

المقدمة

Introduction

إن المادة والحركة لا يمكن فصلهما عن بعضهما البعض، وعلم الفيزياء يدرس أشكال الحركة الميكانيكية للمادة ومكوناتها. أما المادة فهي كل ما نلمسه من حولنا في الطبيعة، ولها أشكال مختلفة وخواص متغيرة. وأما حركة المادة بالأساس فتكون محتواة في المادة نفسها.

ولدت الفيزياء منذ القديم حيث بدأت بقوانين بسيطة مثل أرخميدس وغيره، ولم تكن علماً قائماً بذاته.

أما تطور علم الفيزياء فقد بدأ في بداية القرن السابع عشر حيث ظهرت أعمال العلماء غاليليه-نيوتن-باسكال-بيرنولي وغيرهم.

هذا وفي القرن التاسع عشر ظهرت الفيزياء كعلم هادف مستقل بذاته حيث تحددت قوانينه ونظرياته مثل قانون حفظ الطاقة والنظرية الذرية للمادة وللضوء والتحريض الكهرومغناطيسي وغيرها بالإضافة إلى ولادة نظرية البنية الموجية وأسس دراسة المجال الكهرومغناطيسي.

في نهاية القرن التاسع عشر اعتمدت الفيزياء تصوراً خاطئاً عن الحركة الميكانيكية للجزيئات والأثير المرن وذلك بهدف توحيد كل العمليات الفيزيائية وعمل على ذلك مثل غلفاني، فولت، فاراداي، مكسويل وغيرهم. وحالياً تسمى هذه الفيزياء بالفيزياء التقليدية أو الكلاسيكية خلافاً للفيزياء الحديثة التي بدأت مع بداية القرن العشرين والتي اعتمدت النظرية النسبية والميكانيك التحليلي، حيث تم

اكتشاف قوانين جديدة تتعارض مع الميكانيك التقليدي واستناداً إلى هذا ظهر الميكانيك الكمي.

إن التحليل المعمق للقوانين الفيزيائية يعطي دائماً إمكانية أفضل لتطوير التوقعات العملية والتوصل إلى نظرية تعتمد عليها بعض القوانين العلمية.

إنّ الملاحظة والتجربة هما الأساس في وضع القوانين الفيزيائية. أما عملية التطور في الانتقال من التغير الكمي إلى التغير في طبيعة المادة (صلب، سائل، أوجاز)، والتغير الكمي في طول الأمواج الكهرومغناطيسية يؤدي إلى تغير في خواص الاشعاع، كالنفاذية مثلاً أو التغيرات الحرارية، كما أنّ التغير الكمي في عدد إلكترونات الذرة يؤدي إلى تغير خواصها الكيميائية والفيزيائية.

أما في الطب فقد لعبت الفيزياء دوراً هاماً في تطوره بدءاً من دراسة الخواص الفيزيائية للخلايا إلى آلية الإثارة وتبنيه الخلايا العصبية وتقلص وارتخاء العضلات ووضع نظريات التحكم في الجمل الحية على مستويات مختلفة وكذلك نظام عملها ... الخ.

واستناداً إلى ذلك فإن علم الفيزياء الحيوية يدرس الخواص العامة للمادة الحية، كجهاز السمع والبصر وحركية الدورة الدموية، الضغط الشرياني والتوازن الحراري والظواهر الالكترونية الحيوية في الأنسجة والأعضاء وماشابه ذلك.

هذا وقد طورت الفيزياء طرق التنظير الفيزيائية والمعالجة الفيزيائية أيضاً، حيث استخدم في ذلك الأشعة السينية والأمواج فائقة الصوت والمجهر الضوئي. هذا ولا يوجد حالياً اختصاص طبي لا يستخدم الأجهزة الفيزيائية أو لا يطبق الطرق الفيزيائية في التشخيص والمعالجة، ومن الضروري أن يتعلم الطبيب مبدأ عمل الأجهزة الفيزيائية التي يستخدمها بالإضافة إلى أسس الفيزياء العامة المتعلقة

بهذه الأجهزة لأنه مهما تغيرت التطبيقات فإن القواعد الأساسية للفيزياء سيبقى معمولاً بها في كل زمان.

ومن الجدير بالذكر أن نبين بأن للأطباء فضل كبير على الفيزياء التي ترافقت مع علوم الفيزياء الحيوية والطبية والصيدلانية وغيرها من العلوم، إذ أن عدداً كبيراً من مشاهير الفيزياء هم أطباء بالأصل وذلك من أمثال: باستور (*Pasteur*) ويونغ (*Young*) وكوبرنيكوس (*Copernicus*) وبرنولي (*Bernoulli*) وجلبرت (*Gilbert*) وفان-هيلم هولتز (*Van-Helmholtes*) وبوازيل (*Boiseuille*) وغيرهم.

ولهذا يشير مصطلح الفيزياء الطبية إلى تطبيقات علم الفيزياء على الجسم البشري في حالتي الصحة والمرض وفي الممارسات الطبية الكثيرة.

ونشير أخيراً إلى أن ازدياد المعرفة وبتضافر الجهود البناءة لعلماء الفيزياء والطب والأحياء تم ولادة علوم الفيزياء الحيوية والطبية.

يتضمن هذا الكتاب على مقدمة في حساب الارتياح والوحدات، بالإضافة إلى أحد عشر فصلاً مبوبة على النحو التالي:

الفصل الأول: يتضمن دراسة الموائع وقوانينها الأساسية والظواهر السطحية والخاصية الشعرية واللزوجة وبعض التطبيقات الطبية.

