الفصل الرابع

ويلموت

صاحب ثورة الاستنساخ

المهندس : بعد أن استعرضنا لوحاتكما الكاريكاتيرية ، فلنعد إلى ويلموت وحياته .

أحمد : فلنعد يا سيدى .

المهندس : لابد أن كلا منكما يسأل عن الصفات النفسية التى أهلّت ويلموت لتحقيق ذلك .

شيماء : نعم يا سيدى ، فشخص حقق ما حققه ويلموت من إنجاز مؤكد أنّه إنسان غير عادى .

المهندس : تماما كما قلت ياشيماء ، وسوف يتضح لنا ذلك من خلال استعراضنا لهذه الصفات.

أولا : امتلك ملكة القدرة على الربط بين أشياء عديدة . كان ويلموت يمتلك منذ صغره قدرة فائقة على أن يربط بين العديد من الأشياء ، لكى يصل فى النهاية إلى تصور ذاتى ، يمكنه من تكوين نتيجة كلية ، فقد استطاع أن يربط بين علم الأجنة وتقنيات الهندسة الوراثية ، أن يربط بين الخلية الجسمية والخلية الجنينية ، أن يربط بين البروتينات الحاجبة فى كل من الخلية الجنينية والخلية الجسمية .

أحمد : البروتينات الحاجبة ؟

المهندس : البروتيات الحاجبة يا أحمد هى نوع من البروتينات تعمل على إجبار ٩٠٪ من جينات الخلية المتخصصة على الكمون لعدم الحاجة إليها ، فالجينات العاملة فقط ، فى هذه الحالة هى الجينات المسئولة عن أداء العمليات الحيوية الخاصة بالخلايا المتخصصة .

شيماء : أيعنى ذلك يا سيدى أنّ البروتينات الحاجبة لا توجد فى الخلايا الجنينية؟

المهندس : لا يا شيماء ، بل توجد بروتينات حاجبة فى الخلايا الجنينية ، لكن وظيفة البروتينات فى هذه الحالة ليس حجب معظم الجينات عن العمل ، بل تعمل كدعامة تقوى شريط الدنا الوراثى وتدعمه.

أحمد : عالم غريب .. عالم الجينات ذلك .

شيماء : لكن ما الأساس العلمى الذى بنى عليه ويلموت تجاربه ؟

المهندس : لقد كانت المشكلة التى تواجه أى باحث فى إجراء الاستنساخ من خلية جسمية هو تخصص الطاقم الوراثى لتلك الخلية ، ومن ثمَّ فقده القدرة على توجيه عمليات النمو والتكوين الجنينى ، وهنا ما لم يواجهه العلماء فى التعامل مع الخلايا الجنينية ، حيث إن الطاقم الوراثى غير متخصص ، ومن ثم يمكنه توجيه جميع عمليات النمو والتكوين الجنينى.

لذل اتجه فكر ويلموت إلى كسر حالة التخصص الجينى للطاقم الوراثى الخاص بالخلية الجسمية ، ومن ثمَّ كان السؤال الذى فرض نفسه على ويلموت فى هذه الفترة :

كيف يمكن كسر حاجز التخصص الجينى لهذا النوع من الخلايا ؟

أحمد : كسر حاجز التخصص ! كيف يتم ذلك؟

المهندس : لأوضح لك ذلك يا أحمد ، سأضرب لك مثالا بالجسم البشرى.

نحن فى الحالة الطبيعية نتغذى على العديد من الأغذية ، والتى يتم هضمها بتحويلها من مركبات معقدة إلى مركبات بسيطة يسهل هضمها ، ومن أمثلة ذلك :

تحول الدهون إلى أحماض دهنية .

تحول الكربوهيدرات إلى سكريات أحادية.

تحول البروتينات إلى أحماض أمينية .

ثم تحدث عملية امتصاص لهذه المركبات حتى تحدث عملية التمثيل الغذائى ، مما يؤدى لانطلاق طاقة تسفيد منها الخلية ، مما يؤدى إلى استمرار العمليات الحيوية لهذه الخلية ، لاتحدث عملية التمثيل لجميع المواد الغذائية ، بل يخزن منها للاستفادة بها وقت الحاجة ، فعند نقص الدهون فإن الجسم يحول ما خزنه من دهون إلى أحماض دهنية كى يتم حرقه ، وتنطلق طاقة يمكن أن يستفيد منها الجسم ، وعند نقص السكريات فإن الجسم يحول المخزون من الجليكوجين إلى سكر ، أما البروتينات فهى غير قابلة للتخزين.

إذن فعملية التجويع تؤدى إلى البحث عن المخزون الكامن من المواد الغذائية ، لكى تستخدمه فى الحصول على الطاقة اللازمة لحياتها .

شيماء : وما وجه العلاقة بين ذلك وبين كسر حاجز التخصص الچينى للخلية الجسمية ؟

المهندس : لقد استفاد ويلموت من ذلك يا شيماء ، حيث عمل على سحب المواد الغذائية من سيتوبلازم الخلية ، مما يؤدى إلى مرور الخلية بعملية تجويع ، مما يؤدى ذلك إلى حدوث ثورة داخل الخلية ، لأنها تعرضت لأزمة خطيرة تهدد حياتها ، ويؤدى ذلك إلى اللجوء لحالة التأهب القصوى داخل الخلية لكى تصل الخلية إلى المستوى المطلوب لمواجهة الأزمة التى تواجهها ، لابد أن يوجه ذلك برنامج وراثى متكامل ، مما يجبر الچينات الكامنة ، التى تعرضت لحالة كمون لعدم عملها ، مما يوجد حالة من الصحوة الچينية المتمثلة فى تمام النشاط الچينى لجميع الچينات الممثلة لجينوم الخلية .

أحمد : لكن كيف يتم حدوث ذلك ؟

المهندس : تتم عمليات السحب من خلال أجهزة ووسائل تقنية «تكنولوجية» خاصة ودقيقة جدا ... لكن ..

أحمد : لكن ماذا يا سيدى ؟

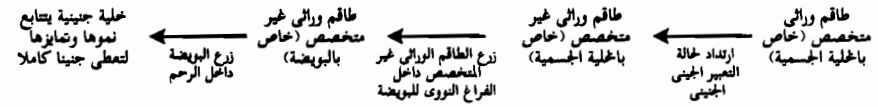
المهندس : لكن لابد من احتفاظ الچينات المنشطة ، والتى خرجت من عملية الكمون بحيويتها ، إذ أنّ فقدها لحيويتها ، يعنى عدم قدرتها على توجيه العمليات الحيوية المختلفة ، مما يؤدى فى هذه الحالة إلى فشل عملية الاستنساخ بالكامل .

شيماء : إذن فالهدف النهائى من هذه العملية (عملية التجويع) الخلوى الحصول على طاقم وراثى غير متخصص ، أى يمكنه توجيه جميع عمليات التوجيه والتكوين الجنينى .

أحمد : ماذا بقى إذن ؟

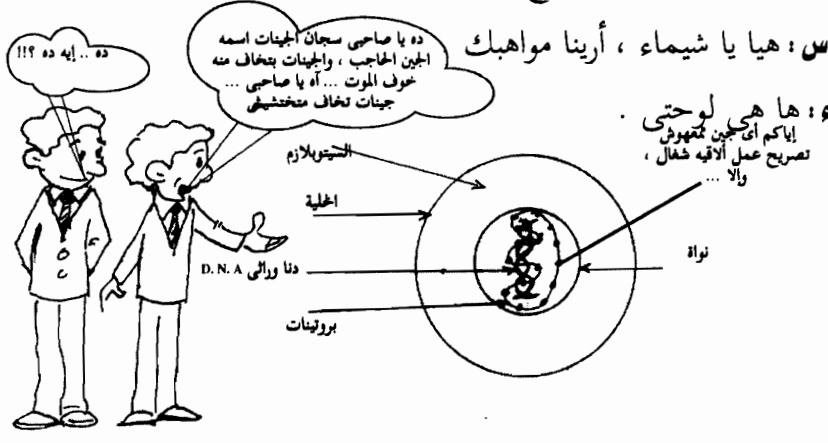
المهندس : بقى أن نحصل على هذا الطاقم الوراثى غير المتخصص ، ويتضح ذلك

فى الشكل التخطيطى التالى :



ثم يتجه إلى شيماء ، ليقول لها ، لكن شيماء تقاطعه قائلة له: تريد أن تعبر لوحاتى الكاريكاتيرية عن البروتينات الحاجبة ودورها فى عملية الحجب .

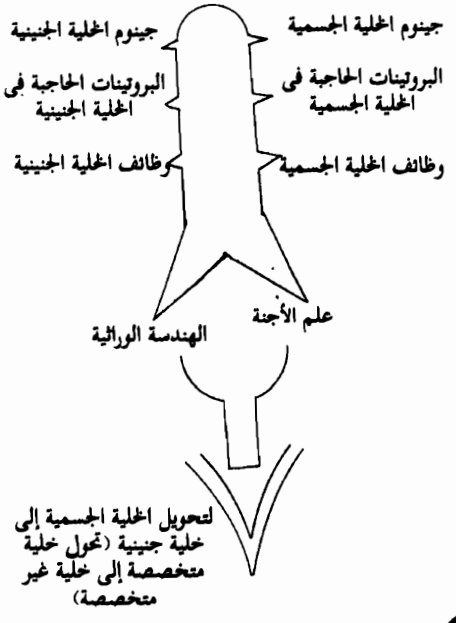
أحمد : ما أكثر ذكاءك ، وأسرع بديهتك يا شيماء !



المهندس : هيا يا شيماء ، أرينا مواهبك

شيماء : ها هى لوحتى .

المهندس : وقد فرغ من التأمل فى لوحة شيماء الجميلة المعبرة ، قائلا : فلنعد إذن إلى ويلموت وقدرته على الربط بين الأشياء .



لقد استفاد ويلموت من هذه الملكة ، حيث استطاع أن يصل من خلال ربطه للحقائق التى أصبحت تمثل مكونات دالة صعبة للغاية لم يستطع أن يفك لغزها إلا ويلموت .

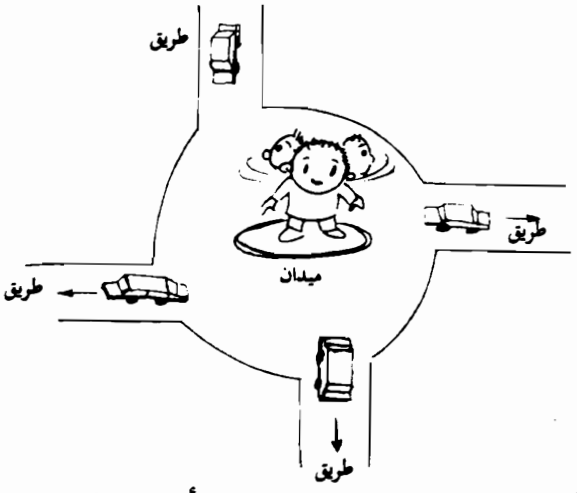
ويمكننى إيضاح مدى قدرة ويلموت على الربط بين المتغيرات العديدة فى الشكل المقابل :

أحمد : نود أن توضح لنا هذا الشكل.

المهندس : توضح الأسهم المتقابلة مقارنة شيئين متقابلين فى الخلية الجسمية والخلية الجنينية ، ثم يوضح الشكل الربط بين علم الأجنة والهندسة الوراثية ، لتستفيد من كل ذلك فى تحويل الخلية الجسمية إلى خلية جنينية.

شيماء : ألهذا الحد تبلغ أهمية القدرة على الربط بين الأشياء .

المهندس : نعم يا شيماء ويمكنك أن تتأكدى من ذلك إذا ما شاهدت رجلا يعبر تقاطعًا يتصل به أربعة مسارات مختلفة الاتجاه كما يلى:



إذا لم يستطع هذا الشخص العابر أن يربط بين ما أمامه من متغيرات ، فلابد أنه سيتعرض إلى الاصطدام بإحدى المركبات (السيارات) ، أما إذا استطاع أن يربط بين المتغيرات العديدة المتمثلة فى السيارات المتجهة إلى مختلف الاتجاهات، فلابد أن فى ذلك تفادياً لاحتمالية اصطدامه بإحدى السيارات ، وتحقيقاً للأمان بالنسبة له.

وبما أن ويلموت قد استطاع أن يربط بين العديد من المتغيرات للوصول إلى النتيجة المنطقية ، فقد حقق ما هدف إليه.

أحمد : والصفة الثانية من جوانب النبوغ فى شخصية ويلموت .

المهندس : ملكة القدرة على استنساخ الأشياء .

أحمد : إن هذا شىء منطقى يا سيدى ، وإلا فإن ذلك سيعرضه إلى عدم الاستفادة من ملكة قدرته على ربط الأشياء ببعضها .

المهندس : جميل تفكيرك يا أحمد ، فلابد من وجود ملكة القدرة على استنتاج

الشيء لنصل من خلاله إلى تكوين الحقيقة النهائية التى تهمنا .

شيماء : أريد توضيحاً أكثر يا سيدى.

المهندس : فلنفرض يا شيماء أن لدينا صفيحة معدنية تغطى مساحة معينة ولتكن غرفة ، وسنوصل بهذه الغرفة تياراً كهربيا ، ثم مرّ عليها أرنب ، ماذا تتوقعين يا شيماء .

شيماء : سيموت طبعاً ، لأنَّ الكهرباء ستصعقه .

المهندس : ما رأيك إذن إذا وضعنا على الصفيحة طبقة عازلة ، ثم مرَّ عليها أرنب آخر ، ماذا تتوقعين .

شيماء : لن يحدث له شيء ، لوجود الطبقة العازلة .

المهندس : إذن فنحن نستنتج من ذلك أنّ الكهرباء تسبب صعق المادة الحية، ومن ثم ينبغى الحذر منها، وعدم ملامسة الأسلاك التى تمر فيها الكهرباء وهى عارية.

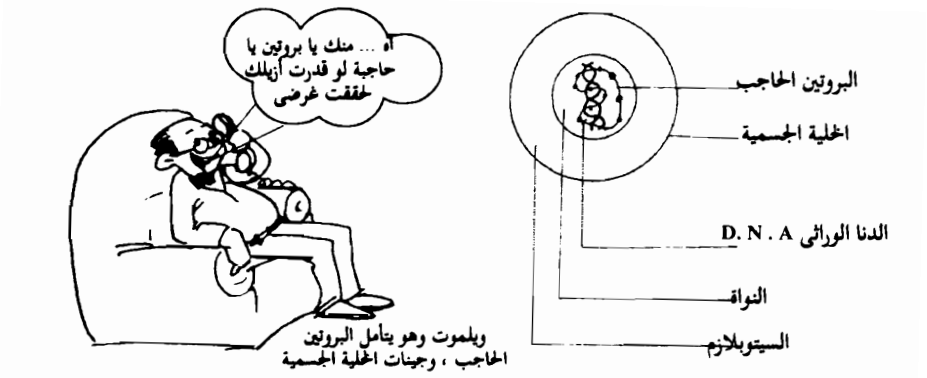
أحمد" : ولو طبقنا ذلك على ويلموت يا سيدى .... كيف ستتضح لنا ملكة الاستنساخ لديه ؟

المهندس : لقد لاحظ ويلموت أن البروتينات الحاجبة تحجب عمل الجينات فى الخلية الجسمية ، بينما لا يحدث ذلك فى الخلية الجنينية ، ومن ثمّ فقد استنتج أن تثبيط عمل الجينات الحاجبة ، أو إتلافها يؤدى إلى إعادة عمل الجينات المكونة لجينوم الخلية الجسمية ، ومن ثمّ تتحول الخلية الجسمية إلى خلية جنينية.

شيماء : جميل فكر ويلموت ذلك ، لابد أن أعبر عن ملكة قدرته على الاستنتاج فى صورة لوحة كاريكاتيرية .

المهندس : وما تلك اللوحة الكاريكاتيرية يا شيماء ؟

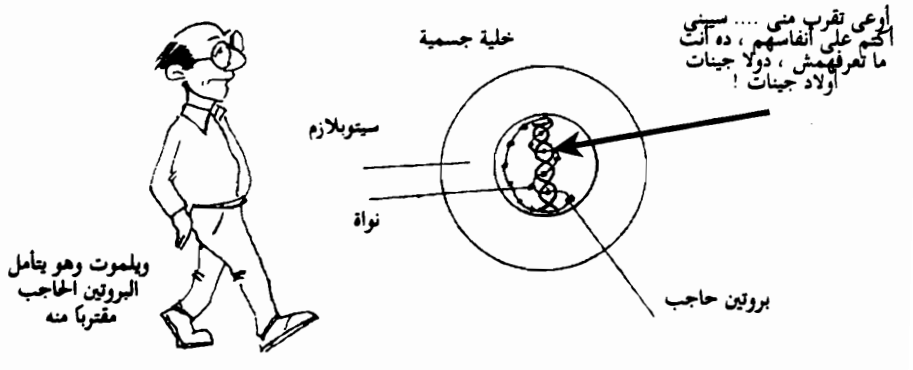
شيماء : ها تلك يا سيدى :



أحمد : وقد اتجه إلى شيماء ، وهو يقول لها : لكنى أنا سأعبر بلوحة كاريكاتيرية، ستفوق لوحتك جمالا

المهندس : لم نتعود ذلك فى حديثنا يا أحمد ، فلوحة شيماء جميلة ، ومؤكد أنّ لوحتك التى ستقدمها جميلة ، ولذلك فأنا حريص على أن أراها .

أحمد : سأنفذها حالا ، ويمكث لبعض الوقت ، ثم يحضر لوحته الجميلة لكى يراها الجميع.

