

جمهورية السودان

وزارة التعليم العام

المركز القومي للمناهج والبحث التربوي



بنت الرضا

التعليم الثانوي

الرياضيات الأساسية

ع ١ = $\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$

الصف الثالث

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ
المركز القومي للمناهج والبحث التربوي
بجنت الرضا

كتاب الرياضيات

الاساسية للصف الثالث

إعداد :

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------|
| المركز القومي للمناهج والبحث التربوي | أ. علي محمد الجاك |
| المركز القومي للمناهج والبحث التربوي | د. عبد الله محمود عبد المجيد |
| المركز القومي للمناهج والبحث التربوي | د. عبد الرحمن الهادي أحمد |
| كلية التربية / جامعة الخرطوم | د. إبراهيم عثمان حسن |

المراجعون :

- | | |
|--|--------------------------|
| المركز القومي للمناهج والبحث التربوي | د. بشرى الفاضل إبراهيم |
| توجيه الرياضيات / ولاية الخرطوم | أ. عبد الكريم أميدي طه |
| التعليم الثانوي / ولاية الخرطوم | أ. عبد الكريم عباس خليفة |
| كلية العلوم والتكنولوجيا / جامعة السودان | د. شوقي حسين عبد الله |

تصميم الغلاف :

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| المركز القومي للمناهج والبحث التربوي | أ. مجدي محجوب فتح الرحمن |
|--------------------------------------|--------------------------|

الجمع بالحاسوب :

- | | |
|--------------------------------------|----------------------|
| المركز القومي للمناهج والبحث التربوي | إلهام عبد الرحيم علي |
|--------------------------------------|----------------------|

أكتوبر ٢٠٠٩م

الصفحة	الموضوع
٥٦	الوحدة الثالثة : التكامل (٣ - ١) التكامل كعملية عكسية للتفاضل
٦٤ ٦٦ ٧٤ ٨٠ ٨٨ ٩٥	الوحدة الرابعة : الإحصاء (٤ - ١) مقدمة ونبذة تاريخية (٤ - ٢) مقاييس النزعة المركزية (٤ - ٣) حساب الوسط الحسابي من جدول تكراري ذي فئات (٤ - ٤) الوسيط (٤ - ٥) المنوال (٤ - ٦) التشتت
١٠٨ ١٠٨ ١٠٩ ١١١ ١١٤ ١١٨ ١٢٠ ١٢٨	الوحدة الخامسة : الاحتمالات (٥ - ١) مقدمة (٥ - ٢) التجربة العشوائية (٥ - ٣) فضاء العينة (٥ - ٤) الحادثة (٥ - ٥) العمليات على الحوادث (٥ - ٦) الفرق بين الحادثتين (٥ - ٧) مسلمات نظرية الاحتمالات (٥ - ٨) الاحتمالات المتساوية
١٣٥ ١٣٧ ١٤٠ ١٤٢ ١٤٤ ١٤٦ ١٤٧ ١٤٧ ١٤٨	الوحدة السادسة : المصفوفات (٦ - ١) تمهيد (٦ - ٢) بعض المصفوفات الخاصة (٦ - ٣) تساوي المصفوفات (٦ - ٤) منقول المصفوفة (مدور المصفوفة) (٦ - ٥) جمع المصفوفات (٦ - ٦) خواص جمع المصفوفات (٦ - ٧) طرح المصفوفات (٦ - ٨) ضرب المصفوفة بعدد ثابت (٦ - ٩) خواص ضرب مصفوفة بعدد

المقدمة

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات ، والصلاة والسلام على اشرف خلق الله سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم وعلى آله وأصحابه أجمعين .

أما بعد .

فاستكمالاً لمناهج المرحلة الثانوية ، يسعدنا أن نقدم لأبنائنا الطلاب والمعلمين كتاب الرياضيات للصف الثالث الثانوي (الأساسية) في إطار خطة التطوير التربوي للتعليم الثانوي من جانب ، وتمشياً مع التطور الكبير الذي حدث في محتوى مادة الرياضيات في النصف الأخير من القرن العشرين من جانب آخر ، هذا التطور الذي شمل طريقة عرضها وأسلوبها ولغتها كذلك . ولم تتح الفرصة لمناهج المرحلة الثانوية في السودان لمواكبته طوال الفترة الماضية لذلك حاولنا أن يكون منهجنا في الرياضيات مواكباً لذلك التطور .

لقد تم إعداد مقرر الرياضيات للصف الثالث الثانوي . ويشمل هذا المقرر المفاهيم التي تستكمل البناء الراسي للمحتوى المعرفي الذي يجب أن يلم به الطالب وهو على أعتاب مرحلة التعليم العالي أو ممارسة الحياة العملية والمشاركة الفاعلة في المجتمع .

لقد تم إعداد هذا الكتاب ليضم التفاضل والتكامل ، والإحصاء ، والاحتمالات ، والمصفوفات ، أخذين في الاعتبار أن يشمل كل المفاهيم التي يحتاجها الطالب لمواصلة دراسته في الكليات الأدبية .

لقد عرضت مادة الكتاب ؛ من خلال دروس تحتوي كل منها على فكرة واحدة في الغالب ، ويتوافر في كل درس عدد مناسب من الأمثلة والمسائل لتعميق التدريب في الصف ، أو تعطى على شكل واجب منزلي . وقد توخينا في هذا الكتاب ربط موضوعاته بموضوعات كتب الرياضيات للصفوف السابقة مع الاهتمام بالبرهان الرياضي للحقائق العلمية ومراعاة التوازن بين المفاهيم والمهارات آملين أن نكون قد وفقنا في ذلك كله مرحبين بكل نقد بناء من الموجهين والمعلمين والطلاب وأولياء الأمور لإثراء الكتاب وتطويره .

والله الموفق

المؤلفون

الوحدة الأولى

الدوال الحقيقية والنهائيات

أهداف الوحدة الأولى

بعد دراسة هذه الوحدة نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن :

- ١/ يميز الدالة الحقيقية ويجد صورة العنصر بالقيمة الحقيقية .
- ٢/ يعرف نهاية الدالة عندما s تؤول إلى قيمة معينة .
- ٣/ يجد الدالة الناتجة من تركيب دالتين .
- ٤/ يجد نهاية الدالة كثيرة الحدود والدالة الكسرية البسيطة في الحالات التي يكون ناتج التعويض فيها عدداً حقيقياً ($\frac{\text{صفر}}{\text{صفر}}$) أو ($\frac{\infty}{\infty}$) .
- ٥/ يطبق بعض القواعد المتعلقة بنهاية الدوال في حالات الدوال الناتجة من تركيب أكثر من دالة لجمع وطرح الدالتين وضرب وقسمة الدالتين .
- ٦/ يجد نهايات بعض الدوال المثلثية مثل جاس ، جتاس ، ظاس ، ($\text{جاس} \div \text{س}$) وذلك عندما s تؤول إلى صفر .

الوحدة الأولى

حساب التفاضل والتكامل (الحسبان)

الدوال الحقيقية والنهائيات

(١-١) مقدمة تاريخية :

أطلق الرياضيون على حساب التفاضل والتكامل (الحسبان) ، وهو علم دراسة التغيرات والحركة ، ويدخل في دراسة الكثير من الظواهر الطبيعية والاقتصادية والاجتماعية والنفسية . وله دور عظيم في تطوير الفيزياء والعلوم الهندسية ، كما يدخل في بناء النماذج الرياضية وفي مجالات شتى مثل إدارة الأعمال والطب والأحياء وحتى العلوم السياسية . لذلك يعتبر التفاضل والتكامل محور الرياضيات الأولية بسبب أفكاره وأساليبه وتطبيقاته .

ولم تظهر فكرة التفاضل والتكامل حديثاً إلا في القرن السابع عشر كما يعتقد معظم الرياضيين لكنها ظهرت قبل الميلاد عندما استخدم الإغريق فكرة التكامل عند إيجادهم للمساحة المحددة بمنحنيات .

ويقال أن ثابت بن قرة (٨٢٦ - ٩٠١) م - وهو من علماء المسلمين - وضع أساس علم التفاضل . فقد تمكن من إيجاد حجم الجسم المتولد من دوران القطع المكافئ حول محوره .

ولم يكن التفاضل والتكامل في ذلك الوقت علماً منفصلاً بذاته بل كان جزءاً من علم الجبر إلى أن جاء كل من العالم الإنجليزي إسحق نيوتن (١٦٤٢ - ١٧٢٧) م والفيلسوف الألماني جوتفرد ليبنتز (١٦٤٦ - ١٧١٦) م واكتشف كل منهما مستقلاً عن الآخر علم التفاضل والتكامل . وكان هذا الاكتشاف بداية لعصر جديد في العلوم والرياضيات .

وكتب ليبنتز أول كتاب في هذا العلم عام ١٦٨٤م ونشر عام ١٦٩٣م . كما قام نفس العالم بنشر مقالات عن الحساب المجموعة ثم عدل العنوان في عام ١٦٩٦م إلى حساب التفاضل . وهو الذي وضع الرموز المختلفة لهذا العلم مثل :

د (س) ، د س ، [.

أما إسحق نيوتن فقد توصل إلى حساب التفاضل والتكامل في بحثه عن حلول لمسائل في الفيزياء والفلك . وقد تمكن من استخدامه في وصف حركة الكواكب حول الشمس .

وقد أثبت علم التفاضل والتكامل وعلم الهندسة التحليلية أنهما وسيلتان لهما قوة مذهلة وقدرة فائقة على حل حشد كبير من المسائل والمشكلات التي كانت محيرة وتبدو غير قابلة للحل في ذلك الوقت .

ونسبة لهذه الخصائص المميزة لعلم التفاضل والتكامل ، فقد جذب إليه الكثير من الرياضيين والباحثين ، مثل العالم الألماني اويلر (١٧٠٧ - ١٧٨٣) م ، الذي بحث في كل ميادين الرياضيات الموجودة في عصره وركز في أبحاثه على التفاضل والتكامل حيث قدم التفاضل الجزئي وحساب التغير وتطبيقاتها . أما العالم لويس لاجرانج (١٧٣٦ - ١٨١٣) م فقد ساهم في تطوير جميع فروع الرياضيات بالإضافة إلى تطويره لحساب التفاضل والتكامل .

وشهد القرن التاسع عشر تقدماً عظيماً في التحليل الرياضي (التفاضل والتكامل والهندسة التحليلية) ، ففي عام ١٨٢١م اكتشف العالم كوشي (١٧٨٩ - ١٨٥٧) م نظرية النهايات ، وعرف بعض المفاهيم الأساسية مثل التقارب والتباعد والتكامل المحدد باستخدام النهايات .

أما العالم الألماني ريمان (١٨٢٦ - ١٨٦٦) م فقد اكتشف التكامل الريماني .

ويتميز القرن العشرين بانطلاقة واسعة في مجال التطبيق العملي لمعظم فروع الرياضيات - رغم طبيعتها التجريدية - ومن بينها الحسبان الذي قال عنه الرياضي المشهور جون طون نيومان (١٩٠٣ - ١٩٥٧) م " الحسبان هو أول انجاز في الرياضيات الحديثة " .

ونبدأ دراستنا للحسبان بتعرّف الدوال الحقيقية والنهايات لصلتها الوثيقة بحساب التفاضل والتكامل ونعرض بشئ من التفصيل لمفهوم التفاضل وقواعده الأساسية وتطبيقاته ، ومن ثم نتناول مفهوم التكامل كعملية عكسية للتفاضل ونختتم دراستنا للحسبان التي تشمل الفصول الخمسة الأولى من هذا الكتاب بتعرّف التكامل المحدد وتطبيقاته .

(١ - ٢) التطبيق (الدالة) :

درسنا سابقاً ، وبشيء من التفصيل التطبيقات (الدوال). تعرف الدالة على أنها علاقة من مجموعة غير خالية س إلى مجموعة غير خالية ص يقترن فيها كل عنصر في س بعنصر واحد فقط من ص .
ونقول إن المتغير ص دالة في المتغير س . يسمى س بالمتغير المستقل و ص بالمتغير التابع .

وستقتصر دراستنا في الحسبان على الدوال الحقيقية ، وهي الدوال التي يكون مجالها ومجالها المقابل مجموعتين جزئيتين من مجموعة الأعداد الحقيقية

وتمثل قاعدة الدالة في أغلب الأحيان بتتابع عمليات حسابية نجريها على عنصر س من المجال س لنصل إلى صورته ص في المجال المقابل ص

مثال (١) :

فصورة العنصر ٣ وفق الدالة د (س) = س^٢ + ٢س هي د (٣) = ٣^٢ + ٢ × ٣ = ١٥ .

وصورة العنصر ٢- بالدالة ص = هـ (س) = $\frac{١ + س^٢}{١ - س}$ (س ≠ ١)

$$١ = \frac{٣-}{٣-} = \frac{١ + (٢-) \times ٢}{١ - ٢-} = (٢-) هـ$$

الدالة العددية (الدالة الحقيقية)

إذا عرف تطبيق د من مجموعة جزئية من ح مجموعة الأعداد الحقيقية إلى مجموعة جزئية أخرى منها فإننا نسمى مثل هذا التطبيق دالة عددية ذات متغير حقيقي .

قد نعرف مثل هذه الدالة بعلاقة بين س متغير المجال ، ص صورته في المجال المقابل مثل .
ص = د (س) .

حيث د (س) ناتج عمليات متتالية نجريها على س . تسمى س متغير هذه الدالة .

فالدالة الحقيقية هي دالة عددية متغيرها عدد حقيقي ومعرفة بعلاقة رياضية . وكثيرا ما نهمل عند تعريف دالة عددية المجال والمجال المقابل ونعطي فقط قاعدة الربط بشكل علاقة رياضية . نعتبر في هذه الحالة إن مجال الدالة هي أوسع مجموعة جزئية من ح يمكننا إن نجري عليها العمليات الداخلة في القاعدة. وبصورة خاصة إذا كانت الدالة من الشكل :

د (س) = $a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0$. (س) $\in \mathbb{R}$ قلنا إن هذه الدالة كثيرة حدود أو دالة حدودية وننسبها إلى أعلى قوة في د (س) فإذا كانت في كثيرة الحدود الواردة أعلاه $a_n \neq 0$ قلنا أنها كثيرة حدود من الدرجة ن .

مثال : (٢)

لنتكن الدالة د المعرفة بالقاعدة

$$ص = 3س + ٧ .$$

يمكننا ذكر هذه القاعدة بقولنا : نحصل على صورة س بضرب س بالعدد ٣ وإضافة الناتج إلى ٧ . يدخل في هذه القاعدة عمليتان هما الضرب والجمع .

ونلاحظ أنه يمكن إجراء هاتين العمليتين على كل قيمة تأخذها س من \mathbb{R} لذا نقول أن مجال هذه الدالة هي المجموعة \mathbb{R} كاملة .

فلو أخذنا مثلا العدد ٢ قيمة لس فإننا نجد صورة هذا العدد وفق الدالة المفروضة بان نضربه بالعدد ٣ ثم نضيف إلى الناتج ٧ أي $١٣ = ٧ + ٢ \times ٣$

ونقول عندها أن العدد ١٣ هو صورة العدد ٢ وفق الدالة د ونكتب :

$$د (٢) = ١٣$$

$$د (٣ -) = (٣ -) \times ٣ + ٧ = ٢ - .$$

أي أن العدد ٢- هو صورة العدد ٣- وفق الدالة د .

مثال : (٣)

إذا عرفنا دالة ت بالقاعدة :

$$ص = ت (س) = \frac{١ + ٢س^٣}{٢ + س}$$

فإننا نلاحظ أنه يدخل في هذه القاعدة الجمع والطرح والضرب والقسمة. وأنه يمكن إجراء كل هذه العمليات على قيم س مهما اختلفت إلا على القيمة المساوية ٢ لأنه عندها سنحتاج للقسمة على ٢ - ٢ = ٠ وهذا غير ممكن . لذا نقول إن مجال الدالة هو ح - {٢} أي المجموعة $\mathbb{R} \setminus \{2\}$ بعد رفع العدد ٢ منها . وعلى الطالب حساب ما يلي :

ت (١) ، ت (٠) ، ت (-٣) ، ت (٥)

مجموعة تعريف الدالة ومدى الدالة :

نسمى مجموعة المجال للدالة مجموعة تعريف هذه الدالة ونسمى مجموعة صور عناصر المجال وفق هذه الدالة مدى هذه الدالة . فإذا عدنا إلى الدالة $ص = ٣س + ٧$.

فإن مدى هذه الدالة يساوى مجالها المقابل ، أي أن مجموعة الأعداد الحقيقية ح كاملة . إذ أنه مهما كانت القيمة التي نطيعها لـ ص فإنه يمكننا أن نجد قيمة س تقبل قيمة ص المفروضة صورة لها وذلك بحل معادلة قاعدة التطبيق باعتبار س مجهولاً .

مثال (٤) :

إذا كان $ص = د (س) = ٥ - ٢س$ فجد :

$$د (٣) ، د (٥) ، د (٤ + و)$$

الحل :

$$د (٣) = ٥ - ٢ \cdot ٣ = ٥ - ٦ = -١$$

$$د (٥) = ٥ - ٢ \cdot ٥ = ٥ - ١٠ = -٥$$

$$د (٤ + و) = ٥ - ٢(٤ + و) = ٥ - ٨ - ٢و = -٣ - ٢و$$

$$= ٥ - ٢و + ٨ + ١٦ = ٢٩ - ٢و$$

$$= ١١ + ٨ + و = ١٩ + و$$

تمرين (١ - ١)

(١) إذا كان $v = d(س) = s^2 - ٥$ فجد :

$$d(٠) ، d(٢) ، d(d(٢)) ، d(-٣) ، d(٣) .$$

(٢) إذا كان $d(س) = \frac{s-١}{s+٢}$ فجد :

$$d(٠) ، d(-١) ، d(٢ و) ، d(س+ و)$$

$$(٣) إذا كان $d(س) = \frac{s+٢}{١-s}$$$

$$جد d(٣) ، d(٢+d) ، d(-١) .$$

(٤) إذا كانت $d(س) = أس + ب$ فجد :

$$d \frac{(س+ و) - d(س)}{و} \text{ حيث } و \neq ٠$$

(١ - ٣) العمليات على الدوال :

لتكن d ، $هـ$ الدالتين المعرفتين بـ :

$$d(س) = s^2 ، هـ(س) = ٣س + ١$$

فالعبارة $s^2 + ٣س + ١$ المكونة من حاصل جمع

$$d(س) ، هـ(س) .$$

تعرف دالة ثالثة $ق(س)$ حيث :

$$ق(س) = d(س) + هـ(س) = s^2 + ٣س + ١$$

الدالة $ق$ تسمى حاصل جمع الدالتين d ، $هـ$ ويرمز لها بالرمز

$$(د+هـ) \text{ ويكون :}$$

$$ق(س) = (د+هـ)(س) = d(س) + هـ(س)$$

مثلاً : ق (٢) = د (٢) + هـ (٢) = ٢ = ١ + ٢ × ٣ + ٢ = ١١
 وبنفس الطريقة يمكن تعريف الفرق بين أي دالتين د ، هـ أو حاصل الضرب أو القسمة أو تركيب دالتين (دالة الدالة) كالآتي :

$$\begin{aligned} \text{ر (س)} &= (\text{س}) (\text{هـ} - \text{د}) = (\text{س}) \text{د} - (\text{س}) \text{هـ} \\ \text{ت (س)} &= (\text{س}) (\text{د} \cdot \text{هـ}) = (\text{س}) \text{د} \cdot (\text{س}) \text{هـ} \end{aligned}$$

$$\text{و (س)} = \frac{\text{د}}{\text{هـ}} = (\text{س}) \frac{\text{د (س)}}{\text{هـ (س)}} \text{ ، حيث هـ (س) } \neq \text{صفر}$$

$$\text{د هـ (س)} = \text{د (س) هـ (س)}$$

لاحظ في الحالة الأخيرة أننا نعرض في مكان المتغير س : الدالة د (س)
 بفرض الدالة هـ (س) فيكون كما هو موضح أعلاه د هـ (س) = د (س) هـ (س)
 وكذلك في الحالة هـ د (س) نضع الدالة د (س) في مكان المتغير س في الدالة
 هـ (س) فيكون هـ د (س) = هـ (س) د (س) كما يتضح من خلال الأمثلة التالية :

مثال (٥) :

$$\text{إذا كان د (س)} = \text{س}^٢ + ١ \text{ ، هـ (س)} = \text{س}^٣$$

$$\text{جد (١) د هـ (س) ، هـ د (س) .}$$

$$\begin{aligned} \text{الحل : (د هـ (س))} &= \text{د (س) هـ (س)} = (\text{س}^٣) (\text{س}^٢ + ١) = \text{س}^٥ + \text{س}^٣ \\ \text{هـ د (س)} &= \text{هـ (س) د (س)} = (\text{س}^٢ + ١) (\text{س}^٣) = \text{س}^٥ + \text{س}^٣ \end{aligned}$$

مثال (٦) :

$$\text{إذا كان د (س)} = \text{س}^٣ \text{ ، هـ (س)} = \text{س}^٢ - ١ \text{ فإن :}$$

$$\text{ق (س)} = (\text{س}) (\text{د} + \text{هـ}) = (\text{س}) \text{د} + (\text{س}) \text{هـ}$$

$$= \text{س}^٣ + \text{س}^٢ - ١$$

$$\text{ر (س)} = (\text{س}) (\text{د} - \text{هـ}) = (\text{س}) \text{د} - (\text{س}) \text{هـ}$$

$$= \text{س}^٣ - \text{س}^٢ + ١$$

$$\begin{aligned} \text{ل (س)} &= (\text{س}) (\text{د} \cdot \text{هـ}) = (\text{س}) \text{د} \cdot (\text{س}) \text{هـ} \\ &= \text{س}^٣ (\text{س}^٢ - ١) = \text{س}^٥ - \text{س}^٣ \end{aligned}$$

$$\text{م (س)} = \frac{\text{د}}{\text{هـ}} = (\text{س}) \frac{\text{د (س)}}{\text{هـ (س)}} = \frac{\text{س}^٣}{\text{س}^٢ - ١} \text{ حيث س} \neq \frac{١}{٢}$$

$$د ٥ هـ (س) د (هـ س) = ((س) هـ) د = (١ - س ٢) د = (١ - س ٢) هـ = (٢ - ١) هـ$$

$$١٥ = ١ - ٨ \times ٢ = (٨) هـ = (٢٢) هـ = ((٢) د) هـ = (٢) د ٥ هـ$$

تمرين (٢ - ١)

(١) إذا كانت د (س) = ٣ - ٢س ، هـ (س) = ١ + ٢س

جد : (أ) (د + هـ) (٢) ، (ب) (د - هـ) (٢) ، (ج) $\frac{د}{هـ}$

(د) د ٥ هـ (٢) ، (هـ) هـ ٥ د (٢)

(٢) إذا كانت د (س) = ٤س - ٣ ، هـ (س) = ٥س - ٢

جد :

(أ) د + هـ (ب) د - هـ (ج) د ٥ هـ (د) $\frac{د}{هـ}$

(هـ) د ٥ هـ

(٣) إذا كان د (س) = ٢س ، هـ (س) = جا س

جد : (د + هـ) (س) ، (د ٥ هـ) (س)

د (هـ س) ، هـ (د س)

(١ - ٤) النهايات :

في هذا الفصل نتناول مفهوم ومعنى النهايات والتي لاغنى عنها لدراسة الموضوع الرئيس في هذا الكتاب موضوع التفاضل والتكامل . ونمهد للنهايات بالمثال التالي :

اعتبر الدالة

$$ص = د (س) = \frac{٢س - ٢ - س}{٢ - س}$$

نلاحظ أننا نستطيع إيجاد قيمة د (س) عند أي قيمة حقيقية للمتغير س ما عدا القيمة س = ٢ ، إذ أن التعويض بالعدد ٢ في د (س) يعطينا د (٢) = $\frac{صفر}{صفر}$ وهذا ليس عدداً حقيقياً معرفاً .

ما سنبحثه في هذا الفصل هو : إذا كان من المستحيل إيجاد قيمة د (س) عندما س = ٢ فما هي أقرب قيمة تأخذها د (س) عندما تكون س أقرب ما يمكن من العدد ٢ ؟ أي ما هي القيمة التي تقترب منها د (س) عندما تكون س قريبة جداً من ٢ ؟

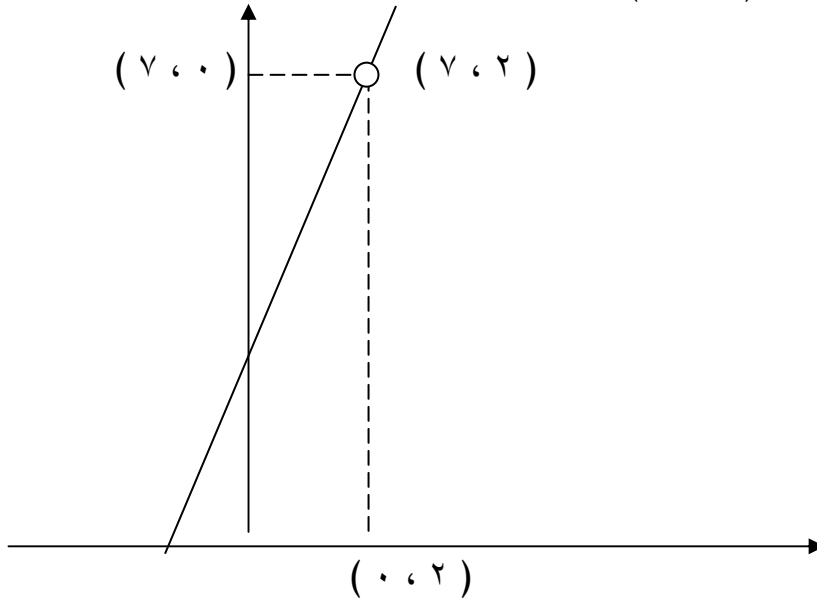
بالنسبة لهذا المثال نلاحظ أن :

$$د (س) = \frac{٢س^٢ - س - ٦}{س - ٢}$$

$$٣ + س٢ = \frac{(٣ + س٢)(٢ - س)}{س - ٢} =$$

بشرط $س \neq ٢$

هذا يعنى أن الدالة د (س) تساوى الدالة ت (س) = ٣ + س٢ لكل قيم س عدا $س = ٢$. فمن الناحية الهندسية فإن الشكل البياني للدالة د (س) هو المستقيم ص = ٣ + س٢ محذوفاً منه النقطة (٢، ٧).
أنظر الشكل (١ - ١).



الشكل (١ - ١)

ومن الشكل إذا اقتربت س من العدد ٢ فإن د (س) تكون قريبة جداً من العدد ٧ . يوضح ذلك الجدول (١ - ١) والجدول (٢ - ١) ، حيث حسبنا قيم د (س) المناظرة لبعض قيم س التي تقترب شيئاً فشيئاً من العدد ٢ .
 ففي الجدول (١ - ١) تقترب س من العدد ٢ من اليمين ونرمز لذلك بالرمز س ← ٢⁺ .
 وفي الجدول (٢ - ١) تقترب س من ٢ من اليسار ونرمز لذلك بالرمز س ← ٢⁻ .

د (س)	س
٥	١
٦	١,٥
٦,٨	١,٩
٦,٩٨	١,٩٩
٦,٩٩٨	١,٩٩٩
٦,٩٩٩٨	١,٩٩٩٩
٦,٩٩٩٩٨	١,٩٩٩٩٩
٦,٩٩٩٩٩٨	١,٩٩٩٩٩٩
↓	↓
٧	٢

د (س)	س
٩	٣
٨	٢,٥
٧,٢	٢,١
٧,٠٢	٢,٠١
٧,٠٠٢	٢,٠٠١
٧,٠٠٠٢	٢,٠٠٠١
٧,٠٠٠٠٢	٢,٠٠٠٠١
↓	↓
٧	٢

جدول رقم (١ - ٢)

الاقتراب من ٢ من اليسار .

جدول رقم (١ - ١)

الاقتراب من ٢ من اليمين .

فالعدد ٧ هو العدد الذي تقترب منه د (س) عندما تكون س قريبة من العدد ٢ . نعبر عن هذا رمزياً كالاتي :

$$\underset{س \leftarrow 2^-}{7} = \underset{س \leftarrow 2^+}{7}$$

وتقرأ : نهاية الدالة د (س) عندما تؤول س إلى ٢ تساوى ٧ .

لاحظ إن s تؤول إلى a لا دخل له بالقيمة d (أ) . ففي المثال التمهيدى السابق كان للنهاية قيمة حقيقية تساوى 7 بينما الدالة نفسها غير معرفة عند $s = 2$. فهناك حالات تكون فيها d (أ) غير معرفة ولكن نها d (س) موجودة بينما هنالك حالات فيها d (أ) معرفة ولكن نها d (س) غير موجودة أو إن وجدت لا تساوى d (أ) . وفي بعض الحالات تكون d (أ) موجودة وتساوى نها d (س) .

وجود النهاية نها d (س) يقتضى أن تساوى عدداً حقيقياً معيناً . أمّا إذا كانت هذه النهاية لها أكثر من قيمة مختلفة أو كانت أكبر من أى عدد يمكن أن نتصوره فإننا نقول إن النهاية ليس لها وجود . وقد اتفق على كتابتها على النحو التالى :

$$\infty = \text{نها } d \text{ (س) }_{s \rightarrow a}$$

إذا كانت ليس لها قيمة محدودة

مثال (١) :

إذا كان :

$$\left. \begin{array}{l} s + 1 , \quad s > 1 \\ 2s + 5 , \quad s \leq 1 \end{array} \right\} = d \text{ (س)}$$

فإن :

نها d (س) غير موجودة .

وذلك لأنه إذا اقتربت s من 1 من جهة اليمين أي من جهة القيم التي تكبر العدد 1 فإن قيمة الدالة تقترب من 7 لأننا نعوضها في المقدار $2s + 5$ أما إذا اقتربت s من 1 من جهة اليسار أي من جهة القيم التي تصغر العدد 1

فإن قيمة الدالة تقترب من ٢ لأننا نعوض العدد ١ بدلاً عن س في المقدار (س + ١) حسب تعريف الدالة . (لاحظ أن قيمة د (١) = ٧ معرفة لماذا ؟) .

مثال (٢) :

$$\text{إذا كانت} \quad \frac{1}{س + ٢} = د (س)$$

$$\text{فإن نها} \quad \frac{1}{س + ٢} = \infty$$

أي غير موجودة وذلك لأنه كلما اقتربت س من - ٢ فإن المقام يقترب من الصفر شيئاً فشيئاً وكلما اقترب المقام من الصفر فإن قيمة د (س) تزداد عددياً بصورة غير محدودة فنقترب من اللانهاية .

من الأمثلة التمهيدية السابقة يتضح إنه ليس هنالك علاقة بين قيمة الدالة د (س) عند أ وبين نها د (س) ، فقد تكون الدالة معرفة عند أ

وليس لها نهاية عندما تؤول س إلى أ ، كما قد تكون الدالة غير معرفة عند أ بينما تؤول فيها إلى نهاية محددة عند اقتراب س من أ .

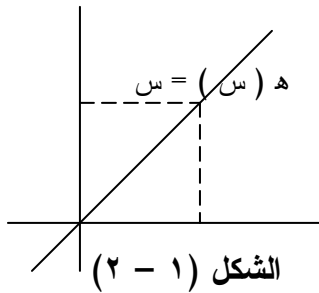
ويمكننا التوصل إلى بعض النظريات أو القواعد التي تساعدنا على إيجاد النهاية بصورة سريعة دون أن نلجأ إلى طريقة الرسم أو تكوين الجداول .

