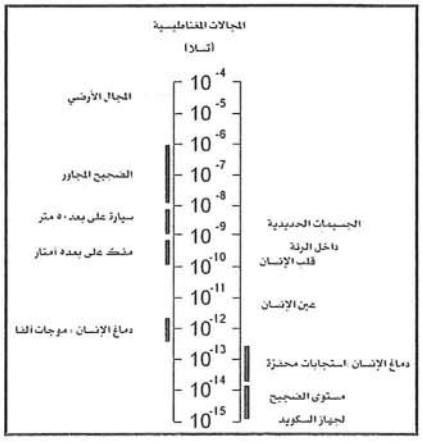
قياس المغناطيسية الحيوية للإنسان

يمكن التغلب على مجالات التشويش المذكورة، وفي نفس الوقت قياس هذه المغناطيسية المنخفضة أصلاً بواسطة جهاز فائق الحساسية - أمكن تطويره أخيراً - يمكنه أن يلبي هذه المتطلبات، إذ يمكنه أن يتحسس التغير في المجالات المغناطيسية القريبة منه إلى أقل من $١٠^{-١٤}$ تسلا - أي قياس المغناطيسية المنخفضة جداً - مع خاصية استبعاد المصادر البعيدة.

يطلق على الجهاز المذكور إسم جهاز التداخل الكمي فائق التوصيلية المعروف اختصاراً بالسكويد (SQUID) وهي ترجمة للحروف الأولى لاسم الجهاز باللغة الانجليزية (Superconducting Quantum Interference Device-SQUID)

تعكس هذه التسمية العديد من الظواهر الفيزيائية التي يعتمد عليها الجهاز، والتي تتضمن تكميم الفيض المغناطيسي والتوصيلية الفائقة وظاهرة جوزفيسون. ويوضح شكل (١) المجالات المغناطيسية الحيوية لأعضاء جسم الإنسان مقارنة بالمجال المغناطيسي الأرضي والضجيج المحيط ومستوى الضجيج لجهاز السكويد.

يعتمد قياس المغناطيسية الحيوية لجسم الإنسان على خاصية وجود مجال كهربائي في جسم الانسان يمكن بواسطته قياس تلك المغناطيسية وذلك حسب العلاقة المعروفة بين التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي، إذ يمكن استنتاج أي من الكميتين عند معرفة الأخرى، ويوضح شكل (٢)، العلاقة بين شدة المجال والتيار الكهربائي لحالة مبسطة جداً نفترض فيها شحنات كهربائية ضمن الجسم (مثل أيونات الصوديوم والبوتاسيوم) تتحرك بالاتجاه المبين بالسهم خلال مسار قصير وضيق محدد بواسطة غشاء الخلية الحية. فأي تغير في



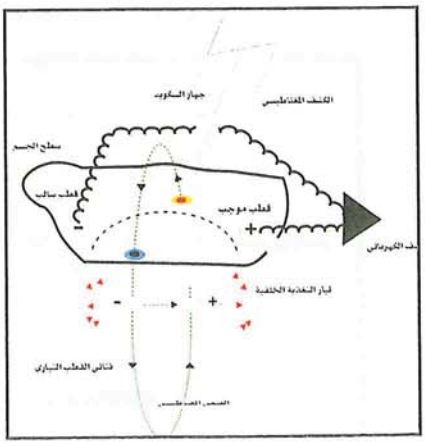
● شكل (١) المجالات المغناطيسية الحيوية مقارنة بالمجال الأرضي والضجيج المحيط ومستوى الضجيج لجهاز السكويد.

كمية الشحنة عبر الغشاء ينتج عنه تيار كهربائي يمكنه أن يحدث مجال مغناطيسي يقل أو يزيد حسب بعده أو قربه من مركز التيار، حيث يعطي التغير في مسار التيار مايعرف باسم ثنائي القطب التياري. ويمكن أن تضاف الاضطرابات الكهربائية الناتجة على المستوى الخلوي لبعضها البعض ولمجموعات هائلة من الخلايا عالية الترتيب مما يولد إشارات كهربائية يمكن تكبيرها ثم تسجيلها بواسطة أقطاب كهربائية توضع على سطح الجسم فنحصل على ما يسمى بمخطط كهربائية القلب (Electric Cardiogram-ECG) ومخطط لكهربائية الدماغ (Electric Encephalogram EEG) اللذان يستخدمان بصورة دائمة في التشخيص السريري.

واعتمادا على ذلك يمكن أن تنتج عن هذه المجالات الكهربائية للقلب والدماغ مجالات مغناطيسية يمكن قياسها بواسطة مخطط مغناطيسية القلب (Magnetic Cardiogram-MCG) ومخطط مغناطيسية الدماغ (Magnetic Encephalogram- MEG) .

عمل وتركيب جهاز السكويد

يعتمد عمل جهاز السكويد على ظاهرة أن الفيض المغناطيسي خلال حلقة فائقة التوصيل



● شكل (٢) المجال المغناطيسي الناتج عن ثنائي القطب التياري وتقنيات الكشف الكهربائية والمغناطيسية.

● شكل (٣) جهاز السكويد والأجهزة الملحقة به.

لايمكن أن يتخذ أية قيمة موجبة، ولكن هناك قيم محددة دون غيرها يتغير خلالها الفيض المغناطيسي يطلق عليها تكميم الفيض المغناطيسي. ويوضح الشكل (٣)، صورة فوتوغرافية لجهاز السكويد الذي غالبا يأخذ الشكل الأسطواني مع وجود نهاية أسطوانية أقل أبعاداً توضع عادة بأقرب مايمكن من المصدر المولّد للمجالات المغناطيسية.

يتكون الجهاز، شكل (٤) مما يلي: -

١ - سلك كشف يتحسس التغيرات في المجال المغناطيسي الخارجي الناتجة من المصدر المراد قياسه ويقوم بتحويلها إلى مجال كهربائي .

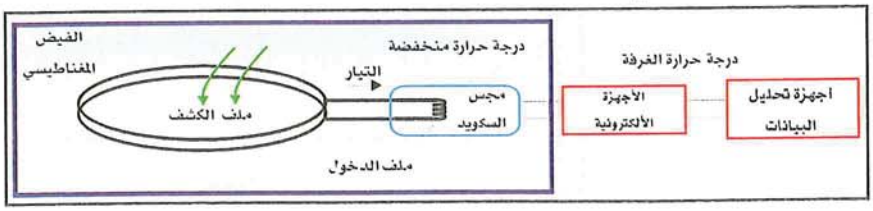
٢ - سلك الدخول الذي يحول التيار الناتج إلى مجال مغناطيسي.

٣ - مجس السكويد وهو عبارة عن حلقة فائقة التوصيل تحتوي على وصلة مفردة رقيقة بسمك (١ إلى ٢ نانو متر) تدعى وصلة جوزفيسون، يقوم هذا المجس مع توصيلاته الإلكترونية بعمل محول عالي التكبير للمجال المغناطيسي إلى جهد كهربائي يمكن قياسه بدرجة حرارة الغرفة.

ويلاحظ من الشكل أن مجس السكويد وملفات الكشف توضع في وعاء حافظ للحرارة مملوء بسائل عالي التبريد (نيتروجين أو هيلوم) وذلك لضمان التوصيلية الفائقة للمواد الناقلة للتيار الكهربائي وللتخلص من التشويش الحراري.

تطبيقات المغناطيسية الحيوية

تتميز القياسات المغناطيسية الحيوية عن مثيلاتها الكهربائية بأمور أهمها: -



● شكل (٤) مخطط الأجزاء المكونة لجهاز مقياس المغناطيسية فائق الحساسية (السكويد).

١ ـ أن جهاز الكشف لايلامس الجسم بتاتاً.
٢ ـ أن المجالات المغناطيسية المتولدة من الجسم لاتتشوه إلا قليلاً بواسطة النسيج الجسمي الواقع بين مصدر الإشارة (داخل الجسم) وموقع جهاز القياس.
٣ ـ إمكانية تحديد موضع المصدر للأشارة داخل الجسم وبدقة عالية اعتماداً على الطبيعة الإتجاهية للقياسات المغناطيسية.

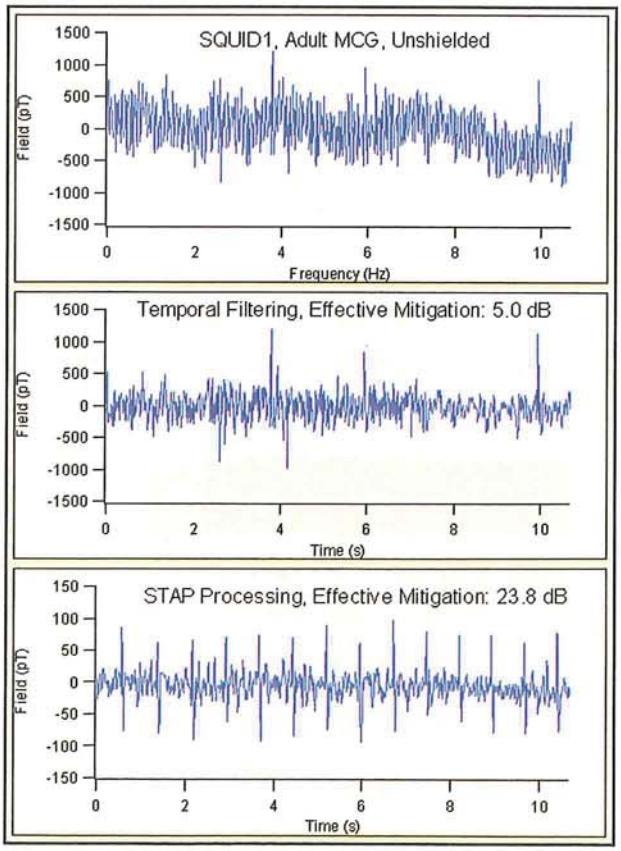
ونتيجة لاهمية المغناطيسية الحيوية فقد طبقت في دراسات مخططات مغناطيسية القلب والدماغ وغيرها .

● مخطط مغناطيسية القلب

يتم في هذا المخطط التعرف على النشاط الكهربائي للقلب، وذلك برسم خريطة للمجالات المغناطيسية (MCG) الناشئة من التيارات الأيونية في النسيج القلبي وقياسها، وتتميز هذه التقنية بإمكانية تحسس التيارات الكهربائية الساكنة التي لاتسبب أي فرق جهد على سطح الجسم والتي لاتظهر في مخطط كهربائية القلب المعروفة.

وفي هذا الاطار فقد أجريت العديد من الدراسات باستخدام هذه التقنية من قبل العديد من الباحثين بغرض تحديد كيفية تشكل المجالات المغناطيسية حول الصدر لكل من مرضى القلب والأشخاص الطبيعيين.

ويتوقع أن تأخذ هذه التقنية في المستقبل القريب دوراً مكملاً لعمليات تخطيط القلب المتبعة حالياً. ويمكن للمرضى المراجعين من شكوى آلام الصدر ولايعرف أسبابها هل من القلب أم شي آخر أن يستخدموا هذا الجهاز لان حالتهم يجب ان يتعامل معها بسرعة خوفاً من الجلطات القلبية، وبما أن التقنيات المتبعة الآن لايمكن الوثوق بها من ناحية دقة التشخيص، فإن استخدام تقنية مخطط مغناطيسية القلب وتحليل خرائط المجال المغناطيسي حول الصدر للقلب المستريح بواسطة جهاز السكويد يمكن أن تكون كافية لتشخيص سريع وموثوق لهذا النوع من الأعراض الكثيرة الحدوث .

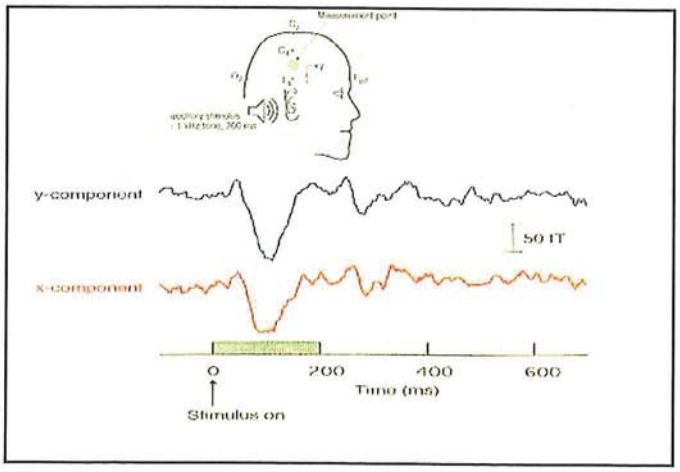


● نموذج لمخطط مغناطيسية القلب.

● مخطط مغناطيسية الدماغ

تستخدم هذه التقنية في دراسات القياسات المغناطيسية المتولدة من الدماغ، وتفيد في تقييم مدى سلامة المواضع المدروسة. وتعد دراسات الدماغ المغناطيسية من الدراسات الناجحة نتيجة للنتائج المشجعة، والقابلة للتطبيق وخصوصاً بعد تطوير جهاز السكويد الذي اختصر الوقت وحسن من قدرة التحليل الموضعية، حيث أمكن الكشف عن المجالات المغناطيسية التي تظهر في الدماغ من النبضات الكهربائية بين الخلايا العصبية، وبقياس المجال المغناطيسي المثار عند وضع محفزات حسية على مناطق محددة من الجسم يمكن الحصول على خريطة النظام الوظيفي للدماغ أقل من السنتمتر موضعياً وبحدود الملي ثانية زمنياً. ولم تعد هذه التقنية أداة أساسية لدراسة الدماغ فحسب، بل بدأ استخدامها في التشخيص السريري للمرضى في بعض حالات الاضطرابات العصبية .

ومن التطبيقات الطبية الناجحة لاستخدام مخطط مغناطيسية الدماغ (MEG) استقصاء داء الصرع المزمن والدقة العالية في تحديد البؤرة المسببة له مقارنة بكل من التقنية الكهربائية للدماغ وتقنية الرنين النووي المغناطيسي.



● نموذج لمخطط مغناطيسية الدماغ.

● استجابات الكبد المغناطيسية

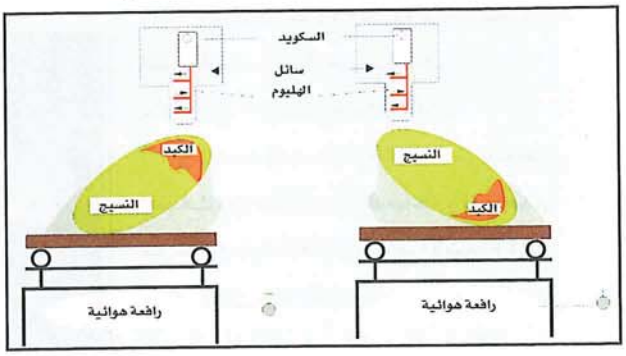
يمكن استخدام قياسات الاستجابة المغناطيسية لتحديد كمية مخزون الحديد لجسم الإنسان خصوصاً في الكبد. وتعد هذه التقنية مهمة جداً للمراقبة الدورية للذين يعانون من حالات زيادة كمية الحديد في الدم، حيث أن أي ارتفاع في تركيز الحديد في الكبد (بصفته العضو الذي يخزن الحديد في الجسم) يولد استجابة حديدو مغناطيسية كلية للكبد بصورة مغايرة للحالة الطبيعية الديامغناطيسية، وبذلك يمكن بواسطة هذه التقنية اراحة كثير من المرضى عند القيام بالفحص السريري. وتتم عملية التشخيص، شكل (٥) حسب الخطوات التالية: ـ

ـ رفع المريض على سرير موصول بمحرك لسهولة التحكم والوصول إلى أقل مسافة بين الجلد وجهاز السكويد.