الفصل الثاني: يتضمن دراسة الفيزياء الحيوية للدوران الدموي كمرونة الأوعية الدموية وعمل القلب والنبضات وقياس التوتر الشرياني وكمون (جهد) التأثير القلبي والقواعد الفيزيائية للتخطيط الكهربائي للقلب.

الفصل الثالث: يتضمن دراسة الظواهر التناضحية، كالظواهر الفعالة والمفعلة، والضغط التناضحية وعمل الكلية وتدفق السائل.

الفصل الرابع: يتضمن دراسة توليد الأشعة السينية وحزم الالكترونات.

الفصل الخامس: يتضمن دراسة طرق استقصاء (استكشاف) الطب الاشعاعي كالتصوير التقليدي والتصوير المقطعي والتصوير بالمسح.

الفصل السادس: يتضمن دراسة أشعة الليزر والتأثيرات البيولوجية لليزر والتطبيقات الطبية الرئيسية له.

الفصل السابع: يتضمن دراسة فائقات الصوت في الطب كتوليد واستقبال فائقات الصوت والتأثيرات البيولوجية لفائقات الصوت والتطبيقات الطبية لفائقات الصوت.

الفصل الثامن: يتضمن دراسة الفيزياء النووية كبنية النواة وطاقة الارتباط والاندماج النووي والنشاط الاشعاعي.

الفصل التاسع: يتضمن دراسة التأثير المتبادل بين الأشعة والمادة، كمفهوم الكيرما ومفهوم الجرعة الممتصة والتعرض ومكافئ الجرعة والكشف والأشعة والصحة والتأثير على الخلايا الحية والجرعات العظمى المسموح بها والوقاية والمراقبة.

الفصل العاشر: يتضمن دراسة المعالجة بالأشعة وخطر المعالجة بالأشعة الخارجية.

الفصل الحادي عشر: يتضمن مقدمة في علم البلورات، كبنية الشبكة البلورية وخصائصها والصفات الأساسية والثانوية للبلورات وتشكل البلورات ونظرية نمو البلورات.

وينتهي الكتاب بأهم المراجع العربية والأجنبية والمصطلحات العلمية.
وأخيراً نرجو أن يكون هذا الكتاب عوناً أساسياً لطالب العلم في كليات الطب
البشري وطب الأسنان والصيدلة والأحياء، وأن نكون قد وفقنا في بلوغ غايتنا.
راجين من الله عز وجل الأجر والثواب والتوفيق إلى ما يحبه ويرضاه.

والله ولي التوفيق

الرياض

١٤٢٦ للهجرة

مدخل

**مقدمة في حساب
الأخطاء والوحدات**

• تعاريف:

يتم قياس مقدار ما من خلال مقارنته مع مقدار آخر تم اختياره اصطلاحياً، ويسمى بالوحدة، وتتضمن نتيجة القياس:

- قيمة عددية تمثل عدد الوحدات الموجودة في المقدار المقاس.

- الإشارة إلى الوحدة المستخدمة.

إذا كانت (a) على سبيل المثال القيمة العددية لكمية فيزيائية معبر عنها بالوحدة u و b قيمتها العددية معبراً عنها بالوحدة u' حيث $u' = ku$ عندئذ يمكن تغيير الوحدة كما يلي:

$$au = bu' \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{u}{u'} = \frac{1}{k} \Rightarrow b = \frac{a}{k}$$

فمثلاً إذا كان الطول المقاس (a) بال (mm) يساوي إلى $(132 mm)$ فإن قيمته العددية (b) تصبح عند استخدامنا المتر كوحدة:

$$(1m = 10^3 mm , k = 10^3)$$

$$b = \frac{132}{1000} = 0.132m$$

لكن أي قياس يكون دائماً محاطاً ببعض الأخطاء المجهولة. ولهذا نتساءل ماذا نعمل للحصول على أفضل قياس ممكن وماهي دقة القياس وضمن أي مجال تتغير قيمة هذا المقدار الذي تم قياسه.

• تقدير القيمة العددية - الأخطاء:

أخطاء القياس:

مهما كانت دقة الجهاز وصفة مستخدمه فلا بد من وجود فرق بين القيمة

الحقيقية التي نرسم لها (A_0) للمقدرا والقيمة المقاسة التي نرسم لها (A) يسمى الخطأ في قيمة (A) ويعطى كما يلي:

$$\Delta A = A - A_0$$

إن هذه الأخطاء يمكن أن تكون نظامية (الأخطاء التي تتكرر باستمرار وفق إتجاه واحد) أو طارئة (الأخطاء التي تحدث من أسباب غير معروفة وهي متغيرة بالاشارة والقيمة المطلقة).

أ- الأخطاء النظامية *Regular errors*:

(1) خطأ الصفر أو الانتقال *Systematic errors*:

من أجل جهاز محدد ومهما كانت قيمة (A_0) فقد يحدث أن يكون الفرق ($A - A_0$) ذا قيمة ثابتة ولتكن (K)، والقيمة المقاسة مزاحة بالنسبة للقيمة الحقيقية، أي أن:

$$A = A_0 + K$$

يسمى خطأ كهذا خطأ الصفر.