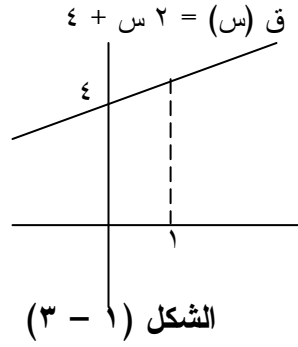
فالدالة الثابتة د (س) = ٣ مثلاً لا تتغير قيمة د (س) بتغير قيم س وهذا يعني أن :

$$\text{نها د (س) = ٣ لأي عدد حقيقي أ}$$

وكذلك الدالة ه (س) = س . فإذا كوّننا الجدول أو رسمنا منحنى هذه الدالة (شكل (١ - ٢)) نجد أن قيمة ه (س) عندما تقترب قيمة س من أي عدد حقيقي أ هي :

$$\text{نها س = أ}$$





وكذلك إذا رسمنا منحنى الدالة :

$$ق (س) = ٢س + ٤$$

وبحثنا عن نها ق (س) نلاحظ :

من الرسم (شكل (١ - ٣)) أن :

$$نها ق (س) = ٦$$

لاحظ أن نها ٢س = ٢ وأن نها ٤ = ٤

من الأمثلة السابقة يمكننا التوصل إلى النظرية التالية :

نظرية (١ - ١) :

(١) إذا كان د (س) = ج حيث ج عدد حقيقي فإن نها د (س) = ج لأي عدد حقيقي أ .

(٢) إذا كان ق (س) = س

فإن نها ق (س) = أ لأي عدد حقيقي أ

(٣) وإذا كان ه (س) = م س + ج فإن

نها ه (س) = م أ + ج

مثال (٣) :

إذا كان ه (س) = س + ٥ ج د :

(أ) نها ٣ ه (س) (ب) نها ٣ ه (س) (ج) نها ٣ ه (س)

الحل :

$$(أ) ٣ ه (س) = (س + ٥) ٣ = ٣س + ١٥$$

$$(ب) نها ٣ ه (س) = نها (٣س + ١٥) = ١٨$$

$$(ج) نها ٣ ه (س) = نها (٣(س + ٥)) = ١٨ = ٦ \times ٣$$

مثال (٤) :

$$\begin{aligned} \text{إذا كان ق (س)} &= \text{س}^2 \\ \text{هـ (س)} &= \text{س} + ١ ، \text{جد} : \\ \text{(أ) ق (س)} &\times \text{هـ (س)} \\ \text{(ب) نها (س)} &= \text{ق (س)} \times \text{هـ (س)} \end{aligned}$$

$$\text{(ج) نها ق (س)} \times \text{نها هـ (س)}$$

الحل :

$$\begin{aligned} \text{(أ) قاعدة ق (س)} &\times \text{هـ (س)} = \text{س}^2 = \text{س}^2 (١ + \text{س} + \text{س}^2) \\ \text{(ب) نها (س)} &= \text{ق (س)} \times \text{هـ (س)} = (\text{س}^2 + \text{س}^3) = ٤ + ٨ = ١٢ \end{aligned}$$

$$\text{(ج) نها ق (س)} \times \text{نها هـ (س)} = \text{نها س}^2 \cdot \text{نها (س)} = ٣ \times ٤ = ١٢$$

من الأمثلة السابقة يمكننا التوصل إلى النظرية التالية :

نظرية (١ - ٢) :

$$\text{إذا كانت نها ق (س)} = \text{ل} ، \text{نها هـ (س)} = \text{ك}$$

وكان ج و ن عددين حقيقيين ثابتين فإن :

$$\text{(١) نها (س)} = \text{ق (س)} \pm \text{هـ (س)} = \text{نها ق (س)} \pm \text{نها هـ (س)}$$

$$\text{ل} = \text{ك} \pm \text{ل}$$

$$\text{(٢) نها ج ق (س)} = \text{ج نها ق (س)} = \text{ج ل}$$

$$\text{(٣) نها (س)} = \text{ق (س)} \cdot \text{هـ (س)} = \text{نها ق (س)} \cdot \text{نها هـ (س)} = \text{ل} \cdot \text{ك}$$

$$\text{(٤) نها (س)} = \frac{\text{ق (س)}}{\text{هـ (س)}} = \frac{\text{نها ق (س)}}{\text{نها هـ (س)}} \quad (\text{ك} \neq ٠)$$

$$\text{(٥) نها (س)} = \text{نها ق (س)} = \text{ل} \cdot \text{ك} = \text{ل} \cdot \text{ل} = \text{ل}^2$$

مثال (٥) :

إذا كان د (س) = $s^2 - 3s + 5$ ، جد :

$$(أ) \quad d(2-) \quad (ب) \quad \text{نها د (س)}_{2-}$$

الحل :

$$(أ) \quad d(2-) = (2-) - 3(2-) + 5 =$$

$$15 = 5 + 6 + 4 =$$

$$(ب) \quad \text{نها (س)}_{2-} = (5 + 3s - s^2)_{2-} = \text{نها } 5_{2-} + \text{نها } 3s_{2-} - \text{نها } s^2_{2-}$$

$$15 = 5 + 6 + 4 = 5 + 2- \times 3 - 4 =$$

$$\text{لاحظ أن نها د (س)}_{2-} = d(2-)$$

يمكننا التوصل إلى القاعدة التالية :

إذا كان ق (س) كثيرة حدود من الدرجة ن ، حيث :

$$ق(س) = m_n s^n + m_{n-1} s^{n-1} + \dots + m_1 s + m_0$$

$$\text{فإن نها ق (س)}_{1-} = ق(أ)$$

تمرين (١ - ٣)

(١) استخدم نظريات النهايات لإيجاد نهاية كل من الدوال التالية:

$$(أ) \quad \text{نها } 13_{3-} \quad (ب) \quad \text{نها } (4s + 3)_{1-}$$

$$(ج) \quad \text{نها } (2s^2 + 5s) (1 + s^2)$$

(٢) إذا علمت أن نها $d_{2-} = 5$ ، نها $h_{2-} = 3$ فجد :

قيمة كل من :

$$(أ) \text{ نها } \left(\frac{2}{3} د - (س) هـ \right) \left((س) هـ \right)$$

$$(ب) \text{ نها } \frac{2}{3} هـ (س)$$

$$(ج) \text{ نها } (د) (س) \times 3 هـ (س)$$

$$(3) \text{ احسب : نها } \left(\frac{3}{4} س - 2 س - 1 \right)$$

(4) جد النهايات التالية :

$$(أ) \text{ نها } \left(\frac{7}{5} س - 2 \right) \quad (ب) \text{ نها } \left(\frac{2}{3} س + 3 \right) \left(س - 1 \right)$$

$$(ج) \text{ نها } \left(\frac{3}{2} س - 2 \right) \quad (د) \text{ نها } \left(\frac{2}{3} س - 3 \right) \left(س + 1 \right)$$

$$(5) \text{ إذا علمت أن نها } \frac{1}{2} د = 7$$

فجد النهايات التالية :

$$(أ) \text{ نها } \left(\frac{2}{3} د - (س) هـ \right) \quad (ب) \text{ نها } \frac{2}{3} د (س)$$

(1 - 5) النهايات للدوال الكسرية :

ما يعنينا الآن هو دراسة بعض الطرق لإيجاد النهايات عندما نحصل على قيم غير معرفة في حالة التعويض المباشر في الدالة . في دراستنا لهذه الطرق سنركز فقط على الحالة التي تكون فيها الدالة على الصورة :

$$\frac{د(س)}{د(س)} \text{ ، حيث أن :}$$
$$\infty = \frac{\infty}{\infty} = \frac{د(س)}{د(س)}$$

أو :

$$\text{نها } \frac{د(س)}{د(س)} = \text{نها } \frac{د(س)}{د(س)} = \text{صفر}$$

نوضح ذلك في الأمثلة التالية :

مثال (١) : $\frac{٧ + س٣ - ٢س٢}{١ - س٥ + ٣س٢}$ جد نها $\infty - س$

الحل :

نقسم كلا من البسط والمقام على $س٢$ (أعلى قوة للمتغير $س$) لنحصل

على :

$$\frac{\frac{٧}{س} + \frac{٣}{س} - ٢}{\frac{١}{س} - \frac{٥}{س} + ٣} = \frac{٧ + س٣ - ٢س٢}{١ - س٥ + ٣س٢} \quad \text{نها } \infty - س$$

فعندما تغدو $س$ أكبر فأكبر ، فإن الحدين $\frac{٣-}{س}$ ، $\frac{٧}{س}$ في البسط يغدوان أصغر فاصغر ، وبالتالي فإن البسط كله يقترب من ٢ ، وبالمثل يقترب المقام من ٣ .

وبالتالي فإن الدالة المعطاه تقترب من القيمة النهائية $\frac{٢}{٣}$.

مثال (٢) :

جد نها $\infty - س$ $\frac{٣ + ٤س٢}{٧ - ٥س٣}$

بالقسمة على أعلى قوة للمتغير $س$ وهي $س٣$ نحصل على :

الحل :

$$\frac{\frac{٣}{س} + \frac{٤}{س}}{\frac{٧}{س} - ٥} = \frac{٣ + ٤س٢}{٧ - ٥س٣} \quad \text{نها } \infty - س$$

$$= \frac{\text{صفر}}{٥} =$$

مثال (٣) :

$$\text{جد : } \frac{\text{نها } \infty \leftarrow \text{س} \quad ٤ + ٥ \text{س} - ١}{٣ + ٢ \text{س}}$$

الحل :

بالقسمة على أعلى قوة للمتغير س نحصل على :

$$\infty = \frac{1}{\text{صفر}} \frac{\frac{1}{\text{س}} - \frac{٥}{\text{س}} + ١}{\frac{٣}{\text{س}} + \frac{١}{\text{س}}} \text{نها } \infty \leftarrow \text{س} = \frac{\text{س} \quad ٤ + ٥ \text{س} - ١}{٣ + ٢ \text{س}} \text{نها } \infty \leftarrow \text{س}$$

مثال (٤) :

$$\text{جد : } \frac{\text{نها } \infty \leftarrow \text{س} \quad ٨ - ٢ \text{س} - ٢}{٤ - \text{س}}$$

الحل :

عند التعويض المباشر نحصل على $\frac{\text{صفر}}{\text{صفر}}$ وهي قيمة غير معرفة ولكن :

$$\frac{(٢ + \text{س}) (٤ - \text{س})}{(٤ - \text{س})} = \frac{٨ - ٢ \text{س} - ٢}{٤ - \text{س}}$$

، $٢ + \text{س} = ٤$ ، $٤ \neq \text{س}$

إذن :

$$٦ = \frac{\text{نها } \infty \leftarrow \text{س} \quad ٨ - ٢ \text{س} - ٢}{٤ - \text{س}}$$

لاحظ في حالة المثال أعلاه إنه عندما س تؤول إلى أ قيمة عددية معينة وينتج عن تعويضها الناتج (صفر ÷ صفر) فإننا نتوقع أن يكون العامل (س - أ) أحد عوامل البسط وكذلك أحد عوامل المقام عند تحليل كل منها . وفي هذه الحالة نلجأ إلى تحليل كل من البسط والمقام واستخراج العامل المشترك (س - أ) فيهما ، أو اختصارهما ثم نعوض عن س بقيمة أ بعد الاختصار ليكون الناتج هو النهاية المطلوبة .

مثال (٥) :

$$\text{جد نها } \infty \leftarrow \text{س} \quad \frac{٢ \text{س}^٢ + ٣ \text{س} + ١}{١ - \text{س}}$$

الحل :

بتعويض $s = 1$ ينتج (صفر ÷ صفر) وهي قيمة غير معينة
وعليه نلجأ إلى التحليل :

$$\begin{aligned} \frac{(1+s)(1+s^2)}{(1+s)(1-s)} &= \frac{1+s^3+s^2+s}{1-s^2} \\ &= \frac{1+s^2}{1-s} \\ &= \frac{1+(1-1) \times 2}{1-1} \\ &= \frac{1-}{2-} \\ &= \frac{1}{2} \end{aligned}$$

تمرين (١ - ٤)

جد النهايات التالية :

$$(1) \lim_{s \rightarrow 2} \frac{s^2 - s - 2}{s - 2}$$

$$(2) \lim_{s \rightarrow 1} \frac{1 - (s + 1)^2}{s}$$

$$(3) \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{4s^2 + 5}{1 + 2s^2}$$

$$(4) \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{s^2 + 1}{s^2 + 3}$$

$$(5) \lim_{s \rightarrow 2} \frac{s^2 - 4}{s - 2}$$

$$(6) \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{s^2 + 3s^3}{s - 1}$$

(١ - ٦) بعض النهايات المهمة :

(١) إذا كان n عدداً صحيحاً موجباً فإن :

$$n \cdot \frac{1}{s} = \frac{s^n - 1}{s - 1} \quad \text{نهاية}$$

البرهان :

فك القوسين في المقدار التالي :

$$(s - 1) (s^{n-1} + s^{n-2} + \dots + s + 1) = s^n - 1$$

$$s^n - 1 = (s - 1) (s^{n-1} + s^{n-2} + \dots + s + 1)$$

$$\therefore s^n - 1 = (s - 1) (s^{n-1} + s^{n-2} + \dots + s + 1)$$

بالقسمة على $s - 1$

$$s^{n-1} + s^{n-2} + \dots + s + 1 = \frac{s^n - 1}{s - 1}$$

(لاحظ أن هناك n من الحدود في الطرف الأيسر) .

$$\therefore \frac{s^n - 1}{s - 1} = s^{n-1} + s^{n-2} + \dots + s + 1$$

$$n \cdot \frac{1}{s} = s^{n-1} + s^{n-2} + \dots + s + 1$$

وهو المطلوب

مثال (١) :

$$4 \times 5^{-4} = \frac{5^4 - 1}{5 - 1} \quad \text{نهاية}$$

$$4 \times 125 =$$

$$500 =$$

نتيجة مباشرة :

$$\frac{ن}{م} = \frac{س - أن}{س - أم} \quad \text{نها}$$

حيث ن ، م عدنان صحيحان موجبان .

البرهان :

$$\frac{س - أن}{س - أم} \div \frac{س - أن}{س - أ} = \frac{س - أن}{س - أم}$$

$$\frac{ن}{م} = \frac{\frac{س - أن}{س - أ}}{\frac{س - أم}{س - أ}} = \frac{س - أن}{س - أم} \quad \text{نها}$$

$$\therefore \frac{ن}{م} = \frac{س - أن}{س - أم} \quad \text{نها}$$

وهو المطلوب

مثال (٢) :

$$٣ \times \frac{٥}{٤} = \frac{٥٣ - ٥}{٤٣ - ٤} \quad \text{نها}$$

$$\frac{١٥}{٤} =$$

في الواقع أن هذه النهاية ليست صحيحة فقط حينما تكون ن عدداً صحيحاً موجباً ، بل هي صحيحة كذلك حينما تكون ن أي عدد حقيقي ولكن برهان ذلك خارج نطاق هذا الكتاب .

$$\frac{١}{٢} = \frac{١}{س - ٢} \quad \text{نها} \quad \text{مثال (٣) :}$$

$$\frac{1}{\sqrt[3]{2}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{2}} =$$

تمرین (۱ - ۵)

جد النهايات التالية :

$$(۱) \quad \frac{\text{نها} \begin{matrix} \text{س}^۳ - ۱ \\ \text{س} - ۱ \end{matrix}}{\text{س} - ۱} \leftarrow ۱$$

$$(۲) \quad \frac{\text{نها} \begin{matrix} \text{س}^۵ + ۱ \\ \text{س} + ۱ \end{matrix}}{\text{س} - ۱} \leftarrow ۱$$

$$(۳) \quad \frac{\text{نها} \begin{matrix} \text{س}^۳ - ۲۷ \\ \text{س} - ۳ \end{matrix}}{\text{س} - ۳} \leftarrow ۳$$

$$(۴) \quad \frac{\text{نها} \begin{matrix} \text{س}^۳ + ۸ \\ \text{س} + ۲ \end{matrix}}{\text{س} - ۲} \leftarrow ۲$$

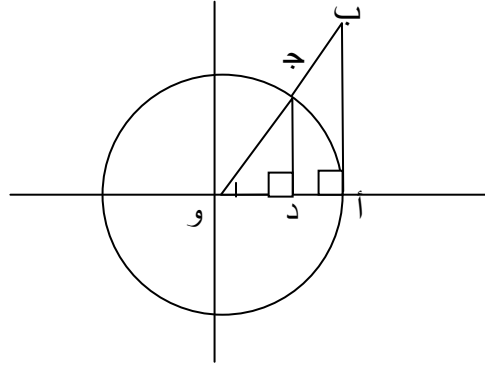
$$(۵) \quad \frac{\text{نها} \begin{matrix} \text{س}^۶ - ۶۴ \\ \text{س} - ۲ \end{matrix}}{\text{س} - ۲} \leftarrow ۲$$

$$(۶) \quad \frac{\text{نها} \begin{matrix} ۱ - \sqrt{\text{س}} \\ \text{س} - ۱ \end{matrix}}{\text{س} - ۱} \leftarrow ۱$$

$$(۷) \quad \frac{\text{نها} \begin{matrix} \text{س} + ۲ \\ \text{س}^۳ + ۸ \end{matrix}}{\text{س} - ۲} \leftarrow ۲$$

$$(۸) \quad \frac{\text{نها} \begin{matrix} ۲۷\text{س}^۳ - ۱ \\ \text{س}^۳ - ۱ \end{matrix}}{\text{س} - ۱} \leftarrow \frac{۱}{۳}$$

(٧-١) نهايات الدوال المثلثية :
البرهان :



الشكل (١ - ٤)

الشكل (١ - ٤) يمثل دائرة نصف قطرها الوحدة مركزها نقطة الأصل و $\overline{ج}$ أو $\overline{س}$ (بالتقدير الدائري) ، $\overline{أب}$ مماس للدائرة عند $\overline{أ}$ ، $\overline{ج د}$ عمود نازل من $\overline{ج}$ على $\overline{أ و}$.
 $\frac{\text{الزاوية المركزية (س)}}{\text{الزاوية الكاملة (} \pi^2 \text{)}} \times \text{محيط الدائرة} = \overline{أ ج}$ طول القوس $\overline{أ ج}$ = محيط الدائرة \times الزاوية المركزية (س)

$$\overline{س} = \frac{\overline{س}}{\pi^2} \times \pi^2 =$$

$$\overline{أ ب} = \frac{\overline{أ ب}}{1} = \frac{\overline{أ ب}}{\overline{أ و}} = \overline{س}$$

$$\overline{ج د} = \frac{\overline{ج د}}{1} = \frac{\overline{ج د}}{\overline{ج و}} = \overline{ج س}$$

لاحظ من الشكل أن : $\overline{ج د} < \overline{ج س}$

$$\overline{ج د} = \overline{ج س} ، \text{ القوس } \overline{أ ج} = \overline{س}$$

∴ $\overline{ج س} > \overline{س}$

$$\frac{\pi}{2} > \overline{س} > 0 \text{ فإذا كانت } 0$$

فإن $0 < \text{جاس} < \text{س}$
 ونأخذ النهاية عندما $\text{س} \leftarrow 0$ نجد أن :

$$\lim_{\text{س} \rightarrow 0} \text{نها جاس} = 0$$

لاحظ من الشكل أن $\overline{\text{جد}} > \text{طول القوس أ ج} > \overline{\text{أ ب}}$
 أي أن :
 $\text{جاس} > \text{س} > \text{ظاس}$
 بما أن س موجبة فإن :

$$\frac{1}{\text{جاس}} > \frac{1}{\text{س}} > \frac{1}{\text{ظاس}}$$

بالضرب في جاس نجد أن :

$$1 < \frac{\text{جاس}}{\text{س}} < \text{جتاس}$$

هذه المتباينة صحيحة حتى إذا كان س سالبة حاول إثبات ذلك .

بأخذ النهاية عندما $\text{س} \leftarrow 0$.

$$\lim_{\text{س} \rightarrow 0} \frac{\text{نها جاس}}{\text{س}} \leq 1 \leq \lim_{\text{س} \rightarrow 0} \text{نها جتاس}$$

$$\text{أي } 1 \leq \lim_{\text{س} \rightarrow 0} \frac{\text{جاس}}{\text{س}} \leq 1 \quad (\text{لأن } \lim_{\text{س} \rightarrow 0} \text{نها جتاس} = 1)$$

$$\lim_{\text{س} \rightarrow 0} \frac{\text{جاس}}{\text{س}} = 1 \quad \text{إذن}$$

وهو المطلوب .

$$1 = \lim_{\text{س} \rightarrow 0} \frac{\text{نها جاس}}{\text{س}}$$

مثال (٤) : أثبت أن $1 = \frac{\text{ظاس}}{\text{س}} \cdot \frac{\text{س}}{\text{جتاس}}$

الحل :

$$\frac{\text{ظاس}}{\text{س}} \times \frac{\text{جتاس}}{\text{س}} = \frac{\text{ظاس}}{\text{س}}$$

$$\frac{\text{ظاس}}{\text{س}} \cdot \frac{\text{جتاس}}{\text{س}} = \frac{\text{ظاس}}{\text{س}}$$

$$1 = 1 \times 1 =$$

مثال (٥) : جد $\frac{\text{جا٣س}}{\text{س}} \cdot \frac{\text{س}}{\text{ع}}$

الحل :

ضع $ع = ٣$ س . ع ← ٠ عندما س ← ٠

$$\therefore \frac{\text{جا٣س}}{\text{س}} \cdot \frac{\text{س}}{\text{ع}} = \frac{\text{جا٣ع}}{\text{ع}} = \frac{\text{جا٣ع}}{\text{ع}}$$

$$٣ = ١ \times ٣ = \frac{\text{جا٣ع}}{\text{ع}}$$

تمرین (۱ - ۶)

جد النهایات التالیة :

$$(۱) \text{ نها } \frac{\text{جا } ۳ \text{ س}}{\text{س. س. جا } ۵ \text{ س}}$$

$$(۲) \text{ نها } \frac{\text{س جا } ۱}{\text{س. س. س}}$$

$$(۳) \text{ نها } \frac{\text{جا } ۵ \text{ س}}{\text{س. س. س}}$$

$$(۴) \text{ نها } \frac{\text{ظا } ۳ \text{ س}}{\text{س. س. س}}$$

$$(۵) \text{ نها } \frac{\text{۱ - جتا س}}{\text{س. س. س}}$$

$$(۶) \text{ نها } \frac{\text{جا } ۲ \text{ س} + \text{ظا } ۳ \text{ س}}{\text{س. س. س}}$$

$$(۷) \text{ نها } \frac{\text{جا } ۳ \text{ س جا } ۵ \text{ س}}{\text{س. س. س}}$$

$$(۸) \text{ نها } \frac{\text{جا } ۴ \text{ س} + \text{۱ - جتا س}}{\text{س. س. س}}$$

الوحدة الثانية

التفاضل

أهداف الوحدة الثانية التفاضل

بعد دراسة هذه الوحدة نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن :

- ١/ يعرف متوسط معدل التغير ومعدل التغير .
- ٢/ يجد معدل التغير للدالة إذا عرف مقدار التغير في متغيرها المستقل .
- ٣/ يجد مشتقة الدالة كثيرة الحدود .
- ٤/ يجد مشتقة الدالة الناتجة من حاصل ضرب وحاصل قسمة دالتين .
- ٥/ يجد مشتقة دالة الدالة .
- ٦/ يجد مشتقة الدالة المعرفة ضمناً .
- ٧/ يجد المشتقة الثانية والثالثة للدالة .
- ٨/ يجد العلاقة بين قيمة المشتقة الأولى للدالة عند نقطة وميل المماس عند تلك النقطة ويطبق ذلك لإيجاد الميل ومعادلة المماس عند نقطة معينة .

الوحدة الثانية

التفاضل

(٢ - ١) التغير ومتوسط معدل التغير :

في هذا الفصل سنهتم بمعالجة مسألة إيجاد ما يسمى بمعدل التغير ، مثل معدل التغير في المسافة التي يقطعها صاروخ بالنسبة إلى الزمن عند نقطة معينة في الفضاء ، أو معدل الزيادة في المساحة السطحية لقرص يتمدد بالحرارة بالنسبة إلى نصف قطره ، أو معدل التغير في إنتاج سلعة بالنسبة لعدد المشتغلين بصناعة هذه السلعة . في كل هذه الأمثلة وغيرها نفترض معرفتنا للدالة التي تربط بين المتغيرين المذكورين ، بين المسافة والزمن ، و بين مساحة سطح القرص ونصف قطره ، و بين الإنتاج وعدد العمال وهكذا .

وبصورة عامة نفرض أن $v = d(s)$ وأن s تغيرت من s_1 إلى s_2 تبعاً لذلك تتغير v من $v_1 = d(s_1)$ إلى $v_2 = d(s_2)$. ونقول إن s قد طرأ عليها تغير بمقدار $s_2 - s_1$ ، ونرمز له بـ Δs (دلتا s) وتبعاً لذلك تغيرت v بمقدار $v_2 - v_1$ ، ونرمز له بـ Δv . أي :

$$\Delta v = v_2 - v_1$$

$$\Delta v = v_2 - v_1 = d(s_2) - d(s_1)$$

بكتابة $v_2 = d(s_2) + \Delta v$ فإن :

$\Delta v = d(s_2) - d(s_1) + \Delta v$ ولكل s يمكن حساب التغير في v بـ :

$$\Delta v = d(s_2) - d(s_1) + \Delta v$$

متوسط معدل التغير :

يعرف متوسط معدل تغير الدالة $v = d(s)$ إذا تغيرت s من s_1

إلى s_2 بـ :

$$\Delta v \neq 0 \quad \frac{d(s_2) - d(s_1)}{\Delta s} = \frac{\Delta v}{\Delta s}$$

مثال (١) :

احسب متوسط معدل التغير للدالة $v = d(س)$ عندما تتغير $س$ من ٣ إلى ٣,٢١ .

الحل :

$$\Delta v = d(س + \Delta) - d(س)$$

$$س = ٣ ، \Delta س = ٣,٢١ - ٣ = ٠,٢١$$

$$\therefore \Delta v = d(٣,٢١) - d(٣) = \sqrt{٢ - ٣,٢١} - \sqrt{٢ - ٣}$$

$$= \sqrt{١,٢١} - \sqrt{١} = ١,١ - ١ = ٠,١$$

$$\therefore \frac{\Delta v}{\Delta س} = \frac{٠,١}{٠,٢١} = \frac{١٠}{٢١} \approx ٠,٤٧٦$$

مثال (٢) :

تتمدد صفيحة دائرية بالتسخين . احسب متوسط معدل التغير في مساحتها عندما يتغير طول نصف قطرها من ٦ سم إلى ٦,١ سم .

الحل :

نفرض أن طول نصف القطر = $نق$

مساحة الصفيحة $م = د(نق) = \pi نق^2$

$$\frac{\Delta م}{\Delta نق} = \frac{د(٦) - د(٦,١)}{٦ - ٦,١} = \frac{[\pi(٦^2 - (٦,١)^2)]}{٠,١}$$

$$= \frac{١٢,١ \times ٠,١ \times \pi}{٠,١} = \frac{(٦ + ٦,١)(٦ - ٦,١) \pi}{٠,١} =$$

$$= \pi ١٢,١$$

تمرين (٢ - ١)

(١) جد متوسط معدل التغير للدوال المذكورة .

أ . د (س) = $2 - س$ عندما تتغير س من ١ إلى ٢ .

ب . د (ر) = $\sqrt{3 + ر}$ عندما تتغير ر من ٠ إلى ٢ .

ج . د (س) = $س^3 - ١$ عندما تتغير س من ٠ إلى $\frac{١}{٢}$

(٢) يتحرك جسم في خط مستقيم بحيث يكون بعده ف عن نقطة ثابتة بعد ن ثانية معطى بالعلاقة :

$$ف = ٢ن - ٥ + ن$$

احسب سرعته المتوسطة (أى متوسط تغير ف بالنسبة لـ ن) خلال التغير من ن = ١ ث إلى ن = ٣ ث .

(٣) فقاعة من الصابون كروية الشكل تتمدد محافظة على شكلها الكروي .

احسب متوسط معدل التغير في مساحة السطح الكروي للفقاعة عندما

يتغير طول نصف قطرها من ٦ مم إلى ٦,٢ مم . (مساحة سطح

الكرة بدلالة نصف قطرها نق تساوى ٤π نق^٢) .

(٢ - ٢) مشتقة الدالة :

نمهد للمشتقة بالمسألة الهندسية التالية :

جد ميل المماس لمنحنى الدالة ص = د (س) عند النقطة

(س_١، د (س_١)) . من دراستنا للهندسة الإحداثية عرفنا أن ميل المستقيم

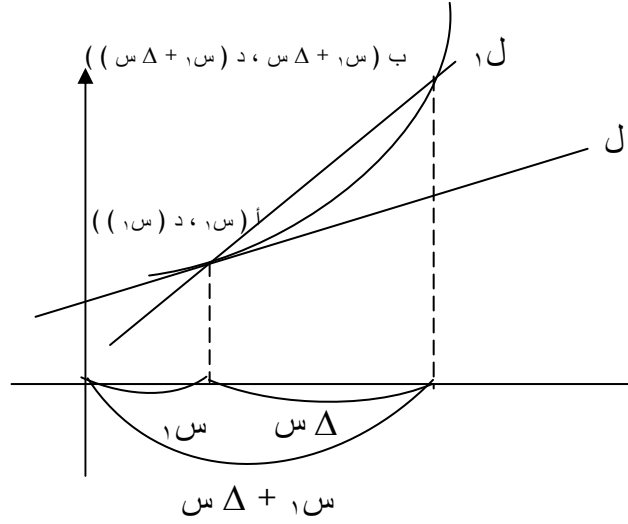
الواصل بين أي نقطتين يساوي فرق الإحداثيين الصاديين للنقطتين مقسوماً على

فرق الإحداثيين السينيين لهما ميزات الترتيب. إذن :

ميل الوتر ل_١ الواصل بين النقطتين أ(س_١، د (س_١)) و ب

$$(س_{١} + \Delta, د(س_{١} + \Delta)) \text{ يساوي } :$$

$$\frac{د(س_{١} + \Delta) - د(س_{١})}{س_{١} + \Delta - س_{١}} = \frac{د(س_{١} + \Delta) - د(س_{١})}{\Delta}$$



الشكل (٢ - ٢)

فإذا تحركت ب نحو أ اقترب الوتر ل_١ شيئاً فشيئاً من المماس ل_١ لمنحنى ص = د (س) عند أ (س_١، د (س_١)) ومن ثم يقترب المقدار :

$$\frac{d(s_1 + \Delta) - d(s_1)}{\Delta s} \quad \text{نحو ميل المماس للمنحنى عند}$$

أ (س_١، د (س_١)) إذا ميل المماس عند س = س_١ هو النهاية التي يستقر عندها المقدار :

$$\frac{d(s_1 + \Delta) - d(s_1)}{\Delta s} \quad \text{كلما اقتربت ب من أ (أي كلما}$$

اقتربت Δ س من الصفر) .