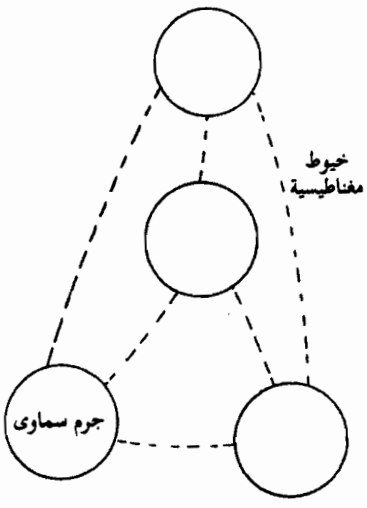


ثالثا : ملكة القدرة على الخيال :

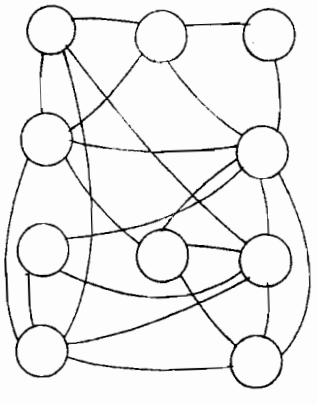
لابد أن يتسم العالم بقدرته على التخيل الشديد ، فالوصول إلى الحقيقة العلمية يبدأ بخيال ، ومع مضى الأيام يتحول هذا الخيال إلى حقيقة علمية واقعة.

أحمد : وما أمثلة ذلك يا سيدى ؟

المهندس : الأمثلة كثيرة وعديدة ، فقد تخيل العالم كبلر أن خيوطًا ما تربط بين النجوم ، ومن ثمّ فالنجوم ممسوكة معا بواسطة قوى خفية يرمز لها بالخيوط ، ثم يثبت بعد ذلك وجود قوى كهرومغناطيسية تربط بين هذه النجوم ، وأن الخيوط الوهمية التى تخيلها كبلر عبارة عن خيوط القوى المغناطيسية التى تربط بين هذه النجوم ، والتى يمكن إيضاحها فى الشكل المقابل:



ومن ثم فالكون ملىء بهذه الخيوط التى تنتشر فى كل مكان فى الفضاء ، ومن ثم فإذا نظرنا إلى الفضاء ، فسوف نشاهد (فرضًا) بلايين البلايين من التقاطعات المغناطيسية فى شكل خيوط كما يتضح من الشكل المقابل :



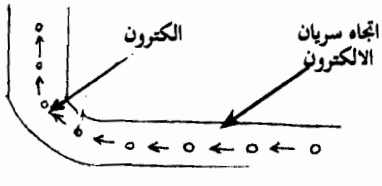
تقاطعات الخيوط المغناطيسية بين الأجرام السماوية (بلايين البلايين من التقاطعات)

والتيار الكهربى الذى نستخدمه فى كل شىء فى حياتنا فى المصانع ، والأجهزة والمعامل والمنازل وسائر حياتنا، ومازلنا نتعامل مع ماهية فرضية له .

شيماء : ماهية فرضية ؟

المهندس: أى أن العلماء لم يستطيعوا تحديد ما هو التيار الكهربى ؟ لذا افترضوا أنّ التيار الكهربى عبارة عن شىء معين .

أحمد : وما هذا الشىء ؟



افترضوا أن التيار الكهربى عبارة عن سيال أى فيض من الإلكترونات التى

تسير من قطب إلى قطب ، كما يتضح مما يلى فيما إذا تخيلنا أننا كبَّرنا السلك الذى تسير فيه الكهرباء .

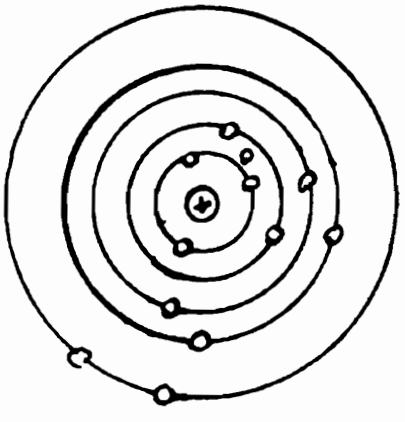
شيماء: وما هو الإلكترون يا سيدى ؟

المهندس: الإلكترون يا شيماء هو إحدى الجسيمات الذرية ، أى الجسيمات المكونة للذرة ، والذرة هى وحدة تكوين المادة الجامدة ، فكما أنَّ المادة الحية تتكون من وحدات بنائية تسمى بالخلايا فالمادة غير الحية تتكون من وحدات بنائية تسمى بالذرات ، ومفردها ذرة ، وقد كان توصل العلماء للذرة وتركيبها نوعًا من الخيال فى البداية، فقد شبهها العلماء بثمرة البرتقال ، حيث القشرة من الخارج ، والبذور داخل اللب من الداخل ومن ثمَّ فقد شبهوا الذرة بمجموعة من الجسيمات الموزعة داخل وخارج الذرة ، وهكذا أصبح ذلك يمثل التصور المبدئى للتركيب الذرى ، والذى ثبت بعد ذلك أن التركيب الذرى يشبهه إلى حد ما ، حيث ثبت أن الذرة تتركب من نواة فى الداخل ، وهذه النواة تحمل نوعين من الجسيمات الذرية ، نوع يحمل شحنة موجبة ، ونوع آخر لا يحمل شحنة ، وحول النواة توجد الإلكترونات ، وهى تدور حول النواة ، والإلكترونات جسيمات سالبة الشحنة .

شيماء وقد بدا عليها أنها تريد أن تسأل عن شيء ما – وقد أدرك المهندس منها ذلك ، وهو يسألها ماذا تريدين يا شيماء؟

شيماء: أريد أن توضح لنا ما ذكرته من خلال شكل توضيحى .

المهندس وهو يبتسم : وهو كذلك يا شيماء ، ثم يبدأ فى رسم الشكل التوضيحى الخاص بذلك :



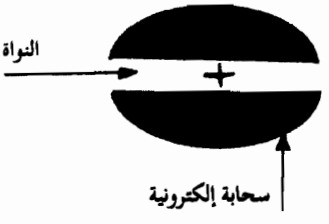
ثم يتابع المهندس حديثه قائلا: ترمز العلامة + إلى الشحنة الموجبة الموجودة داخل النواة ، والممثلة فى الجسيمات الذرية المعروفة بالبروتونات.

أحمد : إذن فالبروتون جزىء موجب الشحنة .

المهندس : نعم يا أحمد ، بينما الرمز ○ يرمز للإلكترون الذى يسير فى الفلك الدائرى المحيط به ، حيث تدور الإلكترونات حول النواة فى مسارات إلكترونية، وتترتب الإلكترونات فى المدارات الذرية المحيطة بالنواة من خلال قواعد معروفة وثابتة .

شيماء : لكن هل للإلكترونات أماكن محددة حول النواة ؟

المهندس : لقد كان العلماء يعتقدون ذلك ، لكن مع تقدم الأبحاث العلمية والدراسات اتضح أن الوضع الثابت الذى افترضه العلماء للإلكترون يمثل وصفًا خاطئا ، حيث أن الوضع الصحيح للإلكترون هو الوضع غير الثابت ، حيث لاحظ العلماء أن الإلكترون يتواجد فى أماكن مختلفة عبر الرحلة الزمنية حول النواة أثناء حركته المستمرة ، ومن ثم فقد استخدموا مصطلح السحابة الإلكترونية ، والتى تعنى الدوران المستمر للإلكترونات غير المحدد حول النواة ، والذى يمكن تمثيله كالشكل التالى :



أحمد : وهل الإلكترونات مقصورة الوجود على مدار دون الآخر ؟

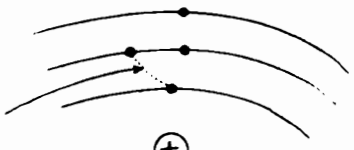
شيماء : تعنى يا أحمد أن الإلكترونات يمكن لها أن تنتقل من مدار لمدار أو من مسار إلى مسار ثم تصمت ، وكأنها تفكر فى شىء عميق، وهى تحدث نفسها ممكن .. لا ... وما المانع ؟ .. ويلاحظها المهندس ، وهو ينظر إليها فى صمت باسم فرحا بها وبفكرها ليقول لها : ولماذا غير ممكن يا شيماء ؟ ولم قلت : وما المانع ؟

شيماء وهى متعجبة إذن : من الممكن أن .. ولم تكمل الحديث، لكن الذى أكمل هو المهندس ليقول لها :

من الممكن أن تنتقل الإلكترونات يا شيماء من مدار إلى مدار، ومن مسار إلى مسار ، سواء كان من المدار الأقل إلى الأعلى ، أو من الأعلى إلى الأقل .

أحمد : الأقل فى شىء والأعلى فى شىء ؟

المهندس : عندما نتكلم عن مدارات الكترونية ، فنحن نركز على الطاقة الخاصة بهذه المدارات ، ومن ثم فلكى ينتقل الكترون من مستوى طاقة أقل إلى مستوى طاقة أعلى فلابد من وجود طاقة زائدة تعمل على إثارة هذا الإلكترون من المستوى الأقل فى الطاقة إلى المستوى الأعلى فى الطاقة ، ويمكننا توضيح ذلك فى الشكل المقابل :



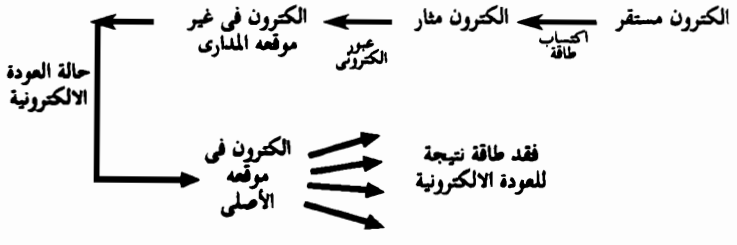
انتقال الإلكترون المثار (ذو الطاقة الزائدة) من مستوى الطاقة الأول إلى مستوى الطاقة الثانى

شيماء : لكن ما مصير هذا الإلكترون العابر للمدارات الذرية .. هل يمكن أن يرجع مرة أخرى إلى مداره الخاص به أم سيظل فى المدار الجديد ؟

المهندس : لابد أن كل شىء إلى أصله يعود يا شيماء ؟ ولذلك كان عابراً، لكنه يتخذ من عبوره ذلك وسيلة لإخراج ما به من طاقة لكى يستقر ، وليس وسيلة للاستقرار النهائى بعد العبور.

أحمد : نريد إيضاحاً أكثر يا سيدى ؟

المهندس : سأوضح لكما ذلك ياعزيزىً فى الشكل التوضيحى التالى :



شيماء : جين وإلكترون كلاهما يمثل لغزاً محيراً .

المهندس : الجين يمثل المخزون المعلوماتى الخاص بالمادة الحية .. ويعنى ذلك أنّ التركيب فى النهاية عبارة عن معلومة ، والمعلومة هى المحركة لجميع

العمليات ، إذن لو حللنا جسم الكائن الحى لوصلنا فى النهاية إلى الحصول على معلومة وليس مكونًا ماديا ، وهذا له معناه الخطير والمهم .

أحمد : وما هو يا سيدى ؟

المهندس : إن التركيب المادى ليس مهما ، بل المهم المعلومة الكامنة وراء هذا التركيب ، وسوف أوضح لكما هذا فى ذلك الشكل التوضيحى التالى :

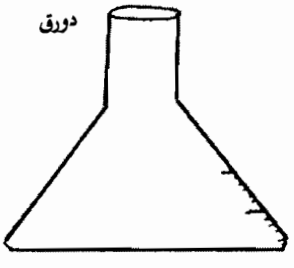
تركيب حى ← (فحص) أنسجة ← (فحص) خلايا ← فحص ← مجموعة من المعلومات

أحمد : وهو يتجه إلى المهندس قائلا له : إذن فالمادة الحية معلومة .

المهندس : ولِمَ تقصر كلامك على المادة الحية فقط يا أحمد ؟

شيماء : أتقصد يا سيدى أن المادة غير الحية هى أيضا معلومة ... كيف ذلك ؟

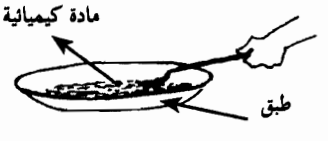
المهندس : لقد سبق أن ذكرت لك يا شيماء أنت وأحمد أن المادة غير الحية تتكون من ذرات ، والذرة تتكون من إلكترونات .



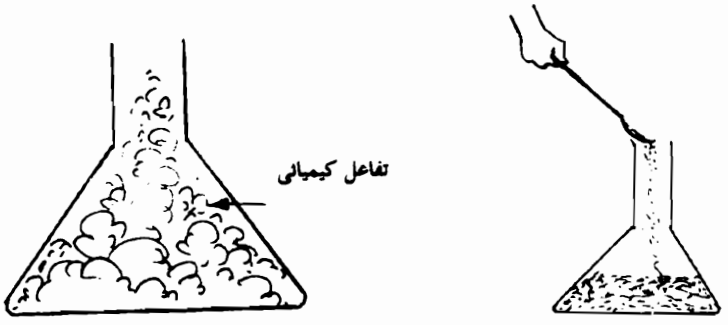
المواد غير الحية ، يتفاعل بعضها مع بعض فيما يسمى بالتفاعل الكيميائى ، والتفاعل يعنى حدوث تداخل ما بين مادتين، أتريان ما سأفعله يا عزيزىّ ، أتريان ذلك الدورق الذى بيدى :

ويكمل **المهندس** كلامه قائلا :

سأخذ من هذه المادة الكيميائية كمية معينة من خلال ملعقة من على الطبق



ثم أضعها فى الدورق بعد أن نضع به ماءً .. هكذا .



ولنفرض أن هذه المادة عبارة عن عنصر يسمى بعنصر الصوديوم، ثم سنضع فى الدورق أيضا عنصراً كيميائيا آخر ، وليكن عنصر الكلور.

أتريان ماذا حدث فى الدورق ؟

شيماء : حدث تغير ما .

المهندس : هذا التغير يسمى التفاعل الكيميائى .

وليكن الأمر واضحا ، سنضع فى هذا الدورق قاعدة أى مادة خواصها قاعدية ، ونعنى بذلك أن درجة الحموضة والقلوية لها مرتفعة أكثر من سبعة (٧) والمقصود بدرجة الحموضة والقلوية اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين الموجود فى المحلول.

ثم يكمل المهندس كلامه فيقول :

نرمز لأيون الهيدروجين بـ H^+ وتعنى العلامة + أعلى **H** فقد ذرة الهيدروجين لإلكترون وتحولها إلى آيون وليس ذرة ، وهذا الأيون موجب ، ولذا يسمى بالبروتون كما يتضح من المعادلة التالية :

$$H \xrightarrow{-e^-} H^+$$

والتى تعنى أن ذرة الهيدروجين **H** قد فقد إلكترونا **e**– لتعطى بروتون الهيدروجين (H^+) .

ويمكن التعبير عن هذه المعادلة بشكل آخر كالتالى :

$$H^+ + e^- \longrightarrow H$$

والتى تعنى أن بروتون الهيدروجين يكتسب الكترونا ليعطى ذرة الهيدروجين.

ويرمز للوغاريتم بالرمز لو .

أحمد : إذن فاللوغاريتم السالب هو – لو أو **log -** .

المهندس : ويرمز لدرجة الحموضة والقلوية بـ **PH** .

شيماء : تعنى يا سيدى أن الهيدروجين هو أس لأساس هو **(P)** ، حيث يسمى ذلك الرمز بالأس الهيدروجينى ، ومن ثم فدرجة الـ **PH** يعبر عنها كما يلى :

$$PH = - \log H^+$$

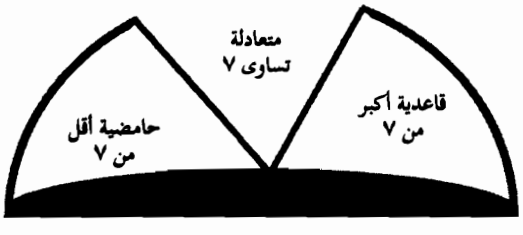
المواد ذات الأس الهيدروجينى الأعلى من ٧ تسمى موادّ قاعدية، والمواد ذات الأس الهيدروجين الأقل من ٧ تسمى بالمواد الحامضية ، والمواد ذات الأس الهيدروجينى المساوى لـ(٧) تسمى متعادلة ، فلا هى بالحامضية ولا هى بالقاعدية .

أحمد وقد اتجه إلى المهندس :

سأضع ذلك فى شكل تخطيطى .

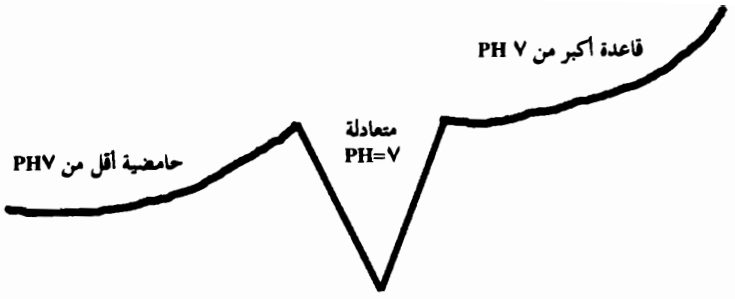
المهندس : وما هو يا أحمد ؟

أحمد : وقد بدأ ينفذ هذا الشكل التخطيطى على الورق ، ثم يقول **للمهندس** : ها هو



شيماء : لكنى سأضع رسمًا تخطيطيا أفضل من رسمك ذلك يا أحمد :

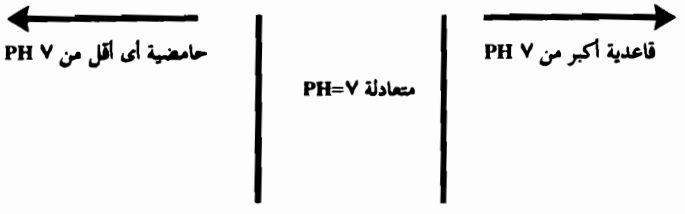
أحمد : فلترينا إذن يا شيماء



المهندس : وهو يبتسم ، كل من الرسمين جميل ، لكن سأضع لكما شكلا تخطيطيا بسيطا للغاية ، وسيكون كافيا للتعبير عن المعلومة.