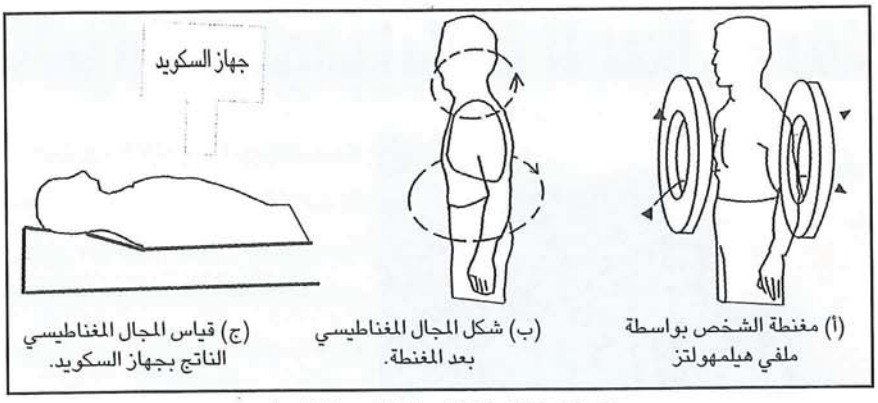
ـ تسليط مجال مغناطيسي ثابت (في حدود ٢٠ ملي تسلا) بواسطة مغناطيس فائق التوصيلية على منطقة الكبد والنسيج المحيط به .

ـ تخفيض سرير المريض أثناء تسليط المجال المغناطيسي لعدة سنتميترات وتسجيل الاستجابات المغناطيسية الناتجة بواسطة جهازي السكويد، وبصورة منفصلة عن بعضهما.

الجدير بالذكر ان هذه التقنية تحتاج لبعض الوقت حتى تصبح إجراءً روتينياً معتبراً في حالات التشخيص السريري.



● شكل (٥) جهازي السكويد المستخدمين لتحديد مخزون الحديد في كبد الإنسان.



(أ) مغنطة الشخص بواسطة ملفي هيلمهولتز

(ب) شكل المجال المغناطيسي بعد المغنطة.

(ج) قياس المجال المغناطيسي الناتج بجهاز السكويد.

● شكل (٦) كيفية قياس المغناطيسية الرئوية.

● المغناطيسية الرئوية

يستنشق عمال المناجم والعاملون باللحام وغيرهم من أصحاب الحرف الصناعية، الغبار المتطاير المحتوي على جسيمات حديدية (فرومغناطيسية) والذي يشكل خطورة صحية واضحة لان هذه الملوثات تستقر أخيراً في الرئتين، وهي تتميز بسهولة وقابلية عالية للتمغنط، لذلك يمكن تعريف المغناطيسية الرئوية على أنها تقنية غير إختراقية لتحديد منسوب الملوثات الحديدية داخل الرئتين بالإعتماد على قياس المغنطة المتبقية بعد تسليط منطقة الصدر لمجال مغناطيسي خارجي. ومن هذه المعلومات يمكن تحديد كمية الغبار الكلية في الرئتين.

تعد المغناطيسية الرئوية أكثر تحسساً بالمقارنة مع جميع التقنيات الحالية المعروفة بدراسة التلوث الرئوي الداخلي، فعلي سبيل المثال فإن وجود كية في حدود ١٠ ـ ٢٠ ملي جرام من غبار اللحام في الرئة تكون كافية لكشفها بسهولة باستخدام جهاز السكويد المغناطيسي، بينما نجد أن كمية مقدارها ألف ملي جرام من ذلك الغبار تمثل الحد الأدنى علي تأثير مرئي عند التصوير بالأشعة السينية.

ويمكن تنفيذ هذه التقنية، شكل(٦)، حسب الخطوات التالية: ـ

(أ) وقوف الشخص المطلوب فحصه بين ملفين متوازيين (على شكل دائري أو مربع) ـ ملف هيلمهولتز فيتم تمرير تيار مناسب في الملفين لتوليد مجال مغناطيسي منتظم في المنطقة الحصورة بينهما .

(ب) تسليط المجال المغناطيسي الناتج على الصدر في حدود ٣٠ إلى ١٠٠ ملي تسلا (لمدة ١٠ ثواني تقريباً) لجعل الجسيمات الحديدية تتمغنط.

(ج) نقل الشخص المدروس ليستلقي على سرير بحيث يكون جهاز السكويد أقرب مايمكن من الصدر. وأخيراً يتم تسجيل المغناطيسية المتبقية بإجراء مسح شامل لمنطقة الصدر على طول عدة مقاطع عرضية، فإذا كان التركيب للغبار الملوث معروفاً فإن الإشارة المغناطيسية المقيسة يمكن استخدامها لاستنتاج المخزون الكلي للغبار في الرئتين.

وأخيراً فإن القدرة على تحديد التركيزات الضئيلة من الغبار وبصورة مبكرة باستخدام جهاز السكويد تمنع ـ بإذن الله ـ حدوث الكثير من الأمراض المهنية المعروفة وتمكن من تدارك الحالات قبل استفحالها إلى الحد الذي يستحيل عنده الشفاء .

التأثيرات البيوفيزيائية للمجال المغناطيسي الدائم

د. محمد إسماعيل الجوهري

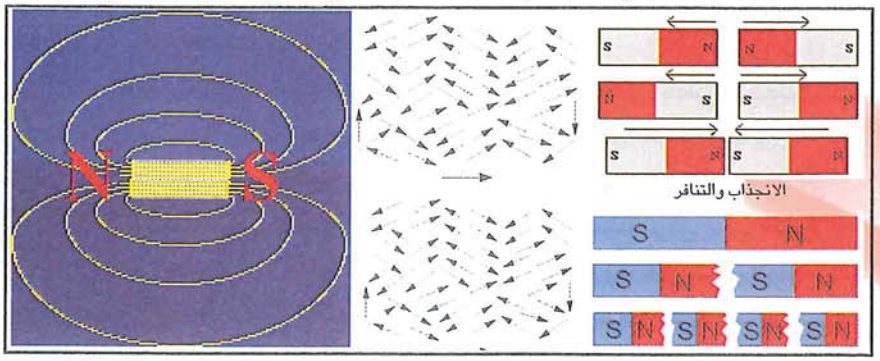
تم اكتشاف الظاهرة المغناطيسية منذ حوالي ٢٥٠٠ عام عندما وجدت بعض قطع من الصخور الحديدية (Magnetites) لها خاصية الإنجذاب إلى بعضها البعض، وسميت مغناطيسات (Magnets) نسبة إلى مدينة ماجنيزيا (Magnesia) التي تقع شرق تركيا، ويطلق عليها الآن إسم مدينة مانيزا. وقد اكتشف أيضاً أنه إذا لامس قضيب من الحديد أحد هذه الصخور فإنه يصبح مغناطيسا له القدرة على جذب الأشياء الحديدية الأخرى، و إذا علق هذا القضيب في خيط من منتصفه فإنه يهتز ثم يتوقف عن الاهتزاز ليشير أحد طرفيه إلى الشمال الجغرافي للأرض ويشير الطرف الآخر إلى الجنوب الجغرافي، تماما مثل الاتجاهات التي تأخذها الإبرة المغناطيسية الموجودة في البوصلة التي تستخدم في تحديد الاتجاهات عند السفر بالبحر منذ القرن الحادي عشر الميلادي.

يجذب المغناطيس إليه جميع الأشياء المصنوعة من الحديد والكوبالت والنيكل وغيرها، ويكون أما على شكل قضيب أو حدوة حصان، وله طرفان أو نهايتان يسميان قطبين (Poles) ـ قطب شمالي والآخر جنوبي ـ يكون التأثير المغناطيسي عندهما أكبر ما يمكن، والأقطاب المختلفة تتجاذب والمتشابهة تتنافر، و إذا قسمنا المغناطيس إلى جزئين فإننا لانحصل على قطب منفرد سواء شمالي أو جنوبي ولكن نحصل على مغناطيسين كل منهما له قطبان أحدهما شمالي والآخر جنوبي. وللأرض مجال مغناطيسي أيضاً كما لو أن قضيباً مغناطيسياً ضخماً موضوع على محور الكرة الأرضية، ويشير أحد طرفي الإبرة المغناطيسية إلى القطب الشمالي الجغرافي للأرض، والطرف الآخر إلى القطب الجنوبي للأرض، ولا ينطبق القطب الشمالي المغناطيسي للأرض على قطبها الجغرافي وكذلك القطب الجنوبي لها، لأن الأقطاب الجغرافية للأرض تقع على محور دورانها. وتقاس شدة المجال المغناطيسي في النظام العالمي بوحدة تسمى (Tesla)، والتي ترتبط بالوحدة المعروفة غاوس (Gaus) حسب العلاقة التالية:

واحد تسلا = ١٠^٤ غاوس

وتعد وحدة التسلا وحدة كبيرة، لذلك يمكن أن تقاس شدة المجال المغناطيسي بوحدة المللي تسلا (mT) أو ميكروتسلا (uT). وحسب هذه الوحدة فإن المجال المغناطيسي للأرض يبلغ حوالي ٠,٥ غاوس أي ٠٥. مللي تسلا (5mT).

ولايعد المجال المغناطيسي الدائم المنبعث من مغناطيس إشعاعا، لأنه ينعدم مع عدم وجود المغناطيس، أما الإشعاع فإنه ينتشر حتى بعد غلق مصدره، ولذلك لايعد المجال المغناطيسي إشعاعا، وهذه من الأخطاء الشائعة التي يقع فيها غير



● خواص الأقطاب المغناطيسية .

المتخصصين، كذلك يصعب الوقاية من المجال المغناطيسي لأنه يخترق المباني وجسم الإنسان بسهولة بخلاف المجال الكهربائي. ورغم ذلك توجد بعض المواد القادرة على امتصاص المجال المغناطيسي مثل ميوميتال، وهي سبيكة يمكن الاستعانة بها للتخلص من مركبة المجال المغناطيسي في حالة الإشعاع الكهرومغناطيسي من محطات تقوية التليفون النقال.

تأثيرات المجال المغناطيسي

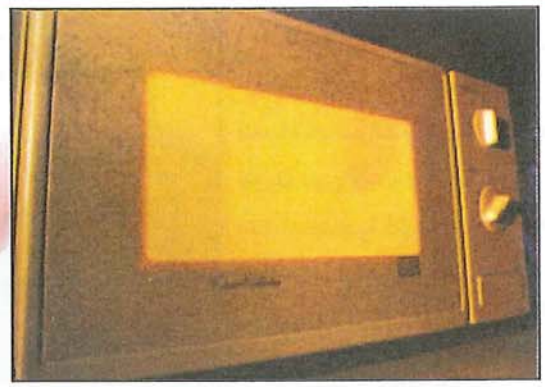
يتعرض الإنسان خلال حياته اليومية إلى قيم مختلفة من المجال المغناطيسي الدائم (الساكن)، إذ أنه يكون تحت تأثير المجال المغناطيسي للأرض مدى الحياة وذلك بقوة من ٠,٠٣ إلى ٠,٠٧ ملي تسلا. وتتوقف هذه القيمة على الموقع الجغرافي الموجود به الإنسان. كذلك يكون تأثير المجال المغناطيسي كبيراً على المواد ذات القابلية المغناطيسية الكبيرة (Magnetic Susceptibility) المسماة بالمواد الحديدومغناطيسية (Ferromagnetic) وهي:

● الأرض عبارة عن مغناطيس كبيرله قطب شمالي وآخر جنوبي.

الحديد والكوبالت والنيكل والجادولينيم وأكسيد الحديديك والصلب، إضافة لذلك يتعرض السكان تحت خطوط الضغط العالي إلى مجال مغناطيسي مُتردد يصل إلى ٠,٠٢ ملي تسلا، كما يتعرض الإنسان إلى المجال المغناطيسي من المحركات ومكبرات الصوت وأفران الميكروويف والمبردات، حيث تتراوح شدة هذه المجالات من ١ إلى ١٠ ملي تسلا حسب البعد عن هذه الأشياء، وعموما تعد هذه مجالات مغناطيسية ذات شدة صغيرة وليس لها أي تأثيرات بيوفيزيائية على الإنسان.

● حدود التعرض

وضع المجلس الوطني البريطاني للوقاية من الإشعاعات (NRPB) حدودا للتعرض للمجالات المغناطيسية الساكنة لفترات قصيرة لمجال شدته تصل إلى ٢,٠ تسلا دون أن تحدث أية أضرار للإنسان. وقد أكدت اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة (ICNTRP) نفس حدود شدة المجال (٢,٠ تسلا) التي يتعرض لها الإنسان لفترات قصيرة دون أن تحدث له أي تغيرات فسيولوجية في نمو أو سلوك الكائنات الحية



● أفران الميكروويف لها مجالات مغناطيسية ضعيفة يمكن أن يتعرض لها الإنسان.

الراقية التي تتعرض لهذه المجالات المغناطيسية. كذلك وضع مختبر لورنس ليفر مور القومي الأمريكي معايير للتعرض الشخصي للمجال المغناطيسي الثابت، ومن هذه المعايير مايلي:

١- الأشخاص الذين يستخدمون أجهزة تنظيم ضربات القلب والأجهزة التعويضية الأخرى يجب ألا يتعرضوا لمجال مغناطيسي شدته تزيد عن ١ ملي تسلا (١٠ جاوس) ولفترات زمنية قصيرة.

٢- يمكن تعرض الجسم كله لمجال مغناطيسي لا تصل شدته أكثر من ٦٠ ملي تسلا (٦٠٠جاوس) لفترة صغيرة.

٣- بالنسبة للأيدي والأرجل يجب أن لا تزيد شدة المجال عن ٦٠٠ملي تسلا.

٤- يجب أن لا تزيد شدة المجال التي يتعرض لها الإنسان عن ٢ تسلا.

من جانب آخر أوضحت منظمة الصحة العالمية (WHO) أن التعرض لفترات قصيرة لمجال شدته تقل عن ٢ تسلا لايُحْدِثُ أية أضرار صحية للإنسان. وقد أوضح كثير من العلماء مثل مولدر (١٩٩٦) أنه لا يوجد نقص في الخصوبة عند الجنسين أو فقد للجنين أثناء الحمل (اجهاض) أو مواليد معيبة عند التعرض للمجالات المغناطيسية الدائمة والتي تصل شدتها إلى ١,٥٠ تسلا لفترات زمنية قصيرة.

● الرنين المغناطيسي والقطارات الكهربائية

يعد التصوير بإستخدام ظاهرة الرنين النووي المغناطيسي (MRI) أكبر مجال مغناطيسي يمكن أن يتعرض له المريض، أذ من الممكن أن يتعرض إلى شدة مجال من ١,٥-٧ تسلا أو أكبر لفترة زمنية محدودة. ورغم ذلك لا يؤدي هذا التعرض إلى

● القطارات الكهربائية تحدث حولها مجالات مغناطيسية ضعيفة.

أضرار صحية. كما أن المجال المغناطيسي الثابت والناشىء عن القطارات الكهربية ـ يصل إلى ٠,٢ مللي تسلا ـ لا يؤدي أيضا إلى أضرار صحية بالركاب.

● العلاقة بالسرطان

حتى الآن لا يمكن البت في وجود أي علاقة بين مرض السرطان والأشخاص المعرضين للمجالات المغناطيسية الساكنة، حيث يتعرض لهذه المجالات كل من يعيش على الكرة الأرضية ويمارس حياته وسط كل هذه الأجهزة المتعددة والتي يصدر عنها مجالات مغناطيسية دائمة.