إذن ميل المماس لمنحنى الدالة ص = د(س) عند س = س_١ هو النهاية.

$$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{d(s_1 + \Delta) - d(s_1)}{\Delta s} \quad \text{نها}$$

بفرض وجود تلك النهاية .

بما أن s_1 أي نقطة في نطاق أو مجال تعريف الدالة $v = d(s)$ فإن النهاية .

$$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{d(s + \Delta s) - d(s)}{\Delta s}$$

إن وجدت ، تعنى هندسياً ميل المماس لمنحنى الدالة $v = d(s)$ عند s ويسمى بالمشتقة الأولى للدالة v بالنسبة لـ s ، ويرمز للمشتقة بـ :

$$v' \text{ أو } \frac{dv}{ds} \text{ أو } d'(s) \text{ أو } \frac{d}{ds}(d(s))$$

وتسمى أيضاً بالمعامل التفاضلي الأول لـ v بالنسبة لـ s وتسمى بمعدل تغير v بالنسبة لـ s .
إذن نكتب :

$$d'(s) = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{d(s + \Delta s) - d(s)}{\Delta s}$$

سنتطرق لاحقاً إلى قواعد أساسية لإيجاد المشتقات الأولى للدوال المختلفة غير أنه يمكن إيجاد المشتقات مباشرة من التعريف وذلك بما يعرف بإيجاد المشتقة من المبادئ الأولية .

مثال (١) :

جد المشتقة الأولى للدالة $v = s^2$ من المبادئ الأولية ، ثم جد قيمتها العددية عند $s = 3$ ، ماذا يعنى ذلك هندسياً ؟

الحل :

$$v = d(s) = s^2$$

$$d'(s) = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{d(s + \Delta s) - d(s)}{\Delta s}$$

وبما أن $d = (s)^2$

$$\therefore d = (s + \Delta s) = (s + \Delta s)^2$$

$$\therefore d'(s) = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{(s + \Delta s)^2 - s^2}{\Delta s}$$

$$= \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{s^2 + 2s\Delta s + \Delta s^2 - s^2}{\Delta s}$$

$$= \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{2s\Delta s + \Delta s^2}{\Delta s}$$

$$= \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta s(2s + \Delta s)}{\Delta s}$$

$$= \lim_{\Delta s \rightarrow 0} (2s + \Delta s)$$

وبما أن $\Delta s \rightarrow 0$

$$\therefore d'(s) = (s)^2 = 2s, \text{ عند } s = 3$$

$$\therefore d'(3) = 2 \times 3 = 6$$

هندسياً تعنى ان ميل المماس لمنحنى الدالة $v = s^2$ عند النقطة

$(3, 9)$ هو 6 .

مثال (2) :

إذا كان $v = \frac{1}{s}$ فجد $\frac{dv}{ds}$ من المبادئ الأولية .

الحل :

$$v = \frac{1}{s}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}} &= \frac{\Delta \text{د} - (\Delta \text{س} + \text{س})}{\Delta \text{س}} \\
&= \frac{\Delta \text{د} - \Delta \text{س} - \text{س}}{\Delta \text{س}} \\
&= \frac{(\Delta \text{د} + \text{س}) - \text{س}}{(\Delta \text{س} + \text{س})} \\
&= \frac{\Delta \text{د}}{(\Delta \text{س} + \text{س})} \\
&= \frac{1}{(\Delta \text{س} + \text{س})} \\
\frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}} &= \frac{\Delta \text{د}}{\Delta \text{س}} \cdot \frac{1}{(\Delta \text{س} + \text{س})} \\
&= \frac{1}{\Delta \text{س}}
\end{aligned}$$

تمرين (٢ - ٢)

جد المشتقات الأولى للدوال التالية من المبادئ الأولية :

$$(1) \text{ص} = 5 - 3 \text{س}$$

$$(2) \text{ص} = 2 \text{س} - 2$$

$$(3) \text{ص} = \frac{1}{3} \text{س}$$

$$(4) \text{ ص } = (2 \text{ س } + 5)^2$$

$$(5) \text{ ص } = \frac{1}{2 \text{ س}}$$

$$(6) \text{ ص } = \sqrt{\text{س}}$$

(2 - 3) إيجاد المشتقة الأولى لبعض الدوال :

(أ) الدالة الثابتة $\text{ص} = \text{أ}$ (أ ثابت) :

$$\text{ص} = \text{د} = (\text{س}) \text{ أ}$$

$$\frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}} = \frac{\text{د} (\text{س} + \Delta \text{س}) - \text{د} (\text{س})}{\Delta \text{س}}$$

$$\text{صفر} = \frac{0}{\Delta \text{س}} = \frac{\text{أ} - \text{أ}}{\Delta \text{س}} =$$

$$\therefore \frac{\text{د} \text{ص}}{\text{د} \text{س}} = \text{نها} = \frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}} = \text{صفر}$$

$$\therefore \frac{\text{د}}{\text{د} \text{س}} = (\text{أ}) = 0$$

(ب) الدالة $\text{ص} = \text{س}^{\text{ن}}$ (ن عدد صحيح ثابت) :

$$\text{ص} = \text{د} = (\text{س})^{\text{ن}}$$

$$\frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}} = \frac{\text{د} (\text{س} + \Delta \text{س})^{\text{ن}} - \text{د} (\text{س})^{\text{ن}}}{\Delta \text{س}}$$

$$= \frac{(\text{س} + \Delta \text{س})^{\text{ن}} - \text{س}^{\text{ن}}}{\Delta \text{س}}$$

$$= \frac{(\text{س} + \Delta \text{س})^{\text{ن}} - \text{س}^{\text{ن}}}{(\text{س} + \Delta \text{س}) - \text{س}}$$

(د) الدالة ص = جا س :

$$\text{ص} = \text{د} (\text{س}) = \text{جا س}$$

$$\frac{\text{د} (\text{س} + \Delta \text{س}) - \text{د} (\text{س})}{\Delta \text{س}} = \frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}}$$

$$= \frac{\text{جا} (\text{س} + \Delta \text{س}) - \text{جا س}}{\frac{\text{س}^2 + \Delta \text{س} \Delta \text{س} + \Delta \text{س} \Delta \text{س}}{2} - \frac{\text{جا س}}{2}} = \frac{\Delta \text{س}}{\Delta \text{س}}$$

$$= \frac{\text{جا} \left(\frac{\Delta \text{س}}{2} + \text{س} \right) - \frac{\Delta \text{س}}{2}}{\frac{\Delta \text{س}}{2}}$$

$$\therefore \frac{\text{د ص}}{\text{د س}} = \frac{\text{جا} \left(\frac{\Delta \text{س}}{2} + \text{س} \right) - \frac{\Delta \text{س}}{2}}{\frac{\Delta \text{س}}{2}} \cdot \frac{\Delta \text{س}}{\Delta \text{س}}$$

$$= \text{جا س} \times 1 = \text{جا س}$$

لأنه بوضع ع = $\frac{\Delta \text{س}}{2}$ فإن :

$$1 = \frac{\text{جا ع}}{\text{ع}} \cdot \frac{\Delta \text{س}}{\Delta \text{س}} = \frac{\text{جا} \left(\frac{\Delta \text{س}}{2} + \text{س} \right) - \frac{\Delta \text{س}}{2}}{\frac{\Delta \text{س}}{2}} \cdot \frac{\Delta \text{س}}{\Delta \text{س}}$$

إذا كان ص = جا س

$$\text{فاين} = \frac{د ص}{د س} = \text{جتا س}$$

(هـ) الدالة ص = جتا س :

أما إذا كانت ص = د (س) = جتا س

$$\text{فاين} = \frac{\Delta ص}{\Delta س} = \frac{\text{جتا (س} + \Delta س) - \text{جتا س}}{\Delta س}$$

$$= \frac{\text{جا } \frac{\Delta س + 2 س}{2} - \text{جا } \frac{\Delta س}{2}}{\Delta س}$$

$$= \frac{\text{جا } \frac{\Delta س}{2} - \text{جا (س} + \frac{\Delta س}{2})}{\frac{\Delta س}{2}}$$

$$\therefore \frac{د ص}{د س} = \frac{\text{نها } \left(\text{جا } \frac{\Delta س}{2} + \text{س} \right) - \text{نها } \left(\text{جا } \frac{\Delta س}{2} \right)}{\Delta س} = \frac{\text{جا } \frac{\Delta س}{2}}{\frac{\Delta س}{2}}$$

$$= - \text{جا س} = 1 \times - \text{جا س} =$$

إذا كان ص = جتا س

$$\text{فاين} = \frac{د ص}{د س} = - \text{جا س}$$

تمرين (٢ - ٣)

جد قيمة $\frac{د ص}{د س}$ في كل من الحالات التالية :

$$(١) ص = ٧ -$$

$$(٢) ص = س^{\circ}$$

$$(٣) ص = \sqrt{س}$$

$$(٤) ص = \frac{١}{س^٥}$$

$$(٥) ص = ٣ جتا س + س^٤ + ٣ س^٢ - ٤ س + ٣$$

$$(٦) ص = \frac{٧}{س}$$

$$(٧) ص = ٢س^{-٣}$$

$$(٨) ص = \sqrt[٢]{س}$$

(٢ - ٤) القواعد الأساسية للتفاضل :

(أ) مشتقة مجموع أو فرق الدالتين :

لتكن كل من ل ، ع دالتين في المتغير س

$$ص = ل \pm ع$$

فإذا تغيرت س بمقدار Δ س فإن كلا من ص ، ل ، ع تتغير بمقدار Δ ص ، Δ ل ، Δ ع على الترتيب .

$$\therefore ص + \Delta = (ل + \Delta) \pm (ع + \Delta)$$

$$\Delta ص = \Delta ل \pm \Delta ع$$

$$\therefore \frac{\Delta ص}{\Delta س} = \frac{\Delta ل}{\Delta س} \pm \frac{\Delta ع}{\Delta س}$$

بأخذ النهايات عندما Δ س \leftarrow ٠

$$\frac{\Delta ع}{\Delta س} \pm \frac{\Delta ل}{\Delta س} = \frac{\Delta ص}{\Delta س} \leftarrow$$

$$\therefore \frac{د ع}{د س} \pm \frac{د ل}{د س} = \frac{د ص}{د س}$$

أي المشتقة الأولى بمجموع أو فرق الدالتين يساوى مجموع أو فرق مشتقتي الدالتين . ويمكن تعميم ذلك بأن :

المشتقة الأولى للمجموع أو الفرق لأي عدد من الدوال يساوى المجموع أو الفرق لمشتقات تلك الدوال.

مثال (١) :

$$\text{جد } \frac{د}{د س} (س^٥ - ٤س^٢ + ٢س + ٤)$$

الحل :

$$\frac{د}{د س} (س^٥ - ٤س^٢ + ٢س + ٤)$$

$$= \frac{د}{د س} س^٥ - \frac{د}{د س} ٤س^٢ + \frac{د}{د س} ٢س + \frac{د}{د س} ٤$$

$$= ٥س^٤ - ٨س + ٢ + \text{صفر}$$

(ب) مشتقة حاصل ضرب الدالتين :

إذا كانت كل من ل ، ع دالتين في المتغير س وكان ص = ل ع

وتغيرت س الي س + Δ س

فإن ص تتغير إلى ص + Δ ص

و ل تتغير إلى ل + Δ ل

و ع تتغير إلى ع + Δ ع

ويكون : ص + Δ ص = (ل + Δ ل) (ع + Δ ع)

$$= ل ع + ل \Delta ع + ل \Delta ل + ل \Delta ع$$

$$\therefore \Delta \text{ص} = \Delta \text{ع} + \Delta \text{ل} + \Delta \text{ع} \Delta \text{ل}$$

$$\therefore \frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}} = \frac{\Delta \text{ع}}{\Delta \text{س}} + \frac{\Delta \text{ل}}{\Delta \text{س}} + \frac{\Delta \text{ع} \Delta \text{ل}}{\Delta \text{س}}$$

وبأخذ النهايات عندما $\Delta \text{س} \rightarrow 0$

$$\text{نها } \frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}} = \text{نها } \frac{\Delta \text{ع}}{\Delta \text{س}} + \text{نها } \frac{\Delta \text{ل}}{\Delta \text{س}} + \text{نها } \frac{\Delta \text{ع} \Delta \text{ل}}{\Delta \text{س}}$$

$$\therefore \frac{d\text{ص}}{d\text{س}} = \frac{d\text{ع}}{d\text{س}} + \frac{d\text{ل}}{d\text{س}} + \text{نها } \frac{\Delta \text{ع} \Delta \text{ل}}{\Delta \text{س}}$$

$$= \frac{d\text{ع}}{d\text{س}} + \frac{d\text{ل}}{d\text{س}} + 0, \text{ لأن نها } \Delta \text{ل} = 0$$

وهو المطلوب

$$\frac{d(\text{ع ل})}{d\text{س}} = \frac{d\text{ع}}{d\text{س}} + \frac{d\text{ل}}{d\text{س}}$$

تعرف مشتقة حاصل ضرب دالتين بأنها :

الأولى \times مشتقة الثانية + الثانية \times مشتقة الأولى

نشاط :

$$\text{جد: } \frac{d}{d\text{س}} (\text{س}^{\circ} \times \text{س}^{\text{آ}}) \text{ باستخدام القاعدة السابقة ، ثم جد } \frac{d}{d\text{س}} \text{س}^{\text{ح}}$$

ماذا تلاحظ ؟

مثال (٢) :

$$\text{جد : } \frac{d}{d\text{س}} (\text{س}^{\text{ه}} - \text{س}^{\text{ب}}) \text{ (جا س)}$$

الحل :

$$\frac{د}{دس} (٥س٣ - ٢س) (جاس)$$

$$+ (جاس) \frac{د}{دس} \times (٥س٣ - ٢س) =$$

$$(جاس) \frac{د}{دس} (٥س٣ - ٢س)$$

$$= (٥س٣ - ٢س) (جاس) + (جاس) (٥س٣ - ٢س)$$

$$= (٥س٣ - ٢س) جاس + (٥س٣ - ٢س) جاس$$

(ج) مشتقة قسمة دالتين :

$$\frac{\frac{د}{دس} ل - \frac{دل}{دس} ع}{\frac{د}{دس} ع} = \left[\frac{ل}{ع} \right] \frac{د}{دس} = \frac{دص}{دس}$$

نعرف مشتقة خارج قسمة دالتين بـ :

$$\frac{\text{المقام} \times \text{مشتقة البسط} - \text{البسط} \times \text{مشتقة المقام}}{\text{مربع المقام}}$$

$$\text{مثال (١) : } \frac{د}{دس} \left[\frac{٤ - ٣س}{٥ + ٣س} \right] \text{ جد :}$$

$$\text{الحل : } \frac{د}{دس} \left[\frac{٤ - ٣س}{٥ + ٣س} \right]$$

$$= \frac{(٥ + ٣س) (٤ - ٣س) - (٣س) (٥ + ٣س)}{(٥ + ٣س)^2}$$

أكمل الحل

مثال (٢) :
 أثبت أن : $\frac{د}{دس} (ظاس) = قاس$

الحل :
 ضع ص = ظاس = $\frac{جاس}{جتاس}$
 بتفاضل خارج قسمة دالتين

$$\frac{دص}{دس} = \frac{جتاس \frac{د}{دس} (جاس) - (جاس) \frac{د}{دس} (جتاس)}{جتاس^2}$$

$$= \frac{جتاس جتاس - جاس (جاس)}{جتاس^2}$$

$$قاس = \frac{١}{جتاس} = \frac{جتاس + جاس}{جتاس}$$

نشاط :
 أثبت أن :

$$(١) \frac{د}{دس} (قاس) = ظاس قاس$$

$$(٢) \frac{د}{دس} (ظتاس) = - قتاس$$

$$(٣) \frac{د}{دس} (قتاس) = - ظتاس قتاس$$

تمرين (٢ - ٤)

جد قيمة $\frac{د ص}{د س}$ في كل من الحالات التالية :

$$(١) \text{ ص} = ٥ + ٢س + ٣س + ٤س$$

$$(٢) \text{ ص} = ١ + س + ٢س + ٣س + ٤س$$

$$(٣) \text{ ص} = ١ + س + جاس$$

$$(٤) \text{ ص} = ٥ + \frac{١}{س} + جاس$$

$$(٥) \text{ ص} = \frac{س}{١ + جاس}$$

$$(٦) \text{ ص} = ٢س + جاس$$

$$(٧) \text{ ص} = \frac{٣ + س}{٢ - س} ، س \neq ٢$$

$$(٨) \text{ ص} = \frac{٩ - ٢س}{س - ٥} ، س \neq ٥$$

$$(٩) \text{ ص} = (١ + جاس) (س - ٢س)$$

$$(١٠) \text{ ص} = \frac{٣س}{١ + س} ، س \neq ١$$

$$(١١) \text{ ص} = \frac{س - ٥س + ٣س + ٤س}{٧ + ٢س} ، س \neq \frac{٧}{٢}$$

$$(١٢) \text{ ص} = \frac{١ - س}{١ + س}$$

$$(13) \text{ ص} = \text{جا س} + \text{جتا س}$$

$$(14) \text{ ص} = \text{س}^3 \text{ جا س}$$

$$(15) \text{ ص} = \text{جا س جتا س}$$

(2-5) دالة الدالة :

لنكن $\text{ص} = \text{د}(\text{ل})$ دالة في المتغير ل ، و $\text{ل} = \text{ر}(\text{س})$ دالة في المتغير س . عليه فإن

$$\frac{\text{د ص}}{\text{د س}} = \frac{\text{د ص}}{\text{د ل}} \times \frac{\text{د ل}}{\text{د س}}$$

البرهان :

إذا تغيرت س إلى $\text{س} + \Delta$ فإن ل تتغير إلى $\text{ل} + \Delta \text{ل}$ وتبعاً لذلك تتغير ص إلى $\text{ص} + \Delta \text{ص}$.

$$\frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}} = \frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{ل}} \cdot \frac{\Delta \text{ل}}{\Delta \text{س}}$$

$$\therefore \frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}} = \frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{ل}} \cdot \frac{\Delta \text{ل}}{\Delta \text{س}}$$

$$= \frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{ل}} \cdot \frac{\Delta \text{ل}}{\Delta \text{س}} \quad (\text{لأن } \Delta \text{ل} \leftarrow 0 \text{ عندما } \Delta \text{س} \leftarrow 0)$$

$$= \frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{ل}} \cdot \frac{\Delta \text{ل}}{\Delta \text{س}}$$

مثال (1) :

جد $\frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}}$ إذا كان :

$$(1) \text{ ص} = (5\text{س}^2 + 7) \cdot \frac{3}{2}$$

$$(2) \text{ ص} = \text{جا س}^2$$

الحل :

$$(1) \text{ ضع } ل = ٥س^٢ + ٧$$

$$\text{إذن } ص = ل^{\frac{٣}{٢}}$$

عليه فإن ص دالة في ل و ل دالة في س وهذا تركيب لدالة دالة .

$$\therefore \frac{دص}{دس} = \frac{دص}{دل} \cdot \frac{دل}{دس}$$

$$= \frac{٣}{٢} ل^{\frac{١}{٢}} (١٠س)$$

$$= \frac{٣}{٢} (٥س^٢ + ٧)^{\frac{١}{٢}} (١٠س)$$

$$= ١٥س (٥س^٢ - ٧)^{\frac{١}{٢}}$$

$$(2) \text{ ضع } ل = س^٢$$

$$\therefore ص = جال$$

$$\therefore \frac{دص}{دس} = \frac{دص}{دل} \cdot \frac{دل}{دس}$$

$$= جتال (٢س)$$

$$= ٢س جتاس^٢$$

تلاحظ في المثال السابق أنه يتم اشتقاق القوس دون النظر لما في داخله ويضرب في مشتقة ما بداخل القوس ، هذا في المسألة الأولى ، أمّا في الثانية فقد تم اشتقاق الجيب دون النظر للزاوية س^٢ ثم ضرب في تفاضل الزاوية .

مثال (٢) :

$$\text{جد } \frac{د}{دس} \text{ جا } (أس + ب)$$

الحل :

$$\frac{d}{ds} (أ س + ب) \times \text{جتا} (أ س + ب) = \frac{d}{ds}$$

$$= \text{أ جتا} (أ س + ب)$$

تمرين (٢ - ٥)

جد مشتقات الدوال التالية :

$$(١) \text{ ص} = (٣ + ٢س)^\circ$$

$$(٢) \text{ ص} = (٢س + ٣س)^\frac{1}{٢}$$

$$(٣) \text{ ص} = (١ + ٢س - ٣س)^\frac{2}{٣}$$

$$(٤) \text{ ص} = \text{حا}^\frac{١}{٢} س$$

$$(٥) \text{ ص} = \text{جا} (٢س + ٣)$$

$$(٦) \text{ ص} = \text{جا} (س + ٣س)$$

(٢ - ٦) تفاضل (اشتقاق) الدوال المعرفة ضمناً :

في كل ما سبق من دوال نرى أن المتغير التابع الذي يعرف الدالة يكتب مباشرة بدلالة المتغير المستقل وتسمى الدالة في هذه الحالة دالة صريحة. لكن في كثير من الأحيان يمكن أن يرتبط المتغيران بصورة غير مباشرة ، في هذه الحالة نقول إنه يمكن تعريف متغير كداله في الآخر ضمناً وتسمى الدالة في هذه الحالة دالة معرفة ضمناً. مثال لدالة ضمنية :

$$\sqrt{٢س + ٢ص} = \text{جا ص} + س$$

ماذا تفعل لإيجاد $\frac{dص}{ds}$ بالنظر لـ ص كداله في المتغير س ، في مثل قاعدة هذه الدالة.

لنفرض أن $ص = د(س)$ ، عليه فإن أى داله ر (ص) في ص يمكن النظر لها كداله في س وباستخدام قاعدة دالة الدالة فإن :

$$\frac{d}{ds} (ر (ص)) = ر' (ص) \frac{dص}{ds}$$

إذن يمكن كتابة :

$$\frac{د}{دس} ص^ن = ن ص^{ن-1} \frac{دص}{دس}$$

$$\frac{د}{دس} جا ص = جتا ص \frac{دص}{دس}$$

وهكذا .

مثال (١) :

$$\text{جد } \frac{دص}{دس} \text{ إذا كان } س + ص^٢ = ٥ س$$

الحل :

تفاضل كل الحدود بالنسبة لـ س لنحصل على :

$$١ + ٢ ص \frac{دص}{دس} = ٥ \left[س + \frac{دص}{دس} ص \right]$$

إذن :

$$\frac{دص}{دس} [٢ ص - ٥ س] = ٥ ص - ١$$

$$\frac{٥ ص - ١}{٢ ص - ٥ س} = \frac{دص}{دس} \quad \therefore$$

مثال (٢) :

$$\text{جد } \frac{دص}{دس} \text{ إذا كان } ص^٢ + ٢ س = ٤$$

الحل :

$$٢ ص \frac{دص}{دس} + ٢ س = \text{صفر}$$

$$\therefore \frac{دص}{دس} = - \frac{س}{ص}$$

مثال (٣) : جد $\frac{د ص}{د س}$ إذا كان $ص = ظا^{-١} س$ (الزاوية التي ظلها س)

الحل :

إذا كانت $ص = ظا^{-١} س$ فإن $س = ظا ص$
 بشتقاق الطرفين بالنسبة لـ $س$ نحصل على :

$$١ = قا^٢ ص \frac{د ص}{د س}$$

$$\therefore \frac{د ص}{د س} = \frac{١}{قا^٢ ص}$$

لإيجاد ذلك بدلالة $س$ ، لاحظ أن :

$$قا^٢ ص = ١ + ظا^٢ ص = ١ + س^٢$$

$$\therefore \frac{د ص}{د س} = \frac{١}{١ + س^٢}$$

تمرين (٢ - ٦)

جد $\frac{د ص}{د س}$ في كل من الدوال التالية :

$$(١) \quad ٦ = س^٣ + ص^٤$$

$$(٢) \quad ٠ = س^٤ + ٣ س ص$$

$$(٣) \quad س + \sqrt{ص} = جا ص$$

$$(٤) \quad س = س^٢ + ص^٣$$

$$(٥) \quad س + ص ظا س = ٠$$

$$(٦) \quad س^٢ + ص^٢ = س ص$$

$$(٧) \quad س^٤ + ١ = س + ص^٢$$

$$(٨) \quad س^٣ + ص^٣ - ٤ س ص = ٠$$

$$(9) \quad 1 = \frac{1}{s} + \frac{1}{v}$$

$$(10) \quad 2 = s + \frac{1}{v}$$

$$(11) \quad v = 2 - s + \frac{1}{v}$$

(٢ - ٧) المشتقات العليا :

لتكن $v = d(s)$ دالة في المتغير s ولتكن $\frac{dv}{ds} = d'(s)$ ،
المشتقة الأولى للدالة v بالنسبة لـ s موجودة . وإذا كانت النهاية

$$\frac{d'(s + \Delta) - d'(s)}{\Delta s} \quad \text{نهاية}$$

موجودة أيضاً .

فتسمى بالمشتقة الثانية للمتغير v بالنسبة لـ s ونرمز لها بالرمز

$$d''(s) \quad \text{أو} \quad \frac{d^2v}{ds^2}$$

بالمثل إذا وضعنا $v_2 = d''(s)$ فإن v_2 داله في s ، ويمكن

تعريف مشتقتها $\frac{d^2v_2}{ds^2}$ بالنسبة لـ s إذا وجدت النهاية

$$\frac{d''(s + \Delta) - d''(s)}{\Delta s} \quad \text{نهاية}$$

ونكتب :

$$d'''(s) = \frac{d^3v_2}{ds^3}$$

نسمى $d'''(s)$ بالمشتقة الثالثة لـ v بالنسبة لـ s ونرمز لها

أيضاً بـ :

$$v''' \quad \text{أو} \quad \frac{d^3v}{ds^3} \quad \text{أو} \quad \frac{d^3v_2}{ds^3} (v''')$$

وهكذا يمكن تعريف المشتقة النونية (ن) للدالة ص بالنسبة لـ س بـ :

$$\left(\frac{د^{ن-1} ص}{دس^{ن-1}} \right) \frac{د}{دس} = \frac{د^{ن} ص}{دس^{ن}}$$

ن = ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ...
ويرمز لها أيضاً بـ ص (ن) .

مثال (١) :

إذا كان ص = ٦ س^٣ - ١ فجد $\frac{د^٢ ص}{دس}$ عند س = ٥ .

الحل :

$$\frac{د ص}{دس} = ١٨ س^٢$$

$$\frac{د^٢ ص}{دس} = ٣٦ س$$

$$\therefore \frac{د^٢ ص}{دس} = ٣٦ \times ٥ = ١٨٠$$

$$س = ٥$$

مثال (٢) :

جد المشتقة الثالثة للدالة ص = جتا ٢ س

الحل :

$$\frac{د ص}{دس} = -٢ جتا ٢ س$$

$$\frac{د^٢ ص}{دس} = ٤ جتا ٢ س$$

$$\frac{د^٣ ص}{دس} = ٨ جتا ٢ س$$

مثال (٣) :

إذا كان $ص = س$ جاس

$$\text{جد} = \frac{د^2 ص}{د س}$$

الحل :

$$س جتا س + جاس = \frac{د ص}{د س}$$

$$س جتا س - جتا س = \frac{د^2 ص}{د س} + جتا س$$

تمرين (٢ - ٧)

جد المشتقة الثانية لكل من الدوال التالية :

$$(١) ص = س^٣ + ١$$

$$(٢) ص = جاس - جتا س$$

$$(٣) ص = جتا ٢ س$$

$$(٤) ص = س^٣ - ٢ س^٢ + ٤ س$$

$$(٥) ص = جا^٢ س$$

(٢-١) تطبيقات التفاضل على الهندسة التحليلية :

سبق أن أشرنا إلى المعنى الهندسي لمشتقه الدالة $ص = د (س)$.

بميل المماس عند النقطة $(س١، د (س١))$ يساوي $د' (س١)$ هذا يساعد كثيراً في حل بعض المسائل في الهندسة التي سبق أن أشرنا إلى بعضها في تمارين سابقة .

مثال (١) :

جد معادلة المماس لمنحنى الدالة $ص = \frac{١}{س}$ عند النقطة $(١، ١)$.

الحل :

$$\frac{د ص}{د س} = -\frac{١}{س^2}$$

∴ ميل المماس عند $s = 1$ يساوي $1 -$

$$\begin{aligned} \text{∴ ص} - \text{ص}_1 &= \text{م} (s - 1) \text{ إذن معادلة المماس هي :} \\ \text{ص} - 1 &= 1 - (s - 1) \\ \text{أو} \end{aligned}$$

$$s + \text{ص} - 2 = \text{صفر}$$

مثال (٢) :

جد معادلة المماس و العمودي على المماس لمنحنى الدالة وميله :

$$\text{ص} = s^2 - s + 1 \text{ عند } s = 0$$

الحل :

$$1 - s = \frac{d\text{ص}}{ds}$$

∴ ميل المماس عند النقطة $(1, 0)$ يساوي $1 -$

∴ معادلة المماس :

$$\text{ص} - \text{ص}_1 = \text{م} (s - 1)$$

$$\text{ص} - 0 = 1 - (s - 1)$$

$$\Leftrightarrow s + \text{ص} - 1 = 0$$

ميل العمودي على المماس $= 1$

تمرين (٢ - ٨)

(١) جد ميل المماس لمنحنى الدالة $d (s) = s^2 - 3s + 1$ عند النقطة $(1, 0)$.

(٢) جد ميل منحنى الدالة $d (s) = s^3 - 3s$ عند النقطة $s = 1$.

(٣) اكتب معادلة المماس لمنحنى الدالة $\text{ص} = s^3$ عند $s = 2$.

(٤) إذا كان المماس لمنحنى الدالة $d (s) = s^2 + 5s$ عند

$s = 1$ يصنع مع محور السينات الموجب زاوية قياسها 45° ، جد احداثيي نقطة التماس .

الوحدة الثالثة

التكامل

الوحدة الثالثة

التكامل

(٣ - ١) التكامل كعملية عكسية للتفاضل :

في التفاضل نعطي الداله ص في متغير ما س مثلاً ويطلب منا ايجاد $\frac{د ص}{د س}$. في العملية العكسية نعطي $\frac{د ص}{د س}$ ويطلب منا ايجاد الداله ص . هذه العملية العكسية تسمى بالتكامل فمثلاً إذا اعطينا .

$$\frac{د ص}{د س} = ٢ س$$

بسهولة يمكن ايجاد ص = س^٢ ، وبملاحظة خاطفة نجد أن ص يمكن أن تساوى س^٢ + ١ أو س^٢ - ٧ أو س^٢ + أ وبصورة عامة ص = س^٢ + ث (ث ثابت) كلها تمثل حلاً لايجاد ص إذا كان :

$$\frac{د ص}{د س} = ٢ س .$$

وبصورة عامة نفترض أن :

$$ص = د (س)$$

$$فإذا كان \frac{د ص}{د س} = ر (س)$$

فإننا نقول إن ص هي تكامل ر (س) بالنسبة لـ س وتكتب

$$ص = \int ر (س) د س$$

ويساوى ذلك د (س) + ث حيث ث أى ثابت يسمى ثابت التكامل .

مثال (١) :

كامل (جد تكامل) الدالة $s^3 + 1$.