أحمد وشيماء فى لهفة وهما يتجهان للمهندس ، وما هو؟

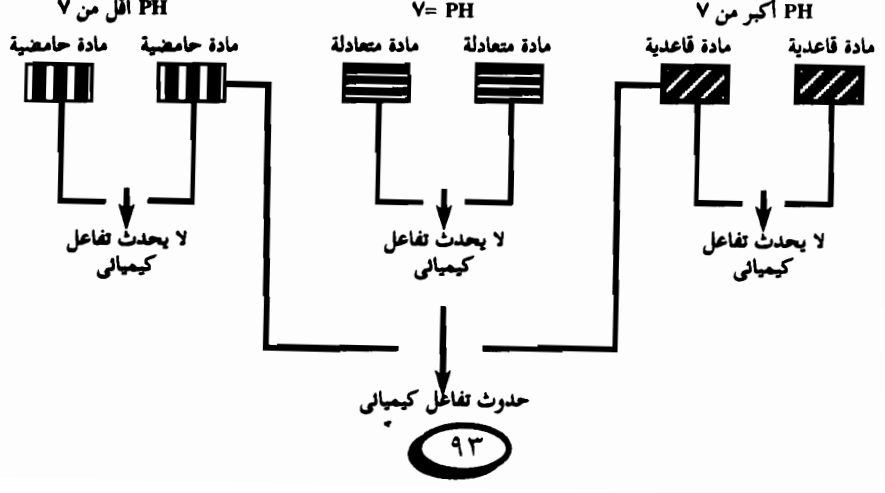
المهندس : ها هو :



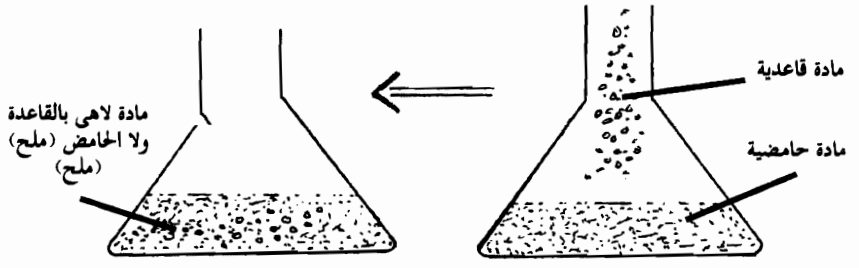
أحمد : إنه رسم بسيط لكنه معبر ، وقد أوضح تماما ما نريده .

شيماء : لنعد إذن إلى التفاعل الكيميائى يا سيدى .

المهندس : يمكن للمادتين المختلفتين فى درجة الـ **PH** التفاعل فيما بينهما، بينما لا يمكن للمادتين المتشابهتين فى درجة الـ **PH** التفاعل فيما بينهما ، وسوف أوضح لكما ذلك فى الشكل التوضيحى التالى :



من ثم فعند وضع مادة قاعدية مع مادة حامضية فى دورق يحدث تفاعل كيميائى ، أى حدوث خلط جزيئى بين جزيئات المادة الحامضية وجزيئات المادة القاعدية لينتج من هذا التفاعل مادة ثالثة لا هى بالحامض ولا هى بالقاعدة ، بل هى خليط منهما ، كما يتضح ذلك من الشكل التالى :



عند حدوث التفاعل الكيميائى يحدث تغير فى درجة الـ **PH** الخاصة بوسط التفاعل ، فالوسط الحامضى له **PH** معينة تختلف عن الوسط القاعدى تختلف عن الوسط المتعادل .

أحمد : إذن فالتفاعل الكيميائى يكون مصحوبا بتغير فى درجة الـ **PH** .

شيماء : لكن كيف نعرف هذا التغير فى الـ**pH** المصاحب للتفاعل الكيميائى ؟

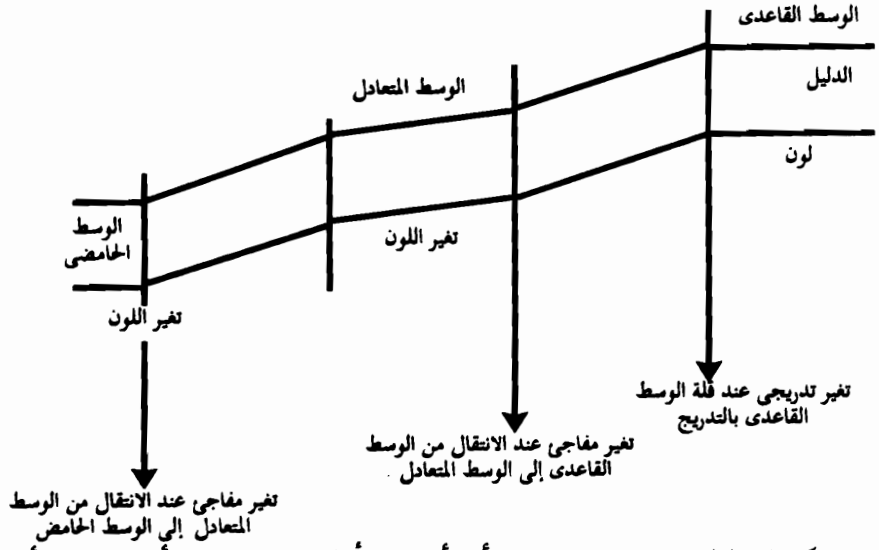
المهندس : كان لابد من وسيلة لمعرفة حدوث تغير فى درجة الـ**pH** من عدمه ، وقد بذل العلماء دراسات عديدة للوصول إلى ذلك ، وقد توصل العلماء إلى ما يعرف بالأدلة .

أحمد : الأدلة ؟

المهندس : نعم يا أحمد ، فهى عبارة عن مواد كيميائية يتغير لونها تغيرا مفاجئًا عند اختلاف الوسط سواء من حامضى إلى قاعدى أو العكس أو من حامضى إلى متعادل ، أو من قاعدى إلى متعادل .

شيماء : نريد توضيحاً أكثر .

المهندس : سأوضح لكما ذلك من خلال الشكل التوضيحى التالى :



ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلا : أما أنواع الأدلة فتنقسم إلى أدلة فردية وأدلة خليطة أو مركبة وأدلة متتابعة أو متعاقبة .

أحمد : وما الأدلة الفردية ؟

المهندس : الأدلة الفردية هى الأدلة المتواجدة بمفردها ، فهى دليل واحد فقط ، ومن أمثلة هذه الأدلة : دليل يسمى بالفينول فيثالين ، ودليل آخر يسمى بأزرق المثيلين ، ودليل يسمى برتقالى المثيل ، ويمكن أن يكون ألوانهما فى الأوساط المختلفة كالتالى :

الدليل / الوسط ولون الدليل به	الوسط الحامضى	الوسط المتعادل	الوسط القاعدى
الفينول فيثالين	عديم	وردى	أحمر
أزرق المثيلين	أحمر	عديم	أزرق
برتقالى الميثيل	أحمر	بصلى	عديم

أحمد : إذن فالأدلة المفردة عبارة عن دليل واحد ذى تغير لونى مفاجئ عند تغير الوسط الذى يتواجد فيه الدليل ، والذى لاحظناه من الجدول .

شيماء : وماذا عن الأدلة الخليطة ؟

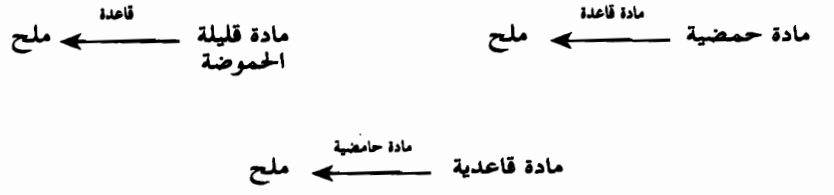
المهندس : الأدلة الخليطة عبارة عن أدلة تتكون من أكثر من دليل ، يتم الخلط فيما بينهما لإعطاء دليل يمكن استخدامه فى معرفة وصول تفاعل ما إلى نقطة النهاية .

أحمد : والأدلة المتتابعة ؟

المهندس : الأدلة المتتابعة هى التى تستخدم بالتتابع لمعرفة ماذا يحدث فى التفاعل الكيميائى ، حيث تتكون مركبات مختلفة فى درجة الـ **PH** الخاصة بها ، فبعضها يكون حامضيا ، والآخر قليل الحموضة ، وبعضها يكون قاعدياً .

لذلك فلكى نعرف نقطة النهاية للتفاعل الكيميائى لكل تفاعل لابد من استخدام الأدلة المتتابعة .

وسوف أوضح لكما ذلك فى هذا الشكل :



شيماء : ليتك توضح لنا قليلاً يا سيدى ؟

المهندس : إذا كانت لدينا مادة حمضية ، فإننا نستخدم ما يسمى بالمعايرة مع استخدام دليل لمعرفة حدوث تفاعل من عدمه .

أحمد : وما المقصود بالمعايرة ؟

المهندس : المقصود بالمعايرة إضافة حجم ما من مادة إلى حجم معلوم من مادة أخرى مع وجود دليل يتغير لونه تغيراً فجائيا عند تغير PH الوسط .

شيماء : وكيف تتم عملية المعايرة ؟

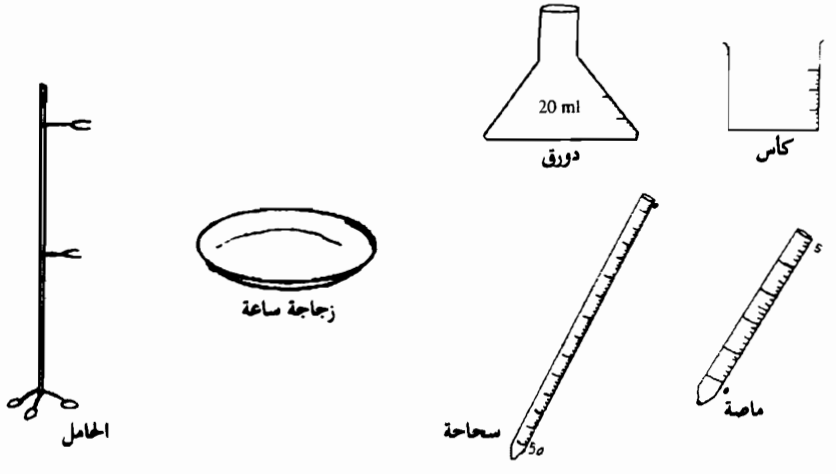
المهندس : تتم المعايرة من خلال أدوات كيميائية معينة .

أحمد فى عجلة : وما هى ؟

المهندس : من الأدوات الكيميائية المستخدمة فى عملية المعايرة السحاحة والدورق ، والدورق المعيارى ، والكأس ، والحامل ، والماصة ، وزجاجة الساعة ، ولكل

أداة استخدام ، وكيفية فى الاستخدام ، فالسحاحة تستخدم فى تحديد الحجم الذى استهلك من محلول مادة فى عملية المعايرة ، أما الدورق والكأس فيستخدمان فى وضع حجم معين من محلول مادة ما، أما الدورق المعيارى فيستخدم فى ضبط تركيز المحلول ، وتستخدم الماصة فى الحصول على حجم معين من محلول ما ، وتستخدم زجاجة الساعة فى أخذ حجم معين من مادة صلبة يراد إذابتها فى الماء أو أى مذيب آخر لعمل محلول منه ، أما الحامل فيتم تثبيت السحاحة والماصة عليه .

ويمكن أن أوضح لكما هذه الأشكال ببساطة كما يلى :



أحمد : وهل للأدلة أنواع ؟

المهندس : توجد أنواع عديدة من الأدلة ، وكل منها يحدث له تغير مفاجئ فى لونه ، ومن ثم فلابد من توافر شروط معينة فى المركب الكيميائى الذى يصلح كدليل .

شيماء : وما هى هذه الشروط ؟

المهندس : من هذه الشروط :

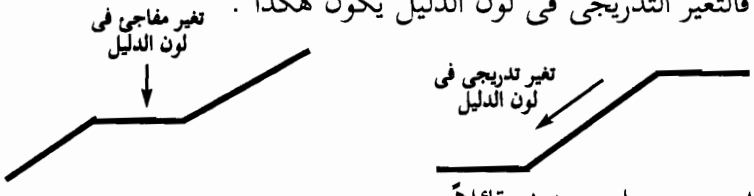
– أن يكون للدليل لون ، حتى يمكن أن نتعرف من خلال تغير اللون على نوع المادة الكيميائية السائدة فى المحلول .

– أن يكون لون الدليل مختلفاً عن لون الأيون ، ولنوضح هذه الجزئية سنأخذ حرفى دل لنرمز بهما للدليل ، ومن ثم فـ(دل) تعنى الدليل فى الحالة الجزيئية ،بينما (دل)$^{+}$ تدل على أيون الدليل .

إذن فالدليل يختلف فيه لون (دل)عن لون (دل)$^{+}$.

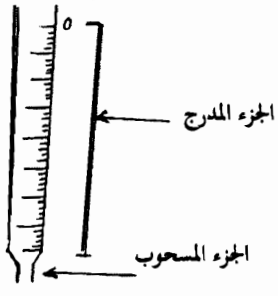
– أن يكون التغير فى لون الدليل تغيراً مفاجئًا .

فالتغير التدريجى فى لون الدليل يكون هكذا .

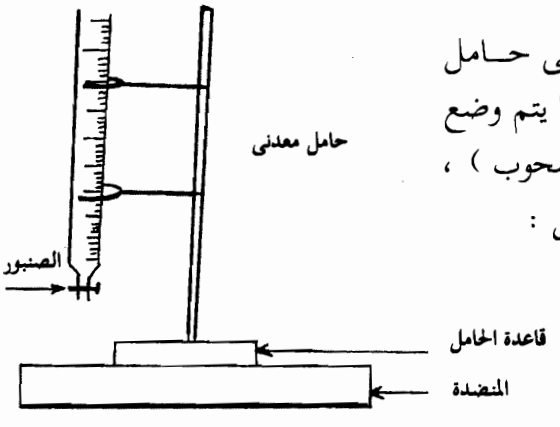


المهندس وهو يتابع حديثه قائلاً :

من الأدوات المستخدمة فى عملية المعايرة السحاحة ، والسحاحة عبارة عن أنبوبة زجاجية من البلاستيك المقوى الشفاف ، ومدرجة من أعلى لأسفل ، والجزء الأسفل منها مسحوب ، ويمكن إيضاح ذلك كما فى الشكل المقابل:

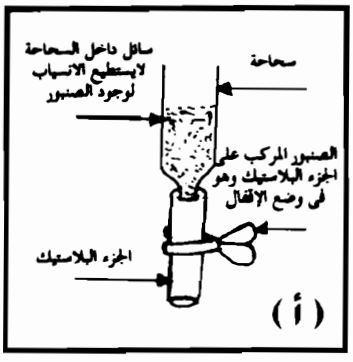


يتم وضع السحاحة فى حامل معدنى، وذلك لتثبيتها ، كما يتم وضع صنبور عليها (على الجزء المسحوب) ، ويتضح ذلك فى الشكل المقابل :



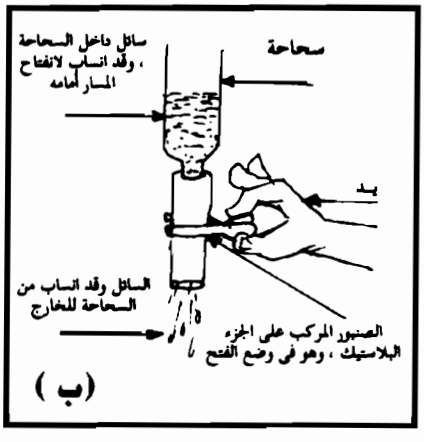
شيماء: لكن كيف يخرج السائل من السحاحة ؟

المهندس : يوضع الصنبور على جزء من البلاستيك اللين القابل للضغط عليه والمركب على الجزء المسحوب من الجزء الأسفل فيما يتضح من الشكلين التاليين :

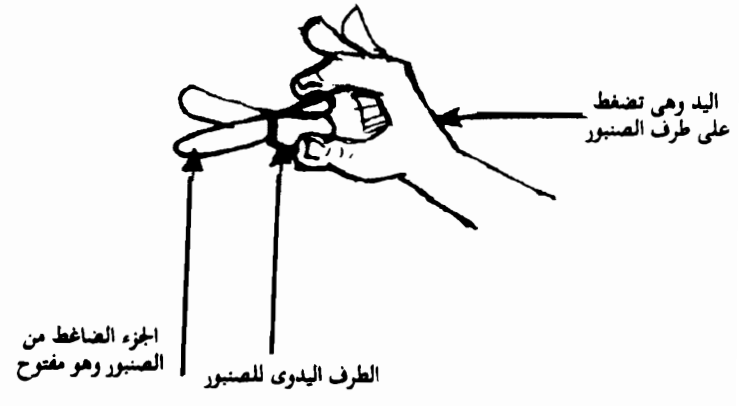


يتضح من الشكل (أ) أنه فى حالة قفل الصنبور (وضع الضغط على الجزء البلاستيك بقوة) فإن السائل الموجود داخل السحاحة لا يحدث له انسياب لوجود ممر غير مفتوح أمامه ، وتتضح ذلك من خلال وضع نهايتى الصنبور (الوردتين) متباعدتين بعضهما عن بعض .