(2) الخطأ المتناسب أو المكبر *Scale error*:

نصادف هذا النوع من الخطأ عندما يكون ($A - A_0$) من أجل جهاز محدد ذي قيمة متناسبة مع (A_0)، أي:

$$\Delta A = K'A_0$$

ويكون:

$$A = A_0 + K'A_0 = (K' + 1)A_0 = KA_0$$

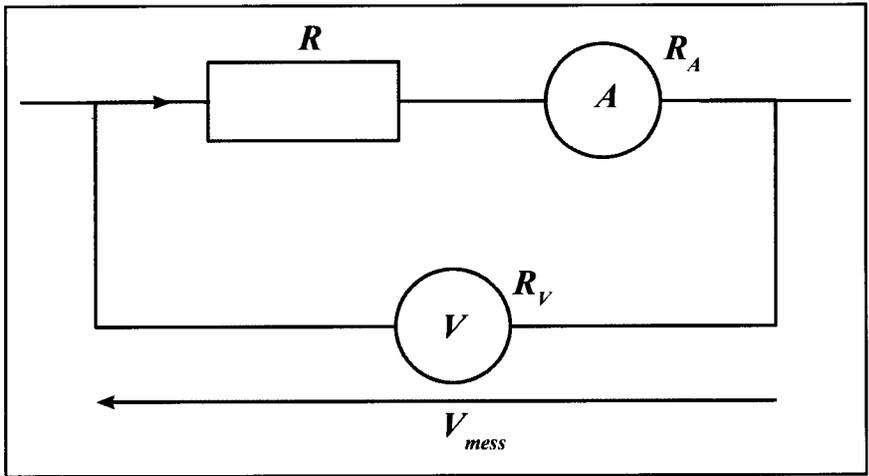
مقدمة في حساب الأخطاء

عادة يجب عدم وجود الأخطاء النظامية، وبغية التخلص منها يجب معايرة الاجهزه قبل كل قياس، والنظر شاقولياً (عمودياً) على المؤشر عند أخذ القراءة بالانتباه إلى سلم (تدرج) القياس وتسجيل قيمة التدرج مع المعايرة المختارة. ويختفي هذا النوع من الخطأ عند استخدام جهاز إظهار رقمي.

ومثالاً إذا كانت التوترات الشريانية (ضغط الدم) للمرضى مرتفعة ودرجة حامضية الدم (PH) للدم منخفضة عندئذ يجب تعيير مقياس الضغط ومقياس (PH) بشكل جيد.

لنأخذ مثالاً عن طريقة القياس التي تُحدث خطأ بالزيادة أو بالنقصان.

لدى قياس مقاومة ناقل أومي باستخدام مقياس الفولت ومقياس الامبير يمكن اتباع احدي الطريقتين الآتيتين في التوصل إلى نتيجة انظر (الشكل 1) و(الشكل 2).



الشكل (1)

نلاحظ بأن مقياس الفولت يقيس فرق الجهد ما بين طرفي الناقل ومقياس

الامبير، أي أن:

$$V = Ri_I + R_A i_I$$

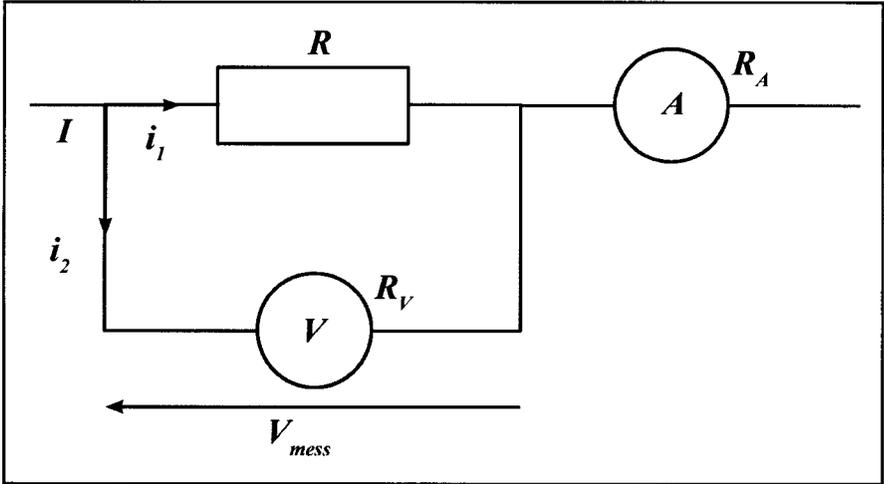
$$\Rightarrow Ri_I = V - R_A i_I$$

يقوم مقياس الامبير بقياس i_I :

$$I = i_I$$

وبتطبيق العلاقة المعروفة باستخدام قانون أوم $R = \frac{V}{I}$ نرتكب خطأ نظامياً

بالزيادة، وذلك بسبب الحد $R_A i_I -$ في بسط الكسر السابق. والآن انظر (الشكل 2).



الشكل (2)

نلاحظ بأن مقياس الفولت يقيس فرق الجهد بين طرفي الناقل الاومي فقط.

$$V = Ri'_1$$

بينما يقوم مقياس الامبير بقياس شدة التيار:

$$I = i'_1 + i'_2 \} i'_1$$

وبتطبيق العلاقة $R = \frac{V}{I}$ نرتكب خطأ نظامياً بالنقصان.

إن العلاقة $R = \frac{V}{I}$ تأخذ بعين الاعتبار مقاومات مقياس التيار ومقياس الجهد وفي حالات كهذه يمكن حساب الخطأ وتصحيح القيمة المقاسة. ويجب الإشارة الى أنه عند وجود عيب في الجهاز نتيجة الاستخدام أو النوعية السيئة فيجب إصلاحه أو استبعاده كلياً.

ب- الأخطاء العشوائية *Random error*:

وهي موجودة دائماً، وعلى عكس الأخطاء النظامية فإن قيمتها الحقيقية لا يمكن أن تكون معروفة، فمن أجل القياس نفسه وباستخدام نفسه وباستخدام الجهاز نفسه تتغير قيمها صدفية (عشوائياً) بالإشارة وبالقيمة المطلقة، وبغية تقديرها نستخدم مفهوم الخطأ.