الحل :

$$\int (s^3 + 1) ds = \frac{s^4}{4} + s + C$$

$$\text{لأن } \frac{d}{ds} \left(\frac{s^4}{4} + s + C \right) = s^3 + 1$$

الآن لكل $n \neq -1$

$$\frac{d}{ds} (s^{n+1}) = (n+1)s^n$$

$$\text{أو } \frac{d}{ds} \left(\frac{s^{n+1}}{n+1} \right) = s^n$$

عليه فإن :

$$\int s^n ds = \frac{s^{n+1}}{n+1} + C$$

مثال (٢) :

$$\int s^8 ds = \frac{s^9}{9} + C$$

$$= \frac{s^9}{9} + C$$

$$\int s^4 ds = \frac{s^5}{5} + C$$

$$= \frac{s^5}{5} + C$$

مثال (۳) :

جد :

$$(أ) \int \left(\frac{1}{s^3} + s^3 \right) ds$$

$$(ب) \int \left(\frac{1}{\sqrt{s}} + \sqrt{s} \right) ds$$

$$(ج) \int \left(\frac{1}{s^2} - s \right) ds$$

الحل :

$$(أ) \int \left(\frac{1}{s^3} + s^3 \right) ds$$

$$\int \left(s^{-3} + s^3 \right) ds =$$

$$= \frac{1}{4} s^{-4} - \frac{1}{4} s^{-2} + \frac{1}{2} s^2 + C$$
$$= \frac{s^{-4}}{4} - \frac{1}{4s^2} + \frac{1}{2}s^2 + C$$

$$(ب) \int \left(\frac{1}{\sqrt{s}} + \sqrt{s} \right) ds$$

$$= \int \left(s^{-\frac{1}{2}} + s^{\frac{1}{2}} \right) ds$$

$$\begin{aligned}
& \text{ث} + \frac{\frac{1}{2} \text{س}}{\frac{1}{2}} + \frac{\frac{2}{3} \text{س}}{\frac{2}{3}} = \\
& \text{ث} + \frac{1}{2} \text{س} + \frac{2}{3} \text{س} = \\
& \text{ث} + \frac{1}{2} \text{س} + \frac{2}{3} \text{س} = \\
& \text{دس} \left[\left(\frac{1}{2} - \text{س} \right) \right] = \\
& \text{دس} \left[\left(\frac{1}{2} - \text{س} + \frac{2}{3} \right) \right] = \\
& \text{ث} + \frac{1}{2} \text{س} + \frac{2}{3} \text{س} = \\
& \text{ث} + \frac{1}{2} \text{س} - \frac{2}{3} \text{س} =
\end{aligned}$$

لاحظ أن التكامل يعتمد بصورة مباشرة على معرفتنا بالصيغ الأساسية في التفاضل ، وبمقتضى ما درسناه في التفاضل يجب علينا معرفة هذه الصيغ الأساسية الموضحة في الجدول (٤ - ١) والتي يمكن إثباتها مباشرة بإجراء التفاضل .

الدالة	تكاملها بالنسبة لـ س
s^n	$\frac{s^{n+1}}{n+1} + C, n \neq -1$
جاس	جتاس + ث
جتاس	جاس + ث
جا أس	$\frac{1}{A} -$ جتا أس + ث
جتا أس	$\frac{1}{A}$ جا أس + ث
قا ² أس	$\frac{1}{A}$ ظا أس + ث
قتا ² أس	$-\frac{1}{A}$ ظتا أس + ث
قا أس ظا أس	$\frac{1}{A}$ قا أس + ث
قتا أس ظتا أس	$-\frac{1}{A}$ قتا أس + ث

جدول (٣ - ١)

مثال (٤) :

جد :

(أ) [جا ٧ س دس]

(ب) [جا ٢ س جتا س دس]

الحل :

(أ) من الجدول :

$$[\text{جا } ٧ \text{ س دس}] = \frac{1}{٧} - \text{جتا } ٧ \text{ س} + \text{ث}$$

(ب) جا ٢ س جتا س ليست مع الصيغ الأساسية ولكن

$$\text{جا } ٢ \text{ س جتا س} = \frac{1}{٤} [\text{جا } ٣ \text{ س} + \text{جا س}]$$

$$\text{إذن : } [\text{جا } ٢ \text{ س جتا س دس}] = \frac{1}{٤} (\text{جا } ٣ \text{ س} + \frac{1}{٢} \text{جا س}) \text{ دس}$$

$$= \frac{1}{٤} (- \text{جتا } ٣ \text{ س}) + \frac{1}{٤} (- \text{جتا س}) + \text{ث}$$

$$= - \frac{1}{٤} \text{جتا } ٣ \text{ س} - \frac{1}{٤} \text{جتا س} + \text{ث}$$

تمرین (۳ - ۱)

جد التکاملات الآتية :

$$(۱) \int s^۷ ds$$

$$(۲) \int \frac{s^{-۳}-۱}{s} ds$$

$$(۳) \int (n + \frac{1}{n})^۲ dn$$

$$(۴) \int (s-۱)(s+۱)(s-۳) ds$$

$$(۵) \int \sqrt{s} ds$$

$$(۶) \int \sqrt{s} ds$$

(تلمیح : جتا ۲ س = ۱ - ۲ جا ۲ س)

$$(۷) \int \frac{s^۲ + ۳س + ۵}{س + ۵} ds$$

$$(۸) \int \frac{s^{-۲}-۱}{س-۱} ds$$

$$(۹) \int \sqrt[۳]{s} ds$$

$$(۱۰) \int \sqrt{s-۴} ds$$

الوحدة الرابعة

الأحصاء

أهداف الوحدة الرابعة الإحصاء

بعد دراسة هذه الوحدة نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن :

- ١/ يعرف علم الإحصاء .
- ٢/ يحدد أهداف علم الإحصاء .
- ٣/ يعرف مقاييس النزعة المركزية والتشتت لفظياً ورياضياً .
- ٤/ يحل مسائل مقاييس النزعة المركزية والتشتت باستخدام قوانينها الرياضية .
- ٥/ يميز بين مقاييس النزعة المركزية والتشتت .
- ٦/ يحسب مقاييس النزعة المركزية والتشتت من الجداول التكرارية
- ٧/ يجد خواص مقاييس النزعة المركزية والتشتت .

الوحدة الرابعة

الإحصاء

(٤-١) مقدمة ونبذة تاريخية :

لعلم الاحصاء دور متزايد في حياتنا اليومية بحيث أصبح يشغل حيزاً مرموقاً بين بقية العلوم الأخرى . وهو فرع من فروع المنهجية العلمية ، فهو علم النظرية والأسلوب ، ويختص بالطرق العلمية ، لجمع وتنظيم وتلخيص وعرض وتحليل وتفسير البيانات التي تم الحصول عليها بالمسوحات أو بالتجارب الإحصائية . ويهدف علم الإحصاء أساساً إلى الوصول إلى استدلالات عن معالم المجتمع الإحصائي من خلال بيانات العينة العشوائية (التي تمثل المجتمع تمثيلاً صادقاً) كما يهدف إلى تفسير وتوقع الظواهر .

وهو علم تمتد جذوره إلى ما قبل الميلاد بألاف السنين حيث قام قدماء المصريين بعمل تعداد لسكان مصر وثرواتها والأعمال الموسمية فيها واستخدموا نتائج ذلك في تنفيذ بناء الأهرامات ، كما تم تعداد للسكان والأراضي الصالحة للزراعة بهدف إعادة توزيعها على السكان بطريقة عادلة . وفي صدر الاسلام أمر الرسول ﷺ باحصاء المسلمين في المدينة رجالاً ونساء واطفالاً في حديثه (اكتبوا لى ما تلفظ بالاسلام من الناس) . كما قام سيدنا عمر بتنظيم الشؤون الادارية للدولة الاسلامية بإنشاء الدواوين التي تحوى سجلات الجند والماليد والمال . وفي العصر الذهبي للدولة الاسلامية ، قام الخليفة المأمون باجراء تعداد للسكان والثروات لتحديد الإمكانيات العسكرية للدولة . وفي العصور الوسطى قام الملوك ورؤساء الدول وزعماء القبائل بتعدادات مماثلة . أما في القرن السابع عشر ، فقد استخدمت الأرقام للدلالة على ما يجمع من معلومات بشكل واسع .

وأطلق على العلم الذى يبحث طرق جمع البيانات الرقمية التى تهتم الدولة (علم حساب الدولة) حيث تتناول إحصاءات المواليد والوفيات وعدد السكان ومقدار الثروات والدخول والضرائب وفي الحقيقة فإن كلمة الإحصاء باللغة الانجليزية (Statistics) مشتقة من كلمة (State) وهذا ما يشير إلى أن جمع البيانات كان يهدف إلى خدمة اغراض الدولة ، خاصة العسكرية منها . وفي اللغة

العربية أحصى الشئ عده وهى مأخوذة من الحصاة وهى العقل ، والحصى هو ذو العقل القوى يقول تعالى :

﴿ واحاط بما لديهم وأحصى كل شئ عددا ﴾ " الجن : ١٤ "

﴿ لقد أحصاهم وعدهم عدأ ﴾ " مريم : ٩٤ "

﴿ وإن تعدو نعمة الله لاتحصوها إن الله لغفور رحيم ﴾ " النحل : ١٨ "

لقد تطورت العلوم الرياضية خلال القرن الثامن عشر تطوراً سريعاً أدى ذلك إلى تطور مماثل في علم الإحصاء ظهر خلال القرن الثامن عشر والقرن التاسع عشر العلماء الأوائل الذين كان لهم الفضل الأول في تطوير النظريات الإحصائية مثل دانيال برنوللى ، والرياضى الالمانى فردريك جاوس والرياضى الفرنسى لابلاس ، والعالمان الانجليزيان جولتون وكارل بيرسون .

وخلال القرن العشرين تطور الاحصاء ليساير التطور الذى حصل على العلوم الأخرى وتطور المجالات الصناعية والزراعية والتربوية والاقتصادية وغيرها فازدادت الحاجة لإستخدام الطرق الاحصائية في مختلف هذه المجالات، ولعل إعتدك كثير من الدول على التخطيط كاسلوب لرسم السياسات زاد من اهتمامها بالأساليب الاحصائية لجمع وعرض وتفسير بياناتها بشكل يحقق الأهداف المرجوة .

ومن هذا المنطلق يمكننا تعريف علم الأحصاء على النحو التالى :

تعريف :

يعرف الإحصاء بأنه مجموعة الطرق والنظريات العلمية التى تهدف إلى جمع البيانات الرقمية وعرضها ووصفها وتحليلها واستخدام نتائجها في أغراض التنبؤ أو التقرير أو التحقق .

من هذا التعريف نستخلص الأهداف الرئيسة التالية للاحصاء :

(١) جمع البيانات :

حيث يتم جمع البيانات عن الظاهرة المدروسة للوصول إلى النتائج النهائية .

(٢) عرض البيانات :

بعد جمع البيانات عن الظاهرة المدروسة يهدف الإحصاء إلى عرض هذه البيانات بأشكال متعددة كعرضها في جداول تكرارية أو بأشكال هندسية أو برسوم بيانية كما سبق وأن درست وذلك لاجراء المقارنات السريعة بين مختلف أوجه الظاهرة التي نقوم بدراستها .

(٣) وصف البيانات :

بعد جمع البيانات وعرضها يهدف الإحصاء إلى دراسة الخصائص الأساسية للظاهرة المدروسة لوصفها وقياسها بمقاييس محددة تعبر عن هذه الخصائص ومن أهم المقاييس المستخدمة لوصف مجموعة من البيانات :

أ- مقاييس النزعة المركزية

ب- مقاييس التشتت .

ج- مقاييس الإلتواء .

هـ- مقاييس الاعتدال .

وسندرس في هذا الباب بشئ من التفصيل الموضوعين الأولين وهما مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت .

(٤) تحليل البيانات :

بعد وصف البيانات يتم تحليلها واستخلاص النتائج التي أمكن الحصول عليها بصورة علمية للوصول إلى الحقائق المتعلقة بالظاهرة المدروسة .

(٥) إستخدام النتائج :

بعد تحليل البيانات يهدف الإحصاء إلى تفسير البيانات التي تم التوصل إليها تفسيراً منطقياً لإستخدامها في أغراض متعددة كالتنبؤ بالقيم المستقبلية للظاهرة (مثلاً بتعداد سكان جمهورية السودان عام ٢٠٥٠م) .
أو التقرير باتخاذ قرار معين تجاه مشكلة ما لدرء خطرها أو الإستفادة منها .

(٤ - ٢) مقاييس النزعة المركزية :

يحدث في أغلب المجتمعات الإحصائية وفي توزيعاتها التكرارية أن تتراكم (تتمركز) القيم عند نقطة متوسطة ، وهو ما يعرف بظاهرة النزعة المركزية، أى نزعة القيم المختلفة إلى التمرکز عند القيمة النموذجية أو الممثلة لمجموعة القيم في التوزيع . ونظراً لأن مثل هذه القيمة تميل إلى الوقوع في المركز داخل مجموعة

البيانات ، لذلك تسمى هذه القيمة بالقيمة المتوسطة أو مقياس النزعة المركزية .
أخذين في الاعتبار أنه يوجد عدة أسس لتحديد القيمة المتوسطة ، وبالتالي فيوجد
عدة صور لهذه القيمة ، أهمها وأكثرها شيوعاً هي : الوسط الحسابي (أو باختصار
المتوسط) ، والوسيط ، والمنوال ، وهناك أيضاً الوسط الهندسي والوسط التوافقي
– لكنها أقل استعمالاً – ولكل من هذه المتوسطات مزاياه وعيوبه ، وهذا بالطبع
يعتمد على البيانات وعلى الهدف من استخدام المتوسط .

الوسط الحسابي : (المتوسط)

يعتبر الوسط الحسابي من أبسط وأشهر المتوسطات وأكثرها سهولة في
الحساب ويعرف بأنه القيمة التي لو اعطيت لكل مفردة من مفردات المجموعة لكان
مجموع هذه القيم الجديدة هو نفس المجموع الفعلي للقيم الأصلية ، وباختصار فهو
القيمة التي تخص كل مفردة لو أن مجموع القيم الأصلية وزع على جميع المفردات
بالتساوي . ولذلك يمكن حسابه رياضياً بالمجموع الجبري لقيم المفردات مقسوماً
على عدد هذه المفردات .
وسنوضح فيما يلي طريقة حسابه :

مثال (١) :

إذا كانت أوزان ثلاثة أولاد بالكيلوجرام هي :
٣٤ كيلوجرام ، ٤٧ كيلوجرام ، ٣٩ كيلوجرام
أحسب الوسط الحسابي لأوزان الأولاد
الحل :

$$\text{بما أن الوسط الحسابي} = \frac{\text{مجموع القيم}}{\text{عددها}}$$

$$\therefore \text{الوسط الحسابي} = \frac{٣٩ + ٤٧ + ٣٤}{٣}$$

$$= \frac{١٢٠}{٣}$$

$$= ٤٠ \text{ كيلوجراماً}$$

ولوضع القاعدة العامة لذلك باستخدام الرموز ، إذا فرضنا أن القيم الثلاث السابقة هي :

$$س_1 ، س_2 ، س_3$$

وإذا رمزنا للوسط الحسابي بالرمز $\bar{س}$ (ونقرأ $\bar{س}$ شرطة) فإن قيمته حسب التعريف هي :

$$\bar{س} = \frac{س_1 + س_2 + س_3}{3}$$

أما إذا كان لدينا عدد من القيم وليكن n وأن القيم هي :

$$س_1 ، س_2 ، س_3 ، \dots ، س_n$$

فالوسط الحسابي $\bar{س}$ يكون :

$$\bar{س} = \frac{س_1 + س_2 + \dots + س_n}{n}$$

وإختصاراً في التعبير للوسط الحسابي $\bar{س}$ نرمز للبسط من الطرف الأيسر أعلاه بالرمز $\sum_{r=1}^n س_r$ (ويقرأ سيقما $س_r$) الذي يدل على الجمع حيث :

$$\sum_{r=1}^n س_r = س_1 + س_2 + س_3 + \dots + س_n$$

(ويقرأ $\sum_{r=1}^n س_r$ هكذا سيقما $س_r$ من $r = 1$ إلى $r = n$)

أي مجموع $س_r$ من $r = 1$ إلى $r = n$ وبذلك تصبح الصيغة المبسطة للوسط الحسابي :

$$\bar{س} = \frac{\sum_{r=1}^n س_r}{n}$$

مثال (١) :

فيما يلي درجات ١٠ طلاب حصلوا عليها في امتحان للرياضيات درجته القصوى ٤٠ درجة .

٤٠ ، ٣٠ ، ٣٠ ، ٣٨ ، ٤٠ ، ٣٧ ، ٢٩ ، ١٧ ، ٢٤ ، ٣٥

والمطلوب حساب الوسط الحسابي لهذه الدرجات :

الحل :

$$\bar{s} = \frac{\sum_{r=1}^n s_r}{n}$$
$$\bar{s} = \frac{40 + 30 + 30 + 38 + 40 + 37 + 29 + 17 + 24 + 35}{10}$$
$$\bar{s} = \frac{320}{10} = 32$$

أى أن متوسط درجات الطلاب في ذلك الامتحان ٣٢ درجة .
أما في حساب الوسط الحسابي في حالة البيانات المبوبة فنوضحه بالمثال التالي :

مثال (٢) :

أفترض أنه في أحد المصانع ١٠ عمال يعملون يومياً بالتناوب حسب الاتفاق مع صاحب العمل بحيث يعمل ٣ عمال ٦ ساعات يومياً و ٥ عمال ٨ ساعات يومياً وعمالان ٩ ساعات يومياً كما في الجدول أدناه :

عدد العمال	ساعات العمل
٣	٦
٥	٨
٢	٩

أحسب الوسط الحسابي لساعات العمل اليومية للعمال

الحل :

لحساب الوسط فإنه يجب أولاً حساب مجموع ساعات العمل اليومية في المصنع والنتيجة من عمل المجموعات الثلاث من العمال ، فالمجموعة الأولى تتكون من ٣ كل منهم يعمل ٦ ساعات أي أن : ساعات العمل اليومية للمجموعة الأولى = $٦ \times ٣ = ١٨$

وهي حاصل ضرب عدد العمال في المجموعة الأولى في ساعات العمل. وبالمثل فإن :

$$\text{مجموع ساعات العمل للمجموعة الثانية} = ٨ \times ٥ = ٤٠$$

$$\text{ومجموع ساعات العمل للمجموعة الثالثة} = ٩ \times ٢ = ١٨$$

ويجمع حواصل الضرب نحصل على ساعات العمل اليومية فإذا رمزنا لساعات العمل بالرمز س ، ولعدد العمال أو التكرارات المناظرة بالرمز ك فإن خطوات الحل تكون كما في الجدول التالي :

ساعات العمل × التكرار س × ك	التكرار ك	ساعات العمل س
$١٨ = ٣ \times ٦$	٣	٦
$٤٠ = ٥ \times ٨$	٥	٨
$١٨ = ٢ \times ٩$	٢	٩
$\sum ك \times س = ٧٦$	$\sum ك = ١٠$	المجموع

ومنه نجد أن :

$$\sum ك = ١٠ = \text{عدد العمال}$$

$$\sum ك \times س = ٧٦ = \text{مجموع الساعات}$$

$$\text{وبالتالي فإن الوسط الحسابي } \bar{س} = \frac{٧٦}{١٠} = ٧,٦ \text{ ساعة}$$

أي أن معادلة الوسط الحسابي تصبح في هذه الحالة :

$$\bar{s} = \frac{\sum_{r=1}^n k_r s_r}{\sum_{r=1}^n k_r}$$

حيث $\sum_{r=1}^n k_r s_r$ هي مجموعة القيم التي نحصل عليها بضرب القيم في التكرارات المناظرة لها .

هي عدد القيم أو مجموع التكرارات . $\sum_{r=1}^n k_r$

مثال (٣)

إختار أحد الدارسين ٨٠ فصلاً بالمدارس الثانوية بولاية الخرطوم ووجد أن كثافة الطلاب في الفصل موضحة في الجدول التالي :

عدد الفصول ك	٤	٨	١٢	١٨	١٤	١٠	٧	٤	٣
عدد الطلاب س	٤٨	٥٢	٥٤	٥٨	٦٠	٦٢	٦٤	٦٥	٦٨

جد الوسط الحسابي لعدد الطلاب في الفصل
الحل :

لحل المثال نضع هذا الجدول ونضيف إليه عموداً آخر لحساب حاصل ضرب التكرارات في قيم س المناظرة كما يلي :

عدد الطلاب ك	عدد الفصول س	ك × س
٤٨	٤	١٩٢
٥٢	٨	٤١٦
٥٤	١٢	٦٤٨
٥٨	١٨	١٠٤٤
٦٠	١٤	٠٨٤٠
٦٢	١٠	٠٦٢٠
٦٤	٧	٤٤٨
٦٥	٤	٢٦٠
٦٨	٣	٢٠٤
	٨٠	٤٦٧٢

$$\therefore \text{الوسط الحسابي } \bar{س} = \frac{\sum ك س}{\sum ك}$$

$$= \frac{٤٦٧٢}{٨٠} = ٥٨,٤$$

مثال (٥) :

متوسط مصروفات أسرة اليومى ٥٠٠ ديناراً ، جد منصرفات هذه الأسرة خلال شهر اكتوبر .

الحل :

$$\text{لاحظ أن بالقانون } \bar{س} = \frac{\sum_{ر=١}^ن س ر}{ن} \text{ ثلاثة كميات مجهولة هي الوسط}$$

الحسابى $\bar{س}$ ، مجموع المفردات $\sum_{ر=١}^ن س ر$ وعدد المفردات $ن$. إذا

اعطينا اثنين منها يمكن الحصول على المجهول الثالث :

$$\bar{س} = ٥٠٠ \text{ دينار ، } ن = ٣١ \text{ يوماً}$$

$$\therefore \sum_{r=1}^n s_r = ?$$

$$\therefore \text{من القانون : } \sum_{r=1}^n s_r = \bar{s} \times n$$

$$15500 = 31 \times 500 =$$

\therefore منصرفات هذه الأسرة خلال شهر أكتوبر = ١٥٥٠٠ ديناراً .

تمرين (٤ - ١)

(١) جد الوسط الحسابي لإنتاج مزرعة دواجن من البيض إذا كان إنتاجها اليومي خلال ١٠ أيام كالتالي :

٨٥٠ ، ٩٥٠ ، ١٠٠٠ ، ٦٠٠ ، ٨٠٠ ، ٧٢٠ ، ١٢٠٠ ، ٩٠٠ ، ٥٠٠ ، ٧٠٠ ،

(٢) إذا كان إنتاج خمسة من آبار البترول السوداني ١٠٠٠٠٠ برميل من البترول الخام ، جد متوسط إنتاج البئر الواحدة .

(٣) إذا كان متوسط درجات عدد من التلاميذ ٣٦ درجة جد عدد التلاميذ إذا كان مجموع درجاتهم ٥٤٠ درجة .

(٤) إحدى المصالح الحكومية أخذت عينة مكونة من ١٦٠ عاملاً ووجد أن متوسط ساعات العمل اليومية التي يقضونها موضحة في الجدول التالي :

عدد ساعات العمل	٤	٥	٦	٧	٨	المجموع
عدد العمال	٧	٢٨	٦٥	٤٣	١٧	١٦٠

أحسب متوسط ساعات العمل اليومية .

(٥) فصل دراسي به ٤٢ طالباً . جلس منهم ٤٠ طالباً في أحد إمتحانات الرياضيات وتغيب إثنان بسبب المرض فكان الوسط الحسابي لدرجاتهم

٦٧ . وبعد اسبوع تقدم الطالبان اللذان تغيبا للامتحان في المادة نفسها فحصل أحدهما على الدرجة ٤٥ وحصل الثاني على ٩٠ فكم يصبح الوسط الحسابي لدرجات جميع طلاب هذا الفصل .

(٦) مجموعتان من طلاب تتكون المجموعة الأولى من ١٠ طلاب والثانية من ١٢ طالباً أحرز طلاب المجموعة الأولى الدرجات التالية في مادة الرياضيات :

٤٠ ، ٥٢ ، ٣٣ ، ٣٥ ، ٣٧ ، ٤٢ ، ٤٤ ، ٣٧ ، ٣٩ ، ٤١ .

وأحرز كل من طلاب المجموعة الثانية الدرجات التالية في مادة الرياضيات:

٤٤ ، ٥٠ ، ٦٠ ، ٢٧ ، ٤٩ ، ٤٠ ، ٥٠ ، ٥٦ ، ٤٤ ، ٣٠ ، ١٧ ، ٢٣ .

جد الوسط الحسابي لكل مجموعة ، ومن ثم قارن بين مستوى المجموعتين في مادة الرياضيات .

(٧) بمدرسة ثانوية كان متوسط عدد أيام الغياب خلال شهر بالصفوف الأول والثاني والثالث ٤ ، ٥ ، ٣ على الترتيب إذا علمت أن عدد الطلاب في الصفوف الثلاثة هو ٣٠ ، ٢٦ ، ٣٤ على الترتيب فما متوسط عدد أيام الغياب في المدرسة .

(هل المتوسطات تساوي المتوسط العام الذي حصلت عليه ؟)

(٤ - ٣) حساب الوسط الحسابي من جدول تكرارى ذى فئات :

إن الفرق بين حساب الوسط الحسابي من جدول تكرارى بسيط ومن جدول تكرارى فئاته ذات أطوال متساوية هو أننا لا نعرف القيم الأصلية للمفردات في الجدول الثانى . فإذا كان عدد تكرارات الفئة (٠ - ١٠) هو ٧ فإننا لا نعرف القيم الأصلية لكل من المفردات السبعة وبالتالي لا يمكن إيجاد مجموعها كما فعلنا في حالة الوسط الحسابي من الجدول البسيط . لهذا نعتبر بأن كل قيمة من هذه المفردات مساوية لمركز الفئة (متوسط طول الفئة) أى نعطي القيمة ٥ لكل مفردة من المفردات السبعة وبذلك يكون مجموع قيم هذه المفردات $٧ \times ٥ = ٣٥$. ونقوم بحساب الوسط الحسابي باعتبار أن قيمة المفردات لكل فئة هي مركز الفئة . وأن

جميع المفردات ضمن الفئة الواحدة تأخذ قيمة تساوى قيمة مركز فئتها ولذلك تتبع الخطوات التالية لإيجاد الوسط الحسابى من الجدول التكرارى .

(١) نرسم جدولاً من ثلاثة أعمدة يحتوى عموده الأول على التكرارات (ك) ، والعمود الثانى يحتوى على مراكز الفئات (م) والعمود الثالث يحتوى على حاصل ضرب التكرارات في مراكز الفئات .

(٢) نوجد حاصل ضرب تكرار كل فئة في مركزها وهى :

$$١م ك١ ، ٢م ك٢ ، ٣م ك٣ ، ٤م ك٤ ، ٥م ك٥$$

(٣) نجمع حواصل ضرب مراكز الفئات في التكرارات فنحصل على المجموع

$$\text{الكلى لقيم الظاهرة وهو } \sum_{r=1}^n m_r k_r$$

(٤) نقسم الناتج على التكرارات فنحصل على الوسط الحسابى ، أي :

$$\bar{s} = \frac{\sum_{r=1}^n m_r k_r}{\sum_{r=1}^n k_r}$$

مثال (١) :

جد الوسط الحسابى من الجدول التكرارى التالى :

التكرارات	الفئات
٣	١٠ - ٠
٥	٢٠ - ١٠
٤	٣٠ - ٢٠
٧	٤٠ - ٣٠
٦	٥٠ - ٤٠

الحل :

ننشئ الجدول ونحسب القيم كما في الجدول أدناه :

م ك	مراكز الفئات م	التكرارات ك
١٥	٥	٣
٧٥	١٥	٥
١٠٠	٢٥	٤
٢٤٥	٣٥	٧
٢٧٠	٤٥	٦
٧٠٥		٢٥

$$28,2 = \frac{705}{25} = \frac{\sum م ك}{\sum ك} = \bar{س} .:$$

مثال (٢) :

الجدول التالي يمثل أعمار ١٠٠ عامل في أحد المؤسسات جد الوسط

الحسابي لعمر العامل :

الفئة	-١٦	-٢٠	-٢٤	-٢٨	-٣٢	-٣٦	-٤٠	-٤٤	-٤٨
التكرار	٣	٨	١٢	١٦	٢٥	١٥	١٠	٦	٥

الحل :

ك م	مركز الفئة م	التكرارات ك
٥٤	١٨	٣
١٧٦	٢٢	٨
٣١٢	٢٦	١٢
٤٨٠	٣٠	١٦
٨٥٠	٣٤	٢٥
٥٧٠	٣٨	١٥
٤٢٠	٤٢	١٠
٢٧٦	٤٦	٦
٢٥٠	٥٠	٥
٣٣٨٨		١٠٠

$$\sum K = 100, \quad \sum K^2 = 3388$$

$$\therefore \bar{S} = \frac{\sum K^2}{\sum K} = \frac{3388}{100} = 33,88$$

يمكننا تخفيف العمل الحسابي بدرجة كبيرة ومفيدة بأن نختار وسطاً فرضياً للأعمار (و) مثلاً وهو مركز إحدى الفئات المتوسطة ونطرحه من م ونسمى الفرق الانحراف عن الوسط الفرضي . ونلاحظ أن هذه الانحرافات تكون أعداداً صغيرة بعضها سالب وبعضها الآخر موجب ويكون أحدها صغيراً إذا اخترنا مركز إحدى الفئات ليكون هو الوسط الفرضي . ونكتب ذلك في خانة خاصة تحت عنوان ح = م - و .

ثم نضرب كلاً من هذه الانحرافات في تكرار الفئة الخاصة ونكتب ذلك في خانة خاصة تحت عنوان ح × ك وسيكون بعض هذه الحواصل سالباً وبعضها الآخر موجباً وذلك تبعاً للانحرافات ح نفسها . ونجري عملية الجمع لنحصل على المجموع الجبري لها ثم نحسب متوسطها بقسمة $\sum (ح \times ك)$ على $\sum ك$ ويكون الوسط الحسابي هو :

$$\bar{S} = و + \frac{\sum (ح \times ك)}{\sum ك}$$

ففي المثال السابق إذا اخترنا و = 30 فيكون الجدول كالاتي :

التكرار ك	مركز الفئة م	ح = م - 30	ح × م
3	18	12 -	36 -
8	22	8 -	64 -
16	26	4 -	48 -
12	30	0	0
25	34	4	100
15	38	8	120
10	42	12	120
6	46	16	96
5	50	20	100
100			388

$$3,88 + 30 = \frac{388}{100} + 30 = \bar{s} .:$$

$$33,88 =$$

مثال (٣) :

أحسب الوسط الحسابي للبيان الاحصائي المصنف في الجدول التالي :

الفئة	-٠	-٥	-١٠	-١٥	-٢٠	-٢٥	-٣٠	-٣٥	المجموع
التكرار	٢	٦	٨	١٨	٢١	١٦	٥	٤	٨٠

الحل :

إذا أردنا حل هذا المثال مستخدمين الوسط الفرضي يمكن أن نختار ٢٢,٥

كوسط فرضي :

مركز الفئة م	التكرار ك	ح = م - و	ح × ك
٢,٥	٢	٢٠-	٤٠-
٧,٥	٦	١٥-	٩٠-
١٢,٥	٨	١٠-	٨٠-
١٧,٥	١٨	٥-	٩٠-
٢٢,٥	٢١	٠	٠
٢٧,٥	١٦	٥	٨٠
٣٢,٥	٥	١٠	٥٠
٣٧,٥	٤	١٥	٦٠
	٨٠		١١٠-

$$\sum ك = ٨٠ \quad \sum ح \times ك = ١١٠- \quad , \quad و = ٢٢,٥$$

$$\bar{s} = و + \frac{\sum ح \times ك}{\sum ك} = \left(\frac{١١٠-}{٨٠} \right) + ٢٢,٥ =$$

$$= ٢١,١٢٥ = (١,٣٧٥ -) + ٢٢,٥ =$$

مميزات الوسط الحسابي : (المتوسط)

الوسط الحسابي من أكثر مقاييس النزعة المركزية إستعمالاً لاتصاله بالخصائص التالية :

- (١) وضوح معناه وتعريفه وسهولة حسابه .
 - (٢) تأثيره بجميع قيم الأعداد الموجودة في المجتمع الاحصائي وخضوعه للعمليات الجبرية .
- أما من عيوبه أنه مضلل وخاصة في الحالات التي تحتوى فيها المجموعة الاحصائية على بعض القيم المتطرفة بالكبر الشديد أو الصغر الشديد .