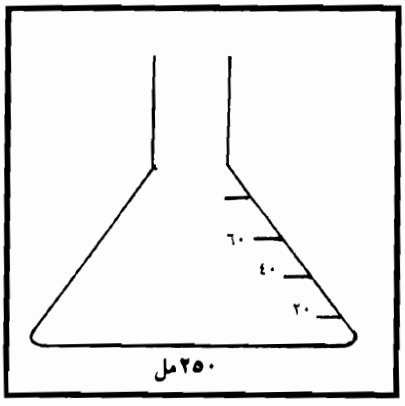
(الطرف اليدوى) (الذى يتم الضغط عليه باليد)



بينما فى شكل (ب) يحدث انسياب للسائل الموجود داخل السحاحة ، وذلك لوجود ممر مفتوح أمام السائل ، ويتضح ذلك من خلال وضع الطرف اليدوى للصنبور (وردتى الصنبور) متقاربتين كما يلى :

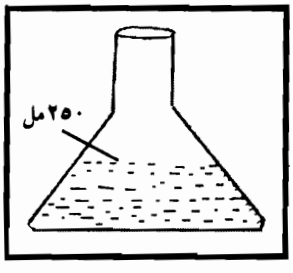


أحمد : وما هى الأدوات الأخرى ؟

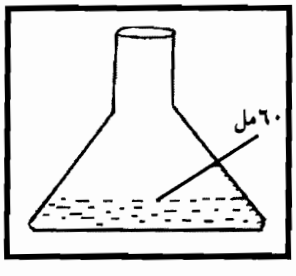


المهندس : مهلاً يا أحمد ، فلا تستعجل الحديث ... ثم يكمل المهندس حديثه قائلاً، أما الأداة الأخرى فهى عبارة عن دورق مدرج ، حيث يتم وضع حجم معين من المادة المراد معايرتها بالمادة الموجودة فى السحاحة ، ويمكن توضيح شكله كما فى الشكل المقابل :

ويكتب على زجاج الدورق (حيث يصنع الدورق من الزجاج الشفاف) الحجم الذى يأخذه الدورق حتى العلامة الموضحة عليه ، ويدرج الدورق من أسفل لأعلى ، فلو كان الحجم المراد أخذه ٢٥٠ مل ونقصد بها مائتين وخمسين مللى ليتر ـ (حيث الواحد لتر يساوى ألف سنتيمتر مكعب أى ١ لتر = ١٠٠٠سم٣ ، والواحد سنتمتر مكعب يساوى الواحد مللى ليتر .



إذن ١ لتر = ١٠٠٠ مل) ـ فإننا نملأ الدورق حتى العلامة المحددة لـ ٢٥٠ مل كما فى الشكل المقابل :



كما إذا أردنا أن نأخذ ستين مل ، فإننا نملأ الدورق حتى ٦٠ مل فقط كما يلى :

أحمد : لكن كيف نأخذ أحجامًا مختلفة من السائل المراد معايرته بالسائل الموجود داخل السحاحة ؟

المهندس : مهم سؤالك ذلك يا أحمد ، وسوف أجيبك عليه ... فمن المنطقى أن

نقول : إن الدورق قابل لأن نضع فيه أى حجم ، ومن ثم فلابد من وسيلة تحدد حجم السائل المضاف إلى الدورق .

شيماء : وما هذه الوسيلة ؟

المهندس : تلك الوسيلة هى الماصة .

أحمد وقد قاطع حديث المهندس ... الماصة ! ... أهى تمتص الأشياء ؟

المهندس وقد نظر إلى أحمد مبتسماً ، بل نمتص نحن بها السوائل يا أحمد لذلك سميت : ماصة .

شيماء : وما هى ؟

المهندس : كما ترونها أمامكم يا عزيزىّ : انظر ... إنها أنبوبة من الزجاج الشفاف أو البلاستيك الشفاف ، ومدرجة من أسفل لأعلى .

أحمد : عكس تدريج السحاحة .

المهندس : نعم يا أحمد ، لكن هذا لا يمثل الفارق الوحيد بينها وبين السحاحة.

شيماء : وما هى الفروق الأخرى ؟

المهندس : كما رأيتما السحاحة من قبل والماصة الآن

يمكنكما أن تفرقا بين السحاحة والماصة ، وسوف أوضح لكما هذه الفروق فى الجدول التالى :

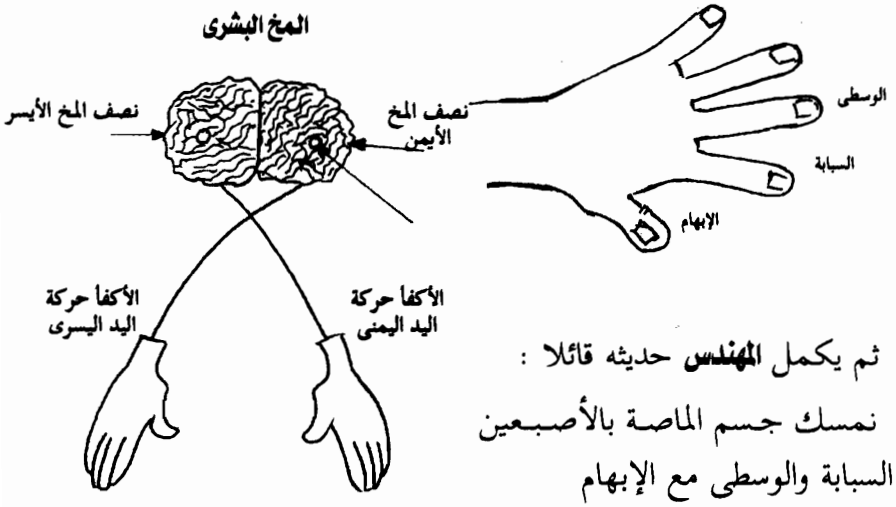
السحاحة	الماصة
فى معايرة حجم مجهول من المحلول داخلها مع حجم معلوم من المحلول الآخر داخل الدورق.	نقل حجم معلوم من محلول ما إلى الدورق
مدرجة من أعلى لأسفل.	مدرجة من أسفل إلى أعلى
يركب على الجزء المسحوب صنبور	لا يركب على الجزء المسحوب صنبور
يتم التحكم فى نزول المحلول منها من خلال الصنبور	يتم التحكم فى نزول المحلول منها من خلال أصبع الإبهام باليد

أحمد : لكن كيف يتم التحكم فى نزول المحلول من الماصة ؟

المهندس : نمسك بالماصة باليد اليمنى أو اليسرى ، طبقا لمقدرتنا على الحركة الأدق والأسرع بأى من اليدين ، وذلك يتوقف على موقع مركز بروكا (الخاص بحركة اليد الدقيقة كالكتابة وغيرها) فى نصف المخ الأيمن ، أم فى نصف المخ الأيسر. فإذا كان مركز بروكا فى نصف المخ الأيمن ، فإن الإنسان يتحرك بيده اليسرى فى الحركات الدقيقة أكثر إجادة من اليمنى ، وإذا كان مركز الحركة فى الأيسر ، فإن الإنسان يتحرك بيده اليمنى حركة دقيقة أكثر من اليد اليسرى .

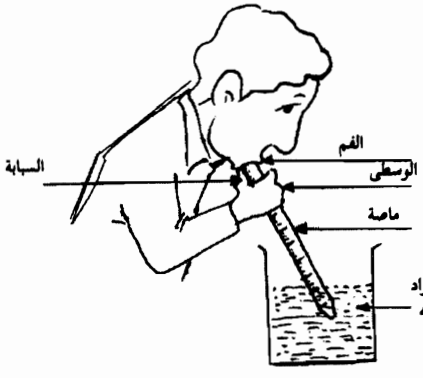
أحمد : إذن فدرجة الإجادة فى الحركة الدقيقة لليد تتوافق عكسيا مع موقع مركز بروكا فى المخ.

المهندس : تماما يا أحمد كما يتضح من الشكل التالى :



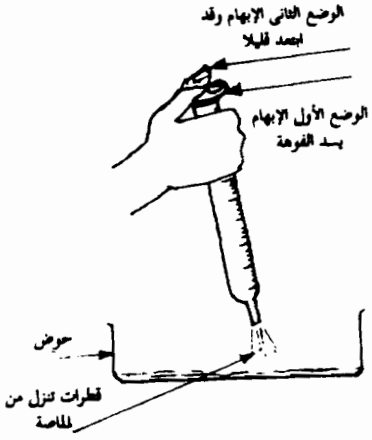
ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلا :

نمسك جسم الماصة بالأصبعين السبابة والوسطى مع الإبهام



ثم نبدأ فى وضع الماصة فى المحلول المراد امتصاص كمية معينة منه ، من خلال الامتصاص بالفم هكذا .

بعد امتصاص الحجم المطلوب ، وبسرعة نسد الفوهة العليا للماصة بواسطة الإبهام ، حتى لا يسيل المحلول من الماصة مرة أخرى .



شيماء : لكن من الممكن أن يزيد الحجم الممتص على الحجم المطلوب .. فكيف يتم التخلص منه ؟

المهندس : يتم التخلص منه بتحريك الإبهام من على الفوهة بدقة شديدة ، ثم إرجاعه إلى وضعه الصحيح بسرعة كبيرة هكذا .

أحمد : إذن كيف تتم عملية المعايرة ؟

المهندس : نأخذ حجمًا معينًا فى الدورق ، ثم نضع قطرات من الدليل على المحلول الموجود فى الدورق.

نملأ بعد ذلك السحاحة بالمحلول الذى سنعاير به ، ثم نبدأ فى إنزال المحلول من السحاحة على محلول الدورق من خلال التحكم فى الجزء المسحوب بواسطة الصنبور ويتم الإنزال قطرة ، قطرة ، مع الرج للدورق ، نوقف عملية المعايرة عند التغير المفاجئ للون الدليل.

شيماء : ألا تتكون ألوان أثناء عملية الإنزال ؟

المهندس : بل يتكون يا شيماء ، حيث يتكون لون عند نزول القطرات من السحاحة فى الدورق ، لكنه يزول مع رج المحلول ، لكن عند زيادة نقطة من المحلول الموجود فى السحاحة يحدث تغير مفاجئ فى لون الدليل .

أحمد : لهذا يعتد فقط باللون المفاجئ المتكون.

ثم يكمل **المهندس** قائلا : نحدد بعد ذلك الحجم الذى استهلكناه فى عملية المعايرة من السحاحة ، ولدينا الحجم المعلوم من محلول الدورق ، ومن خلال معادلات خاصة يمكننا تحديد قوة أى من المادتين المتواجدتين سواء فى المحلول الموجود فى السحاحة ، أو فى المحلول الموجود فى الدورق.

شيماء : قوة المحلول ؟ ما المقصود بها ؟ وكيف نعرفها ؟

المهندس : قوة المحلول هو مصطلح نقصد به مدى قدرة المحلول على التفاعل، فالمحاليل تختلف فى قوتها ، وهذا منطقى ، فلو تساوت المحاليل فى قوتها ما اختلفت التفاعلات الكيميائية مطلقا .

أحمد : لكن كيف نعبر عن هذه القوة ؟

المهندس : توجد طرق مختلفة للتعبير عن قوة المحاليل الكيميائية ، ورغم اختلاف هذه الطرق لكنها تتشابه فيما بينها فى التعبير الدقيق عن قوة المحاليل ، ومن هذه الطرق ما يلى :

١. العيارية :

عدد الجرامات الموجودة من المادة فى اللتر ، فإذا قلنا : إن قوة المحلول ١ عيارى ، وتكتب (١ ع) ، وتعنى (ع) عيارى ، فإننا نقصد أن هذا المحلول مذاب منه ١ جم فى ١ لتر ، وقد تكون المادة حامضية أو قاعدية كما يتضح من تلك الأمثلة :

المادة	الرمز	القوة بالعيارى	المدلول
حمض الهيدروكلوريك	HCl	١ ع	١ جم مذاب فى ١ لتر
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH	٥, ع	٥, جم مذاب فى ١ لتر
حمض الكبريتيك	H_2S0_4	٠١, ع	٠١, جم مذابة فى ١ لتر

٢- المولارية:

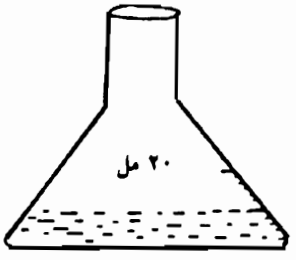
والتى نعنى بها عدد المولات الموجودة من المادة فى ١ لتر من المحلول . فلو قلنا : إن قوة مادة ما ٢ م حيث يرمز (م) إلى المولارية نعنى بذلك وجود ٢ مول من المادة فى ١ لتر من المحلول ، ومن ثم فنحن نأخذ ٢ مول من مادة ما ، ثم نحضر ١ لتر من المحلول المراد الإذابة فيه ، ثم نذيبها فى هذا المحلول .

٣- المولالية :

والتى نعنى بها الوزن المضاف إلى ١٠٠٠ جم مذيب مقسوماً على الوزن الجزيئى .

أحمد : لكن كيف تتم عمليات الحساب لقوة المحلول ؟

المهندس : لابد أن أوضح لكما ذلك من خلال مثال كما يلى ، فلنفرض أننا نريد أن نعين قوة أو تركيز مادة قاعدية ولتكن هيدروكسيد الصوديوم **NaOH** ، حيث يكون لدينا حجم معين منها ، ثم نضع هذه المادة فى الدورق كما يلى :



إذن فالمتواجد لدينا من هيدروكسيد الصوديوم ٢٠مل ، حيث تتم عملية المعايرة بواسطة محلول حامضى وليكن حمض الهيدروكلوريك ، لكنه ليس محلولا عاديا ، بل محلول قياسى .

شيماء : محلول قياسى ؟!

المهندس : المقصود بالمحلول القياسى المحلول الذى يتصف بمواصفات معينة وشروط محددة .

أحمد : وما هذه الشروط ؟

المهندس : من شروط المادة القياسية ما يلى :

أولا : ألا تمتص رطوبة ، لأنها إذا امتصت رطوبة ، فإن وزنها يتغير .

ثانيا : ذات تركيب كيميائى ثابت ، فالمادة التى يتغير تركيبها الكيميائى لا يمكن اعتبارها مادة قياسية .

ثالثا : ذات تركيز ثابت ، حتى يمكن المعايرة من خلالها .

شيماء : نعود إلى عملية المعايرة ، وكيف تتم ؟

المهندس : نملأ السحاحة بالمحلول القياسى ، ثم نضع الدورق على ورقة بيضاء لكى تكشف لنا مدى التغير فى اللون ، ثم نضع الدليل على المادة القاعدية .

أحمد : أى دليل ؟ فنحن لا ندرك أى دليل سنضعه ؟ هل هو دليل الفينول فيثالين أم دليل الميثيل البرتقالى ؟

المهندس : لقد ذكرت لك يا أحمد أن لكل مادة درجة **PH** معينة ، فالمادة الحامضية درجة الـ **PH** لها منخفض أى أقل من ٧ ، بينما المادة القاعدية درجة الـ **PH** لها أعلى من ٧ ، كما يتواجد للدليل مدى من الـ **PH** ، فحينما نقول : إن درجة الـ **PH** لدليل ما يقع بين (١,٥ – ٤) فإننا نعنى أن هذا الدليل يستخدم فى حالة معايرة حامض قوى مع قاعدة قوية .

شيماء : إذن فالمسألة ليست عشوائية ، فعملية المعايرة مقننة ، وإضافة الأدلة محددة ، بل وعدد القطيرات النازلة من السحاحة محددة.

المهندس : تماما يا شيماء كما قلت ، فجميع الأشياء فى التفاعل الكيميائى مقننة، فلابد من تساوى الأوزان المكافئة للمواد لكى يحدث بينها التفاعل الكيميائى،فالمواد تتفاعل بعضها مع بعض من خلال أوزانها المكافئة وليس من خلال أوزانها الجزيئية.

أحمد : لكن ما المقصود بالأوزان الجزيئية والأوزان المكافئة ؟

المهندس : توجد ثلاثة أوزان للمادة الكيميائية ، الوزن الجرامى والوزن الجزيئى ، والوزن المكافئ.

نعنى بالوزن الجرامى عدد الجرامات للمادة الكيميائية ، والذى يتحدد من خلال وزن المادة بالميزان ، والذى يعطى الوزن المباشر للمادة بالجرامات ، فإذا قلنا : إن الوزن الجرامى لمادة ما (١٢ جم) فإننا نقصد أنّ وزن مادة ما عند وضعها على الميزان يساوى ١٢ جم.

ثم يتابع **المهندس** حديثه قائلا : أما الوزن الجزيئى فهو مجموع الأوزان الذرية للذرات الداخلة فى تكوين المركب الكيميائى .

شيماء : نريد توضيحا بمثال يا سيدى ؟

المهندس : سوف أوضح لكما ذلك بالعديد من الأمثلة ، وليس بمثال واحد.

ثم يتابع حديثه قائلا :

فلو افترضنا أنّ لدينا هيدروكسيد صوديوم **NaOH** ، وأردنا حساب الوزن الجزيئى له ، فلابد فى هذه الحالة من حساب الأوزان الذرية له ، وبملاحظة تكوين المركب ندرك تكونه من ثلاث ذرات هى ذرة الصوديوم (**Na**) ووزنها الذرى ٢٣ جم ، وذرة

الأكسجين (O) ووزنها الذرى ١٦ جم،وذرة الهيدروجين (H) ووزنها الذرى ١ جم ، ومن ثم يكون الوزن الجزيئى لمركب هيدروكسيد الصوديوم **NaOH** هو مجموع الأوزان الذرية للذرات الداخلة فى تكوين المركب .

إذن فالوزن الجزيئى لمركب هيدروكسيد الصوديوم **NaOH** ، عبارة عن ٢٣+١٦+١=٤٠ جم. إذن الوزن الجزيئى لهيدروكسيد الصوديوم =٤٠ جم.

أحمد : وما المقصود بالوزن المكافئ ؟

المهندس : المقصود بالوزن المكافئ ، هو عبارة عن الوزن الجزيئى مقسوماً على المكافئ .