مثلاً: تتغير شدة التيار الكهربائي الضعيف بسبب الحركة العشوائية للتهيج الحراري التي تضاف الى الحركة الاجمالية للالكترونات وكذلك بتغير طول قطعة معدنية مصقولة بشكل سيء.

1) الخأ المطلق *Absolute error*:

هو بالتعريف القيمة المطلقة للخطأ الاعظمي $\Delta A = |A - A_0|_{max}$ ، هذا ولا يمكن معرفة القيمة (A_0) بدقة من القياس بل نعرف فقط بأنها محصورة بين القيمتين المختلفتين:

$$A + \Delta A \quad \text{و} \quad A - \Delta A$$

أي:

$$A - \Delta A < A_0 < A + \Delta A$$

وقد تكتب:

$$A_0 = A \pm \Delta A$$

(2) الخطأ النسبي *Fractional error* :

لا تدل قيمة الخطأ المطلق على دقة القياس.

فعلى سبيل المثال إذا كان الخطأ المطلق ($\Delta A = 1 \text{ cm}$) وكان الطول المقاس هو (100 m) فالدقة عندئذ جيدة. أما إذا كان الطول المقاس هو (1 m) فالدقة عندئذ متواضعة. لكن إذا كان الطول المقاس هو (1 cm) فالدقة عندئذ كبيرة للغاية.

وبناء على ماتقدم وبغية تقدير دقة قياس ننسب الخطأ المطلق الى القيمة

المقيسة للمقدار فنحصل عندئذ على الخطأ النسبي.

$$\frac{\Delta A}{A} = \text{الارتياب الخطأ}$$

(3) حساب الأخطاء *Errors calculation* :

يمكن قياس المقادير إما بشكل مباشر (قياس طول بالمتري) أو بشكل غير مباشر، وهذا يعني أنه يتم الحصول على النتيجة بعد الحساب ابتداءً من مقدار واحد أو عدة مقادير مقاسة مباشرة. وكمثال على ذلك ايجاد سطح مستطيل ابتداءً من قياسات مباشرة. وكمثال على ذلك أيضاً ايجاد سطح مستطيل ابتداءً من

مقدمة في حساب الأخطاء

قياسات للطول (L) والعرض (I) ثم حساب حاصل الضرب ($L.I$) .

في حالة القياسات المباشرة يتم تقدير الخطأ على النحو التالي:

1- ابتداء من تدريجات جهاز القياس كأن يكون مثلاً (متر مدرج بالمليمتر، فالارتياح المطلق عندئذ يكون 0.5 mm بأعتبار أن أصغر تدريجة تساوي 1 mm). وبشكل عام نأخذ الارتياح المطلق مساو لنصف أصغر تدريجة على الجهاز.

2- بإجراء القياس نفسه عدة مرات، فإذا وجدنا نتائج القياس هي: 101 mm ، 103 mm ، 105 mm ، فعندئذ يمكننا القول أن القيمة التقديرية للمقدار هي متوسط القياسات السابقة، أي $A = 103 \text{ mm}$ ويكون الخطأ المطلق $\Delta A = 2 \text{ mm}$

ومنه فإن:

$$A_0 = (103 \pm 2) \text{ mm}$$

في حالة القياسات اللامباشرة تكون مقادير الأخطاء في القيم المقاسة مباشرة ونفتش عن الخطأ في النتيجة النهائية المحسوبة، يركز هذا النموذج من الحساب على فعلين:

× الخطأ الذي لا يحسب إلا بطريقة تقريبية، عندئذ فإن عدداً واحداً معبراً يكفي في الحالة العامة.

× الخطأ المطلق *absolute difference* وهو في الحالة العامة صغير جداً امام القيمة المقاسة.

$$\Delta A \ll |A|$$

ويمكننا بالتالي اعتبار المفاهيم المبرهن عنها في الرياضيات والمتعلقة بالتفاضلات (صغير جداً) صالحة للأخطاء المطلقة، ونطابق بين الخطأ (ΔA) وتفاضل (A) متذكرين أننا لا نعرف إشارة الخطأ، ولهذا يجب علينا أثناء عملية الطرح تصور الحالة الحدية التي يكون فيها للخطأين إشارات متعاكسة ومن ثم جمع قيمهما المطلقة، وهذا يعني معرفة مقدار الخطأ، وسنشير إلى أكثر أنواع الخطأ أنتشاراً وهي:

a- الخطأ في الجمع أو الطرح:

$$S = A + B$$

$$D = A - B$$

$$dS = dA + dB$$

$$dD = dA - dB$$

$$\Delta S = \Delta A + \Delta B$$

$$\Delta D = \Delta A + \Delta B$$

من الهام ملاحظة أنه في حالة الطرح يكون الخطأ النسبي بشكل عام كبيراً جداً وبالتالي فالدقة تكون صغيرة جداً.

b- الخطأ في عمليتي الضرب والتقسيم:

$$P = A \cdot B$$

$$Q = \frac{A}{B}$$

فبغية التحويل إلى الجمع أو الطرح نتبع (طريقة التفاضلات اللوغاريتمية)

$$\log P = \log A + \log B$$

$$\log Q = \log A - \log B$$

$$\frac{dP}{P} = \frac{dA}{A} + \frac{dB}{B}$$

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{dA}{A} - \frac{dB}{B}$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$$

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta A}{A} - \frac{\Delta B}{B}$$

c- الخطأ في تابع ما :

$$y = f(A)$$

بالتعريف: أن مشتق (y) بالنسبة للمقدار (A) هو:

$$y'A = \frac{dy}{dA}$$

إذن:

$$dy = y'A \cdot dA$$

$$\Delta y = | y'A | \cdot \Delta A$$

ملاحظات عامة:

1- يجب عدم الخلط ما بين الخطأ والتغيرية البيولوجية، فالخطأ مرتبط بالقياس، فهو ينتج من قياساتنا المتعددة للقيمة الحقيقية نفسها (A_0) وهي ثابتة، فنجد نتائج ممتدة ما بين $A_0 - \Delta A$ و $A_0 + \Delta A$ بينما في التغيرية البيولوجية فإن القيمة الحقيقية (A_0) هي نفسها التي تتغير. فمثلاً جميع الرجال المتساوون بالعمر لا يملكون نفس المقاس (حجم، طول...).