تمرين (٤ - ٢)

(١) الجدول التالي يوضح سنوات الخبرة لمعلمي المرحلة الثانوية بإحدى الولايات . احسب الوسط الحسابي للخبرة .

الفئات (الخبرة)	-٠	-٥	-١٠	-١٥	-٢٠	-٢٥
عدد المعلمين (التكرار)	٢٠	١٥	٢٥	٢٠	١٢	٨

(٢) الجدول التالي يمثل التوزيع التكراري للدرجات التي حصل عليها ٦٥ تلميذاً في أحد الاختبارات

الفئات الدرجات	-١٠	-٢٠	-٣٠	-٤٠	-٥٠	-٦٠	-٧٠	-٨٠	-٩٠	المجموع
التكرارات	٢	٥	٨	١٠	١٣	٩	٧	٤	٢	٦٠

مستخدماً طريقة الوسط الفرضي أحسب متوسط درجات هذا الفصل .

(٣) فيما يلي التوزيع التكراري للأجور اليومية لعدد من العاملين بإحدى المؤسسات :

الفئات الأجور بالدينار	-٦٠	-١٢٠	-١٨٠	-٢٤٠	-٣٠٠	المجموع
عدد العاملين	٣	٥	٢٠	١٠	١٢	٥٠

أحسب متوسط أجور العاملين اليومية

(٤) احسب الوسط الحسابى من الجدول التكرارى التالى :

الفئات	-٠	-٥	-١٠	-١٥	-٢٠	-٢٥	-٣٠	-٣٥
التكرارات	٢	٦	١٠	٢٠	٣٠	٢٠	٧	٥

(٥) مستخدماً الوسط الفرضى جد الوسط الحسابى من الجدول التالى :

الفئات	-٠	-٤	-٨	-١٢	-١٦	-٢٠	-٢٤	-٢٨	-٣٢
التكرارات	١	٢	٢	١٠	١٥	١٢	٥	٢	١

(٤-٤) الوسيط :

الوسيط هو القيمة أو المفردة التى تتوسط المفردات حينما نرتبها ترتيباً تصاعدياً أو تنازلياً . وهذه المفردة يكون عدد المفردات الأكبر منها يساوى تماماً عدد المفردات الأصغر منها ، وبناء على هذه الخاصية يمكن إعتبار الوسيط متوسطاً يمثل المجموعة كلها تمثيلاً عادلاً .

ويمكن الحصول على الوسيط بيانياً أو حسابياً . فإيجاد الوسيط لبيانات غير مبوبة في توزيع تكرارى حسابياً نقوم بترتيب القيم تصاعدياً أو تنازلياً ونحدد ترتيب القيمة الوسيطية . وتحديد ترتيب الوسيط يعتمد على عدد القيم ن حيث يكون هنالك وسيط واحد إذا كان ن عدداً فردياً وترتيبه هو $\frac{n}{2}$ ، $\frac{n}{2} + 1$. ويكون هنالك وسيطين إذا كان ن عدداً زوجياً ترتيبهما $\frac{n}{2}$ ، $\frac{n}{2} + 1$. ونحصل على الوسيط في هذه الحالة بجمع الوسيطين ويقسم الناتج على ٢ . ويتضح في الحالة الأخيرة أن الوسيط هو قيمة قد لا يكون لها وجود فعلى في المجموعة ولكنها تؤدي معنى خاصاً هو المعنى الموجود في تعريف الوسيط . ويرمز للوسيط عادة بالرمز ط .

مثال (١) :

لدينا مجموعة القياسات :

٧ ، ٢ ، ٩ ، ١٦ ، ١٠ ، ٤ ، ٨ . ما هو الوسيط ؟

الحل :

نرتب هذه القيم من الاصغر إلى الأكبر فنجد

٢، ٤، ٧، ٨، ٩، ١٠، ١٦

ولما كان عدد القياسات ٧ وهو عدد فردي فيكون الوسيط هو القياس الذي

ترتيبه

$$\epsilon = \frac{1+7}{2}$$

أى العدد الرابع مبتدئين بالترتيب من العدد الأول ٢ أى أن الوسيط هو ٨ .

مثال (٢) :

لدينا مجموعة القياسات :

١٢، ٢١، ٨، ١٧، ٢٥، ١٨، ٩، ٣١

ما هو الوسيط ؟

الحل :

نرتب الأعداد فنجد :

٨، ٩، ١٢، ١٧، ١٨، ٢١، ٢٥، ٣١

وبما أن عدد القياسات $n = 8$ زوجي

نأخذ متوسط العددين الذين ترتيبهما
أى ٤، ٥ .

ولكن العدد الرابع هو ١٧ ، العدد الخامس ١٨

$$\therefore \text{الوسيط } \tau = \frac{17+18}{2} = 17,5$$

إيجاد الوسيط لبيانات مبوبة في جدول تكرارى :

في حالة البيانات المبوبة في الجدول التكرارى لإجراء مرحلة الترتيب التصاعدي أو التنازلي لابد من تحويل الجدول التكرارى إلى جدول التكرار المتجمع الصاعد أو المتجمع النازل . علماً أن مجموع التكرارات المقابلة لجميع

القيم الأقل من الحد الأعلى لفئة معينة يسمى بالتكرار المتجمع لهذه الفئة والمتضمن تكرارها أيضاً ومثل هذا التوزيع يسمى التوزيع المتجمع الصاعد أى التوزيع المتجمع على أساس (الأقل من) . في حين يسمى التوزيع التكرارى المتجمع لجميع القيم الأكبر من أو المساوية للحد الأول لكل فئة بالتوزيع المتجمع النازل أى على أساس (الأكثر من) .

أى في حالة تكوين التوزيع المتجمع الصاعد نأخذ الفئات على أساس (الأقل من) الحد الأعلى لكل فئة ثم نجمع تكرارات الفئات جمعاً تراكمياً . بينما لتكوين التوزيع المتجمع النازل - نأخذ الفئات على أساس (الأكثر من) الحد الأول للفئة ، ثم نقوم بطرح تكرار كل فئة طرْحاً متتابعاً .
فالمثال التالى يوضح تكوين الجدولين المتجمع الصاعد والمتجمع النازل للجدول التكرارى التالى .

-٧٠	-٦٠	-٥٠	-٤٠	-٣٠	-٢٠	-١٠	-٠
٤	٩	١١	١٨	٢٤	١٧	١٢	٥

المتجمع النازل

التكرار المتجمع النازل	الحدود الدنيا للفئات
١٠٠	أكثر من ٠
٩٥ = ٥ - ١٠٠	أكثر من ١٠
٨٣ = ١٢ - ٩٥	أكثر من ٢٠
٦٦ = ١٧ - ٨٣	أكثر من ٣٠
٤٢	أكثر من ٤٠
٢٤	أكثر من ٥٠
١٣	أكثر من ٦٠
٤	أكثر من ٧٠
٠	أكثر من ٨٠

المتجمع الصاعد

لمجموعة من القيم الموزعة في جدول تكرارى ذى فئات فإننا نوجد التكرار المتجمع الصاعد أولاً ولإيجاد الوسيط ومنه نعرف موقف ترتيب الوسيط بين هذه التكرارات المتجمعة على أساس أن ترتيب الوسيط هو نصف عدد المفردات أى نصف مجموع التكرارات . ومتى عرفنا موقع ترتيب الوسيط يمكننا معرفة الفئة التى يقع الوسيط نفسه بين حديها الأدنى والأعلى

$$٥٠ = \frac{١٠٠}{٢} = \text{فترتيب الوسيط في الجدول السابق}$$

لمجموعة من القيم الموزعة في جدول تكرارى ذى فئات فإننا نوجد التكرار المتجمع الصاعد أولاً ولإيجاد الوسيط ومنه نعرف موقف ترتيب الوسيط بين هذه التكرارات المتجمعة على أساس أن ترتيب الوسيط هو نصف عدد المفردات أى نصف مجموع التكرارات . ومتمى عرفنا موقع ترتيب الوسيط يمكننا معرفة الفئة التى يقع الوسيط نفسه بين حديها الأدنى والأعلى .

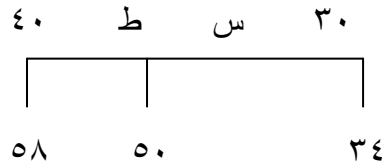
التكرار المتجمع الصاعد	الحدود العليا للفئات
٥	أقل من ١٠
$١٧ = ١٢ + ٥$	أقل من ٢٠
$٣٤ = ١٧ + ١٧$	أقل من ٣٠
$٥٨ = ٣٤ + ٢٤$	أقل من ٤٠
٧٦	أقل من ٥٠
٨٧	أقل من ٦٠
٩٦	أقل من ٧٠
١٠٠	أقل من ٨٠

$$٥٠ = \frac{١٠٠}{٢} = \text{فترتيب الوسيط في الجدول السابق}$$

وبالنظر إلى جدول التكرار المتجمع الصاعد نجد أن الترتيب ٥٠ يقع بين التكرارين ٣٤ و ٥٨ فهو أكبر من ٣٤ وأقل من ٥٨ وهذا معناه أن الوسيط بين ٣٠ و ٤٠ أى أكبر من ٣٠ وأقل من ٤٠ . وعليه فإن فئة الوسيط هى ٣٠ وأقل من ٤٠

أى أن الوسيط $ط = ٣٠ + س$

ولتحديد قيمة س يمكن تطبيق نظرية التناسب البسيط حيث نعتبر أن قيمة الوسيط تقع بين ٣٠ و ٤٠ بنفس النسبة التى يقع بها ترتيب الوسيط بين التكرارين ٣٤ و ٥٨ . وبالإستعانة بالشكل الهندسى التالى :



يمكن حساب قيمة س بالتقسيم التناسبي كما يلي :

$$\frac{34 - 50}{34 - 58} = \frac{\text{س}}{30 - 40}$$

$$\text{أى } \frac{\text{س}}{10} = \frac{16}{24} \text{ فتكون س} = 10 \times \frac{16}{24}$$

$$\text{ط} = 30 + 30 \times \frac{2}{3} = 60 + 40 = 100$$

$$\therefore \text{ط} = 36 \frac{2}{3}$$

ومن حل هذا المثال يمكن أن نستنتج معادلة رياضية لربط العناصر المستخدمة في الحل . وهذه العناصر هي ترتيب الوسيط = $\frac{ن}{2}$ في حالة ن عدد زوجي أو فردي طول الفئة ف الحد الأول لفئة الوسيط هـ ، التكرار المتجمع المناظر للحد الأدنى لفئة الوسيط ويسمى بالتكرار المتجمع السابق ك_١

التكرار المتجمع المناظر للحد الأعلى لفئة الوسيط ويسمى بالتكرار المتجمع اللاحق ك_٢

وهذه العناصر يمكن ربطها بالمعادلة التالية :

$$\text{الوسيط} = \text{بداية فئة الوسيط} + \frac{(\text{ترتيب الوسيط} - \text{التكرار المتجمع السابق})}{\text{التكرار المتجمع اللاحق} - \text{التكرار المتجمع السابق}} \times \text{طول الفئة}$$

$$\text{أو ط} = \text{هـ} + \frac{\frac{ن}{2} - \text{ك}_1}{\text{ك}_2 - \text{ك}_1} \times \text{ف}$$

تلاحظ أن ك_٢ - ك_١ = تكرار الفئة الوسيطة .

مثال (١) :

أحسب الوسيط من الجدول التكرارى التالى :

الفئة	-٢٠	-٢٥	-٣٠	-٣٥	-٤٠	-٤٥	-٥٠	-٥٥	المجموع
التكرار	٣	٦	٨	١٥	٢٥	١٢	٨	٣	٨٠

الحل :

نكون الجدول التكرارى المتجمع الصاعد :

الحدود العليا للفئات	التكرار المتجمع الصاعد
أقل من ٢٥	٣
أقل من ٣٠	٩
أقل من ٣٥	١٧
أقل من ٤٠	٣٢
أقل من ٤٥	٥٧
أقل من ٥٠	٦٩
أقل من ٥٥	٧٧
أقل من ٦٠	٨٠

$$\text{ترتيب الوسيط} = \frac{٨٠}{٢} = ٤٠ =$$

$$\text{فئة الوسيط} = ٤٠ - ٤٥ \text{ وطولها } = ٥$$

$$\text{التكرار المتجمع السابق} = ٣٢$$

$$\text{التكرار المتجمع اللاحق} = ٥٧$$

$$\therefore \text{ من المعادلة ط} = ٤٠ + \frac{٣٢ - ٤٠}{٣٢ - ٥٧} \times ٥$$

$$= ٤٠ + \frac{٨}{٥}$$

$$= ٤١,٦$$

وباتباع الإسلوب نفسه يمكننا إيجاد القيم التي تقسم مجموعة البيانات إلى أكثر من مجموعتين متساويتين في العدد . فالقيم التي تقسم المجموعة إلى أربعة أجزاء متساوية ويرمز لها بالرمز ١ع ، ٢ع ، ٣ع وتسمى الربيع الأول والربيع الثاني والثالث ، علماً أن الربيع الثاني هو الوسيط .

والربيع الأول يعرف بالربيع الأدنى ويرمز له إحياناً بالرمز ١ر والربيع الثالث بالربيع الأعلى ويرمز له بالرمز ٢ر أحياناً .

ويمكن تحديد الربيع بنفس الطريقة التي حسبنا بها الوسيط وذلك بتحديد ترتيب الربيع المطلوب ، ثم تحديد الفئة التي يقع الربيع بين حديها ثم تقسيم الفترة أو المسافة بين حدى الفئة بالضبط كما فعلنا في حساب قيمة س في الوسيط .

وفي المجموعات الكبيرة قد نحتاج إلى استخدام تقسيمات أدق من الأرباع الأربعة ، فنقسم المجموعة إلى عشرة أعشار ويسمى كلاً منها العشير ، فتكون العشير الأول والثاني و ٠٠٠ والتاسع . وقد تقسم إلى مائة جزء وتسمى المئينات . ولا شك أن العشير الخامس والمئين الخمسين يساويان الوسيط أما المئينتين الخامس والعشرون ، والخامس والسبعون فيساويان الربيعين الأول والأعلى على التوالي .

مثال (٢)

مستخدمًا الجدول في المثال (١) جد الربيعين الأدنى والأعلى .

الحل :

$$\text{ترتيب الربيع الأدنى} = \frac{٨٠}{٤} = ٢٠$$

وهو يقع بين ١٧ ، ٣٢

$$\therefore \text{فئة الربيع الأدنى} = ٣٥ - ٤٠ \text{ وطولها } ٥$$

$$\text{التكرار المتجمع السابق} = ١٧ \text{ والتكرار المتجمع اللاحق} = ٣٢$$

$$\therefore \text{الربيع الأدنى} = ١٦ = ٣٥ + \frac{١٧ - ٢٠}{١٧ - ٣٢} \times ٥$$

$$= ٣٦ = ١ + ٣٥$$

$$\text{وبالمثل ترتيب الربيع الأعلى} = ٨٠ \times \frac{٣}{٤} = ٦٠$$

$$\therefore \text{فئة الربيع الأعلى} = ٤٥ - ٥٠$$

$$\text{التكرار المتجمع السابق} = ٥٧$$

التكرار المتجمع اللاحق = ٦٩

$$\therefore \text{الربيع الأعلى} = ٣٤ = ٤٥ + ٥ \times \frac{٥٧ - ٦٠}{٥٧ - ٦٩}$$

$$= ٤٦,٢٥ = ١,٢٥ + ٤٥ =$$

خواص الوسيط :

يتميز الوسيط بأنه غير مضلل في حالة وجود قيم متطرفة ؛ لأن قيمته تتعین بموقعها بين القيم وليس بإضافة القيم إلى بعضها كما في حالة الوسيط الحسابي . ومن ميزاته أنه يمكن إيجاده بالرسم . إلا أن طريقة حسابه أكثر صعوبة من الوسيط الحسابي .

تمرين (٤ - ٣)

(١) جد الوسيط الحسابي والوسيط للمفردات التالية :

٤٢,٤ ، ٢٧,٥ ، ٢١,٢ ، ٢٦,٦ ، ٢٨ ، ٣٣,٨ ، ٤٢,٨ ، ٥٠,٢ ،
٤١,٦ ، ٥٠,٨

(٢) أحسب الوسيط والربيعين الأدنى والأعلى من الجدول التكراري التالي :

الفئات	-٢٠	-٢٥	-٣٠	-٣٥	-٤٠	-٤٥	-٥٠	-٥٥	-٦٠	المجموع
التكرارات	٣	٩	١٣	١٦	٢٠	١٥	١٣	٨	٣	١٠٠

(٣) الدرجات التالية في الجدول التكراري تمثل درجات ١٢٠ تلميذاً في

امتحان العلوم ، جد :

الوسيط الحسابي والوسيط لها .

الفئات	-٣٠	-٤٠	-٥٠	-٦٠	-٧٠	-٨٠	-٩٠	المجموع
التكرارات	١	٥	٥	٢٠	٤٠	٣٠	٩	١٢٠

(٤) الجدول التالي يوضح توزيع دخول عدد من الأسر بآلاف الدينارات :

الفئات	-٠	-٤	-٨	-١٢	-١٦	-٢٠	-٢٤
التكرارات	٥	١٠	١١	١٤	٣٠	٢٠	١٠

المطلوب حساب متوسط الدخول باستخدام الوسيط مرة ثم باستخدام الوسط الحسابي مرة أخرى .
 (٥) أحسب الوسيط في كل من الجداول التكرارية التالية :

الفئات	-١٣	-٢٠	-٢٧	-٣٤	-٤١	-٤٨
التكرارات	٥	١٥	٤٠	٥٠	٣٠	١٠

(أ)

الفئات	-١٤	-١٨	-٢٢	-٢٦	-٣٠	-٣٤	-٣٨
التكرارات	٢	٥	١٥	١٨	١٠	٧	٣

(ب)

الفئات	-١٠	-١٤	-١٨	-٢٢	-٢٦	-٣٠	-٣٤
التكرارات	٢	٦	١٥	٢٠	١٠	٤	٣

(ج)

الفئات	-٢٠	-٢٥	-٣٠	-٣٥	-٤٠	-٤٥	-٥٠	-٥٥
التكرارات	٥	١٠	٢٠	١٥	٢٠	١٥	٧	٨

(د)

(٤ - ٥) المنوال :

يستخدم المنوال مقياساً من مقاييس النزعة المركزية ليعكس النمط العام أو النموذج الغالب للظاهرة . فهو المتوسط الذي تتوفر فيه هذه الخاصية دون المتوسطات الأخرى ويعرف بأنه أكثر القيم شيوعاً ، أي أنه القيمة الأكثر تكراراً في مجموعة من المفردات .

وتظهر أهمية المنوال كمتوسط في بعض التطبيقات العلمية التي نجد فيها أن توفر صفة الشبوع والتكرار تخدم أغراض البحث . فإذا أردنا تحديد الطول المتوسط الذي سينتج على أساسه مصنع الملابس الجاهزة فإننا نجد أن تحديد الطول المناسب لا يمكن حسابه على أساس الوسط الحسابي أو الوسيط الذي يظهر الطول الغالب من الأشخاص (الرجال أو النساء أو الاطفال) أي الطول الأكثر تكراراً أو شيوعاً ، ولذلك تضمن إلى حد كبير أن الملابس المنتجة سوف تتناسب من حيث المقاس مع أكبر عدد من السكان .

مثال (١) :

جد المنوال للمفردات الآتية :

٥ ، ٦ ، ٢ ، ٩ ، ٥ ، ٥ ، ٨ ، ٧ ، ٣ ، ١٠ ، ٩ ، ٥ ، ٧ ، ٢ ، ٥ ، ٤

الحل :

نلاحظ أن المفردة ٥ هي أكثر المفردات تكراراً

∴ المنوال لهذه المجموعة يساوى ٥

مثال (٢) :

الجدول التالي يبين توزيع عينة من الأسر حجمها ٢٠٠ أسرة حسب عدد

أفرادها . احسب متوسط عدد أفراد الأسرة الأكثر شيوعاً باستخدام المنوال .

عدد أفراد الأسرة	عدد الأسر
١	٢٠
٢	٣٠
٣	٤٥
٤	٥٠
٥	٣٠
٦	٢٥

الحل :

لتحديد قيمة المنوال نبحث عن عدد أفراد الأسرة الأكثر تكراراً فنجد أنه ٤

تكرر في ٥٠ أسرة ، لذا فإن قيمة المنوال هو ٤ . وذلك يعنى أن عدد أفراد الأسرة

الأكثر غالبية هو أربعة اشخاص .

المنوال لقيم مبوبة في جدول تكرارى :

عندما تكون البيانات في جدول تكرارى فإن الفئة ذات التكرار الأكبر

تحتوى على مفردات عددها أكبر من عدد المفردات الواقعة في أى واحدة من

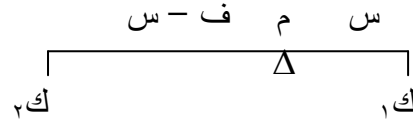
الفئات الأخرى بالطبع . وعلى إعتبار أن مركز الفئة يمثل جميع المفردات التى تقع

في الفئة يتضح أن مركز الفئة ذات التكرار الأكبر هو القيمة الأكثر شيوعاً أو

القيمة ذات التكرار الأكبر بين مفردات المجموعة التي يمثلها الجدول التكرارى أى هى المنوال .

إذن في الجدول يكون المنوال هو مركز الفئة ذات التكرار الأكبر وتسمى هذه الفئة بالفئة المنوالية للجدول التكرارى .

وهناك طرق أخرى لتحديد موقع المنوال بدقة داخل الفئة المنوالية وذلك بتقسيم المسافة بين الحدين الأدنى والأعلى لهذه الفئة تقسيماً تناسبياً باستخدام تكرارى الفئتين المحيبتين بالفئة المنوالية لإجراء هذا التقسيم . وبغرض أن المنوال م يبعد مسافة س من الحد الأدنى للفئة المنوالية ولمعرفة مقدار س نفترض أن لدينا رافعة في طرفها الأيمن قوة تكرر الفئة قبل المنوالية ك_١ وفي طرفها الأيسر قوة تساوى تكرر الفئة بعد المنوالية ك_٢ وفيها م نقطة ارتكاز على بعد س من طرفها الأيمن . وعلى بعد (ف - س) من طرفها الأيسر حيث ف طول الفئة.



$$\text{أي } ك_١ س = ك_٢ (ف - س)$$

ونعرف هذه الطريقة بطريقة الرافعة :

وثمة طريقة أخرى لحساب س بدقة أكبر تسمى طريقة بيرسون وفيها يكون التقسيم على أساس فروق التكرارات بين الفئة المنوالية والتي قبلها والتي بعدها . بدلاً من التكرارات نفسها

فإذا كان تكرر الفئة المنوالية ك يكون :

$$\frac{ك_١ - ك_٢}{ك_٢ - ك_١} = \frac{س}{ف - س}$$

مثال (١) :

الجدول التكرارى التالى يبين قياسات الملابس لعينة من ٢٠٠ شخصاً

التكرارات	القياسات
٩	٢٥ - ٢٠
٤٨	٣٠ - ٢٥
٥٧	٣٥ - ٣٠
٦١	٤٠ - ٣٥
٢٥	٤٥ - ٤٠

والمطلوب معرفة نمط القياس الأكثر شيوعاً لدى افراد هذه العينة
(المنوال) ، مستخدماً الطرق الثلاثة

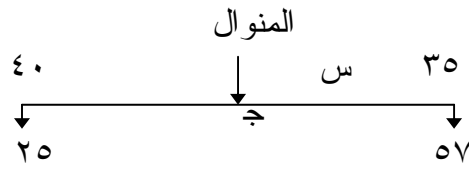
الحل :

لحساب المنوال نتبع الخطوات التالية :

(١) نجد الفئة المنوالية وهى الفئة الاكثر تكراراً وتساوى في هذا الجدول
(٤٠ - ٣٥) .

(٢) يمكن إعتبار أن مركز وهو ٣٧,٥ هو المنوال بصورة تقريبية .

(٣) ولكن لتحديد المنوال بدقة أكثر يمكن استخدام قانون الرافعة بفرض أن
المنوال عند ج (انظر الشكل (٨ - ١))



الشكل (٨ - ١)

وهو متجاذب بين التكرار الذى يسبق تكرار الفئة المنوالية والتكرار الذى
يلى الفئة المنوالية .

∴ المنوال = ٣٥ + س

∴ يمكن حساب س من المعادلة

$$57 \text{ س} = 25 (5 - \text{س})$$

$$57 \text{ س} = 125 - 25 \text{ س}$$

$$82 \text{ س} = 125$$

$$\text{س} = \frac{125}{82} = 1,52$$

∴ المنوال = $1,52 + 35 = 36,52$ (مقرب لمنزلتين)

أما إذا استخدمنا طريقة بيرسون فنجد أن :

$$\frac{\frac{4}{36}}{\frac{\text{س}}{5 - \text{س}}} = \frac{\frac{57 - 61}{25 - 61}}{\frac{\text{س} - 5}{\text{س}}} \quad \therefore 9 \text{ س} = 5 - \frac{\text{س}}{\text{س}}$$

$$5 = 10 \text{ س}$$

$$0,5 = \text{س}$$

∴ المنوال = $35,5$

مثال (٢) :

الجدول التالي يمثل قياسات نزول المطر في مدينة الدويم خلال ١٠٠ يوماً
مقاسه بالملم . أحسب المنوال : مستخدماً طريقتي الرافعة وبيرسون .

الفئات	-١٠	-١٥	-٢٠	-٢٥	-٣٠	-٣٥	-٤٠	-٤٥	المجموع
عدد الأيام	٣	٧	١١	٢٢	٢٧	١٤	٩	٧	١٠٠

الحل :

من هذا التوزيع التكراري نجد أن الفئة المنوالية ٣٠ - بفرض أن المنوال م

$$= 30 + \text{س}$$

س جزء من طول الفئة

$$\text{طول الفئة} = 35 - 30 = 5$$

تكرار الفئة قبل المنوالية ٢٢ والتكرار بعدها ١٤

لايجاد قيمة س يمكن الاستفادة بشكل الرافعة بالشكل (٩ - ٢)

$$\begin{array}{ccc} ٣٥ & \text{س م} & ٣٠ \\ | & \Delta & | \\ ١٤ & & ٢٢ \end{array}$$

الشكل (٩ - ٢)

$$\therefore ٢٢ \text{ س} = ١٤ (٥ - \text{س})$$

$$٢٢ \text{ س} = ٧٠ - ١٤ \text{ س}$$

$$٣٦ \text{ س} = ٧٠$$

$$\therefore \text{س} = \frac{٧٠}{٣٦} = ١,٩٤$$

$$\therefore \text{المنوال} = ٣١,٩٤$$

أما إذا استخدمنا طريقة بيرسون سنجد أن :

$$\frac{٢٢ - ٢٧}{١٤ - ٢٧} = \frac{\text{س}}{\text{س} - ٥}$$

$$\frac{٥}{١٣} = \frac{\text{س}}{\text{س} - ٥}$$

$$١٣ \text{ س} - ٢٥ = ٥ \text{ س}$$

$$١٨ \text{ س} = ٢٥$$

$$\text{س} = \frac{٢٥}{١٨} = ١,٣٩$$

أى المنوال ٣١,٣٩

خواص المنوال :

(١) يمثل المنوال المقياس الأكثر تعبيراً عن توزيع بعض البيانات .

(٢) لا تتأثر قيمة المنوال بالقيم المتطرفة .

(٣) قد يكون في التوزيع الواحد أكثر من منوال

تمرين (٤ - ٤)

- (١) احسب الوسيط والمنوال لكل من القياسات التالية :
- (أ) ٥ ، ٣ ، ٢ ، ٣ ، ٦ ، ٣ ، ٤ ، ١ ، ٥ ، ١ ، ١ ، ٢
- (ب) ١ ، ٢ ، ٢ ، ١ ، ١ ، ٣ ، ١ ، ٢ ، ١ ، ١
- (ج) ١٧،٢ ، ١٦،٩ ، ١٧،٥ ، ١٦،٤ ، ١٧،١
- (٢) المعلومات التالية مأخوذة من سجل لغياب العاملين في أحد المؤسسات خلال شهر يناير .

٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	عدد أيام الغياب
٣	٦	١٠	١٦	٢٠	٣٢	١٥	٥	التكرار

- أحسب (أ) متوسط عدد أيام الغياب .
 (ب) الوسيط لعدد أيام الغياب .
 (ج) المنوال لعدد أيام الغياب .
- (٣) الجدول التالي يوضح العمر الزمني بالأسبوع بالنسبة إلى ٢٠٠ مصباح كهربائي أخذت كعينة من أحد المصانع .

-٥٨	-٥٤	-٥٠	-٤٦	-٤٢	-٣٨	-٣٤	-٣٠	-٢٦	العمر بالأسبوع
٦	١٠	١٩	٣٥	٥٥	٤٠	٢٠	١٠	٥	عدد المصابيح

- أحسب الوسط الحسابي والمنوال مقرباً لأقرب أسبوع .
- (٤) الجدول التالي يوضح فئات أعمار ٢٥٠ شخصاً يعملون في أحد الشركات .