شيماء : ... لكن .. ولم تكمل حديثها ، لأن المهندس قاطع حديثها قائلا لها : لكن ماذا يا شيماء ؟ أتريدين الاستفسار عن المكافئ .. أليس كذلك ؟

شيماء : نعم يا سيدى ، فمن المنطقى أن نسأل عما لا نعرفه .

المهندس : وذلك شيء يعجبنى فيكما ، فسؤال الإنسان عما لا يعلم سيقوده إلى المعرفة، والمعرفة أساس بناء الحضارات والتى تميز الأمم .. ثم يكمل المهندس حديثه قائلا :

المكافئ يختلف من مركب لمركب آخر ، فالأحماض التى تعطى بروتونات هيدروجين عند تأينها كحمض الكبريتيك $6H_2SO_4$ والذى يعطى بروتونات الهيدروجين .

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{--}$$

وكحمض الهيدروكلوريك **HCL** والذى يتأين كما يأتى: $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$

ويعنى السهمان الموجودان أن الحمض يحدث له تأين فى اتجاه، ويحدث له تكوين فى الاتجاه المضاد أى أن التفاعل عكسى.

يسمى $6H_2SO_4$ أو **HCl** فى هذه الحالة بالمادة المتفاعلة ، بينما $H^+ Cl^-$ فى حالة حمض الهيدروكلوريك أو $2\ H^+$ ، $6\ SO_4^{--}$ فى حالة حمض الكبريتيك بالنواتج (المواد الناتجة) .

يتضح من المعادلتين السابقتين أن عملية التأين تعتمد على عدد ذرات الهيدروجين القابلة للتأين فى المركب الكيميائى، وتسمى هذه الذرات بذرات الهيدروجين البدول.

أحمد : إذن من الممكن وجود ذرات هيدروجين فى مركب لا يحدث لها تأين ؟

المهندس : نعم يا أحمد .

شيماء : نريد أمثلة على ذلك يا سيدى .

المهندس : من الأمثلة الواضحة على ذلك حمض الخليك ورمزه الكيميائى CH_3COOH ، حيث الهيدروجين فى مجموعة الكربوكسيل **COOH** يمكن أن يتأين حيث يخرج أيون الهيدروجين H^+ ، وأيون الكربوكسيل COO^- كما يلى :

$$COOH \overset{\text{تأين}}{\rightleftharpoons} COO^- + H^+$$

لكن ذرات الهيدروجين فى مجموعة الميثيل فى حمض الخليك لا يحدث لها تأين، ومن ثمَّ فتركيز أيون الهيدروجين الموجود فى المركب يرجع لتراكم أيون الهيدروجين الناتج من تأين مجموعة الكربوكسيل .

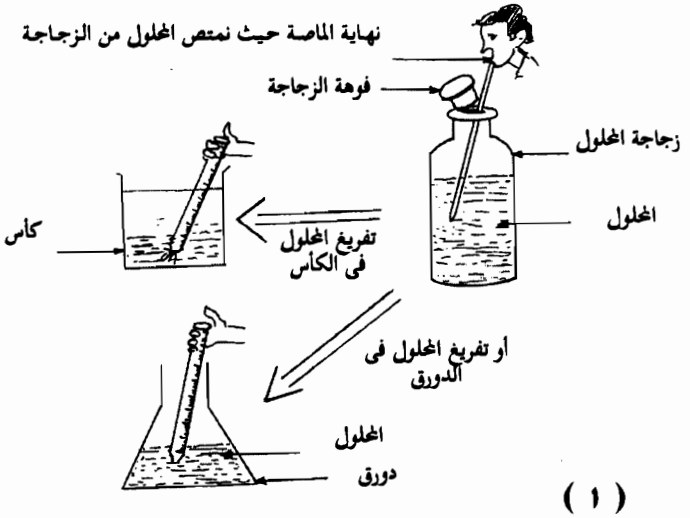
شيماء : إذن فلدينا الآن مادة حامضية ومادة قلوية .

أحمد : وماذا نفعل بعد ذلك يا سيدى ؟

المهندس : سنضع فى الدورق المادة القاعدية .

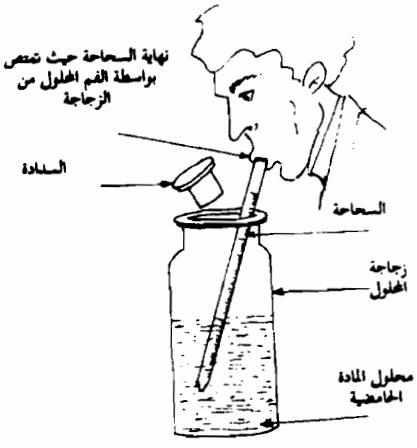
أحمد : نضع أى كمية ؟

المهندس : كيف تفعل ذلك يا أحمد ؟ إنَّ هذا لا يصح ، بل نضع حجماً محدداً نأخذه من خلال الماصة من الزجاجة الموجود بها محلول المادة القاعدية كما يلى :



(١)

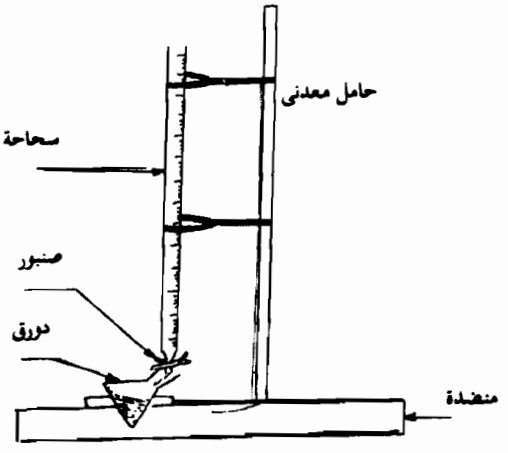
ثم نضع المادة الحامضية فى السحاحة ، حيث نملأ السحاحة بمحلول المادة الحامضية كما بالشكل المقابل :



ثم نضع المادة الحامضية فى السحاحة ، حيث نملأ السحاحة بمحلول المادة الحامضية كما بالشكل المقابل :

ويكمل **المهندس** حديثه قائلا :

نضع السحاحة فى مكانها من الحامل ونبدأ فى إجراء عملية المعايرة كما فى الشكل المقابل :



شيماء : لكن كيف تمسك أيدينا بالسحاحة والدورق عند إجراء المعايرة ؟

المهندس : نمسك الدورق باليد اليمنى والسحاحة باليد اليسرى، ونقصد بذلك إحكام السيطرة على نزول القطيرات من خلال الصنبور حيث يتم فتحه بالإبهام ، ثم نتركه، وهكذا .

نبدأ فى رج الدورق الموجود به المادة المراد معايرتها مخلوطة مع الدليل ، وذلك عقب نزول كل قطرة من المحلول الموجود بالسحاحة .

أحمد : وما الغرض من ذلك ؟

المهندس : نهدف من خلال ذلك إلى توزيع جزيئات المحلول النازل من السحاحة على جميع جزيئات المحلول الموجودة فى الدورق.

نوقف المعايرة عند نزول أول نقطة يتغير معه لون الدليل تغيراً مفاجئا .

ويكمل **المهندس** حديثه قائلا :

سنجد فى بعض التجارب حدوث تفاعل شديد بين المواد ، وفى البعض الآخر يكون التفاعل متوسطا ، وفى تفاعلات أخرى يتم التفاعل لكنه يكون ضعيفا ، وفى بعض الأحيان لا يحدث التفاعل بالمرة .

من المنطقى أن نسأل أنفسنا : لماذا تختلف قوة هذه التفاعلات؟

لماذا تتم بعض التفاعلات والبعض الآخر لا يتم ؟

لابد إذن من وجود موجه يحكم ذلك فالواضح كما تريان يا عزيزىّ أنّ العملية ليست عشوائية بل تتم من خلال نظام مخدد وثابت.

ثم يتجه المهندس إلى أحمد وشيماء : وهو يتوسطهما موجها حديثه لهما قائلا :

لايمكن عزيزىّ وجود نظام توجيه بدون معلومة ، ولأبسط لكما ذلك أكثر سأسوق لكما بعض الأمثلة على ذلك .

رب الأسرة كالوالد لماذا هو بالذات يوجه أبناءه ؟ ... لأنه يمتلك المعلومة .. أية معلومة ؟ المعلومة الممثلة فى خبرة الحياة التى عاشها ، ما واجهه من صعوبات وعوائق فى حياته ، لذلك فهو يود أن يلاشيها من طريق أبنائه .

كذلك كما تريان أنتما الآن وأنا أشرح لكما أحدث وأهم وأخطر ثورة علمية يعيشها العالم (ثورة الهندسة الوراثية) ، لو لم أمتلك المعلومة .. هل كنت سأستطيع تبسيط ذلك ، كلا لأن فاقد الشيء لا يعطيه ، وأساس كل شيء هو المعلومة ، فمن يفتقد المعلومة الخاصة بالشيء لا يمكنه أن يقوم بالتوجيه فى مجال هذا الشيء.

أحمد " : لكن ما هو ذلك الشيء الموجه لكل ذلك ؟

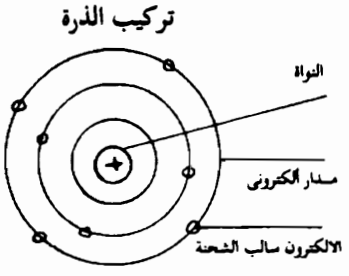
المهندس : لكى أجيبك عن ذلك يا أحمد . لابد أن تتعرف أولا على وحدة تكوين المادة غير الحية ، فكما تتكون المادة الحية من وحدات ، وكل وحدة تسمى بالخلية ، فإن المواد غير الحية تتكون من وحدات ، وتسمى كل وحدة بالذرة .

شيماء : الذرة ؟

المهندس : نعم يا شيماء ، فالذرة تمثل الوحدة التركيبية للكائن غير الحى.

أحمد : لقد عرفنا من قبل تركيب الخلية ، فمم تتركب الذرة ؟

المهندس : تتـركب الذرة من نواة تحـمل نوعين من الجسيـمات إحداها يسمى بالبـروتونات، وهى موجبة الشحنة ، والأخرى بالنيوترونات ، وهى لا شحنة لها ، ثم لنخرج خارج النواة ، لنرى تلك الجسيـمات ، وهى تتـحرك حول النواة .. إنهـا الإلكترونات ، ويتضح ذلك فى الشكل المقابل.



لكن أىُّ مكونات الذرة مسئول عن توجيه الأنظمة غير الحياتية ؟

هل هو البروتون ؟ أم النيوترون ؟ أم الإلكترون ؟

ستتضح لنا الإجابة من خلال استعراضنا لكيفية تحديد نوع التفاعل الحادث بين ذرات العناصر ، وكيفية ترابط هذه الذرات.

شيماء : وهل التفاعلات الكيميائية أنواع يا سيدى ؟

المهندس : نعم يا شيماء ، فمن المنطقى ألا تتشابه التفاعلات الكيميائية .

أحمد : وكيف يتم ذلك ؟

المهندس : إذا حدث أثناء التفاعل الكيميائى فقد للإلكترونات ، فإن هذا التفاعل يكون تفاعل أكسدة ، حيث يحدث زيادة فى الشحنة الموجبة الموجودة على الذرة ، ومن أمثلة ذلك أكسدة أيون الحديدوز فى هيدروكسيد الحديد الثنائى إلى أيون الحديديك فى هيدروكسيد الحديد الثلاثى كما يلى :

$$Fe^{++} \longrightarrow Fe^{+++}$$

حيث : Fe^{++} يمثل أيون الحديدوز ، Fe^{+++} يمثل أيون الحديديك .... أى أن

$$Fe(OH)_2 \longrightarrow Fe(OH)_3$$

حيث $Fe(OH)_2$ يمثل هيدروكسيد الحديدوز ، بينمـا $Fe(OH)_3$ يمثل

هيدروكسيد الحديديك . يسمى هذا النوع من التفاعل بتفاعل الأكسدة، بينما إذا حدث العكس ، فإن التفاعل يسمى تفاعل اختزال ، حيث يحدث اكتساب للإلكترونات ، ومن ثمّ تقل الشحنة الموجبة بالنسبة للشحنة السالبة ، ومن أمثلة ذلك اختزال أيون الحديديك فى هيدروكسيد الحديديك إلى أيون الحديدوز فى هيدروكسيد الحديدوز كما يلى :

$$Fe^{+++} \longrightarrow Fe^{++}$$

ويمكن التعبير عن ذلك بأسلوب آخر ، كما يلى :

$$Fe(OH)_3 \longrightarrow Fe(OH)_2$$

قد يحدث تجمع لأكثر من عنصر معًا ليتكون فى النهاية معقد من هذه التراكب المعقدة ، والذى يسمى بالمتراكب ، ويتم تنظيم وضع هذا المتراكب بناءً على النظام الإلكترونى للذرات .. وهكذا .

٢- الثبات وعدم الثبات الكيميائي :

ويتابع **المهندس** حديثه عن هذه الجزئية قائلا : المقصود بثبات مركب ما أو عنصر ما اكتمال آخر مدار إلكترونى له بسعته الإلكترونية ، فإن كان كاملا فهو مستقر أى ثابت ، ومن ثم فهو لا يستطيع أن يفقد إلكترونا أو يكتسب إلكترونا .. لماذا ؟ لأنه مستقر ، وهو يشبه فى هذا الإنسان ، فهو عندما يكون ما لديه زائداً عن حاجته يمنحه لمن يحتاج إلى ذلك ، لكن عندما يكون هو فى حاجة إلى الغير ، فإنه يميل إلى أن يأخذ شيئا ، ويمثل ذلك وضع الاستقرار بالنسبة له ، ويتضح من خلال عرضنا لثبات وعدم ثبات العنصر أنه يتوقف على ملكية هذا العنصر الظاهرة من الإلكترونات .

شيماء : ملكية ظاهرة !

المهندس : نعم يا شيماء ، فالملكية الظاهرة للعنصر تعنى عدد الإلكترونات الموجودة فى مداره الإلكترونى الأخير هل هو كامل (مشبع) أم غير كامل؟

ثم يتابع المهندس حديثه سارداً بعض الأدلة التى تؤكد الحمل المعلوماتى للإلكترون.

٣. نوع الترابط الحادث بين المواد الكيميائية .

شيماء: كيف ؟

المهندس : تستلزم عملية تكوين المواد الكيميائية خلال التفاعلات الكيميائية الحادثة تكوين روابط بين هذه المواد، وبالدراسة اتضح أن جميع هذه الروابط تعتمد على عمليات الانتقال والمشاركة الإلكترونية ، ولكى نوضح ذلك لابد أن نتعرف على أنواع الروابط فى المركبات الكيميائية :

أ. الروابط التساهمية :

من اسم هذا النوع من الروابط يتضح أنّ الترابط يحدث نتيجة مساهمة الأشياء الداخلة فى عملية الترابط بأشياء ما ، وهذه الأشياء هى الإلكترونات ، حيث تتكون من خلال عمليات المساهمة الإلكترونية تكوين روابط تساهمية بين ذرتين ، ولنبسط ذلك أكثر، سنعرض أنّ لدينا ذرتين من الهيدروجين ، كيف يمكن لهما أن يكونا جزئ هيدروجينى ؟

يحدث ذلك من خلال اتحاد ذرتى الهيدروجين من خلال تكوين روابط تساهمية بواسطة المساهمة الإلكترونية ، كما يتضح من الشكل التالى: $\dot{H} \times \dot{H}$

حيث تحتوى ذرة الهيدروجين على إلكترون واحد ، وعند المساهمة يحدث الالتقاء الهيدروجينى لكل شق ذرى هيدروجينى ، ومن ثمّ يحدث تحوّل من الفردية الإلكترونية إلى الزوجية الإلكترونية ، مما يئول فى النهاية إلى تكوين رابطة تساهمية ، أو يمكننا أن نسميه برابطة مشاركة بين ذرتى هيدروجين ، ونعبر عن ذلك كيميائيا كما يلى: $H \cdot \quad \cdot H \longrightarrow H \longleftarrow H$

ثم يتابع المهندس حديثه قائلا : إذن فهذا النوع من الترابط يعتمد على مدى المشاركة الإلكترونية ، وكل رابطة تعنى زوج إلكترونات (••) ، ومن ثم فالرابطة الثنائية تعنى مساهمة كل ذرة داخلة فى عملية المشاركة بإلكترونين ، مما يكون رابطتين بين الذرتين ، حيث كل رابطة عبارة عن ٢ إلكترون ، ومن ثمّ فالإلكترونات الداخلة فى عملية المساهمة أو المشاركة تبلغ أربع إلكترونات (٤ إلكترونات).

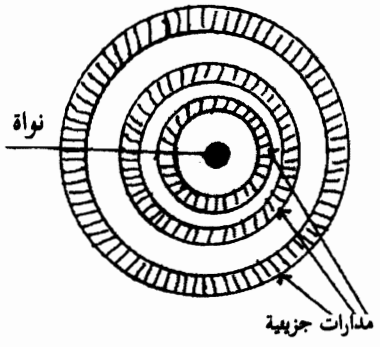
من الأمثلة على ذلك : $N \equiv N$ ، $C = O$

من خلال ذلك نلاحظ أن عملية الترابط التساهمى بين ذرتى النيتروجين مشاركة سداسية ، حيث تساهم كل ذرة بثلاث إلكترونات، مما يكون فى النهاية ثلاث روابط تساهمية . بينما فـى C= O تحدث مشاركة تساهمية من خلال ٢ إلكترون لكل ذرة لكى تتكون رابطتين تساهميتين.