2- يقدم حساب الخطأ فائدته الأساسية عندما نعتمد قياساً واحداً، فإذا استطعنا الحصول به على عدة قيم لها نفس المقدار ضمن نفس الشروط فإن الاحصاء يسمح لنا بتفسيرات أكثر دقة.

(4) نتائج:

لا يمكن أن تحتوي القيمة العددية على أرقام معبرة أصغر من قيمة الخطأ المطلق، مكا أنه لا معنى للتعبير الرياضي 1255.65 ± 1 ، وذلك عند مقارنة العدد 1 بالعدد 1255.65.

وأنه عندما لا تكون قيمة الخطأ معطاة فإننا نستطيع تقديرها كحد أدنى بوحدة آخر رقم.

فمثلاً:

$$\Delta A_1 > 1 \quad \text{يمكننا افتراض أن} \quad A_1 = 56$$

$$\Delta A_2 > 0.1 \quad \text{يمكننا افتراض أن} \quad A_2 = 56.0$$

أما من أجل القيم المستخدمة عملياً في الطب الحيوي (نتائج تحاليل بيولوجية مثلاً) فإن الدقة (الخطأ النسبي) أفضل ما يمكن 0.01 لذا يجب أن تكون القيمة العددية للنتيجة محتوية كحد أقصى على ثلاثة أرقام وفاصلة، ولهذا يتم استخدام مضاعفات وأجزاء الوحدات، انظر (الجدول 1).

الرمز	الاسم	العامل
<i>m</i>	ميلي <i>Milli</i>	10^{-3}
μ	ميكرو <i>Micro</i>	10^{-6}
<i>n</i>	نانو <i>Nano</i>	10^{-9}
<i>p</i>	بيكو <i>Pico</i>	10^{-12}
<i>f</i>	فمتو <i>Femto</i>	10^{-15}
<i>a</i>	اتتو <i>Atto</i>	10^{-18}
<i>T</i>	تيرا <i>Tera</i>	10^{12}
<i>G</i>	جيغا <i>Gega</i>	10^9

جدول (1)

الرمز	الاسم	العامل
<i>M</i>	ميغا <i>Mega</i>	10^6
<i>K</i>	كيلو <i>Kilo</i>	10^3

تابع الجدول (1)

(5) خلاصة :

- يقال أن العمليات الرياضية صحيحة ودقيقة تماماً وهذا خطأ، فالبرهان الرياضي هو نفسه صحيح ودقيق تماماً، ولكن بمجرد أن نعالج يدوياً قيماً عديدة توجد عندئذ اخطاء.

وأن التمثيل العشري للأعداد: π , $\sqrt{3}$, $\sqrt{2}$ غير ممكن بدقة تامة وينطبق هذا على كل الاعداد غير الكسرية.

ليست الفيزياء علماً دقيقاً تماماً فعلى سبيل المثال.

في الالكترونيات نعلم بأنه في مضخمات المجموعات العالية الدقة، التلفازات، المذياعات، تتغير الدقة في قيم المقاومات والمكثفات ما بين 5 و 20 بالمئة.

ولكن ماذا نقول عندئذ في الفيزياء الحيوية والبيولوجيا. إذا كانت معلوماتنا التي تزداد سنة بعد سنة تسمح لنا بالفهم الجيد وتفسير الظواهر الفيزيائية في الكائن الحي وكذلك الاحاطة الجيدة بالحقيقة البيولوجية بالبرهان، ومع ذلك توجد عدة مجاهيل حتى الان تحتاج إلى مزيد من البحث. من جهة أخرى فإن جميع الكائنات البشرية ليست متماثلة، فهي لاتملك الكتلة نفسها ولا المقاس نفسه... الخ أي يوجد تموج نظامي لها.

يبين (الجدول 2) القيمتين الحديديتين للتراكيز الرئيسية لمركبات بلازما الدم كما يوضح بأنه لا يوجد لكل واحد منها قيمة نظامية بل متسع من القيم النظامية. والمزعج ما يحدث غالباً، ومن أجل التبسيط والحفظ، أن يحفظ الطالب عن ظهر قلب القيمة المتوسطة كقيمة نظامية معتبراً الابتعاد عن هذه القيمة حالة مرضية. إن تبسيط البراهين وحل التمارين العددية البسيطة. والمؤدية غالباً إلى الابتعاد عن الحقيقة البيولوجية يجب ألا يبلبل ذهن الطالب ويجعله يعامل الكائن الحي كآلة ويطبق عليه القوانين في حين أنه سيرى أمامه كائنات بشرية لها معايير غير رقمية (حالة نفسية، بيئية... الخ) ذات دور كبير.