-٤٩	-٤٦	-٤٣	-٤٠	-٣٧	-٣٤	-٣١	-٢٨	-٢٥	فئة العمر
٧	٢٠	٢٥	٤١	٧٥	٤٥	٢٠	١٥	٢	عدد الأشخاص

أحسب المنوال مقرباً لأقرب سنة .
 (٥) جد المنوال ، الوسط الحسابي ، الوسيط ، الربعين الأدنى والأعلى من
 الجدول التكراري التالي :

فئات	-٢٥	-٣٥	-٤٥	-٥٥	-٦٥	-٧٥	-٨٥	-٩٥
تكرارات	٥	١٠	١٠	٣٥	٢٠	١١	٦	٣

(٦) أحسب المنوال في كل من الجداول التكرارية التالية :

فئات	-١٣	-٢٠	-٢٧	-٣٤	-٤١	-٤٨
تكرارات	٦	١٥	٤٠	٥٠	٢٥	١٤

(أ)

فئات	-١٤	-١٨	-٢٢	-٢٦	-٣٠	-٣٤	-٣٨
تكرارات	٢	٨	١٢	١٨	١٠	٧	٣

(ب)

فئات	-١٠	-١٤	-١٨	-٢٢	-٢٦	-٣٠	-٣٤
تكرارات	٢	٦	١١	٢٠	١٠	٨	٣

(ج)

فئات	-٢٠	-٢٥	-٣٠	-٣٥	-٤٠	-٤٥	-٥٠	-٥٥
تكرارات	٣	٥	١٥	١٦	٢٠	١٥	١٣	١٠

(د)

(٤ - ٦) التشتت :

درسنا في الفصل السابق كيفية الحصول على المتوسط باعتباره القيمة
 النموذجية التي تمثل مجموعة البيانات وتصلح لوصفها ، ولكن المتوسط وحده
 لا يكفي لإعطاء فكرة دقيقة عن مجموعة البيانات وكيفية توزيعها ، لأن كل مجتمع
 نبخته يتكون من مجموعة مفردات مختلفة بعضها عن بعض وهذا الاختلاف بين
 مفردات المجتمع الواحد نسميه التشتت ، ودراسة تشتت مفردات المجتمع يعطينا
 فكرة عن العلاقات التي تربط بينها ؛ لأن التشتت إذا كان مقداره صغيراً فإنه يدل

على أن المفردات متقاربة من بعضها أو متجانسة وما يسرى على أى واحدة منها خصوصاً المتوسطة يكاد يسرى على الجميع بدون خطأ كبير .
أما إذا كان التشتت كبيراً فهو دليل على وجود تفاوت واختلاف بين المفردات ويتعذر إصدار حكم عام على هذه المفردات بثقة عالية .
وما يهمننا من دراسة التشتت هو دراسة مقاييس التشتت وهناك عدة مقاييس له نذكر منها المدى والمدى الربيعي ، والانحراف المتوسط ، والانحراف المعياري .

المدى :

يعرف المدى أو أحياناً المدى المطلق بأنه الفرق بين أكبر مفردة وأصغر مفردة في المجموعة الإحصائية وهو سهل في حسابه إلا أنه أقل مقاييس التشتت دقة وقد تكون قيمته مضللة لأنه يعتمد في قياسه على قيمتين فقط (الصغرى والكبرى) بغض النظر عن كيفية تشتت القيم داخل المجموعة وخصوصاً في حالات وجود مفردات متطرفة أو شاذة في المجموعة مما يجعل المدى كبيراً بدون مبرر . أما طريقة حسابه في حالة الجدول التكراري فهي بطرح الحد الأدنى للفئة الدنيا من الحد الأعلى للفئة العليا في الجدول التكراري .
ويستخدم المدى ببساطته هذه في مجالات مهمة كاستخدامه في مراقبة جودة الانتاج وأحوال الطقس .

الانحراف الربيعي : (او نصف المدى الربيعي)

نظراً لأن أهم عيوب المدى هو تأثره بالقيم المتطرفة ، فقد اقترح إهمال القيم المتطرفة باستبعادها وأخذ الفرق بين الربيعين الأعلى والأدنى أى المدى الربيعي أو نحصل على نصف المدى الربيعي ويعرف (بالانحراف الربيعي) كمقياس آخر للتشتت أدق وأكثر استقراراً من مجرد المدى بين المفردتين الكبرى والصغرى .

مثال (١) :

الدرجات التالية حصل عليها طالب في تسع مواد جلس لامتحانها
٧٥ ، ٨٢ ، ٧٤ ، ٥٦ ، ٦٥ ، ٧١ ، ٩٣ ، ٥٨ ، ٨٣
احسب المدى والانحراف الربيعي .

الحل :

المدى = أكبر مفردة - أصغر مفردة

$$= 93 - 56 = 37$$

ترتيب المفردات تصاعدياً

$$56, 58, 65, 71, 74, 75, 82, 83, 93$$

$$\begin{aligned} \text{ترتيب الوسيط} &= \frac{1+9}{2} = 5 \\ \text{ترتيب الربيع الأدنى} &= \frac{1+5}{2} = 3 \end{aligned}$$

∴ الربيع الأدنى ع ٦٥ =

الربيع الأعلى يتوسط الخمسة مفردات الأخيرة والتي تبدأ بالوسيط .

∴ ترتيب الربيع الأعلى هو الثالث من الوسيط أو الثالث قبل الأخير

∴ الربيع الأعلى ع ٨٢ =

المدى الربيعي = ٨٢ - ٦٥ = ١٧

$$\text{الانحراف الربيعي} = \frac{1}{2} \times 17 = 8,5$$

الانحراف المتوسط :

يعرف الانحراف المتوسط بأنه متوسط بعد المفردات عن وسطها الحسابي . وإيجاد الانحراف المتوسط يعتمد على إيجاد بُعد كل مفردة من المفردات عن وسطها الحسابي ، ونسبة لأن مجموع الانحرافات عن الوسط الحسابي يساوي الصفر فإننا نأخذ القيمة المطلقة لهذه الانحرافات (أى بدون الإشارة الجبرية) ورياضياً يمكن تعريف الانحراف المتوسط بالمعادلة التالية

$$\text{الانحراف المتوسط} = \frac{\sum_{i=1}^n |s_i - \bar{s}|}{n}$$

$$r = 1$$

حيث \bar{s} هو الوسط الحسابي ، n عدد المفردات إذن لإيجاد الانحراف

المتوسط لمجموعة من المفردات فإننا نتبع الخطوات التالية :

- ١- إيجاد الوسط الحسابي للمجموعة \bar{s} .
- ٢- إيجاد انحراف كل مفردة عن الوسط الحسابي $s_r - \bar{s}$
- ٣- أخذ القيمة المطلقة لهذه الانحرافات $|s_r - \bar{s}|$
- ٤- إيجاد الوسط الحسابي للقيم المطلقة للانحرافات

$$\frac{\sum |s_r - \bar{s}|}{n}$$

مثال (٢) :

أحسب الانحراف المتوسط للدرجات في المثال (١)

الحل :

$$\frac{83+58+93+71+65+56+74+82+75}{9} = \frac{s}{n} = \bar{s} = \frac{657}{9} = 73$$

المفردة س	ح = س - \bar{s} = س - ٧٣	$ س - \bar{s} $
٧٥	٢	٢
٨٢	٩	٩
٧٤	١	١
٥٦	١٧-	١٧
٦٥	٨-	٨
٧١	٢-	٢
٩٣	٢٠	٢٠
٥٨	١٥ -	١٥
٨٣	١٠	١٠
المجموع		٨٤

$$\text{الانحراف المتوسط} = \sum = \frac{|س - س|}{ن} = \frac{٨٤}{٩} = ٩,٣$$

الانحراف المعياري :

وهو من أشهر مقاييس التشتت وأكثرها استخداماً وهو عبارة عن الجذر التربيعي الموجب لمتوسط مربعات انحراف المفردات عن الوسط الحسابي . ويرمز له بالرمز ع

$$\text{رياضياً : ع} = \sqrt{\frac{(س - س)^2}{ن}}$$

وقد لجأنا هذه المرة لتفادي مشكلة الإشارة في الانحرافات بالتربيع بدلاً عن أخذ القيمة المطلقة في الانحراف المتوسط . ويعود السبب إلى أخذ الجذر التربيعي إلى أننا نريد أن نرجع إلى الوحدات الأصلية وذلك ليكون هذا المقياس للتشتت بنفس الوحدات المقاسة بها المفردات في المجموعة الإحصائية المراد بحثها .

$$\text{أما مربع الانحراف المعياري ع}^2 = \frac{(س - س)^2}{ن} \text{ فيسمى التباين .}$$

لاحظ مما سبق أنه لإيجاد الانحراف المعياري لمجموعة من القيم نتبع

الخطوات التالية :

- ١- نوجد الوسط الحسابي للقيم في المجموعة
- ٢- نحسب انحرافات القيم عن الوسط الحسابي .
- ٣- نربع الانحرافات
- ٤- نجمع هذه المربعات ونقسم المجموع على عدد القيم لنحصل على متوسط مربعات الانحرافات وهو ما يعرف بالتباين .
- ٥- نحسب الجذر التربيعي لمتوسط مربعات الانحرافات يكون هو الانحراف المعياري المطلوب .

مثال (٣) :

جد الانحراف المعياري لدرجات الطالب في المثال السابق

الحل :

الوسط الحسابي للمفردات من المثال السابق = ٧٣

المفردة س	ح = س - س̄ = س - ٧٣	(س - س̄)²
٧٥	٢	٤
٨٢	٩	٨١
٧٤	١	١
٥٦	١٧-	٢٨٩
٦٥	٨-	٦٤
٧١	٢-	٤
٩٣	٢٠	٤٠٠
٥٨	١٥-	٢٢٥
٨٣	١٠	١٠٠
	∑ (س - س̄)²	١١٦٨

$$١٢٩,٨ \approx ١٢٩,٧ = \frac{١١٦٨}{٩} = \sqrt{١٢٩,٨} = ١١,٣٩ = \sigma$$

$$\sqrt{\frac{\sum (س - س̄)²}{ن}} = \sigma \text{ إن العلاقة ع}$$

هي العلاقة الأساسية لتعريف الانحراف المعياري ولكننا إذا استخدمنا خواص رمز المجموع \sum نستطيع أن نتوصل إلى صيغة أخرى للانحراف المعياري وذلك باستخدام مربعات مفردات المجموعة والوسط الحسابي للمفردات وهذه العلاقة هي :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum س² - \frac{(\sum س)²}{ن}}{ن}}$$

وهذه الصيغة تؤدي إلى نفس النتيجة ولكن عبء العمليات الحسابية يختلف ولكن يمكن تخفيف العمليات الحسابية أكثر بطرح قيمة فرضية (و) من مفردات المجموعة ومن وسطها الحسابي لأن الانحراف المعياري لا يتأثر بهذه الازاحة وتكون الصيغة للانحراف المعياري حينئذٍ على الصورة :

$$ع = \sqrt{\frac{\sum (س - و)^2 - \frac{(\sum (س - \bar{س}))^2}{ن}}{ن}}$$

وهي ما تعرف بطريقة الازاحة

مثال (٤) :

مستخدماً طريقة الازاحة جد الانحراف المعياري لدرجات التلاميذ في المثال السابق .

الحل :

بازاحة المفردات إلى اليمين بـ ٧٤ .

المفردة س	س - ٧٤	(س - ٧٤)²
٧٥	١	١
٨٢	٨	٦٤
٧٤	صفر	صفر
٥٦	١٨-	٣٢٤
٦٥	٩-	٨١
٧١	٣-	٩
٩٣	١٩	٣٦١
٥٨	١٦-	٢٥٦
٨٣	٩	٨١
المجموع		١١٧٧

من العلاقة

$$ع = \sqrt{\frac{\sum (س - و)^2 - \frac{(\sum (س - \bar{س}))^2}{ن}}{ن}}$$

$$ع = \sqrt{\frac{(\sum (س - ٧٣))^2 - \frac{١١٧٧}{٩}}{٩}}$$

$$ع = \sqrt{1 - 130,8} = \sqrt{129,8} = 11,39$$

وهى النتيجة نفسها التي حصلنا عليها سابقاً
ويمكن ايجاد الانحراف عن طريق الآلات الحاسبة المبرمجة أو الحاسوب .
وذلك بادخال المفردات فقط والضغط على زر معين يعطى الانحراف المعياري .

الانحراف المعياري للتوزيع التكراري :

إذا كانت البيانات في توزيع تكراري ، فإن كل قيمة من قيم س في الجدول تتكرر عدداً من المرات ويتولد عن ذلك عدد مساوٍ له من الانحرافات ومربعات الانحرافات ولحساب الانحراف المعياري من جدول التوزيع التكراري نتبع الخطوات التالية :

- (١) نوجد الوسط الحسابي س بالطريقة التي عرفناها سابقاً .
- (٢) نحسب الانحرافات ح عن هذا الوسط ونكتبها في عمود منفصل . تحت عنوان = س - س
- (٣) تربيع ح في كل سطر ونضع الناتج في عمود ملاصق لهذا تحت عنوان ح^٢ .
- (٤) نضرب أرقام هذا العمود ح^٢ في أرقام عمود التكرارات ك كل في نظيره على نفس السطر ونكتب الناتج في نفس السطر في خانة جديدة بعنوان ح^٢ ك وستكون هذه النواتج كلها موجبة .
- (٥) نجمع العمود ح^٢ ك فنحصل على مجموع مربعات الانحرافات
- (٦) نوجد الانحراف المعياري مستخدمين العلاقة

$$ع = \sqrt{\frac{\sum ك ح^2}{\sum ك}}$$

ويمكن استخدام طريقة أخرى للتعبير عن ع وهى

$$ع = \sqrt{\frac{\sum ك س^2 - \frac{(\sum ك س)^2}{\sum ك}}{\sum ك}}$$

وإذا استخدمنا طريقة الازاحة بـ و إلى اليمين تصبح العلاقة في الصورة :

$$ع = \sqrt{\frac{\sum ك (س - و)^2}{\sum ك} - \frac{(\sum ك (س - و))^2}{\sum ك}}$$

مثال (٥) :

الجدول التالي يمثل الأجر اليومي بالجنهيات لمجموعة مكونة من ٥٠ عاملاً في إحدى الشركات :

الأجر اليومي	١٢	١٥	١٧	٢١	٢٢	٢٥	٣٦	المجموع
عدد العمال	٣	٤	١١	١٤	٩	٥	٤	٥٠

جد الانحراف المعياري لأجور هؤلاء العاملين .

الحل :

المرتبة س	عدد العمال ك	ك س	ح = س - س̄	ح ^٢	ك ح ^٢
١٢	٣	٣٦	٨,٨٨ -	٧٨,٨٥	٢٣٦,٥٥
١٥	٤	٦٠	٥,٨٨ -	٣٤,٥٧	١٣٨,٢٨
١٧	١١	١٨٧	٣,٨٨ -	١٥,٠٥	١٦٥,٥٥
٢١	١٤	٢٩٤	٠,١٢	٠,٠١٤	٠,١٩٦
٢٢	٩	١٩٨	١,١٢	١,٢٥٤	١١,٢٨٦
٢٥	٥	١٢٥	٤,١٢	١٦,٩٧	٨٤,٨٥
٣٦	٤	١٤٤	١٥,١٢	٢٢٨,٦١	٩١٤,٤٤
	٥٠	١٠٤٤			١٥٥١,١٥٢

$$س = \frac{\sum ك س}{\sum ك} = \frac{١٠٤٤}{٥٠} = ٢٠,٨٨$$

$$\sqrt{31,023} = \frac{\sqrt{1001,102}}{5,0} = \frac{\sqrt{\frac{\sum K^2}{n}}}{\sqrt{n}} = \sigma \therefore$$

$$\underline{\underline{5,57 \approx}}$$

الانحراف المعياري من الجدول التكراري ذي الفئات :

طريقة حساب الانحراف المعياري من الجدول التكراري ذي الفئات لا تختلف كثيراً عن طريقة حسابه من جدول التوزيع التكراري والاختلاف الوحيد هو أننا نوجد مراكز الفئات ونعتبر أن جميع القياسات التي تنتمي إلى فئة مساوية لمركز هذه الفئة . ولتخفيف العمليات الحسابية نلجأ أحياناً إلى إختيار وسط فرضي ويكون أحد مراكز الفئات ويستحسن أن يكون هو مركز الفئة ذات التكرارات الكبيرة . ثم نحسب الانحرافات ح عن هذا الوسط ثم نوجد ح ك كما فعلنا سابقاً وهو يساوي ك ك (س - و) في العلاقة التي مرت بنا سابقاً والمثال التالي يوضح ذلك .

مثال (٦) :

في سجل المواليد بأحد المستشفيات كانت أعمار أمهات المواليد اللائي وضعن بالمستشفى في أحد الشهور كما يلي :

الفئات	-٢٠	-٢٥	-٣٠	-٣٥	-٤٠	-٤٥	المجموع
التكرارات	١٥	٢٨	٤٦	٣٥	٢٢	٤	١٥٠

أحسب الانحراف المعياري لأعمار الأمهات في هذا الجدول

الحل :

نختار مقداراً للازاحة وليكن هو مركز الفئة ٣٠ - أي ٣٢,٥

فئات العمر	مركز الفئة س	التكرار ك	الانحراف ح = س - ٣٢,٥	ح × ك	ح ^٢ ك
-٢٠	٢٢,٥	١٥	١٠ -	١٥٠ -	١٥٠٠
-٢٥	٢٧,٥	٢٨	٥ -	١٤٠ -	٧٠٠
-٣٠	٣٢,٥	٤٦	صفر	صفر	صفر
-٣٥	٣٧,٥	٣٥	٥	١٧٥	٨٧٥
-٤٠	٤٢,٥	٢٢	١٠	٢٢٠	٢٢٠٠
-٤٥	٤٧,٥	٤	١٥	٦٠	٩٠٠
المجموع		١٥٠	١٥	١٦٥	٦١٧٥

$$\frac{165}{150} + 32,5 = \bar{س}$$

$$\frac{165}{150} = \bar{س} - و$$

$$\therefore \frac{\sum ح^2 ك}{\sum ك} - (\bar{س} - و)^2 = ٢٤$$

$$= \frac{6175}{150} - \left(\frac{165}{150} \right)^2$$

$$= 39,96 = 41,17 - 1,21$$

$$\therefore \sqrt{39,96} = ٦,٣ \approx ع$$

تمرين (٤ - ٥)

(١) جد المدى المطلق ، المنوال ، الوسط الحسابي ، الوسيط ، الانحراف الربيعي ، الانحراف المتوسط والانحراف المعياري لمجموعة القيم التالية :

١٢، ١٧، ١٣، ١٥، ١٧، ١٣، ١٤، ١٥، ١٣، ١٧، ١٥، ١٣، ١٧، ١٣، ١٥، ٢١، ٢٣، ٢٧، ١٧، ١٩، ١٠، ١٢، ١٦، ١٤ .

(٢) جد المدى المطلق ، المنوال ، الوسط الحسابي ، الوسيط ، الانحراف الربيعي ، الانحراف المتوسط والانحراف المعياري من الجدول أدناه :

فئات	-٢٥	-٣٥	-٤٥	-٥٥	-٦٥	-٧٥	-٨٥	-٩٥
تكرارات	٥	٩	١١	٣٥	١٦	١٢	٩	٣

(٣) جد المدى المطلق ، الانحراف المتوسط ، الانحراف الربيعي والانحراف المعياري من الجدول أدناه :

فئات	-١٢	-١٦	-٢٠	-٢٤	-٢٨
تكرارات	٧	٩	١٥	٦	٣

(٥) الجدول التكراري التالي يوضح توزيع أعمار ٤٠ شخصاً

فئات	١٠-	١٤-	١٨-	٢٢-	٢٦-	المجموع
تكرارات	٣	٧	١٦	١٠	٤	٤٠

جد المدى المطلق ، المنوال ، الوسط الحسابي ، الوسيط ، الانحراف الربيعي ، الانحراف المتوسط والانحراف المعياري .

(٦) الجدول إدناه يبين التوزيع التكراري لدرجات ١٢٠ تلميذاً في امتحان العلوم ، جد :

الوسط الحسابي ، المدى المطلق ، المنوال ، الوسيط ، والانحراف المعياري الانحراف الربيعي ، الانحراف المتوسط .

فئات	-٣٠	-٤٠	-٥٠	-٦٠	-٧٠	-٨٠	-٩٠	المجموع
تكرارات	١	٣	١١	٢١	٤٣	٣٢	٩	١٢٠

الوحدة الخامسة

الاحتمالات

أهداف الوحدة الخامسة الإحتمالات

بعد دراسة هذه الوحدة نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن :

- ١/ يحدد فضاء العينة للتجربة العشوائية .
- ٢/ يحدد نقاط العينة للتجربة العشوائية .
- ٣/ يجد نقاط العينة لإتحاد أو تقاطع أو فرق حادثتين .
- ٤/ يميز الحوادث المنفصلة .
- ٥/ يجد مكملة الحادثة .
- ٦/ يجد مسلمات نظرية الاحتمالات .
- ٧/ يجد احتمالات الحادثة في حالة حوادث الاحتمالات المتساوية .

الوحدة الخامسة

مبادئ الاحتمالات

(٥ - ١) مقدمة :

الاحتمالات أحد فروع الرياضيات الذي يهتم بدراسة نتائج التجارب أو المحاولات العشوائية . وهي تلعب دوراً خاصاً في الحياة اليومية لأنها تستخدم في قياس عدم التأكد .

فكثيراً ما يتم إتخاذ قرارات بناء على معلومات غير كاملة ، فيكون دور الاحتمالات المساعدة على الاختيار . فقد نلغى رحلة تم الترتيب لها ؛ لأن إحتمال أن يكون الجو رديئاً إحتمال كبير . وكثيراً ما نتحدث عن إحتمال هطول المطر أو إحتمال فوز فريق كرة قدم على فريق آخر .

وقد نعبر عن هذه الاحتمالات في صورة عددية كالنسبة المئوية كأن تقول أن إحتمال ارتفاع درجات الحرارة هذه الليلة ٧٠٪ . وإحتمال أن ينجح أحمد في الامتحان ٨٥٪ . وهذه التقارير لاتستند إلى أساس رياضي محض ، بل تعتمد على أحداث وخبرات سابقة عن الطقس أو عن حالة أحمد التعليمية ولنظرية الاحتمالات تطبيقات كثيرة ومهمة في مجال التخطيط للتنمية الاقتصادية والإجتماعية والبحث العلمي . وفي إتخاذ القرارات في كثير من مجالات العمل اليومي .

(٥-٢) التجربة العشوائية :

التجربة هي كل عملية او إجراء يؤدي إلى ملاحظة أو مشاهدة . تسمى التجربة أو المحاولة عشوائية إذا كنا نعلم مسبقاً جميع نواتجها الممكنة دون أن نتمكن من التنبؤ بأن أي من هذه النواتج سيحقق فعلاً .

فمثلاً عن إلقاء قطعة نقود فإن نواتج هذه التجربة ستكون إحدى الحالتين الصورة أو الكتابة ، ولكننا لانستطيع أن نتنبأ أيهما سيكون السطح العلوى لقطعة النقود . إذن إلقاء قطعة النقود تجربة عشوائية وكذلك عند إلقاء حجر النرد (زهرة النرد) وتسجيل عدد النقط المنقوشة على الوجه الظاهر ، فإن النواتج الممكنة ستكون أحد القيم ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ دون أن نتمكن من التنبؤ بناتج التجربة فعلاً . وعليه فإن هذه التجربة تجربة عشوائية .

(٣-٥) فضاء العينة :

إن مجموعة جميع النتائج الممكنة للتجربة العشوائية تسمى فضاء العينة.

(٥ - ١) تعريف :

فضاء العينة هو مجموعة النتائج الممكنة
لتجربة عشوائية . وتسمى كل نتيجة ممكنة
نقطة عينة . وسنرمز لفضاء العينة بالرمز ع .

ففي تجربة قذف قطعة النقود ، وملاحظة الوجه الذى سيظهر عند استقرار القطعة نجد أن جميع النتائج الممكنة لها هي (صورة) أو (كتابة) فإذا رمزنا للصورة بالرمز (ص) وللكتابة بالرمز (ك) فإن مجموعة النواتج لهذه التجربة هي { ص ، ك } .

وعليه يكون فضاء العينة لهذه التجربة هو :
ع = { ص ، ك } .

وبالمثل فإن فضاء العينة لتجربة رمى حجر النرد وتسجيل عدد النقط التى تظهر على الوجه العلوى هو

ع = { ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ } .

أما إذا نظرنا إلى تجربة مثل التجربة التالية :

إلقاء قطعة النقود ثم إلقاء حجر النرد . تسمى مثل هذه التجربة عشوائية مركبة لأنها تكونت من تجربتين عشوائيتين بسيطتين . أو كتجربة إلقاء قطعة النقود مرتين فإذا أردنا تحديد فضاء العينة للتجربة المركبة الأخيرة مثلاً نجد أن فضاء العينة لها يتضمن أربعة أزواج مرتبة حيث يرمز المكون الأول من كل زوج إلى نتيجة القطعة في المرة الأولى ويرمز المكون الثانى لنتيجة القطعة في المرة الثانية .

ونقطة العينة في هذه الحالة هي زوج مرتب من الحروف وهي :

{ (ص ، ص) ، (ص ، ك) ، (ك ، ص) ، (ك ، ك) }

تدريب :

أكتب فضاء العينة لتجربة إلقاء ثلاث قطع نقود .

مثال (١) :

التجربة هي إلقاء حجري نرد . أكتب فضاء العينة ع لهذه التجربة :

الحل :

الجدول (٧ - ١) التالي يمثل فضاء العينة لهذه التجربة

النتيجة على الحجر الثاني

(٦ ، ١)	(٥ ، ١)	(٤ ، ١)	(٣ ، ١)	(٢ ، ١)	(١ ، ١)
(٦ ، ٢)	(٥ ، ٢)	(٤ ، ٢)	(٣ ، ٢)	(٢ ، ٢)	(١ ، ٢)
(٦ ، ٣)	(٥ ، ٣)	(٤ ، ٣)	(٣ ، ٣)	(٢ ، ٣)	(١ ، ٣)
(٦ ، ٤)	(٥ ، ٤)	(٤ ، ٤)	(٣ ، ٤)	(٢ ، ٤)	(١ ، ٤)
(٦ ، ٥)	(٥ ، ٥)	(٤ ، ٥)	(٣ ، ٥)	(٢ ، ٥)	(١ ، ٥)
(٦ ، ٦)	(٥ ، ٦)	(٤ ، ٦)	(٣ ، ٦)	(٢ ، ٦)	(١ ، ٦)

النتيجة على الحجر الأول

جدول (٥ - ١)

أو بصورة رمزية :

$E = \{ (س ، ص) : س عدد صحيح بين ٠ ، ٧ ؛ ص عدد صحيح بين ٠ ، ٧ \}$
حيث س هي النتيجة الملحوظة على الحجر الأول ، ص هي النتيجة الملحوظة على الحجر الثاني .

عدد نقاط العينة ٣٦ ، لماذا ؟

ما عدد نقاط فضاء العينة في تجربة إلقاء ثلاثه احجار نرد وهل يكافئ ذلك تجربة قذف حجر نرد ثلاث مرات .

مثال (٢) :

خذ قطعة نقود والقتها عدداً من المرات حتى نحصل على الصورة لأول مرة جد عدد مرات ظهور الكتابة قبل ظهور الصورة واكتب فضاء العينة لهذه التجربة .

الحل :

قد يكون أحد نواتج هذه التجربة ص . أى أن الصورة ظهرت في الرمية الأولى فيكون عدد مرات ظهور الكتابة صفراً . وقد يكون الناتج ك ، ص . أى الكتابة ظهرت مرة واحدة قبل ظهور الصورة . وقد يكون الناتج هو ك ، ك ، ص . أى ظهرن الكتابة مرتين قبل ظهور الصورة للمرة الأولى . وقد يكون ك ، ك ، ك ، ص وهو ناتج من نواتج هذه التجربة وهو ٤ . أى أن فضاء العينة لهذه التجربة هو مجموعة غير منتهية يمكن تمثيلها بمجموعة الأعداد الكلية أى :

{ ٠ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ٠٠٠ }

تمرين (٥ - ١)

(١) يراد تكوين لجنة من الطلاب أ ، ب ، ج تتكون من عضوين فقط . أكتب فضاء العينة لهذه التجربة .

(٢) صندوق يحتوى على كرات بيضاء ، وسوداء ، وصفراء . رمز للكرة البيضاء بالرمز ب ، وللسوداء بالرمز س ، وللصفراء بالرمز ص . يراد سحب ثلاث كرات على التوالى من الصندوق . أكتب فضاء العينة لهذه التجربة .

(٣) إذا كانت التجربة هي تسجيل عدد حوادث السيارات بطريق الخرطوم مدنى خلال شهر يوليو . ما فضاء العينة لهذه التجربة ؟

(٤) التجربة هي إلقاء ثم إلقاء قطعة نقود أكتب فضاء العينة لهذه التجربة .

(٥ - ٤) الحادثة :

عرفنا أن فضاء العينة يمثل مجموعة جميع النواتج الممكنة للتجربة العشوائية . ولكن أحياناً ينحصر اهتمامنا على بعض نتائج التجربة العشوائية . وفي هذه الحالة سوف ينحصر اهتمامنا على العناصر التى تمثلها تلك النتائج وهذه العناصر تكون مجموعة جزئية من فضاء العينة وكل مجموعة جزئية من فضاء العينة تسمى حادثة :

(٥ - ٢) تعريف :

الحادثة هي أى مجموعة جزئية من فضاء العينة . وإذا كانت هذه المجموعة الجزئية تحتوى عنصراً واحداً فقط تسمى حادثة بسيطة .

فإذا اخذنا تجربة القاء قطعتي نقود مرة واحدة ، فإن فضاء العينة لهذه التجربة كما نعلم هو :

$$E = \{ (ص ، ص) ، (ص ، ك) ، (ك ، ص) ، (ك ، ك) \}$$

فلنأخذ المجموعات الجزئية التالية ونعبر عنها لفظياً

$$A = \{ (ص ، ص) \} : \text{حادثة بسيطة تمثل صورتين .}$$

$$B = \{ (ص ، ص) ، (ك ، ك) \} : \text{حادثة ظهور وجهين متشابهين .}$$

$$C = \{ (ص ، ص) ، (ص ، ك) ، (ك ، ص) \} : \text{حادثة ظهور صورة واحدة على الأقل .}$$

مثال (١) :

تجربة إلقاء حجر نرد وتسجيل عدد النقط على الوجه الظاهر عند استقراره

، اكتب الحوادث التالية :

أ : الحصول على عدد أقل من ٤ .

ب : الحصول على عدد زوجي .

ج : الحصول على عدد فردي .

د : الحصول على عدد أكبر من ٣ .

هـ : الحصول على عدد أكبر من ٦ .

الحل :

$$A = \{ ١ ، ٢ ، ٣ \}$$

$$B = \{ ٢ ، ٤ ، ٦ \}$$

$$C = \{ ١ ، ٣ ، ٥ \}$$

$$D = \{ ٤ ، ٥ ، ٦ \}$$

$$E = \{ \} = \emptyset$$

مثال (٢) :

في تجربة إلقاء حجر نرد وتسجيل عدد النقط على الوجهين الظاهرين،
اكتب الحوادث التالية :

أ : الحصول على العدد نفسه من الحجرين .

ب : الحصول على مجموع أكبر من ٩ .

ج : الحصول على مجموع أقل من ٥ .

د : الحصول على ١ من حجر النرد الأول .

هـ : الحصول على مجموع أقل من ٣ .

و : الحصول على عددين الفرق بينهما يساوى الواحد .

الحل :

$$أ = \{ (١, ١), (٢, ٢), (٣, ٣), (٤, ٤), (٥, ٥), (٦, ٦) \}$$

$$ب = \{ (٦, ٤), (٥, ٥), (٤, ٦), (٦, ٥), (٥, ٦), (٦, ٦) \}$$

$$ج = \{ (١, ١), (٢, ١), (٣, ١), (١, ٢), (٢, ٢), (١, ٣) \}$$

$$د = \{ (١, ١), (٢, ١), (٣, ١), (٤, ١), (٥, ١), (٦, ١) \}$$

$$هـ = \{ (١, ١) \}$$

$$و = \{ (٢, ١), (١, ٢), (٣, ٢), (٢, ٣), (٤, ٣), (٣, ٤), (٥, ٤) \}$$

$$\{ (٤, ٥), (٦, ٥), (٥, ٦) \}$$

لاحظ أنه قد برز لنا أن بعض الحوادث تساوى المجموعة الخالية \emptyset .
وبالمثل بما أن مجموعة فضاء العينة ع مجموعة جزئية من نفسها ($ع \subseteq ع$) فإنه
من التعريف يمكننا القول أن \emptyset ، ع حادثتان .