أحمد : وهل تتشابه الروابط فى قوتها ؟

المهندس : فى بعض الحالات تختلف قوة الرابطة ، فبعض الروابط قوى ، ويوجد ذلك صعوبة فى كسرها ، والبعض الآخر ضعيف ، ويوجد سهولة فى عملية كسرها ، ويتضح ذلك من خلال تعرضنا للترابط بين ذرات الكربون ، فقد تكون الرابطة بين ذرتى الكربون أحادية ، ويرمز لها بالرمز C_____C ، حيث (C) ذرة كربون ، _____ ترمز للرابطة الموجودة بين ذرتى الكربون ، وتعرف هذه الرابطة بالرابطة سيجما ويرمز لها بالرمز σ ، وقد تكون الرابطة ثنائية (C = C) ، ويكون إحدى الرابطتين بين ذرتى الكربون قوية جداً ، وتعرف بالرابطة (σ) ، وإحدى الرابطتين الأخريتين ضعيفة وتعرف بالرابطة باى ، ويرمز لها بالرمز (π) ، وقد تكون الرابطة بين ذرتى الكربون ثلاثية (C ≡ C) ، ويكون إحدى هذه الروابط سيجما (σ) وهى رابطة قوية جداً صعبة الكسر ، أما الرابطتان الأخريان فهما من النوع باى (π) ، وهما ضعيفتان ، ومن ثمَّ تسهل عملية كسرهما بالمقارنة بالرابطة سيجما (σ) .

ثم يتابع **المهندس** حديثه قائلاً : تحدث عملية التكوين الترابطى بين ذرتى الكربون من خلال التقاء مدارات جزيئية محددة ، ولكى يتضح ذلك لابد من تحديد بعض المصطلحات أولاً :



-المدار الجزيئى (الأوربيتال) .

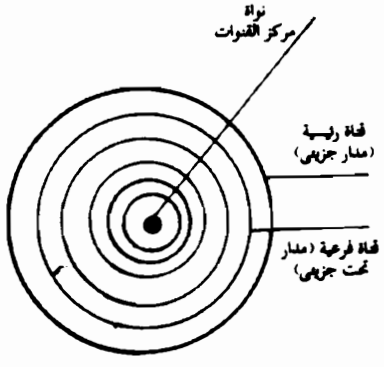
عبارة عن فلك ذرى له سعة إلكترونية محددة ، وهذا يجعلنا ننظر إلى النواة على أنها تشبه تلك الحفرة كبيرة العمق ، والمحاطة بالعديد من القنوات الى تختلف فى أعماقها واتساعها ، ويتضح ذلك من الشكل المقابل :

لكل مدار سعة محددة ، فالمدار **(S)** له سعة إلكترونية تتمثل فى إلكترونين ، والمدار **(P)** له سعة إلكترونية تتمثل فى ستة إلكترونات ، أما **(d)** فهو يمتلئ بعشرة إلكترونات ، أى أن سعته (١٠ إلكترونات) .

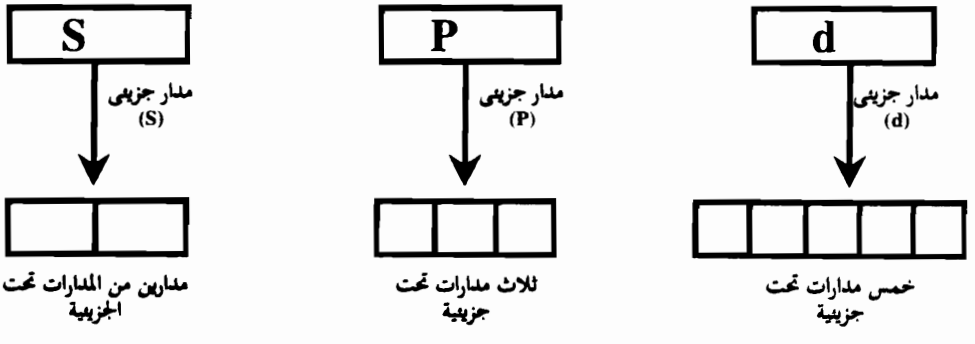
شيماء : لكن هل تتواجد الإلكترونات عشوائيا فى المدارات ؟

بمعنى أنَّ الإلكترون يتواجد فى أى مكان من المدار دون الارتكاز على أسس محددة يتم بناءً عليها توزيع الإلكترونات .

المهندس : اتضح من دراسة تلك المدارات أنها تتكون من مدارات تحت جزيئية ، وكأن المدار الجزئى مقسم إلى وحدات أصغر تتمثل فى المدارات تحت الجزيئية ، ويمكننا تشبيه ذلك بقنوات فرعية تكون فى مجملها القنوات الكبيرة المحيطة بمركز القنوات (النواة) كما فى الشكل المقابل :



لكل مدار جزيئى عدد محدد من المدارات تحت الجزيئية فالمدار **(S)** يحتوى على مدارين من المدارات تحت الجزيئية ، والمدار **(P)** يحتوى على ثلاثة مدارات تحت جزيئية ، أما المدار **(d)** فيحتوى على خمسة مدارات تحت جزيئية ، كما يتضح من الشكل التالى :



أحمد : لكن كيف تمتلئ هذه المدارات إلكترونيا ؟

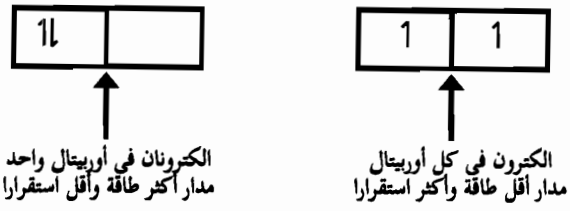
المهندس : لقد وضع العلماء من خلال العديد من الدراسات قواعد تنظم عملية الملء

الإلكترونى للمدارات تحت الجزيئية ، وتتمثل تلك القواعد فيما يلى :

- تملأ الأوربيتالات فرادى ثم تزدوج .

تلجأ الإلكترونات لذلك توفيراً للطاقة ، لأن قلة الكثافة الإلكترونية فى المدار تعنى قلة الطاقة الموجودة ، وهذا يجعل الإلكترون الموجود فى المدار أكثر استقرارا ، ومن ثم لا تحدث له إثارة إلى مدارات أخرى ، بهدف التخلص من الطاقة الزائدة على الحاجة للوصول إلى وضع الاستقرار المطلوب .

يتضح ذلك من خلال عرضنا لوجود إلكترونين فى الأوربيتال كما يتضح من الشكل التالى :

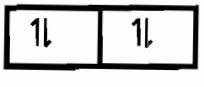


تحدث الإلكترونات الموجودة فى أوربيتال نوعًا من الإعاقة فى تعبير كل إلكترون عن نفسه ، لأنه لا يمتلك مجالاً رحباً يتحرك فيه بمفرده ، بل يزاحمه فى هذا المجال إلكترون آخر ، ومن ثم فدرجة تعبيره عن نفسه أقل مما لو كان هو فى هذا المجال بمفرده .

- تكون حركة الإلكترون فى الأوربيتال مضادة لحركة الإلكترون الآخر .

تحقق هذه القاعدة مبدأ الثبات فى وضع الإلكترون داخل الأوربيتالات ، حيث يكون لكل إلكترون متحرك مجال مغناطيسى له اتجاه محدد ، ولهذا المجال تأثير كبير فى وضع الاستقرار للإلكترون .

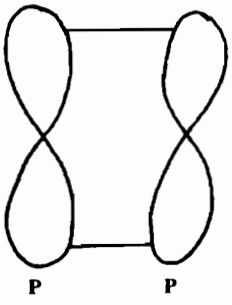
يصل المدار لوضع الاستقرار عندما يلاشى أحد المجالين الناشئ حول الإلكترون. المجال الآخر للإلكترون ، ويتحقق ذلك من خلال الحركة المعاكسة للإلكترونات بعضها البعض كما يلى :

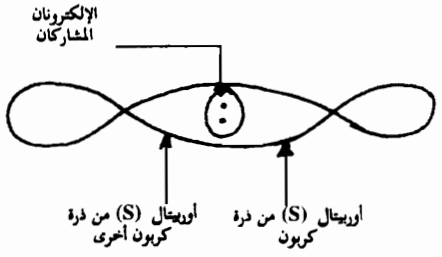


تتكون الرابطة سيجما (σ) من خلال تقابل الاوربيتالات (S) بالرأس كما يلى :

بينما يتكون الرابطة باى (π) بالتقاء الأوربيتالين(P) التقاء بالجنب كما يلى :

(P) ، (P)





ثم يصمت **المهندس** وبعد برهة يتابع حديثه :

ب ـ الروابط الأيونية .

تحدث الرابطة الأيونية بين أيونين متضادين فى الشحنة ، حيث يحمل أحد هذين الأيونين شحنة موجبة ، ويحمل الآخر شحنة سالبة ، ومن الأمثلة على ذلك تكون كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) من اتحاد أيون الكلوريد السالب ، وأيون الصوديوم الموجب ، حيث يتكون كلوريد الصوديوم كما يلى :

$$Na^+ + Cl^- \longrightarrow NaCl$$

حيث يرمز Na^+ لأيون الصوديوم الذى يحمل شحنة موجبة ، ويرمز Cl^- لأيون الكلور السالب ، بينما يرمز **NaCl** لكلوريد الصوديوم .

أحمد : لكن كيف تتكون هذه الرابطة ؟

المهندس بدراسة عنصر الصوديوم (Na) سنلاحظ أنه يحتوى على أحد عشر إلكترونا (١١ إلكترونا) ، ويكون توزيعها الإلكترونى كالتالى :

$$1S^2 \quad 2S^2 \quad 2p^6 \quad 3d^1$$

أى أنه من خلال المدارات التى ذكرناها سابقاً ، يمكننا القول بأنّ :

المدار **S** (الأول) يحتوى على إلكترونين .

والمدار **S** (الثانى) يحتوى على إلكترونين.

أما المدار **P** يحتوى على ستة إلكترونات .

ويتواجد فى المدار (d) إلكترون واحد.

أى أن التوزيع الإلكترونى لهذا العنصر يجعل منه حاملا لإلكترون واحد فى مداره الأخير .

أما عنصر الكلور فهو يحتوى فى مداره الأخير على سبعة إلكترونات ، حيث يحتوى الكلور على سبعة عشر إلكترونا (١٧) إلكترونا ، ويكون توزيعها كالتالى:

$$1S^2 \quad 2S^2 \quad 2p^6 \quad 3d^7$$

أى أن المدار (s) الأول يحتوى على إلكترونين .

والمدار (s) الثانى يحتوى على إلكترونين .

والمدار (p) يحتوى على ستة إلكترونات .

والمدار (d) يحتوى على سبعة إلكترونات.

ومن ثم الكلور يحتوى فى مداره الأخير على سبعة إلكترونات .

شيماء: وماذا يحدث عند حدوث اتحاد بين الكلور والصوديوم ؟

المهندس: عند حدوث اتحاد بين أيون الكلور وأيون الصوديوم لكى يتكون ملح كلوريد الصوديوم ، فإنّ ذلك يكون من خلال فقد إلكترون ذرة الصوديوم لكى تكتسبه ذرة الكلور ، وتصل كل منها لوضع الاستقرار ، حيث يكون بالمدار الأخير لذرة الصوديوم ثمانى إلكترونات ، ويمثل ذلك وضع الاستقرار بالنسبة لذرة الصوديوم ، بينما تكتسب ذرة الإلكترون القادمة من ذرة الصوديوم ليصبح بالمدار الأخير لها ثمانية إلكترونات ، ويمثل ذلك وضع الاستقرار بالنسبة لها .

يمثل الصوديوم أيونا موجبا فى ملح الصوديوم لأنه فقد إلكترونا، ومن ثمّ فقد تحمل بشحنة موجبة ، بينما يمثل الكلور أيونا سالبًا فى ملح الصوديوم لأنه اكتسب إلكترونا ، ليصبح مداره الأخير محتويا على ثمانى إلكترونات ، ويمثل ذلك وضع الاستقرار بالنسبة له .

٣- الرابطة الهيدروجينية :

تتواجد هذه الرابطة بين ذرة الهيدروجين والذرات الأكثر سالبية كهربية منها .

شيماء : وما الأمثلة على تلك الرابطة ؟

المهندس : من الأمثلة الواضحة للرابطة الهيدروجينية تكون هاليدات الهيدروجين ، ومنها فلوريد الهيدروجين **H.....F** ، وكلوريد الهيدروجين **H.....Cl** .... إلخ ، وهى رابطة ضعيفة لكن بتجمع العديد من الروابط معا تصبح قوية .

تعتبر الرابطة الهيدروجينية أحد أنواع الترابط فى جزىء الدنا الوراثى ، حيث تترابط القواعد الأزوتية من خلال الروابط الهيدروجينية ، فى حالة الترابط الآزوتى (الأدنين ـ الثايمين) يتم الترابط من خلال رابطة هيدروجينية ثنائية كالتالى :

A ========== T

حيث ترمز ----- إلى الرابطة الهيدروجينية .

أما فى الترابط الآزوتى (الجوانين – السيتوزين) فإنّ الترابط يتم من خلال رابطة هيدروجينية ثلاثية كالتالى : **G ======== C**

٤- الرابطة المعدنية :

تميز الرابطة المعدنية المعادن ، حيث تسبب التماسك الذرى القوى بين ذرات المعادن ، مما يجعل للمعدن خواص محددة مثل :

١ـ تماسك ومتانة المعدن .

٢ـ الصلابة المميزة للمعادن .

٣– صعوبة الكسر .

٤– الحاجة إلى قوة كبيرة لتحطيم هذه الروابط بين ذرات المعدن .

٥- رابطة فاندر فالز :

تعتبر رابطة فاندر فالز من الروابط الضعيفة فى المركبات الكيميائية ، وهى نوع من الترابط الإلكتروستاتيكى ، ويستلزم حدوثها وجود شحنات ذرية مشحونة.

شيماء : وهل تحتاج هذه الرابطة عند كسرها إلى قوة كبيرة ؟

المهندس : تحتاج رابطة فاندر فالز أو الرابطة الإلكتروستاتيكية بين الذرات إلى قوة ضعيفة

لتحطيم هذا النوع من الترابط ، ومن ثم نلاحظ من خلال ذلك وجود تفاوت فى قوة الترابط من رابطة إلى أخرى، فبعضها قوى الترابط ، ولذلك فهو يحتاج إلى قوة كبيرة لتحطيم هذا النوع من الترابط ، وبعضها متوسط التماسك (قوة الترابط متوسطة) ، ومن ثمّ فهى تحتاج إلى قوة متوسطة فى فك هذا الارتباط ، والبعض الآخر ضعيف الترابط ، ويحتاج لقوة ضعيفة فى تحطيم هذا النوع من الترابط .

أحمد : إذن يتضح من خلال ذلك أن الإلكترون هو الأساس فى إتمام حدوث التفاعل الكيميائى ، وتحديد نوعية هذه التفاعل ، ونوع الترابط الموجود بين العناصر الكيميائية .

شيماء : وماذا يُقصد بهذا ؟

المهندس : أن الإلكترون هو الموجه لكل ما يخص الكائن غير الحى من عمليات ، سواء كانت تفاعلات كيميائية أو ترابطا ، أو أى أشياء أخرى .

أحمد : لقد أنسانا الإلكترون ويلموت ، فلنعد إليه ، لنكمل باقى ما اتصف به من سمات شخصية أهلته لكى يحقق إنجازه الرائد (الاستنساخ الحيوى من خلايا ناضجة) .

المهندس : لا يا أحمد ، فما ذكرته من علاقات كيميائية وثيق الصلة بالنظرة المستقبلية للجين ، فقد أصبح اليوم ثابتاً أن الجين هو الموجه لكل التفاعلات الحيوية التى تتم داخل الخلايا الحية ، كما أن ثمة علاقة وثيقة بين الإلكترون والجين تتمثل فى استخدام العديد من الأجهزة الإلكترونية فى مجال الجينات ، ولا ننسى أن شريط الدنا الوراثى أساس تركيبه قاعدة آزوتية + سكر خماسى + مجموعة فوسفات ، وكل مكون منهم يترابط من خلال الإلكترونات ، فالإلكترونات سابحة عبر شريط الدنا الوراثى، ومن ثم فكان لابد من إطلالة على الإلكترون ، حتى نستوعب الثورة العلمية القادمة ذات المزيج المشترك بين الإلكترون والجين .

ثم يتابع **المهندس** حديث قائلا :

لنعد إلى ويلموت ، فمن السمات الشخصية له قدرته على التحمل ، والتى ظهرت فى العدد الكبير من التجارب التى أجراها، والتى بلغت مائتين وسبع وسبعين تجربة لم

تنجح منها إلا تجربة واحدة ، وهذا يوضح مدى الصبر الذى يتحلى به ويلموت ، والذى أهله لتحقيق هذا الإنجاز ... لقد قال البروفيسور رونالد ديرشكه الأستاذ «جامعة وسكنسن» :

إن رجلا حمل من الصبر ما حمله ويلموت لهو جدير بتقدير العالم أجمع.

كانت ملامح ويلموت ولاتزال تنم عن مدى الصبر التى تحتويه هذه الشخصية ، ذلك الرجل القصير ذو اللحية الكثيفة منحسر شعر الرأس ، كثير الصمت قليل الكلام، قال عنه زميله :

«كان ويلموت يفكر مائة مرة ويتكلم مرة واحدة».

لذا استطاع أن ينجز وأن يحقق شيئا له قدره فى تاريخ العلم والعلماء .

شيماء: لابد أن ويلموت كان يتوقع بعضاً من تجارب أبحاثه ؟

المهندس: أنا لم أنكر هذا ، بل أؤكده ، فقد كان ويلموت من ذوى القدرة على التوقع بخط الأحداث قبل أن تقع ، ومما توقعه ما يلى :

١ – نجاح التجربة فى النهاية .

٢ـ إمكانية دوللى على التكاثر والإنجاب.

٣ـ تسارع العمليات الحيوية داخل خلايا النعجة المستنسخة.