وقد وجد كثير من العلماء مثل **تنفورد** (T.S. Tenford, 1992) وغيره أنه لا توجد أي تحورات وراثية أو أية تغيرات ناتجة من تأثير المجال المغناطيسي الثابت الذي تصل شدته إلى ٣,٧ تسلا. وقد أثبتت أبحاث كثير من العلماء أن المجالات المغناطيسية بقيم تصل إلى ١,١٥ تسلا ولفترات طويلة لا تؤدي إلى نمو أورام سرطانية في الإنسان.

● الأحزمة والعراقات الممغنطة

تم في مختبرات شعبة الفيزياء الحيوية بكلية العلوم (بنين) ـ جامعة الأزهر ـ قياس المجال المغناطيسي الصادر عن الأحزمة التي تحتوي على مغانط شدة المجال المغناطيسي لها تتراوح ٥٠ إلى ١٠٠ مللي تسلا، حيث اتضح أنه في حدود المسموح به طبقاً للمعايير الدولية المذكورة آنفا ولفترات زمنية طويلة دون أن تحدث أية أضرار صحية للإنسان. كذلك اتضح أن العراقات ـ تستخدم على مقعد السيارة الأمامي ـ بها ثماني مغناطيسات ٤ في ظهر العراقة و٤ في أسفلها ـ لها مجال مغناطيسي تتراوح شدته بين ٥٠ إلى ١٢٠

● المجالات المغناطيسة للعراقات لا تضر الصحة.

مللي تسلا، وهي أيضا في حدود المسموح طبقاً للمقاييس العالمية في هذا الشأن ولا ينتج عنها أي أضرار صحية للإنسان حتى عند التعرض لها لفترات زمنية طويلة تصل إلى ١٢ ساعة يومياً.

التأثيرات الإيجابية

للمجال المغناطيسي الثابت إيجابيات ـ حسب شدته ـ تتمثل في استخدامه كعلاج للأمراض وكعلاج طبيعي، ومن ذلك ما يلي:

● علاج الأمراض

أوضحت أبحاث بعض العلماء أن المجال المغناطيسي الثابت الذي تتراوح شدته ما بين ٤ إلى ٦,٣ تسلا توقف النمو السرطاني للعقد الليمفاوية، وتوقف أيضا ورم الخلية عند ٧,٠ تسلا. كذلك أوضحت بعض نتائج الأبحاث أن المجالات المغناطيسية من ٠,١٣ إلى ٢ تسلا ليس لها أي تأثير على جهاز المناعة للحيوانات، كما بينت التجارب أن وضع مغناطيسات صغيرة في مخ الفئران أدى إلى تقوية جهاز المناعة عندها.

● العلاج الطبيعي

دأب كثير من أطباء العلاج الطبيعي على تخفيف آلام المرضى ـ مثل آلام الرقبة والمفاصل ـ بوضع مغناطيسات صغيرة ذات شدة مجال مناسبة تصل أحيانا إلى ٥٠ مللي تسلا في أماكن هذه الآلام، وبعد فترة من استخدامها تزول هذه الآلام. وعليه يتضح أن المجال المغناطيسي الثابت ذو الشدة المنخفضة له فوائد صحية للإنسان وليست له أضرار كما يدعي البعض. وقد تم في مختبر شعبة الفيزياء الحيوية بجامعة الملك سعود إجراء تجارب لدراسة التأثيرات البيوفيزيائية للمجالات المغناطيسية المختلفة على قوة الإجراء الحركي للعضلة الثلاثية للإنسان بعد تعريضها لعدة مجالات مغناطيسية، وقد استخدم لهذا الغرض ثلاثة أنواع من المجالات هي:ـ

● أحزمة ممغنطة للعلاج الطبيعي.

١ـ مجال مغناطيسي ثابت صغير (٥٠ مللي تسلا).

٢ـ مجال مغناطيسي ثابت كبير تصل شدته إلى ١٠٠٠ مللي تسلا.

٣ـ مجال مغناطيسي متردد ٥٠ مللي تسلا هرتز.

وقد أوضحت هذه الأبحاث أن المجالات المغناطيسية الساكنة ذات القيمة الصغيرة والكبيرة ليس لها تأثير يذكر على قوة الأداء الحركي للعضلة الثلاثية للإنسان حتى بعد تعريضها لفترات زمنية طويلة (١٠ أيام للمجال الصغير و ١٢ ساعة للمجال الأكبر شدة). كما أتضح أن هناك تأثير واضح للمجال المتردد (المتغير) بمعدل ٥ مللي تسلا / ٥٠ هرتز حيث ساعد على زيادة فترة عمل العضلة دون إجهاد، أي أن للمجال المتردد فوائد صحية أيضا.

المراجع

1- **Douglas C. Gincoli,** (1995), Physics, Prentice Hall international editions, pp. 558-581.

2- **Hugh D. Young** (1992) university physics, Addison-wesley company, pp. 772-826.

3- **Moulder JE,** (1996), "Biological studies of power-frequency fields and carcinogenesis. IEEE Eag Med Biol 15 (Jul/Aug): 31-49.

4- **Raymond A. Serway,** (1996), Physics, For Scientists and engineers with modern physics Saunders Golden Sunburst Saunders college publishing, pp. 864-891.

5- **Sharaf.M.I.,** (1983) Biological effects of magnetisc field on performance abilities M.D. Thesis, Al Azhar university, Faculty of medicine, Cairo-Egypt.

6- **Tenforde T.S.** (1992), "Interaction mechanisms and biological effects of static magnetic fields", Automedical, Vol.14 pp. 271-293.

7- **Walter Hoppe, Wolfgang Lohman,** Hubert Markl, Hubert Ziegher, (1983), Biophysics, springer-verlag-pp. 461-732.

الإنسولين يمنع الجلطة الدماغية

أوضحت دراسة أجريت بجامعة بافلو بالولايات المتحدة أن الإنسولين يمنع سلسة من التفاعلات التي تؤدي إلى تجلط الدم عند الأشخاص المعرضين للنوبات القلبية، وبالتالي الحيلولة -بإذن الله- دون إصابتهم بالسكتة الدماغية .

أظهرت الدراسة المذكورة-نشرت في مارس ٢٠٠٢ بمجلة الغدد الصماء السريرية- أن أخذ الإنسولين والجلوكوز بالوريد يمنع عمل المورثات المسؤولة عن تجلط الدم في الأنسجة المحيطة بالاوعية الدموية.

ويذكر **بريش داندونا** (Paresh Dandona) رئيس فريق الدراسة المذكورة أن أبحاثهم السابقة أوضحت -لأول مرة- أن للإنسولين أثر معنوي في منع التهابات جدران الأوعية الدموية، كما أماطت اللثام عن فائدة أخرى للإنسولين تتمثل في تخفيفه لعوامل تخثر الدم. ويضيف **داندونا** أنه يمكن استخدام الإنسولين لأذابة الجلطة عند هؤلاء الأشخاص المعرضين لها.

ويشير **داندونا** إلى أن دراسة سابقة أجريت بالسويد قد أوضحت فائدة الحقن الوريدي بالإنسولين والجلوكوز - وبكميات قليلة- في علاج حالات الذبحة القلبية الحادة ، وأن دراستهم المذكورة قد أوضحت الآلية التي يعمل بها الإنسولين لأنها حددت المورثات المسؤولة عن التهابات الأوعية الدموية والتخثر .

ويذكر **داندونا** أن الدراسة الحالية انصبت على المورث ("Egr-1" Early Growth gene-1) المسؤول عن التهاب الأوعية وعلاقته بتركيز نوعين من البروتين هما عامل الأنسجة (Tissue Factor- TF) وكابح التجلط (Plasminogen activator Inhibitor-1 "PAI") حيث ان المورث المذكور (Egr-1) يستجيب فوراً لأي مؤثرات متعلقة بحرمان الأنسجة من الأكسجين وأي تلف يحدث للوعية الدموية، ويضيف **داندونا** أن هذا المورث يبدو مسؤولاً عن حالات تصلب الشرايين عند الإنسان والفئران، ويواصل **داندونا** قائلاً أن البروتين (TF) يعمل على وقف سلسلة من التفاعلات المؤدية إلى تكوين مادة الفايبرين (Fibrin) -الالياف المكونة لتجلط الدم- بينما يعمل بروتين (PA1-1) على منع التجلط.

ويضيف **داندونا** أن دراستهم تلخصت في معالجة عشرة أشخاص لديهم مستويات عالية من العوامل المذكورة - بسبب السمنة- للحقن الوريدي بالإنسولين وسكر الديكستروز، حيث كان الغرض من إضافة الإنسولين.

تم في الدراسة المذكورة أخذ عينات الدم قبل الحقن الوريدي وبعده بساعتين وأربع ساعات وست ساعات .

أظهرت تحاليل عينات الدم المذكورة انخفاض المورث (Egr-1) والبروتينين (PA1-1) و (TF) بنسبة ٤٧٪و٥٨٪و٨٥٪ على التوالي خلال أربع ساعات، مما يؤكد على أهمية الإنسولين في التفاعلات الخاصة بتجلط الدم وسيولته.

المصدر:

WWW Sciencedaily. Com/2002/03/02032207 ,3/22/2002

سخانات المياه الكهربائية

إعداد : د. ناصر بن عبدالله الرشيد

يحتاج الإنسان إلى الماء الساخن في جميع الأوقات (صيفاً وشتاءاً) لمعظم إحتياجاته اليومية كالإستحمام وغسيل الملابس والأواني وغيرها، وقد كان في السابق يحصل على حاجته عن طريق التسخين المباشر على النار، خصوصاً أيام البرد القارس، ومع مرور الزمن وتعدد وسائل الرفاهية إخترع الإنسان سخان الماء الذي يغذي المنزل بكامله أو جزء منه بالماء الساخن، وما على الشخص إلا أن يدير الصنبور فينساب ماءاً ساخناً يستطيع التحكم بدرجة حرارته حسب حاجته.

تختلف سخانات المياه من مكان إلى آخر حسب نوع الطاقة المستخدمة، فقد تعمل بالغاز، أو بالكهرباء ، أو بالطاقة الشمسية، أو بالكهرباء والطاقة الشمسية معاً، حسب توفر تلك الطاقة، وملاءمتها من حيث التكلفة، كما تختلف في أشكالها، مثل السخان ذو المقطع الدائري أو البيضاوي أو المستطيل، وألوانها لكي تتناسب مع محيطها، وسعاتها التي تتراوح ما بين ٢٠ إلى ١٢٠ لتر، وفي هذا العدد يسعدنا أن نستعرض السخانات العاملة بالطاقة الكهربائية.

مبدأ عمل السخان

يعتمد عمل السخان الكهربائي على مبدأ التسخين الناتج عن مرور التيار الكهربائي في الموصلات الفلزية نتيجة للمقاومة التي تبديها تلك الموصلات، وكلما زادت مقاومة الموصلات زادت الحرارة الناتجة، وهذا ما يحدث في عنصر التسخين في السخان الكهربائي، الذي يتميز بمقاومته العالية، حيث يقوم منظم الحرارة بتوصيل التيار لعنصر إو عنصري التسخين ، فترتفع حرارته، فتنتقل هذه الحرارة إلى الماء. تعمل تيارات الحمل على توزيع الحرارة على مياه الخزان بالتساوي ، وعندما تصل درجة حرارته إلى الدرجة المطلوبة يفصل منظم الحرارة التيار عن عنصر التسخين ذاتياً.

يظل الماء محتفظاً بحرارته إطول مدة ممكنة، وذلك لوجود العازل الحراري، فإذا إنخفضت حرارته فإن المنظم الحراري يستشعر ذلك ويقوم بتوصيل التيار لعنصر التسخين لتعويض ذلك الإنخفاض، ثم يفصل التيار بعد ذلك ، وهكذا يحتفظ السخان بالمياه الساخنة عند درجة حرارة معينة.

أنواع السخانات

تصنف السخانات من حيث طاقتها وإمكانياتها التسخينية إلى نوعين، هما:

● **السخان الفوري**

يركب هذا النوع من السخانات على صنبور الماء أو على خط التغذية الرئيسي لدورة المياه أو المطبخ ، ويوصل إليه التيار من أحد المقابس الكهربائية الموجودة في نفس المكان أو قريبة منه، وله وضعيتان فقط للتسخين ضعيفة ومرتفعة، ويتميز بخفض إستهلاك الطاقة لتسخين المياه لأن الطاقة لا تستهلك إلا أثناء إستخدام الماء الساخن، كما يتميز بإستمرارية تدفق المياه الساخنة لفترات طويلة جداً، وسرعة تدفق المياه الساخنة بعد فتح الصنبور مباشرة، مما يقلل من إستهلاك المياه.

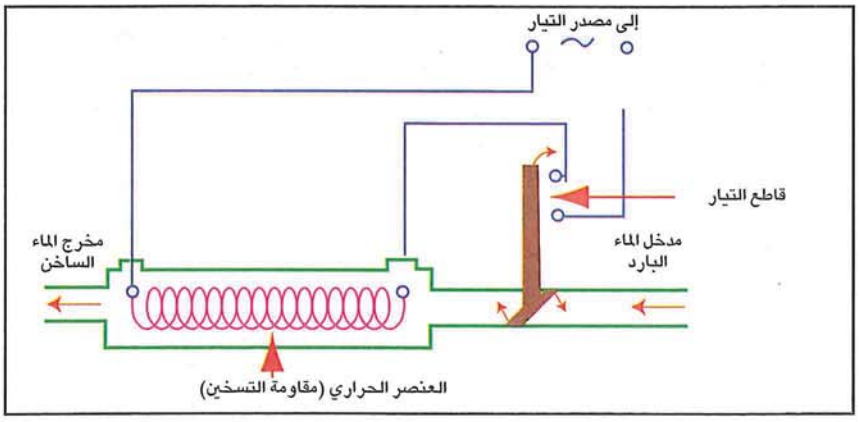
يتكون السخان الفوري عادة، كما في الشكل (١) من جزئين أساسيين هما:

عنصر التسخين: ويتألف من سلك مقاومة (Resistance) مصنوع من خليط (سبيكة) النيكل كروم. يغلف عنصر التسخين بأنبوب محكم التثبيت على عوازل خزفية، ويجب أن تتراوح قدرة تحمله ما بين ١٥٠٠-٢٠٠٠وات للقيام بعملية التسخين الفوري

قاطع التيار: ويتحكم بفصل وإيصال التيار الكهربائي عن طريق تأثره بضغط الماء، حيث يوصل نقطتي التماس عند وجود تيار مائي، ويقطع التيار الكهربائي عند توقف جريان الماء نتيجة لقفل صنبور الماء أو ضعفه.

● **السخان البطيء**

يطلق على هذا النوع إسم السخانات البطيئة أو التراكمية، لأن عملية التسخين فيها تتم ببطء، ويتراكم الماء الساخن ويخزن بداخلها، وهي واسعة الإنتشار، ويمكن تصنيفها أيضاً إلى نوعين، سخانات عمومية (تستخدم في أغراض متعددة)،



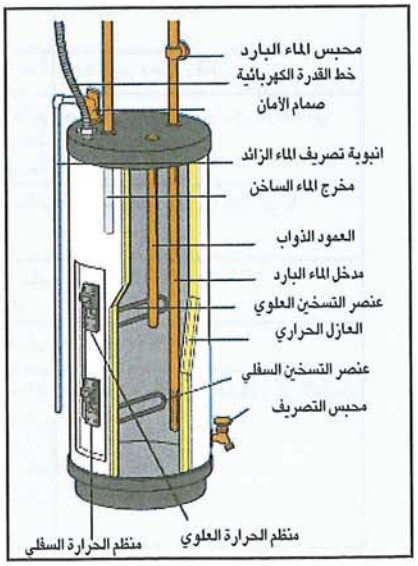
● شكل (١)مكونات السخان الفوري .