اسم المركب	الفاصل الطبيعي	تركيز مولي متوسط بال $m \text{ mol/l}$	تركيز مولي متوسط بال $m \text{ mol/kg}$	تركيز متوسط بال mEq/l
<i>Glucose</i>	3 - 5.5 $mmol/l$	4.0	4.24	-
<i>Ure</i>	2.3 - 8.5 $mmol/l$	5.0	5.30	-
Na^{++}	136 - 144 $mmol/l$	140	148	140
K^{+}	3.6 - 5.0 $mmol/l$	4.0	4.24	4.0
<i>Calcium</i>	2.15 - 2.60 $mmol/l$	-	-	-

الجدول (2) قيم عادية لتراكيز مركبات بلازما مألوفاً القياس (المركبات التي تراكيزها المتوسطة اقل او تساوي 1 mmol/l غير موجودة في هذا الجدول

مقدمة في حساب الأخطاء

اسم المركب	الفاصل الطبيعي	تركيز مولي متوسط بال <i>m mol/l</i>	تركيز مولي متوسط بال <i>m mol/kg</i>	تركيز متوسط بال <i>mEq/l</i>
Ca^{++} libre	0.95 - 1.12 mmol/l	1.0	1.06	2.12
Mg.total	0.5 - 1.00 mmol/l	-	0	-
Mg^{++} libre	- 0.5 mmol/l	- 0.5	- 0.5	- 1
Cl^{-}	96 - 105 mmol/l	100	106	100
HCO_3^{-}	24 - 30 mmol/l	26	27.6	26
$PO_4H_2^{-}$ et				
PO_4H^{-}	0.80 - 1.55 mmol/l	1.25	1.32	2.25 (2)
Porteines	60 - 75 mmol/l (3)	1.0 (4)	1.06	16 (5)
Osmolaite				
Mesure (6)	280 - 300 mmol/l		290	

تابع الجدول (2) قيم عادية لتراكيز مركبات بلازما مأثوفة القياس (المركبات التي تراكيزها المتوسطة اقل او تساوي 1 mmol/l غير موجودة في هذا الجدول

ملاحظات حول الجدول (2):

1- القيم الحديدية العادية والمتقاربة هي من أجل بعض المركبات المتباعدة كثيراً عن بعضها البعض. كما أن القيمة النظامية تتعلق بعمر الشخص وساعة أخذ المركب وشروط الحياة، وطريقة الجرعة المستخدمة ... الخ. ولكن حتى من أجل الأيونات التي تأرجحها أقل ما يمكن فهو دائماً أكبر من 3% حول القيمة المتوسطة.

يجب ألا نعتبر القيمة المتوسطة كمعيار مطلق وأن نعزو أقل تغير فيها إلى منشأ مرضي.

2- في (pH) الشرياني العادي للدم $(PO_4H_2^-) = 4 (PO_4H^-)$.

3- البروتينات هي مزيج والتركيز الوزني مقبول.

4- عندما تكون النسبة المئوية للمزيج البروتيني نظامياً.

5- في (pH) الدموي تكون البروتينات متفككة مثل ايونات سالبة الشحنة و اذا

كانت النسبة المئوية للمزيج البروتيني عادية فإن التكافؤ المتوسط هو 16.

6- أن تكون القيمة المقاسة للاسمولاليتيه أصغر من مجموع التراكيز المولية

للمركبات الموجودة يعود الى الفرق مابين التركيز والفعالية.

7- أن مفهوم الارتياح والخطأ نفسه يجب أن يكون دائماً في مخيلة الطبيب

عند تفسير القيم العددية (نتائج التحليل البيولوجية خاصة) وبالفعل فإنه

يضاف إلى ارتياحات القياس في هذه الحالات الاخطاء الطارئة المحتملة أثناء

حمل المريض والنقل إلى المختبر... الخ.

إن تفسير النتائج العددية هذه يجب أن يكون مبنياً على الدراسة والتحليل

السليم وليس بشكل تلقائي، فتشخيص المرض يجب ألا يكون إفتراضياً وبالاحرى

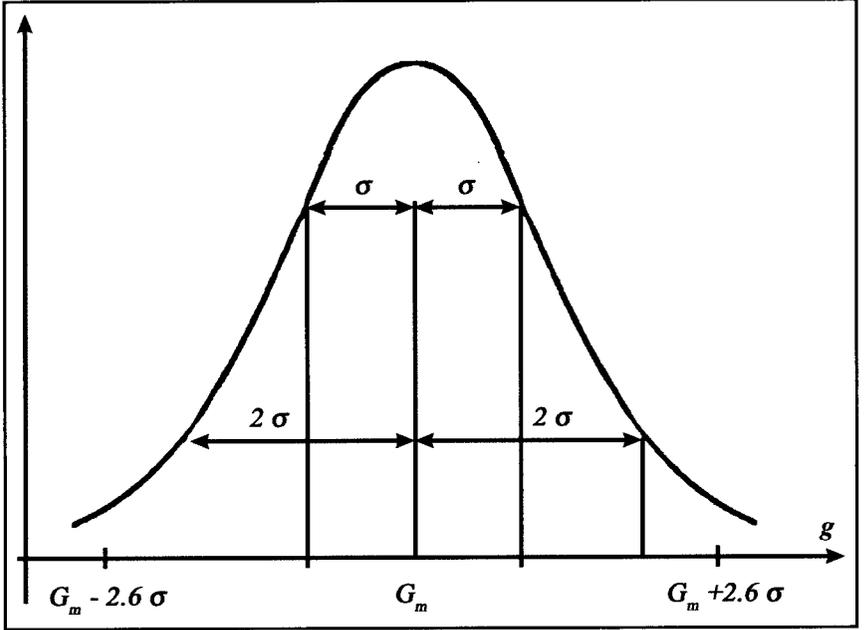
الشروع في العلاج الطبي بالنظر إلى قيمة عددية مرضية منعزلة.

● الاحصاء والاحتمال *Statistics and probability* :

لنفترض أنه استطعنا اجراء عدد كبير من القياسات المستقلة عن بعضها

البعض للمقدار نفسه وأن الرسم البياني للنتائج التي تم الحصول عليها هو كما في

(الشكل 3).