وفي نظرية الاحتمالات نفرض دائماً أن \emptyset حادثة ونسميها الحادثة
المستحيلة ، كما نفرض أن ع حادثة ونسميها الحادثة الأكيدة .

تمرين (٥ - ٢)

(١) في تجربة إلقاء حجر النرد اكتب كلاً من الحوادث التالية :

أ : أن يكون مجموع النقط على وجهي الحجرين ٨ .

ب : أن يكون العدد على الحجر الأول زوجياً وعلى الثانى فردياً .

ج : أن يكون العدد على الحجر الأول ٣ وعلى الثانى فردياً .

(٢) في تجربة إلقاء حجر النرد ثم قطعة النقود ، اكتب فضاء العينة ع ، وحدد نقاط العينة في كل من الحوادث التالية :

أ : الحصول على عدد فردي على حجر النرد .

ب : الحصول على الوجه ك على قطعة النقود .

ج : الحصول على الوجه ص من قطعة النقود وعلى عدد أقل من ٤ على حجر النرد .

هـ : الحصول على الوجه ك من قطعة النقود وعدد لا يقل عن ٣ من حجر النرد .

(٣) إلقينا قطعة نقود ثلاث مرات . اكتب فضاء العينة ع ، عبر عن الحوادث التالية :

أ : أن تكون نتيجة الإلقاء الثانية ص .

ب : الحصول على الوجه ك مرتين على الأكثر .

ج : أن تكون نتيجة الإلقاء الثالثة ك .

(٥ - ٥) العمليات على الحوادث :

عرفنا الحادثة على أنها مجموعة جزئية من فضاء العينة ع ، وعناصرها هي نقاط فضاء العينة . فإذا إتخذنا كلمة حادثة بدلاً عن مجموعة ، ونقطة عينة بدلاً عن العنصر في المجموعة ، يمكننا أن نعرف بعض العمليات التي تجرى على الحوادث العشوائية كما يلي :

اتحاد حادثتين :

(٣ - ٥) تعريف :

اتحاد حادثتين أ ، ب هو حادثة تتضمن كافة نقاط العينة التي تنتمي إلى أ أو ب (أو كليهما) ونرمز له بالرمز $A \cup B$ وذلك يعنى وقوع أ أو ب أو كليهما ، أو بمعنى آخر وقوع إحدى الحادثتين أ أو ب على الأقل .

وهذا التعريف يصلح للتعبير عن اتحاد ثلاث حوادث أو أكثر إذ أن اتحاد ن من الحوادث ثلاث حوادث $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ ، أن هو حادثة تتضمن كافة نقاط العينة التي تنتمي إلى واحدة منها على الأقل ونرمز له بـ :

$$U_{r=1}^n A_r = A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n \text{ أن}$$

تقاطع حادثتين :
(٥ - ٤) تعريف :

تقاطع حادثتين أ ، ب هو حادثة تتضمن كافة نقاط العينة التي تنتمي إلى أ و ب ويرمز له $A \cap B$

أى هي الحادثة التي تتكون من العناصر المشتركة بين أ ، ب ونرمز لوقوع الحادثتين أ ، ب معاً .
وبالمثل تقاطع ن من الحوادث أ_١ ، أ_٢ ، ... ، أ_{١٠٠} ، أن هو حادثة تتضمن كافة نقاط العينة التي تنتمي إليها جميعاً ويرمز له ب :

$$\bigcap_{r=1}^n A_r = A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n$$

لاحظ أنه عند ربط الحادثتين بالرابط (أو) فإن ذلك يعنى إتحاد الحادثتين وعند ربطهما بالرابط (و) (أو ما يفيد ذلك) فإن ذلك يعنى تقاطعهما.

مثال (١) :

إذالقى حجر نرد مرة واحدة فإن :
ع = { ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ } فإذا كان :

- أ : هي حادثة ظهور عدد زوجي .
ب : هي حادثة ظهور عدد فردي .
ج : هو حادثة ظهور عدد أكبر من ٤
د : هي حادثة ظهور عدد يقبل القسمة على ٣ .
فجد (١) حادثة ظهور عدد زوجي يقبل القسمة على ٣ .
(٢) حادثة ظهور عدد فردي أو عدد أكبر من ٤ .
(٣) حادثة ظهور عدد فردي أو عدد زوجي .
(٤) حادثة ظهور عدد فردي أكبر من ٤ .

(٥) حادثة ظهور عدد زوجي وعدد فردي .

الحل :

من الواضح أن :

$$أ = \{ ٦ ، ٤ ، ٢ \}$$

$$ب = \{ ٥ ، ٣ ، ١ \}$$

$$ج = \{ ٦ ، ٥ \}$$

$$د = \{ ٦ ، ٣ \}$$

وبالتالي فإن :

$$(١) أ \cap د = \{ ٦ \}$$

$$(٢) ب \cup ج = \{ ٦ ، ٥ ، ٣ ، ١ \}$$

$$(٣) ب \cup أ = \{ ٦ ، ٥ ، ٤ ، ٣ ، ٢ ، ١ \}$$

$$(٤) ب \cap ج = \{ ٥ \}$$

$$(٥) أ \cap ب = \emptyset$$

الحوادث المنفصلة أو المتنافية :

(٥ - ٥) تعريف :

نقول أن الحادثين أ ، ب متنافيتان أو منفصلتان

إذا كان تقاطعهما المجموعة الخالية أي $أ \cap ب = \emptyset$

وتنافي حادثتين يعني أنه لا يمكن وقوعهما معاً ، وهذا واضح من عدم وجود أي نقطة عينة مشتركة بينهما أو أن وقوع إحدى الحادثتين ينفى إمكانية وقوع الأخرى كما في الحالة ٥ في المثال السابق .

تمرين (٥ - ٣)

(١) تتألف تجربة من إلقاء حجر نرد ، أكتب فضاء العينة ع ، وحدد نقاط العينة في كل من الحوادث التالية :

(أ) الحصول على عدد أقل من ٣

(ب) الحصول على ٥

(ج) الحصول على كل من (أ) و (ب)

(د) الحصول على (أ) أو (ب)

(٢) إلقاء حجر نرد ثم قطعة نقود ، أكتب فضاء العينة ع ثم حدّد نقاط العينة لكل من الحوادث التالية :

(أ) الحصول على عدد زوجي على حجر النرد .

(ب) الحصول على الوجه ص على قطعة النقود .

(ج) الحصول على الوجه ك من قطعة النقود وعدد أقل من ٣

على حجر النرد.

(د) الحصول على الوجه ص من قطعة النقود وعدد لا يقل عن

٣ على حجر النرد .

(هـ) الحصول على (أ) و (ب)

(و) الحصول على (أ) أو (ب)

(ز) الحصول على واحد على الأقل من الحوادث أ ، ج ، د

(٣) ألقيت قطعة نقود ثم حجر نرد ، وكان :

أ : ظهور صورة وعدد زوجي .

ب : ظهور عدد أولى .

ج : ظهور كتابة وعدد فردي .

(٤) أي من أزواج الحوادث التالية أحداث منفصلة

(أ) ، ب

(ب) ، أ ، ج

(ج) ، ب ، ج

(٥ - ٦) الفرق بين حادثتين :

(٥ - ٦) تعريف :

الفرق بين حادثتين أ ، ب هو حادثة تتضمن كافة نقاط العينة التي تنتمي إلى أ ولا تنتمي إلى ب ونرمز له ب-أ ، ويرمز لوقوع أ وعدم وقوع ب .

مكملة الحادثة أ :

(٥ - ٧) تعريف

مكملة أو متممة الحادثة أ هي حادثة تتضمن كافة نقاط العينة التي لا تنتمي إلى أ ويرمز لها ب-أ

أذن هي تعنى مكملة أ ونعبر عنها أحياناً بقولنا (ليس أ) ونلاحظ أن $\bar{A} = E - A$.
أى الفرق بين فضاء العينة ع و أ . لاحظ أن الفرق أ-ب هو أ وليس ب ويمكن كتابته على الصورة $A \cap B'$.

مثال (١) :

سحبت بطاقة واحدة عشوائياً من صندوق به ٩ بطاقات مرقمة من ١ إلى ٩

وكان

أ هو حدث سحب بطاقة مرقمة بعدد فردى

ب هو حدث سحب بطاقة مرقمة بعدد أولى

أى : $A = \{ ١ ، ٣ ، ٥ ، ٧ ، ٩ \}$

ب = $\{ ٢ ، ٣ ، ٥ ، ٧ \}$

جد نقاط العينة لكل من الحوادث :

أ-ب ، أ' ، ب' ثم عبر عن كل منها لفظياً

الحل :

أ - ب = { ١ ، ٩ } أى حدث سحب بطاقة مرقمة بعدد فردى غير أولى
(أى حدث وقوع أو عدم وقوع ب)

أ' = { ٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨ } : سحب بطاقة ليس بها رقم فردى أو سحب بطاقة مرقمة
بعدد زوجى .

ب' = { ١ ، ٤ ، ٦ ، ٨ ، ٩ } أى حدث سحب بطاقة ليس عليها عدد أولى .

مثال (٢) :

إذا كان أ ، ب حدثين من فضاء العينة لتجربة عشوائية عبر عن كل من
الأحداث التالية بلغة المجموعات رمزياً :

(١) حدث وقوع أ أو عدم وقوع ب .

(٢) حدث عدم وقوع أ ، ب معاً .

(٣) حدث وقوع أحد الحدثين فقط .

(٤) حدث وقوع أحد الحدثين على الأكثر .

الحل :

(١) حدث عدم وقوع ب = ب'

(٢) حدث وقوع أ ، ب = $A \cap B$

∴ حدث عدم وقوع أ ، ب = $(A \cap B)'$

(٣) حدث وقوع أحد الحدثين فقط = (حدث وقوع أ وعدم وقوع ب) أو

(حدث وقوع ب وعدم وقوع أ)

= $(A - B) \cup (B - A)$

= $(A \cap B)' \cup (A \cap B)$

(٤) حدث وقوع أحد الحدثين على الأكثر هو نفس حدث عدم وقوعهما معاً

= $(A \cap B)' = A' \cup B'$

تمرين (٥ - ٤)

- (١) في تجربة إلقاء قطعة نقود ثلاث مرات متتالية وملاحظة نتائج الصور والكتابات اكتب فضاء العينة ع ثم عبّر عن الاحداث التالية بعناصرها :
- (أ) حدث الحصول على صورتين فقط .
(ب) حدث حصول على صورتين على الأقل .
(ج) حدث الحصول على صورتين على الأكثر
- (٢) إذا كان أ ، ب حدثين في فضاء العينة لتجربة عشوائية فعبر عن الأحداث التالية رمزياً بلغة المجموعات :
- (أ) حدث عدم وقوع أ .
(ب) حدث عدم وقوع أ أو وقوع ب .
(ج) حدث عدم وقوع أحد الحدثين دون الآخر .
(د) حدث عدم وقوع أحد الحدثين أو وقوعهما معاً
(هـ) حدث وقوع أحد الحدثين على الأقل .
(و) حدث وقوع ب فقط .
(ز) حدث وقوع ب أو عدم وقوع أ .
- (٣) نفرض أن أ ، ب ، ج أحداث ، عبّر عن ثم ظلل في شكل فن للاحداث :
- (أ) وقوع أ و ب وعدم وقوع ج
(ب) وقوع أ فقط
(ج) وقوع أ فقط أو وقوع ج فقط .

(٥ - ٧) مسلمات نظرية الاحتمالات :

إذا كان ع فضاء العينة لتجربة عشوائية ، وكان ق (ع) مجموعة جميع الحوادث المعرفة على ع ، فإنه يرافق كل حادثة أ \supset ق (ع) عدد معين ع (أ) \supset [٠ ، ١] ويسمى إحتمال الحادثة أ ويتمتع بالخواص التالية : والتي تسمى مسلمات نظرية الاحتمالات :

$$(١) \text{ إذا كانت } أ \supset \text{ع فإن ح (أ) } \leq 0$$

$$(٢) \text{ ح (ع) } = ١$$

- (٣) إذا كان أ ، ب حادثتين متنافيتين (أى $A \cap B = \emptyset$) فإن $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$.
- (٤) لاحظ أن $P(A)$ هو عدد حقيقى يعبر عن احتمال وقوع الحدث أ .
- أى احتمال أن يكون ناتج التجربة هو أحد عناصر $A \subset E$

ومن هذه المسلمات يتضح لنا أن :

- (١) احتمال وقوع أى حدث هو عدد حقيقى غير سالب .
- (٢) المسلمة (٢) تعنى أن احتمال وقوع الحدث المؤكد يساوى ١ .
- (٣) المسلمة (٣) يمكن أن نعبر عنها بالصورة الآتية إذا كان $A \cap B = \emptyset$ فإن $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$ ، حيث أ ، ب $\subset E$.
- وبصورة عامة إذا كان أ ، أ١ ، أ٢ ، ... ، أن أحداثاً متنافية على مجموعة فضاء العينة ع فإن :

$P(A \cup A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n) = P(A) + P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_n)$ ،

وحيث أن الأحداث الأولية هي أحداث متنافية متنى متنى ، إذن يكون احتمال أى حدث = مجموع احتمالات الاحداث الأولية لهذا الحدث .

وحيث أن فضاء العينة لأى تجربة عشوائية يتألف من اتحاد جميع الأحداث الأولية لهذه التجربة ، وحيث أن الاحداث الأولية هي أحداث متنافية متنى متنى، عليه نستنتج أن :

مجموع احتمالات الأحداث الأولية لفضاء العينة لتجربة عشوائية = ١ وباستخدام المسلمات السابقة يمكن التوصل إلى إثبات بعض النظريات .

(٥ - ١) نظرية :

إذا كان أ' هي الحادثة المتممة للحادثة أ فإن :

$$P(A') = 1 - P(A)$$

البرهان :

$$\therefore \text{ع} = \text{أ} \cup \text{أ}'$$

$$\therefore \text{ح}(\text{ع}) = \text{ح}(\text{أ} \cup \text{أ}')$$

$$\text{وحيث أن } \text{أ} \cap \text{أ}' = \emptyset$$

$$\therefore \text{ح}(\text{ع}) = \text{ح}(\text{أ}) + \text{ح}(\text{أ}') \text{ مسلمة (٣)}$$

$$\therefore \text{ح}(\text{ع}) = ١ + \text{ح}(\text{أ}') \text{ مسلمة (٢)}$$

$$\therefore \text{ح}(\text{أ}') = \text{ح}(\text{ع}) - ١$$

نتيجة (٥ - ١) :

$$\text{ح}(\emptyset) = \text{صفر}.$$

البرهان :

$$\text{ع}' = \emptyset$$

$$\text{لكن } \text{ح}(\text{ع}') = \text{ح}(\emptyset) = ٠$$

$$\therefore \text{ح}(\text{ع}') = ١ - ١ = ٠ = \text{صفر}$$

$$\therefore \text{ح}(\emptyset) = \text{صفر}$$

(٥ - ٢) نظرية :

إذا كان $\text{أ} \supset \text{ب}$ فإن :

$$\text{ح}(\text{أ}) \geq \text{ح}(\text{ب})$$

البرهان :

$$\therefore \text{أ} \supset \text{ب}$$

$$\therefore \text{ب} = \text{أ} \cap (\text{ب} - \text{أ})$$

(أستعمل بشكل فن)

$$\therefore \text{ح}(\text{ب}) = \text{ح}(\text{أ} \cap (\text{ب} - \text{أ}))$$

وحيث أن :

$$\text{أ} \cap (\text{ب} - \text{أ}) = \emptyset \text{ (حدثان متنافيان)}$$

$$\therefore \text{ح (ب)} = \text{ح (أ)} + \text{ح (ب - أ)} \quad (\text{مسلمة (3)})$$

$$\text{لكن } \text{ح (ب - أ)} \geq \text{ح (أ)}$$

نتيجة (5 - 2) :

$$\text{ح (أ)} \geq \text{ح 1} \text{ حيث أ أى حادثة في ع}$$

البرهان :

$$\text{أ} \supset \text{ع}$$

$$\therefore \text{ح (أ)} \geq \text{ح (ع)}$$

$$\text{ح (أ)} \geq \text{ح 1}$$

من المسلمة (1) والنتيجة السابقة نستنتج أنه لأي حادثة أ فإن $\text{ح (أ)} \geq 0$

نظرية (5 - 3) :

$$\text{إذا كان أ ، ب حادثتين ، يكون :}$$

$$\text{ح (أ} \cup \text{ب)} = \text{ح (أ)} + \text{ح (ب)} - \text{ح (أ} \cap \text{ب)}$$

البرهان :

استعن بشكل ؤن :

$$\text{أ} \cup \text{ب} = \text{أ} \cup (\text{ب} - \text{أ})$$

$$\text{وأن : } \text{أ} \cap (\text{ب} - \text{أ}) = \emptyset$$

$$\therefore \text{ح (أ} \cup \text{ب)} = \text{ح (أ)} + \text{ح (ب - أ)}$$

$$\text{ولكن } \text{ب} = (\text{أ} \cap \text{ب}) \cup (\text{ب} - \text{أ})$$

$$\text{وأن : } \text{أ} \cap (\text{أ} \cap \text{ب}) = \text{أ} \cap \text{ب}$$

$$\text{ح (ب)} = \text{ح (أ} \cap \text{ب)} + \text{ح (ب - أ)}$$

$$\text{ح (ب - أ)} = \text{ح (أ} \cap \text{ب)} - \text{ح (أ} \cap \text{ب)}$$

من (1)، (2) نستنتج أن :

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

دالة الاحتمال :

مما سبق يتضح أنه يمكن تعريف دالة تفرن كل حدث من فضاء العينة ع بعدد معين من الفترة [٠ ، ١] كما يلي :

(٥ - ٨) تعريف :

إذا كان ع هو فضاء العينة لتجربة عشوائية ق (ع) هي مجموعة أحداث هذا الفضاء ، ح هي مجموعة الأعداد الحقيقية فإن الدالة : ح : ق (ع) ← ح تسمى دالة احتمال إذا توفرت فيها الشروط التالية :

$$٠ \leq P(A) \leq ١ \quad \forall A \subseteq \Omega \quad (٥)$$

$$P(\Omega) = ١ \quad (٦)$$

$$٠ \leq P(A \cap B) \leq P(A), P(B) \quad \forall A, B \subseteq \Omega \quad (٧)$$

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

$$\text{وحيث أن } P(A) \geq ٠ \quad \forall A \subseteq \Omega \quad (٨)$$

فإن مدى دالة الاحتمال هو الفترة [٠ ، ١]

مثال (١) :

إذا كانت ع = { ١ ، ٢ ، ٣ } هي فضاء لتجربة عشوائية ، فبين أي الدوال

التالية تكون دالة احتمال على ع مع ذكر السبب

$$(١) \quad P(1) = ٠,٣, \quad P(2) = ٠,٦, \quad P(3) = ٠,٢$$

$$(٢) \quad P(1) = ٠,٥, \quad P(2) = ٠,٥, \quad P(3) = ٠,٣$$

$$(٣) \quad P(1) = ٠,٤, \quad P(2) = ٠,١, \quad P(3) = ٠,٣$$

$$(٤) \quad P(1) = ٠,٣, \quad P(2) = ٠,٤, \quad P(3) = ٠,٣$$

$$(٥) \quad P(1) = ٠,٦, \quad P(2) = ٠, \quad P(3) = ٠,٤$$

الحل :

$$(1) \text{ ح (أ) } + \text{ ح (ب) } + \text{ ح (أ) } = 0,3 + 0,6 + 0,2 = 1,1 < 1$$

∴ ليست دالة احتمال

$$(2) \text{ ح (أ) } + \text{ ح (ب) } + \text{ ح (أ) } = 0,5 + 0,5 + 0,3 = 0,9 < 1$$

∴ ليست دالة احتمال

$$(3) \text{ ح (ب) } = 0,1 - \text{ ليست دالة احتمال لأنه يتناقض مسلمته 1 .}$$

$$(4) \text{ ح (أ) } + \text{ ح (ب) } + \text{ ح (أ) } = 0,3 + 0,4 + 0,3 = 1$$

وايضاً مع ح (أ) $0 \leq$

∴ هذه الدالة دالة احتمال

$$(5) \text{ ح (ب) } = 0 \therefore \{ \text{أ} \} \text{ ليست حدثاً أولياً}$$

∴ ليست دالة احتمال .

مثال (2) :

ك إذا كان أ ، ب حدثين في تجربة ، وكان :

$$\text{ح (أ) } = \frac{3}{5} , \text{ ح (ب) } = \frac{1}{4}$$

$$\text{ح (أ ∩ ب) } = \frac{1}{5}$$

$$\text{ح (أ) } \text{ ح (ب) } \quad \text{ح (أ) } \text{ ح (ب) }'$$

$$\text{ح (أ ∪ ب) } \quad \text{ح (أ - ب) } \quad \text{ح (أ - ب) }'$$

$$\text{ح (أ ∩ ب) } \quad \text{ح (أ - ب) }'$$

$$\text{ح (أ ∩ ب) } \quad \text{ح (أ - ب) }'$$

الحل :

$$\text{ح (أ) } - 1 = \text{ح (أ) } - 1 = \frac{3}{5} - 1 = -\frac{2}{5}$$

$$\text{ح (ب) } - 1 = \text{ح (ب) } - 1 = \frac{1}{4} - 1 = -\frac{3}{4}$$

$$(ج) \text{ ح } (أ \cup ب) = \text{ ح } (أ) + \text{ ح } (ب) - \text{ ح } (أ \cap ب)$$

$$\frac{13}{20} = \frac{4 - 5 + 12}{20} = \frac{1}{5} - \frac{1}{4} - \frac{3}{5} =$$

$$(د) \text{ ح } (أ - ب) = \text{ ح } (أ) - \text{ ح } (أ \cap ب)$$

(لأن $A - B = A \cap B^c$ وهما متنافيان)

$$\frac{2}{5} = \frac{1}{5} - \frac{3}{5} = \text{ ح } (أ - ب) \therefore$$

$$(هـ) \text{ ح } (أ - ب) = \text{ ح } (أ) - \text{ ح } (أ \cap ب)$$

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{5} - \frac{1}{4} =$$

$$(و) \text{ ح } (أ' \cup ب') = \text{ ح } (أ') + \text{ ح } (ب') - \text{ ح } (أ' \cap ب')$$

$$= \text{ ح } (أ' - ب) + \text{ ح } (ب' - أ) + \text{ ح } (أ - ب)$$

(لأن $A' \cap B' = (A - B) \cup (B - A)$)

$$\frac{3}{5} = \frac{1}{20} - \frac{1}{4} + \frac{2}{5} =$$

$$\frac{2}{5} = \text{ ح } (أ - ب) = \text{ ح } (أ \cap ب')$$

$$\text{ ح } (أ' \cup ب') = \text{ ح } (أ' - ب) + \text{ ح } (ب' - أ) + \text{ ح } (أ - ب)$$

$$= 1 - \text{ ح } (أ \cap ب) =$$

$$\frac{7}{20} = \frac{13}{20} - 1 =$$

تمرين (٥-٥)

(١) افرض أن أ، ب حدثان منفصلان في تجربة عشوائية بحيث أن :

$$\text{ ح } (أ) = \frac{1}{5}, \text{ ح } (ب) = \frac{1}{3}$$

جد احتمال كل من الاحداث التالية :

$$(أ) \text{ أ أو ب} \quad (ب) \text{ أ و ب}$$

$$\begin{array}{ll} \text{(ج) أ} & \text{(د) أ - ب} \\ \text{(هـ) ب - أ} & \text{(و) أ - ب} \\ \text{(ز) (أ ∪ ب)} & \text{(ح) (أ ∩ ب)} \end{array}$$

(٢) في تجربة إلقاء حجر نرد مرة واحدة إذا كان احتمالات ظهور الأعداد

الفردية متساوية وكل منها يساوي $\frac{1}{9}$ واحتمالات ظهور الأعداد الزوجية متساوية وكل منها يساوي $\frac{2}{9}$ ، أي .

$$\text{ح (١) = ح (٣) = ح (٥) = } \frac{1}{9}$$

$$\text{ح (٢) = ح (٤) = ح (٦) = } \frac{2}{9}$$

جد احتمال كل من الاحداث التالية :

- (أ) احتمال ظهور عدد زوجي .
- (ب) احتمال ظهور عدد فردي .
- (ج) احتمال ظهور عدد أولى فردي .
- (د) احتمال ظهور يقبل القسمة على ٣ .
- (هـ) احتمال ظهور عدد زوجي أو أولى .
- (و) احتمال ظهور عدد ≥ ٤ .
- (٣) أ ، ب حدثان في تجربة عشوائية ، فإذا كان :

$$\text{ح (أ ∪ ب) = } \frac{4}{9} \text{ ، ح (أ) = } \frac{1}{4} \text{ ، ح (ب) = } \frac{3}{5}$$

جد احتمال كل من الاحداث التالية :

- (أ) احتمال وقوع فقط .
- (ب) احتمال وقوع أ ، ب .
- (ج) احتمال وقوع أحد الحدثين فقط .

- (د) احتمال وقوع الحدثين .
 (هـ) احتمال وقوع أحد الحدثين على الأكثر .
 (٤) إذا كان فضاء العينة لتجربة ما $E = \{ \omega_1 , \omega_2 , \omega_3 , \omega_4 \}$ أى من الدوال التالية تعرّف دالة احتمال على E .

$$(أ) \quad P(\omega_1) = \frac{1}{2} , \quad P(\omega_2) = \frac{1}{3} , \quad P(\omega_3) = \frac{1}{4} , \quad P(\omega_4) = \frac{1}{5}$$

$$(ب) \quad P(\omega_1) = \frac{1}{2} , \quad P(\omega_2) = \frac{1}{4} , \quad P(\omega_3) = \frac{1}{4} , \quad P(\omega_4) = \frac{1}{2}$$

$$(ج) \quad P(\omega_1) = \frac{1}{4} , \quad P(\omega_2) = \frac{1}{4} , \quad P(\omega_3) = \frac{1}{3} , \quad P(\omega_4) = \frac{1}{8}$$

$$(د) \quad P(\omega_1) = \frac{1}{2} , \quad P(\omega_2) = \frac{1}{4} , \quad P(\omega_3) = \frac{1}{4} , \quad P(\omega_4) = 0$$

(٥) نفرض أن $E = \{ \omega_1 , \omega_2 , \omega_3 , \omega_4 \}$ وأن P دالة احتمال معرفة على E .

$$(أ) \quad \text{جد } P(\omega_1) \text{ إذا كان } P(\omega_2) = \frac{1}{3} , \quad P(\omega_3) = \frac{1}{6} , \quad P(\omega_4) = \frac{1}{9}$$

$$(ب) \quad \text{جد } P(\omega_1) \text{ إذا كان } P(\{\omega_2 , \omega_3\}) = \frac{1}{3} , \quad P(\{\omega_1 , \omega_4\}) = \frac{1}{3}$$

$$P(\omega_2) = \frac{1}{3}$$

$$(ج) \quad \text{جد } P(\omega_1) , \quad P(\omega_2) \text{ إذا كان } P(\omega_3) = P(\omega_4) = \frac{1}{4} \text{ وكان } P(\omega_1) = 2P(\omega_2)$$

(٥ - ٨) الاحتمالات المتساوية :

إذا القيت قطعة نقود ١٠ مرات ، وظهرت الصورة للأعلى في ٦ منها فإن

التكرار النسبي لعدد مرات ظهور الصورة هو $\frac{6}{10} = 0,6$. وإذا القيت القطعة ١٠ مرات أخرى وظهرت الصورة في ٥ منها تكون الصورة قد ظهرت للأعلى $6 + 5 = 11$ مرة في العشرين رمية . ويكون التكرار النسبي لظهور

الصورة للأعلى في ٢٠ رميه هو $\frac{11}{2} = ٥,٥٥$. والسؤال الآن هو ماذا

يحدث لهذا التكرار النسبي عندما يزداد عدد مرات إلقاء قطعة النقود .
 حاول أن تقوم بنفسك بإلقاء قطعة النقود ولاحظ ماذا يحدث .
 ففي إحدى التجارب التي قام بها العالم بيرسون . وجد أن الصورة قد ظهرت
 ٦٠١٩ مرة من ١٢٠٠٠ رمية . أي أن التكرار النسبي كان ٥,٥١٦ (تقريباً) .
 وعندما زاد عدد الرميات إلى ٢٤٠٠٠ رمية أظهرت الصورة في ١٢٠١٢ رمية .
 أي بتكرار نسبي ٥,٥٠٥ . تلاحظ أن التكرار النسبي يؤول إلى العدد $\frac{1}{2}$.
 وتسمى هذه الظاهرة ظاهرة ثبات التكرار النسبي عند ازدياد عدد التجارب بشكل
 كبير ويسمى هذا العدد الذي يؤول إليه التكرار النسبي الاحتمال التجريبي لوقوع
 الحدث .

أي أن احتمال ظهور الصورة تساوى $\frac{1}{2}$
 لاحظ أن احتمال أنه لا يمكن أن يكون هذا الاحتمال أكبر من ١ ولا يمكن أن يكون
 سالباً . ولذلك تكون دالة احتمال . وبالمثل يكون الاحتمال التجريبي لظهور الكتابة
 $\frac{1}{2} =$ ايضاً وبما أن فضاء العينة لتجربة إلقاء النقود هي :

$$\{ص، ك\} \quad \frac{1}{2} = (ص)$$

$$\frac{1}{2} = (ك)$$

أي تساوت احتمالات الأحداث الأولية في هذه التجربة مثل هذه التجارب
 العشوائية التي يكون فيها فضاء العينة ع مجموعة منتهية لاحتمالات جميع الأحداث
 الأولية فيها متساوية تسمى دالة احتمال منتظمة . وتكون دالة الاحتمال منتظمة
 (فضاء العينة متساوى الاحتمال) في التجارب التي يتم فيها اختيار عنصر من
 مجموعة عشوائياً أو مثل إلقاء قطعة من النقود عشوائياً أو إلقاء حجر النرد إذا كان
 منتظماً أو سحب ورقة عشوائياً من أوراق اللعب (الكوتشينة) أو سحب كرة من
 مجموعة كرات متماثلة من كيس عشوائياً .

وفي مثل هذه التجارب التي تخصص الاحتمال نفسه لكل نقطة عينة من ع ولنفترض أن عددها ن يكون إحتمال كل منها $\frac{1}{n}$. ولنفرض أن حادثة أ تتضمن م نقطة عينة فيكون :

$$ح (أ) = \frac{1}{n} + \frac{1}{n} + \frac{1.000}{n} = \frac{م}{n} \quad (م \text{ مرة})$$

ونقول في هذه الحالة أن إحتمال حادثة هو حاصل قسمة عدد النتائج الملاءمة (أى عدد عناصر المجموعة التي تمثل للحادثة) على عدد جميع النتائج الممكنة (عدد عناصر فضاء العينة) ومن ذلك يمكن أن نضع التعريف التالي :

(٥ - ٩) تعريف :

إذا امكن لتجربة أن تظهر في ن من نقاط العينة أى عدد عناصر ع فيها يساوى ن . متنافية مثلى مثلى ومتساوية في الأفضلية . وكان م من هذه النقاط يؤدي إلى تحقيق حادثة أ . فإن إحتمال أ يساوى $\frac{م}{ن}$

أى ح (أ) = $\frac{\text{عدد نقاط العينة في الحادثة أ}}{\text{عدد نقاط العينة في ع}}$

مثال (١) :

لقى حجر نرد متمائل مرة واحدة فما إحتمال ظهور عدد زوجى .