وتخدم فئة كبيرة من الناس، كالمحلات التجارية، والنوادي، والمدارس، والمستشفيات، والورش الصناعية وغيرها. أما النوع الثاني فيطلق عليه السخان التجاري، وهو شائع الإستخدام في المنازل.

تتكون السخانات البطيئة (التراكمية) الكهربائية، شكل (٢) من عدد الأجزاء من أهمها ما يلي:

* **خزان الماء:** ويصنع بشكل إسطواني من فلز يتم إختياره حسب نوع المياه ومصادرها، فإذا كانت المياه حامضية صنع الخزان من سبائك فلزية خاصة أساسها النيكل، أما إذا كان الماء عسراً فيفضل صناعته من سبائك الصلب الثقيل، وقد يصنع من الفلز المجلفن أو المغلف بمادة البورسلان تحت الحرارة لمقاومة الصدأ والتآكل والإهتراء، ويحاط من الخارج بغلاف فلزي يفصل بينهما مادة عازلة، مثل الصوف الزجاجي أو الألياف أواللباد أومواد أخرى لتقليل الفقد الحراري، وللمحافظة على حرارة الماء أطول مدة ممكنة. قد يكون السطح العلوي من الخزان مقوساً لكي يتحمل الضغط، إضافة إلى ذلك فإنه يجب ترك حيزاً إضافياً ليسمح بتمدد الماء عند التسخين، كما يجب أن تكون حواف الوصل للخزان ملحومة بطريقة جيدة، والتأكد من ذلك بإختبارها تحت ضغوط عالية.

* **عنصر التسخين:** ويعد مع المنظم الحراري أهم أجزاء السخان، وهو عبارة عن سلك مقاوم ملفوف بشكل لولبي داخل إنبوب من الحديد أو النحاس، ويحاط بعازل من الخرز الخزفي أو مسحوق عازل حراري، ويتم إقفال أطراف العازل تماماً لمنع تسرب الماء. تتراوح قدرة تحمل عنصر التسخين ما بين ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ وات، وقد يزود السخان بعنصر تسخين إضافي عند أعلاه إذا كان كبيراً لزيادة كفاءته.

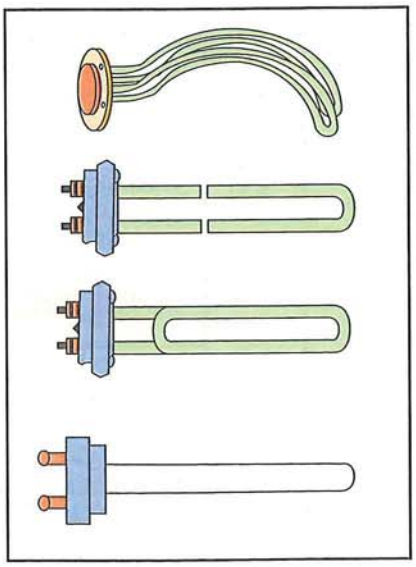


● شكل (٢) مكونات السخان البطيء (سخان عمومي).

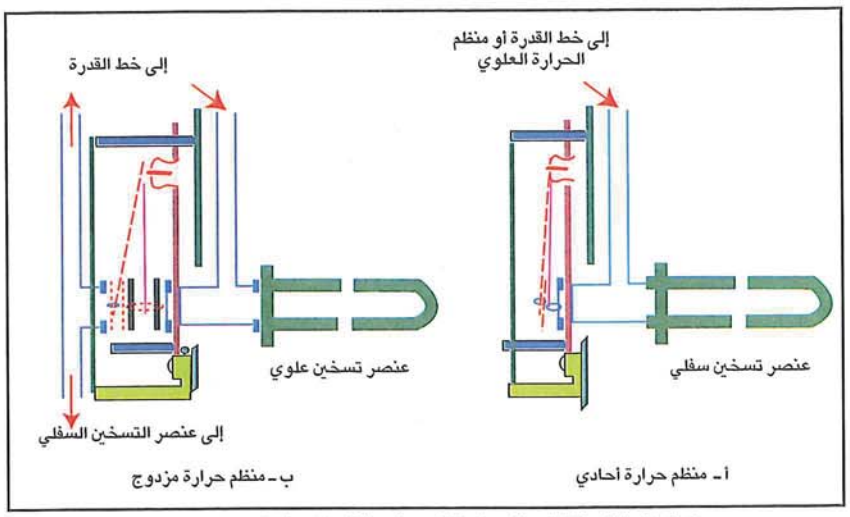
يأتي عنصر التسخين على أشكال مختلفة، شكل (٣) طبقاً للطاقة المستهلكة إلا أنها جميعاً تعمل بنفس النظرية، ويثبت عنصر التسخين في السخان إما على أحد جوانب السخان، كما في السخانات العمومية ،أو على سطحه السفلي، كما في السخانات التجارية، ويكون تثبيته بطريقة يمكن معها إخراجه بسهولة عند الحاجة لفحصه أو تبديله.

* **منظم الحرارة (Thermostat):** وهو ضروري لجميع سخانات المياه، والغرض منه التحكم في فتح وغلق الدائرة الكهربائية لعنصر التسخين (تم إستعراضها بالتفصيل في العدد السابق)، وذلك لإبقاء درجة حرارة الماء عند الحدود المطلوبة.

يوجد بسخانات المياه نوعان من منظمات الحرارة، هما: المنظمات الأحادية ، وتتحكم في عنصر تسخين واحد، والمنظمات الثنائية (مزدوجة)، وتوجد غالباً في السخانات العمومية التي تحتوي على



● شكل (٣) الأنواع المختلفة لعنصر التسخين.



● شكل (٤) منظمات الحرارة المستخدمة في السخانات العمومية.

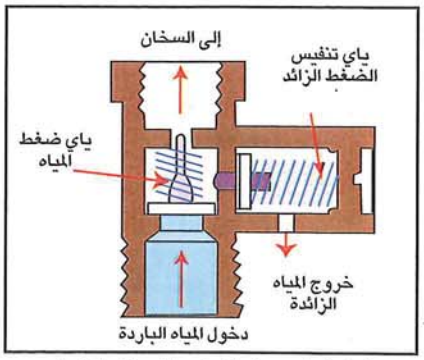
عنصري تسخين، شكل (٤).

يتحكم منظم الحرارة الثنائي في مرور التيار لكل من عنصري التسخين العلوي والسفلي، حيث يقفل دائرة عنصر التسخين العلوي عندما تنخفض درجة حرارة الماء في الجزء العلوي من السخان عن حد معين، ويفتح دائرة عنصر التسخين في الجزء السفلي. أما عندما يبرد الماء في الجزء السفلي فإن المنظم يغلق دائرة عنصر التسخين في هذا الجزء ويفتح دائرة عنصر التسخين في الجزء العلوي.

عمود الحماية: وهو عبارة عن عمود من المغنيسيوم يتدلى داخل خزان السخان العمومي. يقوم هذا العمود بحماية جدار الخزان من الداخل خصوصاً في مناطق المياه الحمضية، حيث يتفاعل معها مباشرة قبل أن يتفاعل مع مادة الخزان، ولذا فإن هذا العمود يتأكل خلال سنوات قليلة، ويجب فحصه من آن لآخر، وذلك بإخراجه وقياس سمكه الذي يجب أن يتراوح ما بين ١,٢٥ إلى ٢سم تقريباً، فإذا كان أقل من ذلك، يجب تغييره مباشرة، أما بالنسبة للسخانات التجارية فلا تحتوي على مثل هذا العمود نظراً لأن مياه المنازل تكون في الغالب عذبة.

* **صمام الأمان:** وهوعبار عن صمام تنفيس يسمح ـ من خلال إنبوبة التفريغ ـ بتسرب الماء وبخاره عندما يزيد الضغط داخل السخان عن حد معين (١كجم لكل سنتيمتر مربع) حتى لا ينفجر. يثبت صمام الأمان ـ عادة ـ على السطح العلوي للسخانات العمومية، ويمكن التأكد من أن الصمام يعمل بصورة جيدة بالضغط على الرافعة الموجودة أعلى الصمام، فإذا إنساب منها الماء دل ذلك على أنها سليمة. ويجب فتح صمام الأمان عند تفريغه من الماء لتنظيفه، ليعمل على دفع الماء إلى الخارج.

* **الصمام وحيد الإتجاه:** ويعمل على الحيلولة دون رجوع الماء الساخن بإتجاه إنبوب التغذية بالماء البارد ، حتى لا يؤدي إلى هدر جزء كبير من الطاقة، ويوجد بهذا الصمام شبك معدني يمنع مرور المواد الغريبة مثل الرمل والتراب إلى داخل السخان.



● شكل (٥) صمام الأمان بالسخان التجاري.

يدمج أحياناً في السخانات المنزلية الصغيرة (التجارية) صمام الأمان مع الصمام وحيد الإتجاه في صمام واحد، شكل (٥)، بحيث يؤدي مهمتي التنفيس عند إرتفاع الضغط، ومنع رجوع الماء من خلال إنبوبة الدخول.

* **مقياس درجة الحرارة:** ويوجد عادة على غلاف السخان، وله مؤشر يتحرك على تدريج يحمل أرقام أو معلم بسهم تزداد المسافة بين خطيه كلما ارتفعت درجة الحرارة، أو على تدريج معلم بأرقام تدل على درجة الحرارة، شكل (٦).

تختلف السخانات في طريقة قياس درجة حرارة الماء، فبعض السخانات تزود بمقياس يعتمد على التمدد الحراري، وفي هذه الحالة يجب أن يلامس المؤشر من الخلف مادة الغلاف الداخلي للسخان لكي يتحسس التغير في درجة الحرارة، وفي بعضها يتم تحديد درجة حرارة الماء بتوصيل مصباح مع دائرة عنصر التسخين، يضيء عندما تكون دائرة عنصر التسخين مقفلة وينطفيء عندما تفتح.

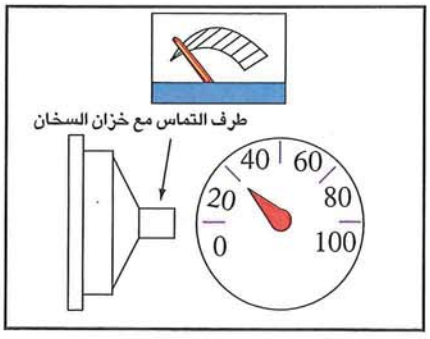
صيانة السخانات

تشمل صيانة السخانات ما يلي:

● النظافة

يؤدي بقاء المياه في خزان السخان لفترة طويلة إلى تكون الصدأ وترسب الأملاح، وبالتالي إلى تلف السخان، ولتلافي ذلك يجب تفريغ المياه من السخان الكهربائي كل فترة تتراوح ما بين ٣٠ إلى ٦٠ يوماً على مدار العام، أما إذا كانت المياه المستخدمة من النوع العسر فإنه يجب تفريغ الماء كل شهر، ويتم ذلك بفتح صمام الصرف في الجانب السفلي للخزان وترك الماء يخرج حتى يصبح نظيفاً، وهذه العملية تمنع ترسب المواد في قاع الخزان، أما عند وجود مواد مترسبة داخل الخزان فإنه يجب فتح صمام التنفيس لكي يسمح بتدفق الماء وإخراجها .

ومع أن السخان التجاري لا يوجد له فتحات تصريف إلا أنه يمكن تنظيفه بنزع صمام الأمان ووصلات المياه ومحاولة ملئه بالماء وتفريغه عدة مرات.



● شكل (٦) قياس درجة الحرارة.

يجب قبل البدء في تنظيف السخان أخذ الإحتياطات اللازمة حتى لا يتعرض من يقوم بذلك للخطر، ومن تلك الإحتياطات ما يلي:

١- فصل التيار الكهربائي.
٢- ترك الماء داخل خزان السخان حتى يبرد.
٣- قفل صمام تغذية السخان.

● تبديل المنظم

يجب تبديل المنظم الحراري إذا أثبت الفحص عدم صلاحيته أو عدم كفاءته، ويتم ذلك حسب الخطوات التالية:

١- فصل التيار الكهربائي عن السخان.
٢- فك الأسلاك الموصلة للمنظم الحراري.
٣- سحب المنظم الحراري وإستبداله بجديد من نفس الطراز.

● تبديل عنصر التسخين

يجب تغيير عنصر التسخين إذا ثبت عدم صلاحيته، حسب الخطوات التالية:

١- تفريغ السخان من الماء.
٢- فك المنظم الحراري، ثم فك الصامولة المثبتة لعنصر التسخين، وسحبه من مكانه.
٣- تنظيف السخان من الداخل بالماء.
٤- تركيب عنصر التسخين الجديد، وتركيب المنظم الحراري.

كشف الإعطال وإصلاحها

يتعرض السخان كغيره من الأجهزة الكهربائية لكثير من الأعطال التي يمكن علاجها من قبل أحد أفراد المنزل، وقد لا تحتاج في أغلب الأحوال إلى مختص، ويوضح جدول (١) هذه الأعطال وكيفية إصلاحها.

العطل	الأسباب المحتملة	العلاج والإصلاح
لايوجد ماء ساخن	١-لاتوجد كهرباء	افحص المصهر أو فاصل الدائرة الفرعية بلوحة التوزيع بالشقة.
	٢-عطل في مفتاح التشغيل	اختبر وتأكد من سلامته وإذا كان معطلاً قم باستبداله.
	٣-وضع وحدة التحكم للحرارة خاطئ	تأكد من أن وضع مفتاح وحدة التحكم بين ٤٥ م و٧٠ م .
	٤-المنظم الحراري العلوي معطل	ارفع هذا المنظم واختبره وإذا كان معطلاً قم باستبداله.
	٥-المنظم الحراري السفلي معطل	ارفع هذا المنظم واختبره وإذا كان معطلاً قم باستبداله.
	٦-عنصر التسخين العلوي معطل	ارفع هذا المنظم واختبره وإذا كان معطلاً قم باستبداله.
	٧-عنصر التسخين السفلي خرب	ارفعه واختبره واستبدله إذا كان معطلاً.
التسخين ليس كافي	١-تم ضبط وحدة التحكم على درجة حرارة منخفضة	قم بضبطها بين درجتي الحرارة ٤٥ م و٧٠ م .
	٢-صنابير المياه الساخنة تسرب المياه	قم بإصلاحها أو إستبدالها.
	٣-المواسير تسرب الحرارة	قم بعزلها حرارياً.
	٤-عطل بالمنظم الحراري	ارفعه واختبره وإذا كان خرباً استبدله.
	٥-مواد مترسبة بالخزان	قم بتنظيف الخزان .
	٦-الخزان صغير جداً	قم بتغيير بخزان أكبر.
المياه ساخنة جداً(أكثر من اللازم)	١-وحدة التحكم موضوعة على درجة حرارة عالية جداً	حاول وضبطها بين درجتي ٤٥ م و٧٠ م.
	٢-عطل في المنظم الحراري	اختبره واستبدله إذا كان خرباً.
	٣-صنابير المياه الساخنة تسرب المياه	قم باصلاحها.
تسريب مياه من الخزان	١-تآكل بجدار الخزان	قم باستبداله بآخر.
السخان يصدر ضوضاء أثناء التسخين	١-وجود مواد مترسبة في الخزان تتحرك مع تيارات الحمل بالمياه وتصطدم بجدران السخان	قم بتفريغ وتنظيف الخزان من الداخل.