الشكل (3)

نلاحظ بأن المنحنى البياني الناتج متناظر وهو مميز بعددين هما المتوسط (G_m) والفرق من النوع (σ).

حيث (σ) يميز تشتت النتائج وأن احتمال وجود القيمة المقاسة الآتية ضمن المجال الذي مركزه (G_m).

- 1- ونصف عرضه (σ) يساوي الى 56% .
- 2- ونصف عرضه (σ) يساوي الى 95% .
- 3- ونصف عرضه (σ) يساوي الى 99% .

أي أن المجال الذي مركزه يقع في الوسط (G_m) يحتوي على النتيجة باحتمال

قدره (P) ، وأن (P) التي يعبر عنها بنسبة مئوية هي مستوى الثقة (نسبة الثقة) وأن المجال الملائم هو مجال الثقة.

ونرى من أجل المنحنى النظري الموصوف اعلاه أن مستوى الثقة %99 يوافق مجال الثقة

$$(G_m - 2.6\sigma , G_m + 2.6\sigma)$$

• نتائج تجريبية في الفيزياء:

عملياً لا يستطيع الفيزيائي القيام بعدد كبير من القياسات المستقلة بل بقياس وحيد أو بعدة قياسات. وبالتالي فإن (G_m) و (σ) الواردتين في الشرح النظري تكونان مجهولتين ويجب تقديرهما. ويعبر عن النتيجة المقاسة بعددين هما المركز ونصف عرض مجال الثقة، وسنعرض فيما يلي للحالتين الآتيتين:

أ- حالة قياس وحيد:

في عدد كبير من الحالات لا يكون القياس قابلاً للاعادة (أثناء جولة قياس pH ، أثناء تفاعل بطئ...).

إذاً نملك نتيجة وحيدة هي (g) وأنه بغية تحديد مجال الثقة عند مستوى ثقة معطى لا يتوفر لدينا سوى التعليمات المعطاة من قبل صانع جهاز القياس التي تقود الى خطأ مطلق (ϵ_{max}) . وسنتقبل عند مستوى ثقة من مرتبة %99 إن القيمة المجهولة (G) تكون محتواة ضمن مجال الثقة الذي مركزه يقع على (g) ونصف عرضه (ϵ_{max}) :

$$g - \epsilon_{max} < G < g + \epsilon_{max}$$

ب- حالة عدة قياسات:

لنفترض أنه يمكن إعادة القياس. ولنفترض بأن (n) جهاز من نفس النوعية يقيس نفس المقدار.

ولتكن:

$$g_1 , g_2 \dots g_i , \dots g_n$$

نتائج (n) قياس. ولتكن القيمة المتوسطة للقيم التي تم الحصول عليها. أن (\bar{g}) هي قيمة (G_m) أما قيمة (σ) فهي (S_n) (لمس/ زر / σ_{n-1} في الآلات الحاسبة) أي أن:

$$\begin{aligned} i &= n \\ \bar{g} &= \frac{i = 1}{n} \\ S_n &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (g_i - \bar{g})^2}{n-1}} \end{aligned}$$

وأنة عند اجراء عدة قياسات يتم تقليص مجال الثقة، ويكون مجال الثقة عند مستوى ثقة (P) هو:

$$\bar{g} - t_{n,p} \frac{S_n}{\sqrt{n}} \leq G \leq \bar{g} + t_{n,p} \frac{S_n}{\sqrt{n}}$$

حيث ($t_{n,p}$) معامل عددي معطى ضمن جداول معلومة ويتعلق بمستوى الثقة (P) وبالعدد (n) للقياسات المنفذة.

قيم المعامل $t_{n,p}$

n	5	6	7	8	9	10	12	16	20	50	∞
P=95%	2.78	2.57	2.45	2.37	2.31	2.26	2.20	2.13	2.09	2.01	1.96
P=99%	4.60	4.03	3.71	3.50	3.36	3.25	3.11	2.95	2.86	2.68	2.57

● كيفية حساب ϵ_{max}

1- اجهزة بسلم مدرج وعقرب ويتم الحساب باستخدام العلاقة الرياضية:

$$\epsilon_{max} = \frac{c}{100} C$$

حيث:

c : صنف دقة الجهاز ويشار إليه من قبل صانعه

C : القيمة العظمى للسلم المدرج.

مثال:

إذا كان صنف الدقة لمقياس الفولت المستخدم يساوي (2) والقيمة العظمى

للسلم المدرج هي (15V) فإن:

$$\epsilon_{max} = \frac{2}{100} \times 15 = 0.3V$$

فإذا كان فرق الجهد المقاس هو:

$$V_I = 10.0V$$

فإن

$$\frac{\epsilon_{max}}{V_I} = \frac{0.3}{10} = 3\%$$

أما إذا كان فرق الكمون المقاس هو:

$$V_2 = 5.0V$$

فإن:

$$\frac{\epsilon_{max}}{V_2} = \frac{0.3}{5} = 6\%$$

وبالمقارنة نجد بأن قياس (V_1) اكثر دقة من قياس (V_2) وأنه يجب اختيار القيمة العظمى للسلم المدرج حيث يكون عقرب الجهاز واقعاً في النصف الثاني للسلم المدرج.