ففى إحدى الأحاديث الإذاعية قال رفيق ويلموت :

«ربما استطعنا أن نستنسخ نعجة من ضرع نعجة ، لكن لا نستطيع أن نؤخر شيخوختها المبكرة».

وذلك يؤكد على أن دوللى نعجة شابة تحمل فى داخلها كهولة أيما كهولة ، فعند ولادتها كان عمرها الظاهرى صفراً ، والحقيقى ست سنوات ، لأنها أخذت من ضرع خلية لغدة لبنية (ضرع) لنعجة عمرها ست سنوات .

أحمد: لابد أن ويلموت قد تميز بالقدرة الشديدة على الكتمان .

المهندس: نعم يا أحمد ، فان ويلموت يتميز بالقدرة على التحكم فى حديثه مع الآخرين ، وقد ساعده ذلك على تحقيق الكتمان المطلوب للتجربة ، حيث اعتكف

فى معمله بمعهد روزلين بأدنبرة باسكتلندا قافلا بابه ، غير آبه بتلك الضجة العالمية التى أثيرت حول هذا الموضوع ، وإصرار الصحفيين والمصورين على تغطية الخبر مهما كلفهم ذلك . ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلا :

لقد كان ويلموت يتميز بالقدرة على تحديد مساره بدقة ووضوح وعدم وجود أى لبس فى ذلك ، فهو لم يبد لأية جريدة أو مجلة كلمة واحدة عن تجربته ، لكنه لم يفعل ذلك مع الجميع ، بل استثنى من هذه المجلات أشهرها وأصدقها فى نقل الكلمة العلمية ، حيث لا إفراط أو تفريط ، والتى نعنى بها مجلة "**Nature**" العالمية، والتى لا تنشر إلا بعد دراية كبيرة لهذا الموضوع ، إيجابياته وسلبياته .

أحمد : وماذا أيضا ؟

المهندس : وقد بدا عليه ابتسامة خفيفة قائلا لأحمد ، وهو يهز رأسه : نعم ... وماذا أيضا ؟

أحمد : فى عجالة ، وهو ينظر بدقة إلى وجه المهندس قائلا له : أضجرت من كلامى يا سيدى ؟

المهندس : لا يا أحمد ، لا تظن ذلك ، فإننى سعيد أيما سعادة إذ تسألنى وأجيبك ، لا.. لا يا أحمد ، لا تجعلنى أغضب من كلامك ذلك!

أحمد ": لا تغضب منى يا سيدى ، فأنا قد حللت ما بدا على وجهك من فكر عميق ، كما أن تحليلى لهزات رأسك قد أوحى إلى بشىء ما.

شيماء ": وهى تضحك قائلة لأحمد : حللت .. ماذا ، حللت يا أحمد ؟ يبدو أنك قد أصبحت كصاحبنا ويلموت أعنى العالم د : ويلموت الذى حلل وحلل ، حتى أحدث بتجربته ثورة علمية عارمة فى تاريخ البشر .

المهندس : إنّ ما قصدت به من حديثك للدكتور أحمد .. أعنى الدكتور ويلموت لحق يا شيماء .

أحمد : ماذا ؟ ولماذا سحبت الدكتوراه منى بمجرد أن قلتيها ، أهو ندم أم أنى لا أستحقها ، سوف ترى إن شاء الله يا سيدى ، سأجتهد وأجتهد حتى ترانى يومًا ما فى مثل مستوى ويلموت أو أكثر.

المهندس : يا أحمد لا تفهمنى خطأ ، فأنا دومًا أحب مداعبتك ، وأتمنى أن تكون أنت وشيماء فى المستقبل فى أفضل المواقع العلمية.

شيماء : أكمل لنا حديثك إذن يا سيدى.

المهندس : لقد كان الدكتور ويلموت يمتلك قدرة على التحليل كبيرة للغاية ، كان منذ طفولته لا يتعامل مع المواقف كغيره من الناس ، بل كان يفكر فى كل ما يقابله من مواقف بتأمل شديد ، وكأن الموقف إما عبارة عن مادة يحللها ليستنتج منها ما يريد . قال عنه أكثر من زميل له فى العمل وفى خارج العمل :

«إن ويلموت يضحك وهو يفكر ويفكر وهو يضحك » ذكر أحد رفقائه فى طفولته، أن ويلموت كان يمشى ، وهو يتأمل الكون ، كان مغرمًا بالطبيعة، إذا أمسك بالكرة الأرضية المصنوعة من المعدن أو رأى شكل الكرة الأرضية فى إحدى أوراق المراجع يقول : «كرة ... تبدو لمن يراها على بعد كالخلية»

كان إذا أخبر من أحد أصدقائه برأى فى أمر ما يسأل :

من قال ذلك ؟

ولماذا قال ؟

ومتى قال ؟

وما ظروفه النفسية حينما قال ذلك ؟

وهل كان معه أحد ؟

وبأى أسلوب تحدث ؟

هل كان هادئا أم ثائراً فى كلامه ؟

وماذا فعل بعدما قال ؟

هل تراجع فى قوله ؟

أم أصر عليه ؟

وإذا سُئل عن بعض من يتضرم بذلك من أصدقائه يقول لهم : «إن تحليلنا الصحيح لكل ظاهرة يخفض مستوى الخطأ من ناحيتنا إلى أقل ما يمكن».

شيماء : ولما اختار تعبير تحليلنا الصحيح ، ولم يختر تعبير تحليلنا الكامل ؟

المهندس : وهو يبتسم قائلا لها : يا عزيزتى شيماء الشيء الكامل هو الشيء الذى لا يعتريه نقص ، ولايتعرض لأى اختلال ، لكن الشيء الصحيح هو الشيء الذى يسمو عن الخطأ ، لكنه عرضة للوقوع فيه ، ومن ثم فهو أنسب ، لأننا نتحدث عن مخلوق ، أما الكمال فلا ينبغى للمخلوق ، لأنه صفة فريدة للخالق سبحانه ، لذا كان تعبير ويلموت دقيقاً تماماً فى موضعه .

ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلا : كان ويلموت يمتلك القدرة على اقتراح الأشياء، والجرأة على تنفيذ ما يقول ، لذلك استطاع أن يقترح مع فريقه العلمى التقنيات المحتملة لتنفيذ تجربة الاستنساخ الحيوى ، وقد ساعدته جرأته على التنفيذ على تقليل المعدل الزمنى لإنجاز التجربة ، فكثيراً ما كان التردد سببا فى فشل تجارب عديدة أو تأخير إنجازها .

شيماء : إننى أرى أن إنجاز شيء يحتاج إلى رفيق ، حتى يعين الإنسان ، يعاونه ، يستشيره ، ولابد أن يكون هذا الصديق عالماً بالشيء ، صادقاً فى قوله ، مخلصاً فى عمله ، أمينا فى مشورته .. فمن كان رفيق ويلموت فى تجربته ؟

المهندس : كان رفيق ويلموت فى تجربته تلك هو رفيقه كيث كامبل ، والذى كانت صفاته قريبة إلى حد ما من صفات ويلموت ، لذا كان تعاونهما معا تعاونا مثمرا ، لم يكن أى منهما يميل إلى الشهرة بحثًا عن ضجة إعلامية تحيط به ، كان كل منهما يعمل فى صمت .. لم يكونا مشهورين وسط علماء البيولوجيا ، وبخاصة التكاثر الحيوانى ، وعلى الرغم من حبهما للشهرة ، إلا أن إخلاصهما فى عملهما قد جعل الشهرة تبحث عنهما ، لا هما يبحثان عنها ، حيث حاصرتهما موجة إعلامية هائلة ، وأصبح الحصول عليهما أو على أحدهما من أيٍ من الصحفيين كنزاً كبيراً ومكسباً هائلا لهذا الصحفى .

أحمد : ليتك يا سيدى تصف لنا معهد روزلين ذلك .

المهندس : ولِمَ يا أحمد ؟

أحمد : لأنه يمثل من وجهة نظرى الآن متحفا علمياً له قيمته ، ولابد أن يكون إحدى

المزارات المهمة ليس فى أدنبرة وحدها ، لكن فى اسكتلندا وأوربا بكاملها .

المهندس : إن ما تقوله يا أحمد هو عين الصواب ، واعتقد أن معهد روزلين منذ ١٩٩٧م حتى الآن يختلف تمامًا عن معهد روزلين ما قبل ١٩٩٧م ، من معهد مغمور إلى معهد أصبح على قمة المعاهد العاملة فى مجال أبحاث التكاثر .

شيماء : يمكن أن أصف لك المعهد يا أحمد !

أحمد وهو ينظر إليها باقتضاب وهو يقول لها :

كيف ... كيف يا ... يا دكتوره شيماء ؟

شيماء : أتسخر منى يا أحمد ؟

أحمد : لا ، لكنك لم تزورى المعهد ، ولم يسبق لك رؤيته ، فكيف تستطيعين وصفه ؟

شيماء : من خلال استشفافى لما قيل من معلومات يا ... يا دكتور أحمد !

أحمد : فى تحد إذن صفى لى المكان ، وسيحكم المهندس بصواب أو خطأ ما ستقولينه.

شيماء : وقد بدا عليها أنها قبلت التحدى وهى تقول :

هو مكان متواضع ، ذو جدران قديمة ، لابد أن به مزرعة للأغنام ، العاملون فيه قليلون ، ولا يرتاده مشاهير العلماء ، بل يمكن القول بأنه موطن المغمورين من علماء التكاثر فى أوربا ، أو من غير طالبى الشهرة ، لكن من يريد الشهرة ويبحث عنها ، فعليه بالبحث عن مركز أبحاث غير هذا المعهد الذى أجزم بأنه لم يكن معروفًا لصحفى ، إن لم يقم تقريبًا منه ، وربما كان ذلك ولا يعرفه .

المهندس : وهو ينظر إليها بإعجاب وهو يقول :

ما هذا ، ما هذا يا شيماء ، بل يا دكتوره شيماء ، فأنت تستحقين هذه الكلمة .

أحمد : وقد وقف مذهولا : هل ما قالته شيماء صحيح ؟

المهندس : إن ما وصفته شيماء من وصف للمعهد ينطبق عليه تمامًا ، وكأنها تصفه وهى تراه ، إنها ملكة القدرة على تكوين تصور لأمر ما من خلال استشفاف الحقائق المتعلقة بهذا الأمر .

ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلا : فى هذا المعهد الواقع فى مدينة أدنبرة باسكتلندا ،

على طريق متواضع ، والذى كان محطة للأبحاث الزراعية من قبل ، كان ويلموت وزميله كيث كامبل يعملان فى صمت ، داخل تلك الجدران القديمة التى يتكون منها المعهد ، كان عشقهما للأجنة كبيراً ، بل مفرطاً ، ويمكننا القول بأنه قد وصل بهما إلى حافة الإدمان ، إدمان الأجنة ، وهو فى الحقيقة أمر يدعو إلى الإدمان ، بل والإدمان المفرط فيه ... إنها قمة لحظات التأمل ، التفكر والتدبر ، أن تلاحظ الحياة منذ أن تبدأ ، من خلية جنينية واحدة ، ها هى أمامكم انظر كيف تنقسم لتعطى خليتين ، فأربع ، فثمان ، فست عشرة ... حتى تكون الكائن الحى كاملا . ما هذا الإعجاز، وهذا الإبداع !!

شيماء: وأين هى تلك التى تقول ها هى أمامكم ؟

أحمد: وهو يضحك ويقول : الواضح أنه وصل لمرحلة الإدمان بخياله ، فما باله لو رأى!

المهندس: وقد ضمهما إليه وهو يقول :

عزيزىّ إن للعلم لرونقًا لا يعرفه إلا أهله من خلاله يمكنك أن تسبح فى هذا الكون الفسيح المتمدين الممتد ، قد تسبح فيه كله ، وقد تسبح فى جزئية من جزئياته، تسبح فى عوالم اللاحياة لترى الإلكترون وهو يتحرك ، يوجه الأنظمة ، يبث الطاقة ، تسبح فى عوالم الحياة ، لترى هذه الحياة فى أدق تفاصيلها ، فيما تحمله من جينات تشفر لمختلف ما يحدث بداخلنا من عمليات حيوية وسلوكية .. وغير ذلك الكثير، نضحك ، نبكى ، نكتئب ، نمرح ، نحزن . نتكلم بصوت عالٍ أو بصوت خفيض ، نثور لأقل شىء ، أو نكون هادئين حتى عند الكوارث .. كل ذلك ينبع من داخل ذاتنا ، أعنى من حياتنا.

ما أسعد اللحظات التى نعيشها ونحن نتابع أحداثًا تتعلق بخط سير الحياة من خلية واحدة لتصبح كتلة من الخلايا ، ثم أعضاء فكائن حى كامل . لقد كان ويلموت وكامبل محقين إذ عشقا هذه الأجنة ، عشقا نموها ، تحولها من مرحلة لمرحلة أخرى، حيث ظهر ذلك جليا فى قول ويلموت :

« كنت أحس بذاتى ، بل بالذات الحية فى تلك الخلية الوحيدة، والتى ستتحول إلى كائن كامل إن شاء لها القدر ذلك »

ونفس المعنى نلاحظه فى قول كامبل :

«إننى أقف منبهراً أمام هذا الإبداع غير العادى ، أقف مع نفسى أمام محراب الخلية الجنينية الوحيدة ، أتأملها ، أسبح بخيالى مع مستقبلها ، وكأنّ نفسى تسائلنى : هل ستنتج هذه الخلية كائنا قويًا ؟ أم كائنا مريضا ؟ أم أن القدر شاء لها بألا يكتمل نموها ؟»

لقد كان للاتجاه المشترك بين ويلموت وكامبل أثراً أى أثر فى رحلتهما العلمية داخل معهد روزلين .

كانت زوجة الدكتور ويلموت تشجعه على البحث العلمى ، فلم تشغل فكره بأشياء خارج نطاق البحث العلمى ، مما ساعد على انشغاله الفكرى التام بأبحاث الأجنة وتجاربها التى عشقها ، أما زوجة الدكتور كامبل فقد كانت أقلّ منها تحملا ، لدرجة أنها كانت ترفض أن يبيت كامبل خارج المنزل ، مما كان أحيانا يشعره بالتبرم والضيق نتيجة لسلوك زوجته ، والتى كانت تقول دائما : «**لو كان البحث العلمى رجلا لقتلته**» معبرة عن ذلك بغيرتها على زوجها من قضائه لمعظم وقته فى رحاب معمله .

استطرد المهندس حديثه قائلا : لقد انخفض الحافز التشجيعى للعديد من العلماء والباحثين فى أواخر الثمانينيات وأوائل التسعينيات للمضى فى تجاربهم الخاصة بالاستنساخ ، مما جعل معظم الباحثين ينصرفون عن هذه التجارب إلى تجارب غيرها.

ساعد ذلك ويلموت وكامبل على تطوير تجاربهما وتحديثها وإضافة الجديد إليها ، وهما فى صمت شديد ، بعيدين عن الأضواء والإعلام ، كان مبدؤهما الذى ارتكزا عليه هو : «**الكتمان طريقٌ لإنجاز كل عمل جاد**» .

أحمد : ولما كان حرص ويلموت وكامبل على الكتمان ؟

المهندس : لأنه لابد من التأكد من نجاح التجارب الأولية الخاصة بموضوع البحث ، والتجارب النهائية ، وحتى تتاح الفرصة الكاملة لتسجيل هذه الأبحاث فى هيئات تسجيل الأبحاث والابتكار والاختراع ، مما يحفظ حق الشركة الممولة لتنفيذ التقنية فى احتكار استخدامها بعد ذلك .

شيماء : وما الشركة التى مولّت أبحاث ويلموت وكامبل ؟

المهندس : الشركة هى شركك (ب ـ ب ـ ل) (P. P. L) الطبية ذات المسئولية المحدودة، والتى كانت تهدف إلى تحرير الأطقم الوراثية للماشية لإنتاج مواد دوائية مادة (ألفا -١ - أنتى تربسين) الذى يستخدم فى علاج التليف الكيسى ، وقد كان مجلس إدارة الشركة قنوعًا بهذا المستوى ، عازفًا عن الدخول فى أى مغامرة علمية غير مضمونة ، وقد شكّل ذلك صعوبة كبيرة لويلموت فى إقناع مجلس الإدارة لشركة (P. P . L) فى تمويل أبحاث الاستنساخ الحيوى .

كانت وجهة نظر ويلموت أن عمليات التطعيم الدناوى مكلفة ومكررة ، ولم تعد تحقق الطموحات الاقتصادية لشركة (P. P . L) ، كما أن عمليات كلونة كائن حى كامل سيجعل هذه الشركة تمتلك العديد والعديد من مصنع الأدوية الممثلة فى الكائنات الحية المكلونة . كان السؤال الذى وجهه مجلس إدارة شركة (P. P . L) لويلموت عندما عرضت عليهم ورقته الخاصة بتمويل أبحاثه حول الاستنساخ الحيوى: ما هى الضمانات التى تؤكد نجاح التجربة ؟

وكأنهم بهذا السؤال كانوا يقولون له : «إن كثيرين قبلك حاولوا ولكنهم فشلوا» لذلك طلبوا منه إيضاحًا أكثر حول مشروعه ، لإعداد دراسة جدوى اقتصادية من قبل الشركة وذلك لاتخاذ قرار بالموافقة على التمويل أو الامتناع عنه .

لقد مرت أيام الانتظار كما أسماها ويلموت صعبة للغاية حيث إن رفض الشركة للتمويل كان يعنى إصابة ويلموت بأزمة نفسية ، لكنه قد بذل ما فى وسعه ، وقد ذيّل ورقته التى قدّمها للشركة بقوله :

«أتمنى ألا يموت الوليد لحظة الميلاد ».

لكنه مع ذلك كان ذا إصرار عجيب وطموح كبير فى أنه سيحصل على التمويل المطلوب من شركة (P. P . L) أو غيرها ، وقد ظهر ذلك عندما سأله كامبل :

«ماذا ستفعل إذا رفضت الشركة التمويل»؟!