● جدول(١) أعطال السخان الكهربائي وكيفية إصلاحها.

المصادر:

جابر محمد الأبيض ١٩٩٧م، الأجهزة المنزلية الكهربائية: نظرية التشغيل والصيانة،الدكتور ،دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة،مصر.

محمد عبدالرحمن الدغلي ١٤١٠هـ، إصلاح الأجهزة الكهربائية،دار قتيبة.

أحمد عبدالمتعال،ومصطفى سليمان١٤١٩هـ، دليل صيانة وإصلاح الأجهزة المنزلية، دار مصر للطباعة.

كتب صدرت حديثا

الأشعة من حولنا

صدر هذا الكتاب عام ١٤٢٢هـ/٢٠٠٢م، وهو الإصدار الثالث من سلسلة كتيبات التوعية العلمية التي تقوم بنشرها الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر – مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.

قام بتأليف الكتاب الدكتور/ **محمد فاروق أحمد**، ويتناول من خلال صفحاته الاثنين والتسعون –من القطع المتوسط– وفصوله الخمس المواضيع التالية:

الأشعة الكهرمغنطيسية، شرائح الأشعة الكهرمغنطيسية، التأثيرات الضارة لبعض أنواع الأشعة الكهرمغنطيسية، أشعة الليزر، الأشعة المؤنية .

متلازمة داون

صدر هذا الكتاب عام ١٤٢٢هـ عن مطابع بورصة بالرياض المملكة العربية السعودية ، وهو من تأليف الدكتور **سعود بن عيسى ناصر الملق.**

تبلغ عدد صفحات الكتاب ٢٦٧ صفحة من القطع المتوسط ، ويتناول من خلال فصوله الإحدى عشر المواضيع التالية:

مقدمة تاريخية وتعريفية ، المفاهيم الصحية ، القضايا السلوكية ، التدخل المبكر، التعليم ، الدمج ، المهارات الحركية والاتصالية ، دور الأسرة وارشادها ، نحو تأهيل شامل ، دور المعرفة العلمية والتوعية الإعلامية ، قضايا معاصرة .

الجينوم

قام بتأليف هذا الكتاب محرر مجلة علم وراثة الطبيعة العالم **كيفن ديفس** ,وتم تعريبه عام ١٤٢٣هـ /٢٠٠٢م بواسطة الدكتور **ياسر العيتى.**

قامت بإصدار الطبعة المعربة مكتبة العبيكان بالرياض ,وتأتي هذه الطبعة في ٤٧٨ صفحة من القطع المتوسط ,وتضم أحدى عشر فصلاً بالإضافة للمقدمة والملاحظات وكلمات الشكر.

تناول الكتاب من خلال فصوله المذكورة قصة السباق لحل رموز الحمض النووي منقوص الأكسجين الخاص بالبشر وذلك كما يلي:

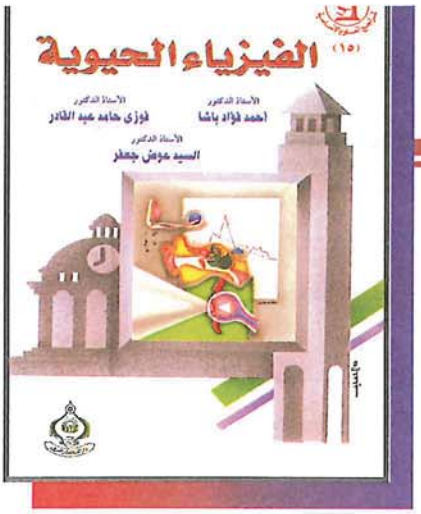
فرسان اللولب المزدوج ,قراءة كتاب الحياة ,عين النمر ,تحميل الأسس ,دائرة الحياة ,كنوز العوالم المفقودة ,القتال الثمين, حكايتنا ,الشيفرة الثمينة ,اليوم الثامن ,هذا الخلق العجيب.

المجموعة الحيوانية في شبه الجزيرة العربية

صدر لعام ٢٠٠٢م المجلد التاسع عشر للمجموعة الحيوانية في شبه الجزيرة العربية ، وهي مجلة علمية تأسست عام ١٩٧٩م بإشراف متحف التاريخ الطبيعي في بازل بالمانيا التي قامت بنشر المجلدات من ١–١٨. يجيء هذا الإصدار تحت إشراف **صاحب السمو الملكي الأمير سعود بن فيصل بن عبدالعزيز** ، ورئاسة تحرير **فريدهلم كروب** ، واصدار مشترك يضم مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية والهيئة الوطنية لحماية الحياة الفطرية وانمائها – كلاهما بالمملكة – ومعهد بحوث ومتحف سنكنبرج للتاريخ الطبيعي في فرانكفورت بالمانيا.

تبلغ عدد صفحات المجلد ٥١٥من القطع الكبير، ويبدأ بتقديم **لصاحب السمو الملكي الأمير سعود بن فيصل بن عبدالعزيز** العضو المنتدب للهيئة الوطنية لحماية الحياة الفطرية وانمائها ، وافتتاحية لمعالي الدكتور صالح بن عبدالرحمن العذل رئيس **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية .**

تناولت الصفحات التالية من المجموعة عدد من الأوراق العلمية المحكمة الخاصة بالمجموعة الحيوانية بشبه الجزيرة العربية – عددها ٢٠ ورقه – حيث تم تقديمها باللغة الانجليزية مع تلخيص باللغة العربية.



عرض كتاب

الفيزياء الحيوية

أ. عبدالله بن حمد العسكر

صدر هذا الكتاب عن دار الفكر العربي في القاهرة بجمهورية مصر العربية عام ٢٠٠١ م ضمن سلسلة الفكر العربي لمراجع العلوم الأساسية لمؤلفيه الدكتور احمد فؤاد باشا والدكتور حامد عبدالقادر والدكتور السيد عوض جعفر من كلية العلوم بجامعة القاهرة.

جاء الكتاب في ٣٥٦ صفحة من القطع المتوسط وقد تمّ تقسيم محتويات الكتاب من خلال إحدى عشر فصلاً بالإضافة إلى مقدمة تعريفية خاصة بالناشر.

تناول **الفصل الأول – الميكانيكا الحيوية** – حيث أوضح المؤلفون أنّ الكائنات الحية وبيئاتها توجد في حالة من الحركة الدائبة وذلك نتيجة تأثير أنواع مختلفة من القوى مثل قوة الجاذبية الأرضية،و القوة الكهروستاتيكية، ويعد انتقال الطاقة وتحولها من صورة إلى أخرى من أساسيات عمل أي نظام حيوي، وتحدث المؤلفون بعد ذلك عن التأثيرات الحيوية للحركة بعجلة كما أوضحوا أنّ كثيراً من الأنظمة العضلية والعظمية في الجسم تعمل كروافع وأنّه يمكن بالقوانين الفيزيائية معرفة قوى العضلات ومناسبتها لحمل أثقال معينة بدون ضرر،وكذلك تأثير قوى الاحتكاك، قوى المرونة على جسم الإنسان أثناء حركته وسكونه، مشيرين إلى أنه بقوانين ميكانيكا الموائع تمكن العلماء من أيجاد أجهزة للرعاية الصحية للإنسان ومعرفة معدل سريان الدم في الشرايين. إضافة إلى بعض التطبيقات الإحيائية ومنها قياس ضغط الدم باستخدام المانومتر،وفصل المواد المختلفة المعلقة بالسوائل بواسطة أجهزة تطبق قانون الطرد المركزي أثناء تشغيلها.

تحدث المؤلفون في **الفصل الثاني – الديناميكا الحرارية**– عن التقدير الحراري وأجهزة قياس درجة الحرارة ،وكمية الحرارة ووحدات قياسها التي منها السعُر الحراري حيث جاء تعريفه بأنّه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة، وأنّ كمية الحرارة المكتسبة والمفقودة تكافئ مقدار التغير في الطاقة الداخلية الكلية للجسم،ثم عرّفوا بعض المصطلحات الخاصة بالديناميكا الحرارية وقوانينها مثل تغير الحالة والشغل والحرارة وقانون بقاء الطاقة في جسم الإنسان موضحين أنّ طاقة الطعام تقاس بالكيلو كالوري (k cal)، وأنّ معدل الطاقة المنتجة يقاس بالكيلو كالوري /دقيقة ، وذكر المؤلفون الطرق الثلاث لانتقال الحرارة وهي التوصيل والحمل والإشعاع مع ذكر تعريف التوصيل الحراري بأنّه انتقال الحرارة خلال المادة من نقطة لأخرى نتيجة حركة وتسارع الجزيئات داخل المادة بسب الطاقة المكتسبة من مصدر آخر. كما تطرّق إلى العوامل التي يتوقف عليها التوصيل الحراري، وإلى تفسير انتقال الحرارة بالحمل والإشعاع،ولجهاز الراسم الحراري وكيفية عمله،كما ذكروا بعض التطبيقات الأحيائية للحرارة والتبريد، والعلاج بالحرارة من خلال الحرارة التوصيلية ، والأشعة تحت الحمراء ، وموجات الراديو الحرارية،والموجات فوق الصوتية ومميزات استخدام كل طريقة في المجال الطبي، بالإضافة إلى تأثيرات الحرارة المنخفضة حيث تطرّق إلى كيفية إنتاج وحفظ السوائل المبردة تبريداً عالياً واستخدامها على المدى البعيد من الحفظ والتخزين ، كما أوضح المؤلفون أنّ وسائل التبريد تعد من الوسائل الناجحة في علاج بعض أمراض ضغط الدم، كما انّها تعمل على حفظ الدم ونخاع العظام والأنسجة المختلفة للجسم،وتطرّقوا إلى فائدة جراحات الصقيع وهي عبارة عن تجميد الخلايا المراد التخلص منها بواسطة أنظمة تبريد عند درجة حرارة منخفضة (حتى – ١٠٠ م).

وفي **الفصل الثالث –الكهربية الحيوية** – بين المؤلفون أن الكهربية والمغناطيسية موجودة في الكائنات الحية،فالأعصاب ترسل إشاراتها للمخ بتيار كهربائي، لذا فإن دراسة الظواهر الكهربية والمغناطيسية في علم الأحياء من شأنها أن تساعد على فهم حقائق كثيرة عن الأنسجة والأعضاء في الكائنات الحية، وبعد ذلك تطرّق المؤلفون إلى القوانين التي تحكم القوى الكهربية ، والمجال الكهربائي،والتيار والجهد المستمر،والتحليل الكهربي،والتيار والجهد المتردد،والقيمة الفعالة للتيار المتردد من خلال الصيغ الرياضية مع حل لبعض الأمثلة التطبيقية، كما تم استعراض الدائرة الكهربية ذات المنبع المستمر والمتردد وعنصرها مع إيراد نماذج لهذه الدوائر،وعن كهربية الخلية الحية ذُكر أن أغشية الخلايا وأغشية البلازما والأغشية النووية والشبكة الإندوبلازمية جميعها ذات خواص عامة ترتبط بوجود فرق جهد كهربي بين داخل الغشاء وخارجه، وأن الوظيفة الحيوية للخلايا الحية تعتمد أساسا على السلوك الكهربي للغشاء الذي يحافظ على التركيب الداخلي للخلية ويسمح لانتقال أيونات معينة لداخل الخلية وخارجها ويستقبل المعلومات الكهربية من الخلايا المحيطة ويمررها إلى نواة الخلية،ثم تحدث المؤلفون عن نموذج لنظام الأغشية، والخواص الكهربية للألياف العصبية ،وتأثير درجة الحرارة على النفاذية للأغشية الحيوية.

تطرّق الكتاب في **الفصل الرابع – الإلكترونيات الحيوية**– إلى الإكترودات(الأقطاب) حيث ذكر أنها تنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي أقطاب مصغرة تستخدم لقياس فرق الجهد داخل خلية مفردة، و إبرية يقاس بها فرق الجهد داخل منطقة محددة من النسيج، وسطحية يقاس بها فرق الجهد على سطح النسيج ، ثم تناول المؤلفون مكبرات التشغيل حيث ذكروا منها مكبر التشغيل التفاضلي. وتلا ذلك شرح للمفاهيم الأساسية للمكبرات وهي نظام الدخل العام، والمقارنة العيارية،وكاشفات المستوى الصفري، وكاشفات المستوى غير الصفري مع حل لبعض التطبيقات الرياضية لها، وعن النبضات الكهربية للعضلات ذكر المؤلفون أنه يمكن قياس كفاءة العضلة كهربائيا بجهاز الإكتروميوجرام، وبالتالي الحصول على معلومات تشخيصية عنها،وبجهازي راسم النبضات ومحول الطاقة الميكانيكية الحيوية يمكن للمختصين الحصول على بيانات عن الحالات الحيوية المقاسة وكذلك معرفة متغيرات الميكانيكا الحيوية مثل الحركة ،وتعديل الشكل والقوة خلال مدى واسع من الحالات والظروف.

تناول **الفصل الخامس – المغناطيسية الحيوية** – المجالات

المغناطيسية الطبيعية والمصنعة، والكهرومغناطيسية ،والقوى المغناطيسية المؤثرة على موصل يحمل تيارا أو شحنة موضوعان في مجال مغناطيسي ،والأمواج الكهرومغناطيسية مع ذكر الصيغ الرياضية وتطبيقات لكل عنصر مما سبق، ثم تحدث المؤلفون عن المغناطيسية الحيوية والتي يقصد بها تأثير المجالات المغناطيسية الخارجية على الكائنات الحية أو جزء منها،أما عن آليات تفاعل المجالات المغناطيسية ذات التردد المنخفض جداً مع الأنظمة الحيوية فذكر أنها تتمثل في المجالات الكهربائية التأثيرية والتأثير المباشر للمجال المغناطيسي على الجسيمات المغناطيسية والبلورات الموجودة في الكائن الحي، إضافة إلى ما سبق اختتم هذا الفصل بالتحدث بالتفصيل عن تأثير المجالات المغناطيسية ذات التردد المنخفض على الأعضاء الحيوية منها: نظام الرؤية،ونظام الدم ،والقلب وعلى الجزيئات وأغشية الخلايا.

في **الفصل السادس – نظرية الضوء وتطبيقاتها**– تحدث المؤلفون عن طبيعة الضوء وخصائصه مثل الانتشار في خطوط مستقيمة،والانعكاس،والانكسار، والامتصاص، والتداخل والحيود والاستقطاب مع ذكر الصيغ الرياضية وحل لبعض الأمثلة ،وعن قياس الضوء بين المؤلفون أن الضوء عامة يصنف طبقا للأطوال الموجية إلى ثلاثة مناطق هي الأشعة فوق البنفسجية، و الضوء المرئي، والأشعة تحت الحمراء. تلا ذلك ذكر التطبيقات الحيوية للضوء منها استخدام الأشعة المرئية في عدة أجهزة طبية منها الأفثالمسكوب،و الأوتسكوب، والإندوتسكوب،واستخدام الأشعة فوق البنفسجية في تعقيم الأجهزة الطبية،والاستفادة من مصابيح تنتج الأشعة تحت الحمراء في تسخين الأنسجة العميقة في الكائن الحي، واختتم هذا الفصل بالتحدث عن الميكروسكوبات واستخداماتها الحيوية.