2- اجهزة اظهر عددية:

إذا كانت القيمة العظمى المختارة التي يقيسها الفولت تساوي ($20V$) وكانت القيمة التي يقيسها هذا المقياس هي ($V = 11.053V$) فإن صانع الجهاز يشير إلى أن (ϵ_{max}) تساوي إلى (0.5%) من القيمة المقروءة يضاف إليها (3) وحدات موافقة لأخر رقم ظاهر وأن آخر رقم ظاهر يرافق ($0.001V$) ومنه:

$$\epsilon_{max} = \frac{0.5}{100} \times 11.053 + 3 \times 0.001 = 0.058V$$

● **الوحدات Measurement units:**

أ- الأبعاد:

(1) تعريف:

يمكن التعبير عن معظم المقادير الفيزيائية (G) ولاسيما المقادير الميكانيكية والكهربائية ابتداءً من ثلاثة مقادير تم اختيارها بشكل ملائم وهي: الطول L ، الكتلة M ، الزمن T .

تعطى العلاقة الرمزية التي تربط ما بين هذه المقادير (عند عدم ادخال قيم عددية) بالشكل التالي:

$$G = L^\alpha M^\beta T^\gamma$$

حيث (γ, β, α) يمكن أن تكون موجبة أو سالبة أو معدومة صحيحة أو كسرية.

وتسمى العلاقة السابقة معادلة ابعاد (G) وعندما تكون $(\gamma, \beta, \alpha = 0)$ فإن $(G=I)$ ولهذا يمكننا القول بأن المقدار (G) في هذه الحالة بدون بعد.

(2) فائدة:

يمكن التعبير عن معظم الوحدات ابتداءً من ثلاثة مقادير وأن مجموع الوحدات الثلاثة الأساسية تشكل نظام وحدات. فمثلاً في $(c.g.s)$ المستخدم أيضاً من بعض البيولوجيين فإن الوحدات الثلاثة الأساسية هي: الطول (cm) ، الكتلة (gr) ، الزمن (s) .

وفي الوقت الحاضر فإن النظام الرسمي المعتمد للقياس هو القياس الدولي (SI) .

في كل علاقة رياضية فيزيائية يوجد تجانس في البعد وهذا يعني أنه على سبيل المثال، وإذا كان لدينا:

$$a = b + c - d$$

فإن ابعاد (a, b, c, d) هي نفسها وذلك كي تكون العلاقة صحيحة.

عندما تحتوي معادلات الابعاد على توابع مثل:

\log ، exp ، sin ... الخ

فإن جميع المقادير المعبر عنها بهذه التوابع تكون بدون ابعاد . فمثلاً:

$$f = \sin g \quad c = e^d \quad a = \log b$$

فإن: (a, b, c, d, f, g) تكون بدون ابعاد .

ب- النظام الدولي للقياس SI :

يعبر عن وحدات قياس الكميات الأساسية السبعة لهذا النظام بالوحدات

التالية:

واحدة الطول هي	m	(متر)
واحدة الزمن هي	s	(ثانية)
واحدة الكتلة هي	Kg	(كيلوغرام)
شدة التيار المقاسة	A	(أمبير)
شدة الإضاءة المقاسة	Cd	(شمعة)
شدة الحرارة المقاسة	K	(كالفن)
كمية المادة المقاسة	mol	(مول)

وهناك وحدتان إضافيتان هما الراديان لقياس الزاوية المستوية والستيراديان

لقياس الزاوية المجسمة .

تمارين غير محلولة

(1) يبين الجدول التالي القيم النظرية (X_0) لمقدار ما والقيم (X) المقاسة:

مالذي يمكن استنتاجه من هذا الجدول:

X_o	100	200	300	400	500	600	700	800
X	111	209	310	409	511	610	709	811

(2) يبين الجدول التالي القيم النظرية (X_o) لمقدار ما والقيم (X) المقاسة:

مالذي يمكن استنتاجه من هذا الجدول:

X_o	100	200	300	400	500	600	700	800
X	104	211	315	421	524	630	734	840

(3) تم معايرة تركيز Na^+ في بلازما دم شخص ما وبدقة (0.01) فوجد في اليوم الأول (140) وفي اليوم الثاني (141) هل ازداد تركيز (Na^+) بين اليوم الأول واليوم الثاني.

(4) بغية تعيين قيمة (pH)، تم قياس فرق الجهد الكهربائي (V volts) ودرجة الحرارة $T = 273 + \theta^\circ C$ ومن ثم تطبيق العلاقة التالية:

$$pH = \frac{V + 0.416}{19.83 \times 10^{-5} T}$$

فكانت نتائج القياس هي:

$$T = 0.184 \pm 0.001 \text{ Volts}$$

$$\theta^\circ C = 27 \pm 1^\circ C$$

وأن $pH = 10.085$.

كيف توضح هذه النتيجة (نفترض بأن الخطأ على 273 و 0.416 و $19.83 \times 10^{-5} T$ مهملة).

(5) في التمرين رقم (4) هل نستطيع باستخدام مقياس فولت أكثر دقة (خطأ V أقل) الوصول إلى دقة في (pH) أكبر بعشر مرات.

(6) تعطى العلاقات ما بين (pH) وتركيز H^+ كما يلي:

$$pH = -\log (H^+)$$

أو:

$$(H^+) = 10^{-pH}$$

عندما $pH = 10.085$

يكون $(H^+) = 82.2P \text{ mol/l}$

استنتج الخطأ المطلق ل (H^+) من ارتياب (pH) الذي تم الحصول عليه في التمرين رقم (4) كيف تفسر النتيجة ل (H^+) .

(7) تم إذابة 161 gr من السكر في الماء بحيث أن الحجم الكلي للمحلول الناتج هو (3) لتر ماهو التركيز بالغم في اللتر للسكر في المحلول.

(8) تم إذابة (161.0 gr) من السكر في الماء بحيث أن الحجم الكلي يساوي (3) لتر ماهو التركيز بالغم في اللتر للسكر في المحلول.