وهو يعنى بذلك شركة (P. P . L) ، فأجاب ويلموت على ذلك بقوله :

«عندئذ ستعرف كلمتى» .

لكن ويلموت استبقى هذه الكلمة فى نفسه ، ولم يبح بها لأحد ، لأن الشركة

وافقت على التمويل ، وبدأ ويلموت وكامبل مشوارهما الصعب لإنجاز ما وعدا به الشركة .

أحمد : لكن لماذا ترددت الشركة فى منح التمويل اللازم لكل من ويلموت وكامبل ؟

المهندس : يعتمد مجلس إدارة أى شركة تعمل فى اقتصاديات البحث العلمى والتكنولوجيا على دراسة جميع ما يتعلق بالتجربة من ظروف تشمل ماضى التجربة وحاضرها ومستقبلها .

شيماء : وهى متعجبة : ماضيها وحاضرها ومستقبلها ؟!

المهندس : نعم يا شيماء ، فدراسة ماضى التجربة العلمية يوضح لنا من عمل فى نفس موضع الدراسة ، وهل فشل أم نجح ؟ وإن كان فشل فلماذا ؟ وما هى أسباب فشله؟ وهل يمكن تلافى هذه الأسباب أم لا ؟كما يشتمل على دراسة الوقت الذى كان مخصصا لإنجاز التجربة ، وهل كان كافيا أم لا ؟ وهل إذا أمكن إطالته يمكن للتجربة أن تنجح أم لا ؟ وهل التمويل الخاص بالتجربة كان كافيا أم لا ، وما حجم التمويل الذى كان مرصوداً لها .

هل قابل الطاقم البحثى القائم على تنفيذ التجربة عوائق منعتهم من إكمال إنجاز مشروعه البحثى، وما هى هذه العوائق ؟ وهل يمكن التغلب عليها أم لا ؟

يهم الشركة من ماضى التجربة العلمية معرفة كيفية إدارة هذه التجربة ، ومن المسئول عن القرارات المصيرية فى مسار التجربة ... ما اتجاهاته ، مذهبه ، فكره ، معتقداته ، مدى تحمسه للتجربة ، علاقته بأفراد الطاقم البحثى فرداً فرداً ، هل كان يوجد خلاف بينه وبين أحد أفراد الطاقم البحثى ، وما هو نوع هذا الخلاف ، وما جذوره ، ومن كان السبب فيه ، وما مظاهره ومستواه ؟

هل كانت إدارة التجربة وطاقمها البحثى ملتزمين بأدوارهم أم كانوا متسيبين ؟ وما هى أسباب عدم الانضباط تلك ؟ ومن كان سببًا فيها ؟ هل هو إهمال الإدارة ؟ أم قلة الأجور الممنوحة لأفراد الطاقم البحثى ؟ أم لانعدام الحوافز الخاصة بتشجيع الطاقم البحثى؟

وهل يفيد ذلك فى تعديل نظام المرتبات والحوافز بما يحقق الإنجاز المأمول ؟

أحمد : ذلك ما يهم الشركة من ماضى التجربة ، لكن ما الذى يهمها من حاضرها ؟

المهندس : إن حاضر التجربة مهم جداً للغاية للشركة الممولة ، حيث تحرص الشركة على معرفة مدى طموح الفريق البحثى الجديد ، ومم يتكون ، ومن رئيسه ؟ وما عدد أفراده ؟ وما التاريخ العلمى لكل واحد ؟ وما الخطة العامة للفريق البحثى ، وأهدافه الواضحة ، ومدى الثقة فى الفريق ، واستعداده للإنجاز ؟

أحمد : لقد حان دور المستقبل ففيم يهم المستقبل الشركة ؟

المهندس : إن المستقبل مهم جداً لتقييم التجربة من قبل الشركة ، أعنى مستقبل التجربة العلمية .

شيماء : وما الذى يهمها من هذه الشركة ؟

المهندس : لابد أن تعرف الشركة من مستقبل التجربة العلمية : الهدف الأساسى من التجربة . من ستهمهم التجربة .

الخط الواضح للاستغلال المستقبلى لنتائج التجربة .

أحمد : إذن ما دامت شركة (P. P . L) قد وافقت على تمويل ويلموت وكامبل ، فلابد أن ويلموت قد أجاب فى ورقته عن كل الأسئلة التى تهم الشركة ؟

المهندس : هذا ما حدث بالفعل ، فقد تضمنت ورقة ويلموت الموجهة إلى شركة (P. P . L) إجابات محددة على ما يهم الشركة من استفسارات .

شيماء : وما الذى ساعد ويلموت على أن يبحر كثيراً عبر الزمن ليتنبأ بمصير تجربة التزم أمام الشركة بإنجازها ؟

المهندس : نعم يا شيماء ، فقد استطاع ويلموت أن يبحر كثيرا عبر الزمن ، أن يسافر كثيرا نحو المستقبل حاملا فى نفسه إصراراً كبيراً ، عزيمة قوية ، إرادة كبيرة ، عشقاً للعمل ، قدرة على التحدى قلَّ مشابهتها .

أحمد : وكأنه كان بحاراً حقيقيا يا سيدى . .

المهندس : لقد تمنى ويلموت ذلك فى صباه ، عندما كان عمره عشر سنوات ، لكن إصابته بعمى الألوان قد جعلته يصرف نظراً عن هذه الفكرة إلى فكرة ممارسته لمهنة الفلاحة ، ولكى يحقق هذا الحلم ، التحق بكلية الزراعة ، وعمل فى بعض المزارع

من خلال الإجازات والعطلة الأسبوعية ، لكنه لم يتقن الفلاحة ، فقد كانت شاقة وصعبة تحتاج لمجهود كبير .. أى مجهود عضلى ، لكن ويلموت كان متوقد الذهن ذا فكر واسع ، وكانت ممارسته للزراعة لن تتيح لهذا الفكر أن ينطلق ، لذا اتجه إلى البحث العلمى كى يعبر من خلاله عن مواهبه .

أحمد: الواضح أنه أبحر كثيرا عبر الزمن ، وكان فى كل مرة يعدل من مساره وفقًا لفكره .

شيماء: لكن كيف التقى كامبل بويلموت ؟

المهندس: وهو يهز رأسه: كامبل ذلك الرفيق المخلص المعين، والذى كان نعم العون لويلموت ، وساعده الأيمن، وصفيه فى عشق الأجنة.

ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلا :

لقد شب كيث هنرى كامبل فى مدينة برمنجهام الصناعية ، وأصبح بعد ذلك إخصائيا طبيا ، عمل فى مجال مختبرات البكتيريا والفيروس واستخدام الأمصال فى ذلك ، لكن هذا العمل لم يعجبه ، فقد كان عملا تقليديا على حد تعبيره ، لذا ترك هذا العمل ليلتحق بجامعة لندن ، وقد حصل منها على درجة البكالوريوس فى علم دراسة البكتيريا «البكتيريولوجى» .

سافر بعد ذلك كامبل إلى اليمن ، حيث عمل فى إحدى معامل الأمراض (الباثولوجى) ، لكنه كعادته ضجر من العمل بعد فترة ، حيث لا جديد .

عمل مؤقتًا فى مقاومة مرض يعرف بالدردار الهندى ، ثم عاد إلى الجامعة دارسًا بها كطالب دكتوراه ، وأثناء دراسته كان يعمل مساعد باحث لكى يستطيع أن ينفق على نفسه .

كان عمله مركزًا على دراسة دورة الخلية فى الضفادع ، كانت أفكار عديدة تدور برأس كامبل أثناء دراسته لعمل دورة الخلية فى الضفادع :

كان معجبا بجون جوردن وأفكاره حول عمليات الكلونة(*) بضفدعة .

كانت عملية الكلونة تسيطر بشكل جاد على فكره ، كان لعشقه للعمل أثر أى أثر

(*) الكلونة تعنى الاستنساخ الحيوى Cloning ، وهو صناعة نسخة طبق الأصل من الشىء .

فى إنجاز تجاربه ، ركز فى تجاربه بما يمكننا أن نسميه بالخداع الحيوى ، وهو خداع المادة الحية من خلال عمليات الإيلاج الچينى ، حيث أدخل دنا بشريا داخل دنا نواة خلية ضفدعة ، فوجد أن نواة خلية الضفدعة قد حولت البروتين المغلق للدنا البشرى إلى بروتين دناوى للضفدعة .... لكن كامبل كان يريد فى هذه الفترة أن يطور أبحاثه، لكن التمويل قد وقف حائلاً دون ذلك ، فقد كانت التجارب على الثدييات مكلفة، وتحتاج إلى مبالغ كبيرة للحصول على هذه الحيوانات وإجراء عمليات الكلونة عليها ، بينما فى حفنة الضفادع التى يشتريها كامبل غنىً عن المصاعب والعوائق الموجودة فى كلونة الثدييات .

لكن عشق كامبل للكلونة قد جعله يضيق ذرعاً حتى بنفسه .

سجل هو ذلك بقوله :

كانت كلونة الضفادع هى رضىً بالواقع ، لكن علم الثدييات كان يتجاذبنى ، كان حلمى ، طموحى ، كنت أحلم باليوم الذى أكلون فيه كائناً حياً .

فى ذلك الوقت الذى كان كامبل قد ملَّ فيه كلونة الضفادع، واتته فرصة عمره ، تلك الفرصة التى كان يحلم بها كثيراً ، حيث طلب معهد روزلين باحثًا ذا خبرة فى دورات انقسام الخلايا ، فسارع كامبل بتقديم طلبه ، ممنياً نفسه بقبوله ، لكنه كان خائفًا فى الوقت نفسه من عدم قبول الطلب ، إلاَّ أن وضاعة معهد روزلين بين المعاهد البحثية قد جعله فى ثقة إلى حد ما ، فهو معهد مغمور ، ولن يذهب إليه أحد من المشاهير .

لقد قبل طلب كامبل ، وعين خبيراً فى عمليات انقسام الخلية بمعهد روزلين ، حيث عمل مع آيان ويلموت على كلونة الماشية ثم تحول بعد ذلك إلى كلونة الأغنام.

عملا معاً كثيراً على كلونة الخلايا الجنينية ، وكانت فكرتهما تعتمد على قبول البويضة المفرغة نوويا لدنًا جديد ، وبعد تجارب عديدة تأكد لهما أن البويضة يمكن لها أن تستوعب أى دنا ، حتى ولو من نواة خلية جسمية مادامت تضاف فى طور السكون للبويضة .

منذ تلك اللحظة بدأت الرحلة الشاقة لويلموت وكامبل ، حيث كان أمامهما أحد أمرين : إما قبول التحدى والإصرار على النجاح أو التسليم والرضا بالفشل .

شيماء : وكيف تمت تقنية الاستنساخ الحيوى ؟

المهندس : لقد سبق أن أوضحت لكما يا عزيزىّ أنَّ جينوم الخلية الجنينية يتسم بالتوجيه العام ، فهو غير متخصص ، ومن ثم فهو يوجه جميع الأعضاء والوظائف ، وهذا مناسب تمامًا لهذه المرحلة المبكرة من حياة الجنين ، والتى نقصد بها مرحلة الخلية الجنينية الواحدة ، حيث يحمل جينوم هذه الخلية المعلومات الوراثية اللازمة للتوجيه الكامل للخلية الجنينية ، لكن الخلية الجسمية تتسم بالتخصص ، حيث يكون فى حالة النشاط الچينى ما يقرب من ١٠ ٪ من چينات فهى كامنة، حيث لا حاجة إليها.

تختلف الچينات النشطة والموجهة لوضع التخصص فى الخلية الجسمية الناضجة من خلية لأخرى ، وهذا يفسر لماذا تكون هذه الخلية خلية قلب ، وتلك خلية كبد ، وتلك خلية بنكرياس ؟ حيث لكل وظيفتها ، وتركيبها الخاص بها ، فالخلية العصبية تختلف عن الخلية العضلية ، تختلف عن الخلايا الأخرى ، وهكذا .

أحمد : إذن ما فعله ويلموت هو كسر لقوانين الطبيعية ؟

المهندس : إننى اختلف معك فى ذلك يا أحمد ، فويلموت لم يكن من أنصار التمرد على القوانين التى أوجدها الله لتسيير نظام الكون ، ولكى أوضح لك مذهب ويلموت فى ذلك ، لابد أن أبسط لك أولاً ماهية كسر قوانين الطبيعة .

ثم يتابع **المهندس** حديثه قائلاً :

لو فرضنا أن لدينا شقة سكنية مقفلة ، ونريد أن نفتحها ، يكون أمامنا طريقان : إما أن نتعامل بدقة وعناية مع باب الشقة ، محاولين استغلال الثغرات الممكن لنا استغلالها لفتح باب الشقة ، أو الطريق الثانى أن نحطم باب الشقة .

فى كلتا الحالتين سنفتح باب الشقة ، لكن الأسلوب مختلف، فالحالة الأولى تمثل تعاملاً غير مباشر مع واقع موجود يتمثل فى إقفال باب الشقة ، لكن الحالة الثانية تمثل كسراً لهذا الواقع الموجود من خلال تحطيم باب الشقة .

ودوماً كسر حالة الوجود (الواقع) يؤدى إلى كارثة حتمية ، أما التعامل غير المباشر مع الموجودات فيؤدى لتحقيق الهدف بدون وقوع كوارث .

لقد كان من أنصار كسر قوانين الطبيعية الباحث ستين فيلادسين ، والذى عمل

لفترة طويلة على عمليات الكلونة من الأجنة ، وقد كان طموحه شديداً ، لدرجة أنّه أكدّ أكثر من مرة على إمكانية استنساخ آدميين بالغين ، كان المبدء الذى يرتكز عليه فيلادسين أن دور العالم هو كسر قوانين الطبيعة لا التعامل الرقيق معها .

كان فيلادسين كتوماً ، ويبدو لمن يراه أنه أصغر من عمره بكثير ، فهو من مواليد ١٩٥١م .

وقد كان لمذهب فيلادسين دورٌ كبير فى فشله فى النهاية فى الوصول إلى ما وعد به من استنساخ وكلونة الخلايا الناضجة .

أحمد : وهل كان لذلك انعكاسٌ على مسيرة تجارب الاستنساخ والكلونة بعد ذلك .

المهندس : بالطبع يا أحمد ، فإن إخفاق عالم كفيلادسين فى تحقيق كلونة الخلايا الناضجة ، قد جعل الشركات التى كانت متحفزة لتمويل هذه التجارب تعرض عن ذلك ، وتنصرف إلى الاستثمار فى قطاعات مضمونة .

لذلك عانى ويلموت كثيراً فى إقناع شركة (P.P.L) بالموافقة على تمويل مشروعه البحثى ، وقد وافقت الشركة بعد أن أيقن مجلس الإدارة بجدية ويلموت فيما أراد من ورقته المقدمة لمجلس إدارة الشركة .

ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلاً :

كان ويلموت من أنصار التعامل اللطيف مع الموجودات للوصول إلى تطويعها حسب الطلب ، أما فيلادسين فكان من أنصار التعامل العنيف مع الموجودات لتطويعها حسب الطلب ، لذا كان مذهب فيلادسين :

« إرادة العالم أقوى من إرادة الطبيعة » .

أما مذهب ويلموت فقد كان يؤمن بمذهب « الطبيعة الصديقة » ، وتحليلنا للاتجاهين يوضح فكر كل من الباحثين ، وكل منهما إذا أراد أن يسيطر على الطبيعة فلابد أن يكون أقوى منها ، أما ويلموت فكان يرى أن الإنسان إذا أراد أن يسيطر على الطبيعة فلابد أن يصادقها .

من هذا المنطلق تعامل ويلموت وكامبل مع الخلايا الناضجة والبويضات ، حيث ساعدت خبرة ويلموت فى الدراسة المستفيضة لدورات انقسام الخلايا فى تحديد مفاتيح

الدخول للكلونة من الخلايا الناضجة .

أحمد : كيف ؟

المهندس : لقد اتضح لويلموت من خلال تجاربه على عمليات الكلونة والاستنساخ أنَّ المشكلة فى كلونة الخلايا الجسمية تكمن فى معالجة جينوم الخلية الجسمية ليقوم بالتوجيه العام لعمليات التكوين الجينى ، أما الدكتور كامبل فقد استطاع من خلال دراسته لدورات انقسام الخلية أن يحدد المرحلة المناسبة للكلونة من خلية ناضجة من دورة الخلية ، وقد حدَّد كامبل طور السكون من الخلية كطور مناسب لحدوث عمليات الكلونة .

شيماء : وكيف استطاع ويلموت التغلب على حاجز التخصص ؟

المهندس : لقد سبق أن قلت لكما أنَّ ثمة بروتينات تغلق الدنا الوراثى الخاص بالخلية الجسمية أو الخلية الجنينية ، حيث تحجب هذه البروتينات ما يقرب من ٩٠ ٪ من چينات الخلية فى الخلية الناضجة ، بينما لا تحجب هذه البروتينات أيًّا من الچينات المشكلة لجينوم الخلية ، ومن ثم فالتغلب على البروتينات الحاجبة يعنى إحداث تحول كبير فى حياة الخلية ، حيث تنتقل من حالة التخصص إلى اللاتخصص .

شيماء : يبدو أن حالة اللاتخصص مهمة جداً للخلية .

المهندس : حالة اللاتخصص مهمة للخلية ، حيث توجه الأداء الوظيفى العام للخلية الحية ، ومن ثمَّ فهى ضرورية لعملية التوجيه والتكوين الچينى ، بينما حالة التخصص ضرورية جداً ، للوضع التخصصى للخلايا ، والذى يحدد طبيعة التخصص بالخلية الجسمية ، وكيفية أدائها لوظيفتها التخصصية .

شيماء : سأعبر عن ذلك من خلال لوحاتى الكاريكاتيرية :