احتوى **الفصل السابع – بصريات الليزر الحيوية** – على أربعة مواضيع هي: أساسيات فيزياء الليزر، والخواص الرئيسة لليزر، وأنواع أجهزة الليزر، وتطبيقات الليزر الحيوية.

تحت موضع أساسيات الليزر تناول المؤلفون ظاهرة الإشعاع الحراري، وشروط الانبعاث الليزري وهي الانبعاث المستحث، والتعداد المعكوس، والتكبير الضوئي (التضخيم) ، والعناصر الأساسية لليزر وهي الوسط المادي،ومصدر الطاقة،والوسط الرنيني. ثم تحدث المؤلفون عن الخواص الرئيسة لليزر وهي أحادي اللون، وتوازي الحزم الضوئية،والترابط،والشدة،وبعد ذلك انتقل المؤلفون للحديث عن أنواع الليزر وصنفوها تبعا لنوع المادة المنتجة لها، وذكروا منها الليزرات البلورية– الزجاجية،والغازية ،والترانزستورية، السائلة.

أما عن تطبيقات الليزر الحيوية فقد ذكر المؤلفون أن أبحاث وتطبيقات الليزر في المجال الطبي حققت تسارعاً ونمواً خلال السنوات الماضية، وتستخدم أجهزة ليزر ثاني أكسيد الكربون التي تطلق حوالي ٥٠ وات من الضوء بطول موجي ١٠ انقستروم ضمن نطاق الأشعة تحت الحمراء حيث تمتص المواد العضوية بالخلية الحية حزمة ليزر ثاني أكسيد الكرون عند تركيزها على الأنسجة، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة ماء الخلية الداخلي والخارجي إلى ١٠٠م أي درجة تبخره وبذلك يحدث قطع للأنسجة المراد أزالتها، وتكمن فائدة استخدامه بأن التأثير على الأنسجة المحيطة لا يزيد قطره عن ١٠٠ انقستروم من نقطة الاتصال مما يجعل فترة الالتئام قصير وبالتالي تستغرق مدة أقل من العناية بعد الجراحة.

جاء **الفصل الثامن – نظرية الصوت وتطبيقاتها** – فذكر المؤلفون أن الموجات الصوتية تصدر نتيجة للأجسام المهتزة وعرّفوا الموجة الصوتية بأنها اضطراب ينتشر في اتجاه عامودي على اتجاه حركة الجسيمات، ثم تطرقوا بعد ذلك إلى الموجات الصوتية وأنواعها وخصائص الصوت، كما تم تعريف شدة الموجة الصوتية بأنها الطاقة التي تمر عبر مساحة (١)م٢/ث، وإلى مفهوم سمك نصف القيمة والذي يقصد به سمك النسيج اللازم لإنقاص شدة الموجة الصوتية إلى النصف، مع ذكر الصيغ الرياضية وحل لبعض الأمثلة،ثم ذكر أنه في عام ١٧٦١م ألف العالم أونبروجر كتاب عن استخدام الأذن البشرية في معرفة ما يتعرض له صدر الإنسان من أمراض وذلك بسماع الصوت المرتد منه بعد الطرق عليه، وذلك لكون النغمات الصوتية تختلف حسب الوسط الذي تمر فيه. وقد تمكن أونبروجر من تطوير وسيلته باختراع السماعة الطبية، ثم تحدث المؤلفون عن العوامل التي يتوقف عليها التردد الرنيني ،وعن تصوير الجسم باستخدام الموجات فوق الصوتية،وأنواع الماسحات المستخدمة في المجال الطبي وتطبيقاتها،وطريقة دوبلر لقياس معدل سريان الدم،والتأثيرات الحيوية للموجات فوق الصوتية حيث ذكر أن هناك تأثيرات فيزيائية وكيميائية وحيوية قد تحدث عند التعرض للموجات فوق الصوتية وأن كمية التأثير الحيوي يعتمد على تردد وعمق الموجة فوق الصوتية.

أفرد المؤلفون **الفصل التاسع – فيزياء الكلام والسمع** – للتحدث عن كيفية إنتاج الكلام ،فيزياء الأذن والسمع مشيرين إلى أن مراحل حاسة السمع تتكون من النظام الميكانيكي الذي يعمل على إثارة وتنشيط خلايا الشعرية في قوقعة الأذن،وجهاز الاحساس الذي ينتج الجهد الفعال في العصب السمعي،والعضو السمعي الذي يوجد في بالمخ الذي يستطيع فك شفرة الكلام وتمييزه الإرشادات القادمة من العصب السمعي،و أن الأذن تتكون من ثلاثة أجزاء هي الأذن الخارجية، والوسطى، والداخلية. ثم اختتم الفصل بالتطرق إلى حساسية الأذن،اختبار مستوى السمع، الصمم والأجهزة المساعدة للسمع،مشكلات التلوث البيئي بالضوضاء والأضرار الناتجة عنه وقوانين مكافحته.

بدأ المؤلفون **الفصل الحادي عشر – التطبيقات الحيوية للإشعاع** – بالحديث عن مصادر النشاط الإشعاعي في الطب النووي وذكروا منها اليود المشع وأشار المؤلفون إلى أن اليود المشع يعد من العناصر المهمة في الطب النووي لأن إنتاجه يتم باستخدام معجل صغير مثل السيلكترون، ثم تم استعرض الكاشفات النووية المستخدمة في الطب النووي مع شرح مبسط وموجز لبعضها، ووسائل التصوير النووي في الطب مع إيضاح لكيفية استخدام كل وسيلة بصورة مبسطة.

اختتم هذا الفصل بالتحدث عن التطبيقات الحيوية للإشعاع، وذكر منها استخدام النظائر المشعة في تشخيص حالات الغدة الدرقية والكلية وتقدير حجم الدم،قياس نسبة المعادن في العظام،تحديد العمر للمواد الحيوية بالطريقة الإشعاعية، الجرعات الإشعاعية في الطب النووي مع إيراد الصيغ الرياضية المستخدمة في القياسات السابقة وحل لبعض الأمثلة.

حفلت نهاية كل فصل من فصول الكتاب المذكورة بإيراد بعض الأسلة التي تدور حول المادة العلمية له ، وقد تميز الكتاب بسهولة ووضوح الشرح ليناسب الطلاب الذين يدرسون الفيزياء والعلوم الحيوية والطبية والصيدلية في المراحل الأولية من دراستهم. ويؤخذ على مؤلفيه استخدام الرموز غير العربية في جميع الصيغ الرياضية إذ كان بالإمكان استخدام الرموز العربية المناظرة لما تم استخدامه.

مساحة للتفكير

مسابقة العدد

القطع المعدنية

تحريك الأشياء وإعادة ترتيبها بطريقة معينة من المسائل التي تستهوي كثير من الناس وتحفزهم، لأنها تحتاج إلى تفكير وذهن صاف، وسؤالنا في هذا العدد سيكون من هذا النوع، وهو كالتالي:

يوجد لدينا ثمان قطع من عملة معدنية مصفوفة على خط مستقيم واحد، كما في الشكل المرفق، والمطلوب إعادة ترتيبها بحيث نحصل على أربع مجموعات كل مجموعة مكونة من قطعتين فوق بعضها البعض حسب الشروط التالية:

١ـ تحريك قطعة معدنية واحدة في كل مرة.

٢ـ أن تكون الحركة دائماً في اتجاه واحد ـ إلى اليمين أو إلى اليسار ـ في جميع عمليات تحريك القطع المعدنية.

٣ـ أن تمر كل قطعة معدنية يتم تحريكها فوق قطعتين أُخريين قبل وضعها في مكانها الجديد.

أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة «**القطع المعدنية**» فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي : ـ

١ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً .

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة منهم جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

حل مسابقة العدد السابق

(التحدي)

قراءنا الأعزاء

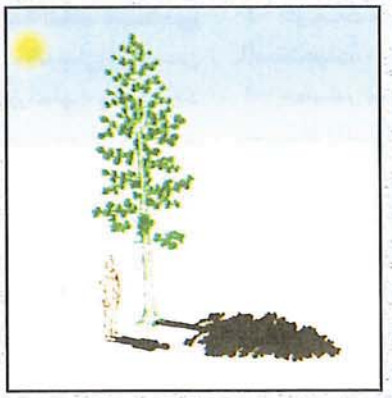
يعتمد حل هذه المسابقة على مبدأ رياضي شائع، ومعروف لمعظم طلاب وطالبات المرحلة الثانوية والمتوسطة والصفوف العليا من المرحلة الإبتدائية، وهو قانون التناسب، وعليه فإن الحل سيكون كالتالي:

١ـ نظراً لأن أشعة الشمس ساطعة، فإن فهد يستطيع وضع علامة في المكان الذي يقف فيه وعلامة عند نهاية ظله.

٢ـ يرقد فهد على الأرض لوضع علامة أخرى تحدد طوله.

٣ـ يقوم بقياس ظل الشجرة الساقط على الأرض.

وبعد ذلك يقوم بالعمليات الحسابية حسب المثال التالي: فلو كان طول فهد ١,٦م وطول ظله ٢م، وطول ظل الشجرة ٢٠ م فإن:



$$\frac{\text{طول فهد}}{\text{طول ظله}} = \frac{\text{إرتفاع الشجرة}}{\text{طول ظلها}}$$

$$\therefore \frac{١,٦}{٢} = \frac{\text{إرتفاع الشجرة}}{٢٠}$$

$$= \frac{٢٠ \times ١,٦}{٢} = ١٦\text{م}$$

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة العدد **السابق**، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابقة، وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من :

١ـ علي بن محمد صباغ ـ مكة المكرمة

٢ـ عبدالرحمن محمد علي ـ الرياض

٣ـ خالد سالم المهوس ـ حائل

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد المقبلة .

دراسة ميدانية لشدة المجالات الكهرومغناطيسية في مدينة الرياض

تعد الموجات الكهرومغناطيسية عنصراً من عناصر التلوث البيئي، حيث أمكن رصد آثار عديدة لتلك الموجات، منها الأثر الحراري الضار لأجزاء جسم الإنسان مثل الدماغ والعين، والأثر غير الحراري الذي أشارت إليه العديد من الدراسات إلى أنه يتسبب في أنواع عدة من السرطان.

يعتمد ضرر الموجات الكهرومغناطيسية على شدتها وترددها حيث زاد الاهتمام بها على المستوى الدولي والمحلي.

ويأتي اهتمام **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** بالتلوث البيئي من ضمن أهدافها التي أنشئت من أجلها، ولذلك تعد دراسة التلوث الناجم عن المجالات الكهرومغناطيسية من ضمن هذه الاهتمامات البيئية، ومن هذا المنطق فقد تم دعم مشروع بحثي برقم أ ت ـ ١٥ ـ ٥٤ لمعرفة المجالات الكهرومغناطيسية لمدينة الرياض وآثارها المحتملة على التلوث البيئي.

تم تنفيذ المشروع بجامعة الملك سعود في الفترة من ١٤١٥هـ إلى ١٤١٩هـ وكان الباحث الرئيس الدكتور **زياد بن عثمان الحقيل** يشاركه نخبة من العلماء بالجامعة هم: **د. عبدالعزيز بن سالم الرويس و د. مصطفى بن سيد عفيفي و د. فايز بن عبدالله الحرقان.**

• مواد الدراسة

شملت الدراسة قياس الأشعاعات الكهرومغناطيسية الصادرة عن مدينة الرياض بمختلف أنواعها، بواسطة أجهزة تتناسب مع كل نوع من هذه الاشعاعات وذلك كما يلي:

١- محطات البث الإذاعي التلفزيوني.
٢- المحطات القاعدية لنظام الهاتف الجوال.
٣- شاشات الحاسب.
٤- الموجات الكهرومغناطيسية في المستشفيات.
٥- مصادر مجالات كهرومغناطيسية منتشرة (المنازل، خطوط الجهد العالي، المحولات في المجمعات السكنية....)
٦- أفران الميكروويف.

• نتائج الدراسة

خلصت الدراسة ـ استغرقت قياساتها عشرين شهراً ـ إلى العديد من النتائج الهامة منها ما يلي:-

١- بلغت القيم المقاسة حول محطة البث الإذاعي بالموجة المتوسطة حوالي ٨,٧ فولت/متر. وهي وإن كانت أقل بكثير من المقاييس الأمريكية والأوربية إلا أنها تقترب من حدود المقاييس الروسية.

٢- اتضح من النماذج الرياضية للقياسات، أن المجال الكهربائي التقديري في المنطقة التي تقع ضمن مسافة أقل من ٣٠٠ متر من هوائيات بث الموجة المتوسطة، يتجاوز الحدود القصوى للمقاييس المختلفة.

٣- اتضح من القياسات الاختلاف الكبير بين شدة المجال الكهربائي خارج وداخل المباني بسبب العزل الكهربي الناتج عن جدران المبنى، حيث انخفض المجال الكهربي من حوالي ٩ فولت/متر خارج إحدى الفلل ـ تبعد ٧٣٠ متراً ـ إلى حوالي ٠,٢٤ فولت/متر داخلها.

٤- تبين أن قيم المجالات الكهرمغناطيسية داخل الأحياء (أو المباني) السكنية القريبة جداً من المحطات الإذاعية تقل بكثير عن مثيلاتها في المناطق المفتوحة، وقد يعود السبب إلى حجب وامتصاص المباني للإشعاع.

٥- بلغت أعلى قيمة مقاسة لكثافة القدرة الصادرة من محطة التلفزيون حوالي ٧,٨فولت/متر عند مسافة ٢٠ متر من برج الهوائي (جوار سور المحطة) وعلى ارتفاع ٢٠٠سم عن سطح الأرض، وهذا المقدار يتجاوز المواصفات الروسية (٣فولت/متر). أما في الأماكن الأخرى فإن قيم المجالات المقاسة لا تزيد عن ٥فولت/متر.

٦- انخفضت شدة المجال الكهربائي إلى حوالي ٥ فولت/متر على بعد ١٨٠ متر فوق سطح أحد المباني السكنية.

٧- انخفضت شدة المجال الكهربائي كثيراً داخل إحدى الشقق السكنية إلى حوالي ٠,١٥ فولت/متر أي بنسبة ٣٦ ديسبل نتيجة لدور جدران المبنى في العزل للمجالات الكهرومغناطيسية.

٨- بلغ أقصى مجال كهربائي لمحطات الهاتف الجوال حوالي ٢ فولت/متر على مسافة تتراوح بين ٤٠ إلى ١٠٠متر عن برج المحطة، وهو أقل من المواصفات القياسية.

٩- تقل شدة المجال الكهربائي داخل مباني محطات الهاتف الجوال بحوالي ١٣ ديسبل عن خارجه نتيجة للامتصاص.

١٠- تقع ترددات المجالات المؤثرة الصادرة عن شاشات الحاسب دون المضاعف العاشر للمسح الرأسي (أقصى قيمة حوالي ٤٠٠ هيرتز)، وأيضا المضاعف العاشر للمسح الأفقي (قيمه حوالي ٣٠٠ كيلو هيرتز).

١١- تتأثر القياسات تأثراً شديداً بالأوساط المحيطة بالشاشات وبتغيرات البرامج التي يؤديها الحاسب.

١٢- يتسبب اقتراب رأس المشغل من الشاشة في زيادة عالية لقيمة المجالات الكهربائية أمام الشاشة.

١٣- بالنسبة للترددات المتدنية الناتجة عن

المسح الرأسي بلغ متوسط قيمة المجال الكهربائي على بعد ٣٠-٥٠سم من الشاشات التي قيست (دون اقتراب رأس المشغل من الشاشة) حوالي ٦٦ فولت/متر، وهو أكبر بكثير من المعايير السويدية التي تحدد الحد الأقصى بـ ٢٥ فولت/متر.

١٤- بالنسبة للترددات الناتجة عن المسح الأفقي بلغ متوسط قيمة المجال الكهربائي على بعد ٣٠-٥٠سم من الشاشات التي قيست (دون اقتراب رأس المشغل من الشاشة) حوالي ١,١٤ فولت/متر، وهذا أكبر بقليل من المعايير السويدية في النطاق «أ» الذي يحدد بقيمة ١ فولت/متر.

١٥- كانت جميع القياسات الخاصة بأجهزة العلاج بموجات الراديو في المستشفيات تحت الحد الأعلى للمواصفات الأمريكية (الحد الأعلى للمجال الكهربائي المسموح به هو ٦١,٤ فولت للمتر عند تردد ٢٧,١٢ ميجاهيرتز و ٨,٢ mW/(cm2) عند تردد ٢٤٥٠ ميجاهيرتز).

١٦- بلغ الحد الأعلي المسموح به حسب المواصفات خارج غرفة أجهزة الرنين المغناطيسي ٠,٥ ملي تسلا. وهذا انطبق على أجهزة الرنين المغناطيسي التي أخذت لها قياسات، ولكن كانت القياسات التي أخذت لجهاز (Philips NT) الموجود في مستشفى الملك فهد بالحرس الوطني فوق الحد الأعلى المسموح به.

١٧- وصل المجال المغناطيسي المنبعث من خطوط نقل الطاقة إلى حوالي ١٣ ملي جاوس تحت خطوط النقل مباشرة، في حين يصل المجال الكهربائي حوالي ١,٨ كيلو فولت/متر.

١٨- انخفضت المجالات إلى ٢,٥ ملي جاوس و ١٠٠ فولت/متر على بعد ١٠٠ متر من خطوط النقل.

١٩- تسبب المجال المغناطيسي المنبعث من محول خفض الجهد في أحد العمائر السكنية في زيادة المجال داخل الشقق، حيث تراوح بين ٠,٥ إلى ١ ملي جاوس، ووصل إلى حوالي ٨ ملي جاوس في إحدى الشقق الواقعة فوق المحول مباشرة.

٢٠- بلغ أقصى مجال مغناطيسي منبعث من أحد المحولات ٦٠ ملي جاوس على بعد متر من المحول، وانخفض إلى حوالي ٠,٣ ملي جاوس على بعد ١١ متر.

٢١- تفاوتت المجالات الكهرومغناطيسية المنبعثة من الآت الورش حسب قدرة الآلة وبعد القياس من الآلة. فعلى بعد ٣٠ سم وارتفاع ٩٠سم، تراوحت أقصى القياسات من ١٣٨ إلى ١١أمبير/متر للمجال المغناطيسي و٢ إلى ١١٥ فولت/متر للمجال الكهربائي. وتعد آلة لحام النقطة أكثر الآلات تسريبا للمجالات، ويعد مجالها المغناطيسي أكبر من حدود منطقة الخطورة. وبالنسبة لمحولات مركز الحاسب بلغ أقصى مجال مغناطيسي حوالي ٣٤٠٠ ملي أمبير/متر وتراوحت قياسات المجال الكهربائي من ٢ إلى ٩ فولت/متر.

٢٢- يؤثر المكان والزمان ونوع الجهاز على كثافة القدرة المنبعثة من الهاتف الجوال. وهناك اختلاف في الأجهزة من نفس النوع، كما أن المحطة القاعدية تتحكم في مستوى شدة القدرة المنبعثة من هوائي الهاتف. وتراوحت القياسات على بعد ٣سم من الهاتف من ٣ إلى ٧ ملي واط/سم٢ حسب نوع الهاتف والمكان.

٢٣- أوضحت القياسات للموجات المتسربة من أفران الميكروويف المستخدمة في المطاعم والمنازل. أنها دون الحد الأعلى المحدد في المعايير بكثير (٥ملي واط/سم٢).

• التوصيات

إنبثقت عن الدراسة العديد من التوصيات، من أهمها مايلي:-

١- دراسة المواصفات المعروفة عالمياً والخاصة بالحدود القصوى للتعرض للمجالات الكهرومغناطيسية بغرض السعي لوضع مواصفات خاصة بالمملكة أو تبني إحدى تلك المواصفات مع وضع منهجية مناسبة لتطبيقها.

٢- إجراء قياسات مستفيضة للمجالات الكهرومغناطيسية داخل منطقة المجال القريب. إذ إن نتائج هذه القياسات في غاية الأهمية لسلامة العاملين على تشغيلها وصيانتها لتحديد الأماكن التي يتجاوز فيها قيم الإشعاع الحدود المسموح بها لتلافي تأثيراته البيولوجية والحرارية.

٣- وجوب أن يحمل العاملين في المحطات الإذاعية مقياس كشف وتنبيه عن مستوى الإشعاع أثناء وجودهم حفاظاً على سلامتهم.

٤- ضرورة أن تتبنى الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس المواصفات السويدية للمجالات المنبعثة من شاشات الحاسب [٨١]. وأن تقوم الجهات المختصة بإلزام موردي شاشات الحاسب بتوضيح اسم المواصفة التي تتوافق معها تلك الشاشات للمستخدم.

٥- أن تقوم الجهات المعنية بمواصفات المباني السكنية بتوجيه أصحاب المباني إلى مراعاة الالتزام بإبقاء سلكي الدوائر الكهربائية جنبا إلى جنب للتقليل من المجال المغناطيسي المنبعث من تلك الأسلاك داخل المباني السكنية.

٦- أن تقوم شركات الكهرباء باتباع أساليب تحول دون تعرض سكان العمائر التي يوجد بها محولات لخفض الجهد لمجالات مغناطيسية تزيد عما هو موجود في المنازل البعيدة عن تلك المحولات.

٧- وضع أجهزة العلاج الطبيعي المستعملة بالمستشفيات في أماكن معزولة مغناطيسيا، وتوفير كتيب لتوضيح إجراءات السلامة للمرضى والعاملين.

٨- إحاطة آلات الورش عالية القدرة بحواجز كهرومغناطيسية معدنية لتقليل تأثير المجال على العاملين، ووضع تحذيرات من الاقتراب لمدة طويلة منها أو من محولات مراكز الحاسب والمعامل وما شابهها داخل المباني الكبيرة. وعمل قياسات دورية للمجالات المنبعثة من تلك الأجهزة.

٩- إلزام مستخدمي أفران الميكروويف في المطاعم والأماكن العامة بإجراء قياسات دورية كل ثلاث سنوات للتأكد من عدم إشعاع تلك الأفران لموجات تؤثر على سلامة العاملين بجوارها.

من أجل فلذات أكبادنا

نافورة بدون مضخة

تعد النوافير المائية من وسائل الزينة والترفيه، وقد يبالغ المهندسون والمتخصصون في وضع التصاميم الجمالية، التي تشد الإنتباه وتضيف مسحة جمالية، وتلطف جو المكان الذي توجد فيه، وغالباً ما تحتاج النوافير إلى مضخات تدفع الماء إلى أعلى، إلا أن هناك بعض الحيل العلمية لعمل نافورة دون الحاجة إلى مولد أو مضخة ، بحيث تعتمد على تخفيض الضغط على سطح السائل، فيندفع إلى الأعلى على شكل نافورة.

يسعدنا في هذا العدد أن نقدم لفلذات أكبادنا هذه التجربة المبسطة التي توضح هذا المبدأ.

● الأدوات

حوضين من المعدن أو الزجاج، ودورق زجاجي، وسدادة من الفلين بها ثقبين، وأنابيب زجاجية ومطاطية، وحامل دوارق، ومحبس للأنابيب المطاطية.

● خطوات العمل

١- ثبت إنبوبي الزجاج في سدادة الفلين، بحيث يكون طرف أحدهما على مستوى السدادة من الداخل، والأخرى تبزر إلى الداخل لتصل إلى منتصف الدورق تقريباً، شكل (١).

٢- صل كل طرف من الأطراف الخارجية للأنابيب الزجاجية بإنبوب مطاطي.

٣-أقفل الأنبوبة المطاطية المتصلة بالأنبوبة الزجاجية المثبتة على مستوى سدادة الفلين بواسطة المحبس.

٤- إملأ الدورق إلى منتصفه ـ تقريبا ـ بالماء، ثم إقفله بسدادة الفلين.

٥- ضع أحد الأحواض على طاولة مرتفعة واملأه بالماء.

٦- ضع الحوض الآخر على الأرض.

٧- ضع الحامل على الطاولة وثبت عليه الدورق بشكل مقلوب، ثم ضع طرف الإنبوب المطاطي المتصل بالإنبوبة الزجاجية ذات الطرف البارز داخل الدورق في الحوض الموجود على الطاولة.

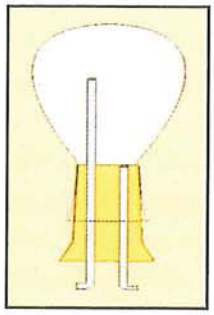
٨- ضع طرف الإنبوب المطاطي الآخر في الحوض الموجود على الأرض، ثم افتح المحبس. شكل (٢).

● المشاهدة

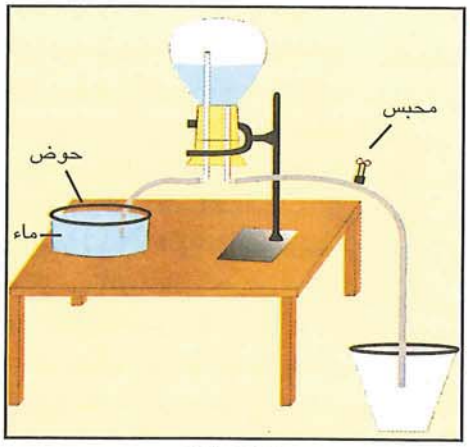
يشاهد صعود الماء من الحوض الموجود على الطاولة إلى الدورق مندفعاً داخله على شكل نافورة، شكل (٣).

● التعليل

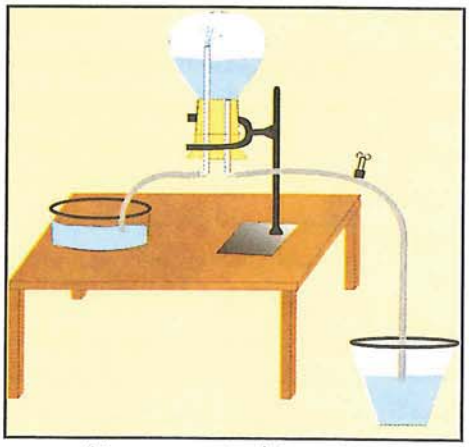
عندما يقلب الدورق ويفتح المحبس ينزل الماء منه إلى الحوض الموضوع على الأرض، فيحدث خلخلة في الهواء وإنخفاض في الضغط داخل الدورق ، مما يؤدي إلى إرتفاع الماء من الحوض الموجود على الطاولة إلى الدورق لمعادلة الضغط.



شكل (١)



شكل (٢)



شكل (٣) نافورة بدون مضخة

الانحباس الحراري وأمراض الحساسية

يمكن أن تؤدي زيادة غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن ظاهرة الانحباس الحراري في الكرة الأرضية إلى زيادة حالات الحساسية خلال نصف القرن الحالي بسبب ازدياد حبوب اللقاح لحشائش (Ragweed) والنباتات الأخرى.

أشار تقرير صادر عن جامعة هارفارد ـ نشر في مجلة الحساسية والربو والمناعة خلال شهر مارس ٢٠٠٢م ـ أن زراعة حشيشة (Ragweed) في بيئة يزيد فيها تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو بحوالي ١٠٠٪ من تركيزه الحالي عملت على زيادة حبوب لقاح هذه الحشيشة بنسبة ٦١٪.

ويذكر **بول إبستاين** (Paul Epstein) ـ طبيب بجامعة هارفارد للطب ـ أن الزيادة المذكورة لثاني أكسيد الكربون متوقعة خلال الفترة من عام ٢٠٥٠م إلى ٢١٠٠م إذا لم تتخذ التدابير للحد من استهلاك الوقود الأحفوري، ويرى أن تجربته المذكورة تلقي الضوء على الآثار الصحية الناجمة عن احتراق الوقود الأحفوري بالمعدلات الحالية وضرورة تخفيض إستهلاكه.

تنمو حشيشة (Ragweed) حول الطرق والمساكن الريفية في كل أنحاء أمريكا الشمالية، وهي من أهم الحشائش المسببة لأمراض الحساسية. ولمعرفة مدى تأثير ثاني أكسيد الكربون قام فريق البحث بجامعة هارفارد بزراعة بذور الحشيشة المذكورة في بيئتين مغلقتين إحداهما كان تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون فيها ٣٥٠ جزء من مليون جزء من الهواء، والثانية عند تركيز ٧٠٠ جزء من مليون جزء من الهواء.

أظهرت نتيجة التجربة زيادة حبوب لقاح حشيشة (Ragweed) بنسبة ٦١٪ في البيئة ذات التركيز الأعلى من غاز ثاني اكسيد الكربون ـ ٧٠٠ جزء من مليون ـ مقارنة بالبيئة ذات التركيز الأقل.

من جانب آخر أشارت دراسة أخرى أجريت على غابة بولاية كارولينا الشمالية إلى زيادة بذور الصنوبريات إلى ثلاثة أضعاف بسبب ضخ كمية عالية من غاز ثاني أكسيد الكربون في تلك الغابة.

ويذكر **إبستاين** أن الدراسة الأخيرة أوضحت أن ثاني أكسيد الكربون يؤثر على أجزاء مختلفة من النبات، وأن الدراستين أوضحتا كيف تقاوم النباتات التاثيرات الضارة لغاز ثاني اكسيد الكربون عن طريق زيادتها للأجزاء المنتجة للبذور حتى تضمن عدم الفناء، مما يزيد من حالات الحساسية الناجمة عن زيادة حبوب لقاح الحشائش، وفضلاً عن ذلك فإن ذلك يؤدي إلى القضاء على النباتات الحساسة لثاني أكسيد الكربون وزيادة الحشائش الضارة صحياً.

ويقترح **إبستاين** ضرورة تخفيض تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو، الذي زاد بفعل الثورة الصناعية منذ ٤٢٠ ألف سنة من حوالي ٢٨٠ إلى ٣٥٠ جزء من مليون، ويضيف إبستاين أن هذا الأمر يستدعي التفكير الجاد في استهلاكنا للطاقة، وضرورة البحث عن بدائل آمنة بيئياً.

المصدر:

www. Scienced aily.com/2002/03/ 020322075343, 3/22/2002.

تحويل الصوت إلى إشارة كهربائية

قام باحثون من مركز السمع والاتزان بمعاهد جونز هوبكنز الطبية باكتشاف الطريقة التي يتحول بها الصوت الصادر من داخل الأذن إلى إشارة كهربائية يمكن التعرف عليها بواسطة الدماغ، ويذكر الباحثون المذكورون أن هذا الاكتشاف سيزيد من فهم العلماء للكيفية التي يسمع بها الإنسان، وبالتالي ستساعد على تحسين تصميم وبرمجة الأجهزة المساعدة للسمع، وكذلك تحسين طرق زراعة قوقعة الأذن.

ويذكر **بول فوكز** (Paul Fuchs) أستاذ الأنف والأذن والحنجرة بمدرسة جونز هوبكنز الطبية أن الصوت عبارة عن موجات ميكانيكية تشبه الموجات التي يحدثها الحصى عند سقوطه على بركة مياه، وأن هذه الموجات عندما تسقط على الأذن الداخلية تتسبب في تحرر عدد من المواد الكيميائية تحت الخلايا العصبية على إرسال إشارة كهربائية إلى المخ تحمل معلومات عن الصوت المستقبل.

ولفهم طبيعة المواد الكيميائية وكيفية تحررها قام **فوكز** ومساعدته **اليزابث قلواتزكي** (Elisabeth Glowatzki) بدراسة خلايا قوقعة أذن أحد الفئران باستخدام مجهر عالي التقنية فاكتشفا أن الخلايا اللولبية الدقيقة الموجودة داخل الأذن ـ مسؤولة عن عملية السمع ـ والتي تحتوي على نتوآت دقيقة تشبه الشعيرات هي المسؤولة عن إطلاق دفعات متعددة من المواد الكيميائية إلى الخلايا العصبية المجاورة استجابة للصوت الصادر.

ويعلق **فوكز** أن ذلك لم يكن متوقعاً حيث كان الاعتقاد السائد في السابق أن تلك الخلايا الشعرية ترسل دفعة واحدة من المواد الكيميائية في وقت معين، وبالتالي فإن الإشارة الصادرة تعبر مسافة بسيطة في الخلية العصبية ولا تصل إلى المخ. ويصف **فوكز** إكتشافهم المذكور ـ توالي اندفاع المواد الكيميائية من الشعيرات السمعية إلى الخلايا العصبية ـ بأنه قد طور معرفة العلماء حول الكيفية التي يتم بها التمييز بين أنواع مختلفة من الأصوات، سواء من حيث التردد أو القوة.

ويضيف **فوكز** أن الفهم الجديد لعملية سماع الصوت تنبني على أن الخلايا العصبية المرتبطة بالخلايا المستقبلة للصوت يجب أن تلتقط كمية محددة من المثيرات الكيميائية قبل أن ترسل الإشارة الكهربائية إلى المخ، وبمجرد إرسال تلك الإشارة فإن الخلايا العصبية تكون في مرحلة سكون، ولكن بوجود الخلايا الشعرية فإن الخلايا العصبية لن تكون في مرحلة سكون بسبب استمرار تدفق المثيرات الكيميائية ـ وبالكمية المناسبة ـ مع استمرار صدور الصوت أو تغيره.

سوف يساعد هذا الإكتشاف ـ أيضاً ـ في تحسين خواص الأجهزة المساعدة للسمع وزراعة قوقعة الأذن بعمل نماذج تحاكي عمل الخلايا الشعرية.

المصدر:

www. Siencedaily. com/2002/05/020503075233. htm

عقاقير طبية من البيض

تمكن العلماء من تحوير الدواجن وراثيا لإنتاج بيض يحتوي على عقاقير طبية.

شهد عام ١٩٨٠ تصنيع العديد من الأدوية المستخلصة من الحيوانات الثديية مثل الأبقار والخنازير والضأن والماعز والفئران، حيث أمكن بالفعل استخلاص عقاقير مثل الإنسولين ومواد تجلط الدم من ألبان تلك الحيوانات. فضلاً عن ذلك تمكن العلماء من تحوير فئران ـ وراثياً ـ تفرز مع بولها مواد بروتينية نافعة طبياً.

ويذكر **ألبكس هارفي** (Alex J. Harvey) من شركة (Avi Genics) للتقنية الحيوية في مدينة أثينا بجورجيا في الولايات المتحدة الأمريكية أن انتاج المواد الصيدلانية من بياض البيض له عدة فوائد، أهمها أن الدواجن يمكنها إنتاج كميات كبيرة في فترة وجيزة، بل أقصر بكثير من انتاجها من الحيوانات الثديية، فمثلا يحتاج الضأن المحور وراثياً إلى ثمانية عشر شهراً لإنتاج اللبن، بينما تكفي فترة ستة شهور لبداية انتاج البيض من الدواجن المحورة. فضلاً عن ذلك فإن الدواجن خلال فترة انتاجها تبيض حوالي ٣٣٠ بيضة سنوياً تحتوي على ٦,٥ جرام من البروتين المنقول إليها.

استخدم **هارفي** ومجموعته من جامعة جورجيا في أثينا فيروسات محورة وراثياً لتعمل على حمل المورثات إلى أجنة الدواجن، حيث تم إدخال الحامض النووي منقوص الأكسجين (DNA) لإنزيم بيتا لاكتاميز (Beta Lactamase) – المستخرج من البكتيريا– إلى أجنة دجاج الهوايت لجهورن.

أظهرت النتيجة انتقال الإنزيم المذكور إلى ٢٪ من أجنة الدجاج، بعدها قامت المجموعة بإكثار الدواجن الحاملة للإنزيم في بويضاتها وحيواناتها المنوية فكانت النتيجة أن أجيالها حملت نسخ الإنزيم في كل خلاياها، إضافة لذلك إنتقل الإنزيم إلى البيض الناتج عن الإناث –ولكن بكميات قليلة– خلال فترة الإنتاج التي أمتدت أكثر من ستة عشر شهراً، ليس ذلك فقط ولكن المدهش أن الإنزيم أنتقل إلى أربعة أجيال أخرى على الأقل من الدواجن.

ويعلق **روبرت إتشس** (Robert Etches) أخصائي العقاقير في بيرلنقيم بكاليفورنيا أنه بالرغم من وجود الإنزيم في البيض إلا أن كمياته قليلة، ولذلك فإن الأبحاث المستقبلية يجب أن تنصب على زيادة تركيزه، ويضيف **إتشس** أن من محاسن هذه التقنية سهولة استخلاص العقاقير من بياض البيض مقارنة باستخلاصها من الألبان ذات التركيب الكيميائي المعقد نسبياً.

وبالرغم من قلة الكميات المنتجة من إنزيم بيتا لاكتميز بالتقنية المذكورة وعدم أهميته في صناعة العقاقير، إلا أن التجربة أثبتت أنه يمكن تطبيقها لنقل مواد بروتينية ذات فوائد علاجية.

المصدر:

Science News,vol 161, No 14, April 6,2002, P,213

مع القـــراء

قراءنا الأعزاء :

مما يزيدنا فخراً واعتزازاً أن يرد هذا الكم الهائل من رسائل القراء الكرام عبر الوسائل المختلفة كالهاتف والبريد الإلكتروني والبريد العادي ، يعبر بها القراء الكرام عن سعادتهم ومحبتهم لمجلتهم الغالية ، كما يسرنا أن نوجه إنتباه القارىء الكريم إلى نقطة هامة تشغل بالنا وهي معاناتنا من الأعداد المسترجعة ، فعلى قرائنا الكرام التأكد من عناوينهم وكتابتها بخط واضح ، لئلا نضطر إلى حذفها من قائمة التوزيع ، وبالتالي لن نتمكن من إعادتها مرة أخرى الا بعد فترة طويلة ، نظراً للقوائم الطويلة التي تنتظر التسجيل.

● **الأخ / د. أمير ابراهيم القريشي – أبها**

إن إسرة المجلة تشكرك جزيل الشكر على عبارات الثناء التي دبجت بها رسالتك والسعادة الغامرة التي عبرت عنها رسالتك نتيجة لتواصلك معنا ، ونحن إذ نشكرك على هذا الشعور الطيب نحو المجلة والقائمين عليها ، فإنه يسعدنا إدارج اسمك في قائمة من تصلهم المجلة.

● **الأخ / ضيف الله سعود الحربي– القصيم**

نشكرك جزيل الشكر على أهتمامك باقتناء المجلة ، كما يؤسفنا عدم تحقيق رغبتك في إرسال جميع الأعداد المطلوبة ، وذلك لنفادها ، كما أن اقتراحك الكريم قيد الدرس.

● **الأخ /حسين محمد الكاظم**

نشكرك جزيل الشكر على التهنئة الصادقة بما وصلت إليه المجلة من رقي وتقدم وانتشار، ونحن نشكر القراء الكرام على تواصلهم معنا ، فلولاه بعد توفيق الله لما تحقق كل هذا التميز الذي أشرت اليه، كما يسرنا تلبية طلبك بإرسال المجلة إليك عند صدور كل عدد.

● **الأخ / حمود نصر غالب – اليمن**

يسعدنا انضمامك كقاريء جديد من اليمن السعيد إلى مجلتنا ، شاكرين حسن الثناء منك.

● **الأخ / د . رمضان مصري هلال – مصر**

نثمن أهتمامك بالمجلة والقائمين عليها ، كما أننا نرحب بما تبعث به من مشاركات ونحن نفضل أن ترسل المشاركات قبل صدور العدد المعلن موضوعه على غلاف المجلة الأخير بوقت كاف.

● **الاخ / صالح محمد جميل – جده**

وصلنا شكرك الجزيل وثناؤك العطر عبر رسالتك الكريمة ، كما أنه يؤسفنا عدم تحقيق رغبتك بإرسال جميع الأعداد الصادرة من أول عدد إلى آخره وذلك لعدم توفرها لدينا.

● **الأخ / مشفق دايخ – الجزائر**

وصلت رسالتك ، وماطلبت فيها من عدد الرياح غير متوفر لدينا ، وسوف نرسل لك آخر عدد صدر.

● **الأخ / إبراهيم الراوي – العراق**

إن المجلة غير محكمة وتنشر فقط المقالات العلمية المتنوعة لجميع الفئات التي تتعلق بالتوعية العلمية ، كما نأسف لعدم وجود موضوع فيما ذكرت.

● **الأخ / عثمان علي الذوادي – البحرين**

شكراً على ماسطرت في رسالتك ، وسوف يصلك ماطلبت من آخر أعداد لدينا ، كما يسعدنا بإنضمامك لقائمة إهداءات المجلة.

● **الأخ / طرباخ السعيد – الجزائر**

شكراً على اهتمامك بالمجلة ، ويسعدنا أرسال العدد الواحد والستون من المجلة حسب طلبك.

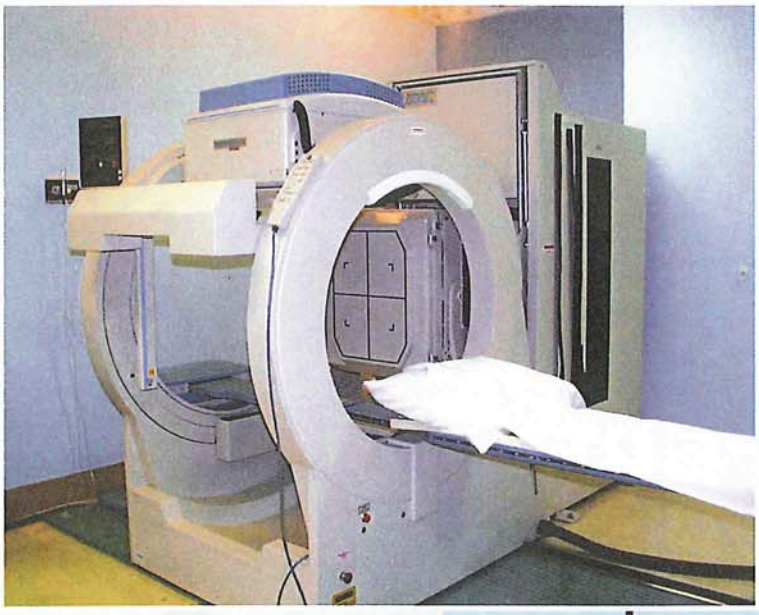
● **الأخ / مراد طرفايه – الجزائر**

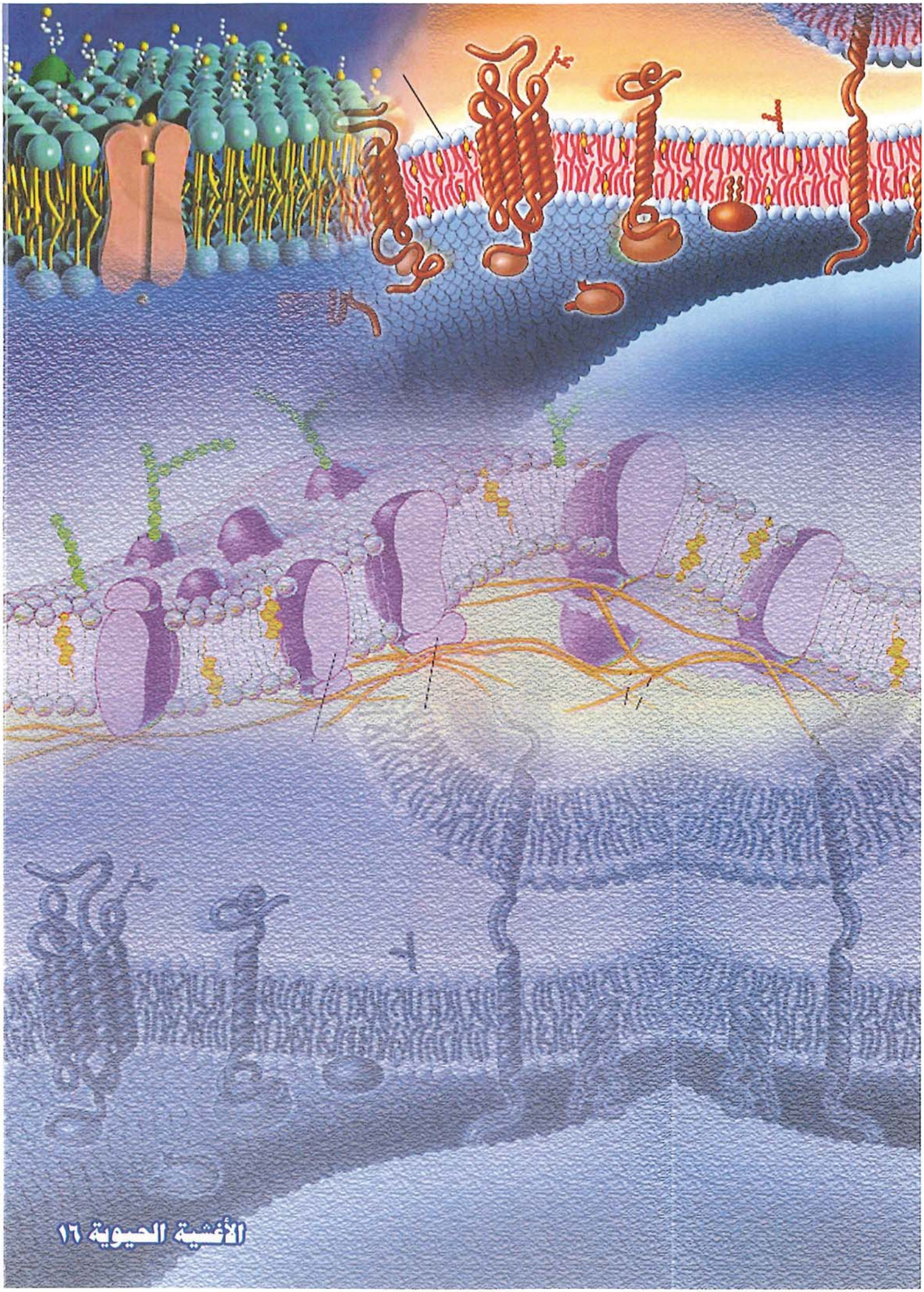
نحن سعداء بما طرزت في ثنايا رسالتك الكريمة من كلمات الثناء والشكر ، ويؤسفنا عدم تحقيق رغبتك فيما ورد برسالتك.

في
العدد المقبل

الفيزياء الحيوية

الجزء الثاني





الأغشية الحيوية ١٦