الحل :

$$ع = \{ ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ \}$$

حجر النرد متمائل من حيث الأبعاد والكثافة ، لذلك نفترض تساوى إحتمال ظهور أى وجه أى :

$$\frac{1}{6} = ح (١) = ح (٢) = ح (٣) = ٠.٠٠ = ح (٦) = \frac{1}{6}$$

فإذا كانت أ حادثة ظهور عدد زوجى

$$\therefore أ = \{ ٢ ، ٤ ، ٦ \}$$

$$\text{ويكون ح (أ)} = \frac{\text{عدد عناصر أ}}{\text{عدد عناصر ع}} = \frac{٣}{٦} = \frac{1}{2}$$

مثال (٢) :

لقى حجراً نرد متمايزان مرة واحدة فما احتمال الحصول على مجموع
يساوى ٩
الحل :

نعلم سابقاً أن عدد عناصر فضاء العينة ع في هذه التجربة = ٣٦
أ : حادثة ظهور مجموع يساوى ٩

$$\therefore A = \{(٤, ٥), (٥, ٤), (٣, ٦), (٦, ٣)\}$$

$$\therefore P(A) = \frac{\text{عدد عناصر أ}}{\text{عدد عناصر ع}} = \frac{٤}{٣٦} = \frac{١}{٩}$$

مثال (٢) :

كيس يحوى ٦ كرات بيضاء و ٤ كرات سوداء ، فإذا كانت الكرات جميعها
متماثلة وسحبت كرة عشوائياً جد احتمال أن تكون الكرة المسحوبة
(١) بيضاء (٢) سوداء (٣) بيضاء أو سوداء
الحل :

$$\text{العدد الكلى للكرات} = ٦ + ٤ = ١٠$$

$$\therefore \text{عدد عناصر ع} = ١٠$$

$$(١) \text{ احتمال أن تكون الكرة المسحوبة بيضاء} = \frac{\text{عدد الكرات البيضاء}}{\text{عدد الكرات الكلى}}$$

$$= \frac{٦}{١٠} = \frac{٣}{٥}$$

$$(٢) \text{ احتمال أن تكون الكرة سوداء} = \frac{٣}{١٠} = \frac{٥}{١٠}$$

$$(٣) \text{ احتمال أن تكون بيضاء أو سوداء} = \frac{٦+٤}{١٠} = \frac{١٠}{١٠} = ١$$

تمرين (٥ - ٦)

(١) تتألف تجربة من إلقاء حجر النرد ، أحسب إحتمال كل من الحوادث التالية:

- أ : الحصول على ٥ .
ب : الحصول على عدد أقل من ٣ .
ج : الحصول على أ أو ب .
د : الحصول على عدد فردي .
هـ : الحصول على كل من ب و د .
- (٢) ألقى حجر نرد ثم قطعة نقود ، أحسب إحتمال كل من الحوادث التالية :
- أ : الحصول على عدد زوجي على حجر نرد .
ب : الحصول على الوجه ص على قطعة نقود .
ج : الحصول على الوجه ك من قطعة النقود على عدد أقل من ٣ على حجر نرد .
د : الحصول على أ و ب .
هـ : الحصول على أ و ج .
و : الحصول على واحد على الأقل من الحوادث أ ، ج ، د .
- (٣) صندوق به ٤ كرات حمراء ، ٦ كرات زرق ، ٥ كرات بيضاء سحب كرة واحدة من الصندوق بطريقة عشوائية أحسب إحتمال أن تكون الكرة المسحوبة .

(أ) حمراء (ب) بيضاء (ج) بيضاء أو حمراء

الحل :

- (د) زرقاء أو بيضاء (هـ) حمراء أو زرقاء أو بيضاء
(و) ليست بيضاء (ح) ليست حمراء أو بيضاء
(ط) ليست بيضاء ولا حمراء ولا زرقاء
- (٤) إذا سحبت ورقة من أوراق اللعب (الكوتشينة) عشوائياً أحسب احتمال :
- (أ) سجب ورقة بها ٨ نقاط .
(ب) سحب ورقة عليها قلب .
(ج) سحب ورقة عليها صورة .

- (٥) اختبر عدد من العشرين عدداً الصحيحة الموجبة الأولى بطريقة عشوائية .
أحسب احتمال أن يكون العدد :
- (أ) زوجياً أو يقبل القسمة على ٣ .
 - (ب) فردياً أو يقبل القسمة على ٥ .
 - (ج) يقبل القسمة على ٢ أو على ٣ .
 - (د) لا يقبل القسمة على ٢ أو لا يقبل القسمة على ٣ .
 - (هـ) لا يقبل القسمة على ٣ أو زوجياً .

الوحدة السادسة

المصفوفات

أهداف الوحدة السادسة المصفونات

يتوقع بعد تدريس هذه الوحدة أن يكون الطالب قادراً على أن :

- ١/ يعرف مفهوم المصفوفة وأبعادها وبعض الأنواع الخاصة لها.
- ٢/ يعرف شرط تساوي المصفوفتين ومنقول المصفوفة.
- ٣/ يجمع ويطرح مصفوفتين لهما البعد نفسه.
- ٤/ يضرب المصفوفة بعدد ثابت.
- ٥/ يعرف خواص جمع المصفوفتين وخواص ضرب المصفوفة بالعدد الثابت.

الوحدة السادسة

المصفوفات

(٦ - ١) تمهيد :

إن تطور المجتمع الإنساني وما ترتب على ذلك من كثرة المعلومات وتنوعها استلزم البحث عن سبل أيسر لحفظ هذه المعلومات وتنظيمها . ومن الوسائل البسيطة التي استخدمت في ذلك المصفوفات .

ولقد لوحظت المصفوفات لأول مرة من قبل العالم كيلي (١٨٢١ - ١٨٩٥). ثم تطورت فكرتها لتصبح نظاماً رياضياً له أسسه وقواعده، وأصبح يستخدم في حل كثير من مسائل الرياضيات وتطبيقاتها وفي علم الاقتصاد وعلم الاجتماع وغيره .

ولنفرض أن أحد مصانع تجميع التلفزيون ينتج ثلاثة أنواع ١٤ بوصة ، ٢٠ بوصة ، ٢٤ بوصة . وللمصنع فرعان أ ، ب . وكان عدد الأجهزة التي انتجها كل فرع من كل نوع خلال شهر ما ما يلي :

الفرع (أ) انتج ٦٥ من النوع الأول ، ٥٠ من النوع الثاني و ٤٥ من النوع الثالث .

الفرع (ب) انتج ٧٠ من النوع الأول ، ٥٥ من النوع الثاني و ٣٥ من النوع الثالث .

إن هذه المعلومات معروضة بهذه الصورة لاتساعد على تذكرها أو المقارنة بينها . غير أنه من الممكن عرض هذه المعلومات بصورة افضل ووضح في الجدول التالي:

النوع الأول ١٤	النوع الثاني ٢٠	النوع الثالث ٢٤
٦٥	٥٠	٤٥
٧٠	٥٥	٣٥

لاحظ أننا رتبنا المعلومات في الجدول السابق على شكل صفوف وأعمدة، صفين وثلاثة أعمدة .

فإذا اكتفينا بالأعداد المرتبة في الصفوف والأعمدة وأهملنا الكلام المميز بها فإننا نحصل على التنظيم التالي:

$$\begin{array}{ccc} ٤٥ & ٥٠ & ٦٥ \\ ٣٥ & ٥٥ & ٧٠ \end{array}$$

يسمى مثل هذا التنظيم العددي **مصفوفة** ، ويرمز للمصفوفة بأحد الحروف الابجدية وتكتب داخل قوسين من النوع [] فنصبح :

$$\begin{pmatrix} ٤٥ & ٥٠ & ٦٥ \\ ٣٥ & ٥٥ & ٧٠ \end{pmatrix}$$

والصورة هذه ما هي إلا تنظيم للمعلومات على شكل مستطيل من الأعداد يتضمن صفين وثلاثة أعمدة . إن أي تنظيم لمجموعة من الاعداد على شكل صفوف واعمدة مثل الصورة السابقة يسمى **مصفوفة أعداد** .
تعريف (٦ - ١) :

المصفوفة هي مجموعة من الأعداد مرتبة على شكل مستطيل مكون من عدد من الصفوف والأعمدة .

فإذا كانت مصفوفة ما مكونة من م صفاً ، ن عموداً فنقول إن المصفوفة من النوع م × ن . وإذا تساوى عدد الصفوف وعدد الأعمدة في مصفوفة ما فنسمي المصفوفة **مصفوفة مربعة** .

$$\begin{pmatrix} ٥ & ٣ & ٢ \\ ١ & ١- & ٧ \end{pmatrix} = \text{فمثلاً إذا كانت أ}$$

فإن أ مصفوفة مكونة من صفين وثلاثة أعمدة يتكون الصف الأول من الاعداد ٢ ، ٣ ، ٥ بينما يتكون الصف الثاني من الأعداد ٧ ، ١- ، ١ ويتكون العمود الأول من الأعداد ٢ ، ٧ . ويتكون العمود الثاني من الأعداد ٣ ، ١- والعمود الثالث من الأعداد ٥ ، ١ .

تسمى الأعداد التي تتألف منها الصفوف والأعمدة في المصفوفة **عناصر المصفوفة** . فالعدد ٢ هو العنصر الذي يقع في الصف الأول والعمود الأول ويرمز له بالرمز ١١ ، والعدد ١ هو عنصر الصف الثاني والعمود الثالث ويرمز له بالرمز ٢١ . وبصورة عامة يرمز لعنصر الصف ه والعمود ي بالرمز هي ويقراً (ألف ه ، ي) حيث يدل الرمز ه إلى ترتيب الصف والرمز ي إلى ترتيب العمود .

▪ كيف يرمز للعناصر ٣ ، ٧

▪ جد a_{21} ، a_{31}

وبشكل عام إذا كانت أ مصفوفة مكونة من م صفاً و ن عموداً فإننا نكتب المصفوفة على الشكل التالي :

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

ونقول إن أ مصفوفة من النوع م × ن أو بعدها م × ن . لاحظ أنه عند كتابة بُعد مصفوفة ما يجب أن نذكر عدد الصفوف أولاً. فمثلاً إذا كانت ب مصفوفة ٢ × ٥ ، وج مصفوفة ٥ × ٢ فإن ب مصفوفه مكونة من صفين وخمسة أعمدة بينما تتكون المصفوفة ج من خمسة صفوف وعمودين .

(٦ - ٢) بعض المصفوفات الخاصة :

(١) إذا كانت مصفوفة ما مكونة من صف واحد فإنها تسمى مصفوفة صف ، وإذا تكونت من عمود واحد فإنها تسمى مصفوفة عمود . وهذه المصفوفات المكونة من صف واحد أو عمود واحد تسمى

متجهات فالمصفوفة $\begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ -5 \end{pmatrix}$ متجه عمود .

والمصفوفة [١ - ٣ ٤] متجه صف

(٢) تسمى المصفوفة التي جميع عناصرها ، أصفاراً مصفوفة صفرية فالمصفوفة

$$V = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

مصفوفة صفرية ٣ × ٤

(٣) إذا كانت المصفوفة مربعة بحيث أن $a_{ii} = 0$ \neq a_{ij} فإن المصفوفة تسمى **مصفوفة قطرية** ، قطرها الرئيس مكون من العناصر a_{ii} ، مثلاً :

$$\text{المصفوفة} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 2 \\ 0 & 3 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{ مصفوفة قطرية}$$

(٤) إذا كانت $a_{ii} = 1$ و مصفوفة قطرية بحيث جميع عناصر القطر الرئيسي متساوية وتساوى الواحد فإن هذه المصفوفة تسمى **مصفوفة الوحدة** مثلاً :

$$= \text{و} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

مصفوفة وحدة من النوع 4×4

مثال :

اكتب أبعاد كل من المصفوفات التالية :

$$\begin{pmatrix} 1 & 6 & 3 \\ 2 & 0 \\ 6 & 2 \end{pmatrix} = \text{ب} \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} = \text{أ}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 5 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \text{د} \begin{pmatrix} 0 \\ 7 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \text{ج}$$

الحل :

ملاحظات :

(١) عدد عناصر المصفوفة = عدد الصفوف \times عدد الأعمدة . فإذا كانت لمصفوفة m صفاً و n عموداً فإن عدد عناصر المصفوفة = $m \times n$ عناصراً .

(٢) المصفوفة هي مجرد طريقة لعرض البيانات في تشكيل مستطيل يحتوي على صفوف وأعمدة .
 لاحظ أن التشكيلات التالية ليست مصفوفات لأنها ليست تشكيلات مستطيلة .

$$\begin{pmatrix} & 11 & \\ 8 & 7 & 10 \\ & 9 & \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 4 \\ 6 & 5 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & \end{pmatrix}$$

تمرين (٦ - ١)

(١) اكتب أبعاد كل من المصفوفات التالية :

$$\begin{pmatrix} 3 & 7 & 4 & 2 \\ 2 & 9 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \text{ب} \quad \begin{pmatrix} 1 & 5 & 2 \\ 1 & 2 & 3 \\ 6 & 0 & 4 \end{pmatrix} = \text{أ}$$

$$\begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix} = \text{د} \quad \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} = \text{ج}$$

$$\begin{pmatrix} 4 & 7 & 2 & 1 \end{pmatrix} = \text{هـ}$$

$$\begin{pmatrix} 2 & 5 \\ 1 & 3 \end{pmatrix} = \text{أ} \quad (٢) \text{ إذا كانت}$$

$$\begin{pmatrix} 7 & 1 \\ 4 & 0 \\ 3 & 2 \end{pmatrix} = \text{ب}$$

- (أ) جد أبعاد كل من المصفوفتين أ ، ب
 (ب) جد العناصر $_{12}$ ، $_{21}$ ، $_{22}$ ، $_{13}$ ، $_{22}$ ، $_{11}$
 (٣) أكتب مصفوفة معاملات المتغيرين س ، ص من المعادلتين
 $2س + 5ص = 3$
 $س - 2ص = 6$
 (٦ - ٣) تساوي المصفوفات :
- يمكن تقديم مفهوم تساوي المصفوفتين من خلال التعريف التالي :
- تعريف (٦ - ٢) :

نقول إن المصفوفتين أ ، ب متساويتان إذا وفقط إذا تحقق الشرطان التاليان معاً :

(١) إذا كان أ ، ب لهما البعد نفسه أي أن عدد صفوف أ يساوي عدد صفوف ب ، وعدد أعمدة أ يساوي عدد أعمدة ب .

(٢) العناصر المتناظرة متساوية أي أن :
 $أ_{هي} = ب_{هي}$ لجميع قيم ه ، ي الممكنة .
 إذا تحقق شرط التساوي نكتب $أ = ب$

والمثال التالي يوضح هذا التعريف .

مثال (١) :

إذا كان

$$\begin{pmatrix} 5 & 2 \\ 0 & 3 \\ 6 & 2- \end{pmatrix} = ب \quad \begin{pmatrix} 3- & 1 & 5 \\ 1 & 3 & 2 \end{pmatrix} = أ$$

$$\begin{pmatrix} 5 & 2 \\ 1 & 3 \\ 6 & 2- \end{pmatrix} = ج$$

فإن $أ \neq ب$ لأن بعديهما مختلفان

$ب \neq ج$ لأن $ب_{22} \neq ج_{22}$

ويستخدم تعريف تساوي المصفوفات في ايجاد بعض المجاهيل في عناصر مصفوفات متساوية .

مثال (٢) :

جد قيمة س إذا كان

$$\begin{pmatrix} ٢ & ٥ \\ ٥ & ١- \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ٢ & ٣ + س \\ ٥ & ١- \end{pmatrix}$$

الحل :

بما أن المصفوفتين متساويتان فإن عناصرهما المتناظرة متساوية، وعليه فإن:

$$٢ = س \Leftrightarrow ٥ = ٣ + س$$

مثال (٣) :

جد قيمة س ، ص إذا كان

$$\begin{pmatrix} ٦ & ٤ \\ ٣- & ٥ \\ ص & ٤ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ٦ & ٢س \\ ٣- & ٤ \\ ٢ & ٤ \end{pmatrix}$$

الحل :

$$٢س = ٤ \Leftrightarrow س = ٢$$

$$ص = ٢$$

تمرين (٦ - ٢)

جد قيمة كل من س ، ص ، ع إذا كان :

$$\begin{pmatrix} ٣ & ٤ \\ ٠ & ١ + ص \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ٣ & س \\ ع & ٢- \end{pmatrix} \quad (١)$$

$$\begin{pmatrix} ٨ \\ ٢ + ع \\ ١- \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ١ - ٢س \\ ٥ \\ ص \end{pmatrix} \quad (٢)$$

$$\begin{pmatrix} ١٥ & ٣-٤ & ٢ & ص \\ & ٠ & & ١ \\ & & & ٤ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ٣ & ١٠ & ٣ & س \\ ١ & ٠ & ٤ & \end{pmatrix} \quad (٣)$$

$$\begin{pmatrix} ٥ & ٣ \\ ٤ & ١ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ١-٤ & ٢ & ص+ \\ ٤ & & ص- \end{pmatrix} \quad (٤)$$

(٤ - ٦) منقول المصفوفة : (مدور المصفوفة)

إذا كانت ب مصفوفة من الدرجة م \times ن فإن منقول المصفوفة ب عبارة عن مصفوفة من الدرجة ن \times م صفوفها هي بالترتيب أعمدة المصفوفة ب ويرمز لها بالرمز ب' .

إذن يكون العنصر ب_{هـ و} الواقع في المصفوفة ب عند تقاطع الصف ذي الرقم هـ مع العمود ذي الرقم و يصبح عنصراً في ب' واقعاً عند تقاطع الصف ذي الرقم هـ مع العمود ذي الرقم و .

لذلك يمكن أن نضع ب' = [ب_{هـ و}]

حيث ب_{هـ و} = ب' = هـ = ١ ، ٢ ، ... ، ن

و = ١ ، ٢ ، ... ، م

مثال :

إذا كان

$$\begin{pmatrix} ٤ & ٣ & ٢ \\ ٩- & ٦ & ١ \end{pmatrix} = أ$$

$$\begin{pmatrix} ١ & ٢ \\ ٦ & ٣ \\ ٩- & ٤ \end{pmatrix} = أ'$$

حيث أ من الدرجة ٢ \times ٣ ، بينما أ' من الدرجة ٣ \times ٢

لاحظ أن $A \neq A'$

مثال :

جد S' إذا كان $S =$

$$\begin{pmatrix} 7- & 3 & 1 \\ 0 & 1- & 4 \\ 5 & 6 & 13 \end{pmatrix}$$

الحل : S'

$$\begin{pmatrix} 13 & 4 & 1 \\ 6 & 1- & 3 \\ 5 & 0 & 7- \end{pmatrix}$$

لاحظ أن S مربعة كذلك S' ومن درجة واحدة

مثال :

إذا كان $A =$

$$\begin{pmatrix} 3 & 10- & 2 \\ 1 & 4- & 10- \\ 11 & 1 & 3 \end{pmatrix}$$

جد A'

الحل :-

لاحظ في هذه الحالة أن $A = A'$

وفي هذه الحالة نقول أن A مصفوفة متماثلة

تمرين (٦-٣)

جد المنقول لكل من المصفوفات التالية :

$$\begin{pmatrix} ٥- & ٢ \\ ١- & ٣ \end{pmatrix} \quad (١)$$

$$\begin{pmatrix} ٧ & ١- & ٢ \\ ٥- & ٠ & ٣ \end{pmatrix} \quad (٢)$$

$$\begin{pmatrix} ١ & ٢- & ٧ \\ ١- & ٥ & ٤ \\ ٥ & ٧ & ٠ \end{pmatrix} \quad (٣)$$

$$\begin{pmatrix} \text{جاه} & \text{جتاه} \\ \text{جتاه} & \text{جاه} \end{pmatrix} \quad (٤)$$

(٦-٥) جمع المصفوفات :

لتكن أ ، ب مصفوفتين لهما نفس البُعد ، أى أن لهما نفس العدد من الصفوف ونفس العدد من الأعمدة ولتكن كل منهما مصفوفة م × ن .
أى :

$$\begin{pmatrix} \text{أ}_{١١} & \dots & \text{أ}_{٢١} & \text{أ}_{١١} \\ \text{أ}_{٢١} & \dots & \text{أ}_{٢٢} & \text{أ}_{٢٢} \\ \vdots & & \vdots & \vdots \\ \text{أ}_{م١} & \dots & \text{أ}_{م٢} & \text{أ}_{م١} \end{pmatrix} = \text{أ}$$

$$= \begin{pmatrix} \text{ب}_{11} & \text{ب}_{21} & \dots & \text{ب}_{1n} \\ \text{ب}_{12} & \text{ب}_{22} & \dots & \text{ب}_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \text{ب}_{1m} & \text{ب}_{2m} & \dots & \text{ب}_{mn} \end{pmatrix}$$

فإن مجموع أ ، ب ويكتب أ + ب هي المصفوفة التي نحصل عليها بجمع العناصر المتناظرة من المصفوفتين .

$$= \begin{pmatrix} \text{أ}_{11} + \text{ب}_{11} & \text{أ}_{21} + \text{ب}_{21} & \dots & \text{أ}_{1n} + \text{ب}_{1n} \\ \text{أ}_{12} + \text{ب}_{12} & \text{أ}_{22} + \text{ب}_{22} & \dots & \text{أ}_{2n} + \text{ب}_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \text{أ}_{1m} + \text{ب}_{1m} & \text{أ}_{2m} + \text{ب}_{2m} & \dots & \text{أ}_{mn} + \text{ب}_{mn} \end{pmatrix}$$

ينتج مما سبق أنه لكي يكون لمصفوفتين مجموع يجب أن تكونا من بعد واحد ، أي أن يكون لهما عدد الصفوف نفسه وعدد الأعمدة نفسها . وتكون المصفوفة الناتجة من نفس بعد المصفوفتين اللتين أجريت عليهما عملية الجمع . نجد مثلاً :

$$\begin{pmatrix} 3- & 3 & 4 \\ 5 & 11 & 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1- & 3 & 1 \\ 1 & 6 & 4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2- & 0 & 3 \\ 4 & 5 & 1 \end{pmatrix}$$

مثال :

عين المصفوفة س التي تحقق ما يلي :

$$\begin{pmatrix} 4 & 3 \\ 6- & 2 \end{pmatrix} = \text{س} + \begin{pmatrix} 2 & 1- \\ 5- & 4 \end{pmatrix}$$

الحل :

تلاحظ أولاً أن المصفوفة س من الشكل

$$\begin{pmatrix} \text{أ}_{11} & \text{أ}_{12} \\ \text{أ}_{21} & \text{أ}_{22} \end{pmatrix} \quad \text{وأن:}$$

$$4 = \text{أ}_{11} \Leftrightarrow 3 = \text{أ}_{11} + 1-$$

$$2 = 2_1 \Leftarrow 4 = 2_1 + 2$$

$$2^- = 1_2 \Leftarrow 2 = 1_2 + 4$$

$$1^- = 2_2 \Leftarrow 6^- = 2_2 + 5^-$$

$$\begin{pmatrix} 2 & 4 \\ 1^- & 2^- \end{pmatrix} = \text{س} \therefore$$

(٦ - ٦) خواص جمع المصفوفات :

نستنتج بسهولة العلاقة التي عرفنا بها جمع مصفوفتين ما يلي :

(١) جمع المصفوفات إبدالي ، أي

$$أ + ب = ب + أ \text{ لكل مصفوفتين } أ ، ب \text{ من نفس البعد .}$$

(٢) جمع المصفوفات تجميعي أي:

$$(أ + ب) + ج = ج + (أ + ب) \text{ لكل ثلاث مصفوفات } أ ، ب ، ج \text{ من}$$

نفس البعد .

(٣) لجمع المصفوفات من النوع م \times ن عنصر محايد جمعي هو المصفوفة

الصفريّة من النوع م \times ن .

(٤) لكل مصفوفة أ من النوع م \times ن نظير جمعي هو المصفوفة - أ من

النوع م \times ن حيث :

$$\begin{pmatrix} -أ_١١ & \dots & -أ_١٢ & -أ_١٣ \\ -أ_٢١ & \dots & -أ_٢٢ & -أ_٢٣ \\ \vdots & & \vdots & \vdots \\ -أ_١٣ & \dots & -أ_٢٣ & -أ_٣٣ \end{pmatrix} = -أ$$

مما سبق نستطيع أن نقول إن مجموعة المصفوفات من النوع م \times ن

مزودة بعملية الجمع + زمرة إبدالية .

(٦ - ٧) طرح المصفوفات :

وكذلك يمكن تعريف طرح المصفوفتين أ ، ب اللتين من النوع م × ن كما يلي :

$$\begin{pmatrix} ١١\text{ب} - ١١\text{أ} & ٢١\text{ب} - ٢١\text{أ} & \dots & \text{أ}_١\text{ن} - \text{ب}_١\text{ن} \\ ١٢\text{ب} - ١٢\text{أ} & ٢٢\text{ب} - ٢٢\text{أ} & \dots & \text{أ}_٢\text{ن} - \text{ب}_٢\text{ن} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ ١\text{م} - ١\text{ب} & ٢\text{م} - ٢\text{ب} & \dots & \text{أ}_\text{م} - \text{ب}_\text{م} \end{pmatrix} = \text{أ} - \text{ب}$$

أي أن المصفوفة الناتجة هي المصفوفة الناتجة من طرح عناصر ب من عناصر أ المناظرة لها مثلا :

$$\begin{pmatrix} ٢ & ٤- & ١ \\ ٣- & ٤ & ١- \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ٣ & ٠ & ١ \\ ١ & ١- & ٢ \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} ٥ & ٤- & ٢ \\ ٢- & ٣ & ١ \end{pmatrix}$$

(٦ - ٨) ضرب المصفوفة بعدد ثابت :

حاصل ضرب العدد ك بالمصفوفة أ ويكتب ك٠أ أو ك أ هو المصفوفة التي نحصل عليها بضرب كل عنصر من أ بالعدد ك .

$$\begin{pmatrix} \text{ك أ}_١١ & \text{ك أ}_٢١ & \dots & \text{ك أ}_\text{ن} \\ \text{ك أ}_١٢ & \text{ك أ}_٢٢ & \dots & \text{ك أ}_\text{ن} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \text{ك أ}_١\text{م} & \text{ك أ}_٢\text{م} & \dots & \text{ك أ}_\text{ن} \end{pmatrix} = \text{ك أ}$$

مثلا :

$$\begin{pmatrix} ١٥ & ١٢- & ٦ \\ ٦- & ٩ & ٣ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ٥ & ٤- & ٢ \\ ٢- & ٣ & ١ \end{pmatrix} \cdot ٣$$

(٦ - ٩) خواص ضرب مصفوفة بعدد :

إذا كانت أ ، ب مصفوفتين من نفس النوع ، ك ، ل أي عددين حقيقيين،
فإن عملية ضرب المصفوفات بعدد تحقق خواص التوزيع التالية :

$$(١) ك (أ + ب) = ك أ + ك ب$$

$$(٢) ك (ل + أ) = ك ل + ك أ$$

$$(٣) ك (ل أ) = (ك ل) أ$$

اعط أمثلة تحقق صحة هذه الخواص .

مثال :

إذا كان

$$\begin{pmatrix} ٢- & ٧ \\ ١ & ٣ \\ ٣- & ٢ \end{pmatrix} = ب ، \quad \begin{pmatrix} ٣ & ٢ \\ ٠ & ٥- \\ ٤ & ١ \end{pmatrix} = أ$$

$$\begin{matrix} (٢) ٣ أ - ٢ ب \\ (١) ٢ أ + ب \end{matrix} \quad \text{جد}$$

الحل :

$$\begin{pmatrix} ٢- & ٧ \\ ١ & ٣ \\ ٣- & ٢ \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} ٣ & ٢ \\ ٠ & ٥- \\ ٤ & ١ \end{pmatrix} \cdot ٢ = ٢ أ + ب$$

$$\begin{pmatrix} ٤ & ١١ \\ ١ & ٧- \\ ٥ & ٤ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ٢- & ٧ \\ ١ & ٣ \\ ٣- & ٢ \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} ٦ & ٤ \\ ٠ & ١٠- \\ ٨ & ٢ \end{pmatrix} =$$

$$\begin{pmatrix} ٢- & ٧ \\ ١ & ٣ \\ ٣- & ٢ \end{pmatrix} \cdot ٢ - \begin{pmatrix} ٣ & ٢ \\ ٠ & ٥- \\ ٤ & ١ \end{pmatrix} = ٣ أ - ٢ ب$$

$$\begin{pmatrix} ١٣ & ٨- \\ ٢- & ٢١- \\ ١٨ & ١- \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ٤- & ١٤ \\ ٢ & ٦ \\ ٦- & ٤ \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} ٩ & ٦ \\ ٠ & ١٥- \\ ١٢ & ٣ \end{pmatrix} =$$

تمرين (٦ - ٤)

(١) اجمع ما أمكن :

$$\begin{pmatrix} ٣ & ٢ & ٠ \\ ٢ & ٤ & ١- \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} ٠ & ٢ & ٣ \\ ٤- & ٢ & ١ \end{pmatrix} \quad (أ)$$

$$\begin{pmatrix} ٢ & ١ \\ ٠ & ٣ \\ ١ & ٢ \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} ٠ & ١ & ٢ \\ ١ & ٢ & ٣ \\ ١- & ٣ & ٠ \end{pmatrix} \quad (ب)$$

$$\begin{pmatrix} ٠ & ٠ & ٠ \\ ٠ & ٠ & ٠ \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} أ & ب & ج \\ د & هـ & و \end{pmatrix} \quad (ج)$$

$$\begin{pmatrix} ب- & أ- \\ د- & ج- \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} ب & أ \\ د & ج \end{pmatrix} \quad (د)$$

(٢) اجر العمليات المبينة إن أمكن :

$$\begin{pmatrix} ٠ & ٠ \\ ٠ & ٠ \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} ٤- & ٣ \\ ٦ & ٢ \end{pmatrix} \quad (أ)$$

$$\begin{pmatrix} ٤ & ٣ & ٢- \\ ١ & ٢ & ٢ \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} ٢- & ١ & ٤ \\ ٠ & ٣ & ٣ \end{pmatrix} \quad (ب)$$

$$\begin{pmatrix} 2 \\ 4 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \quad (\text{ج})$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \text{أ} & \text{ب} & \text{ج} \\ \text{د} & \text{هـ} & \text{و} \\ \text{ز} & \text{ح} & \text{ط} \end{pmatrix} \quad (\text{د})$$

$$\begin{pmatrix} 2 - \text{ب} & \text{أ} \\ \text{ب} & \text{أ} - \text{ب} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 2 \text{ب} & \text{أ} 2 \\ \text{ب} + \text{أ} & \text{أ} 4 \end{pmatrix} \quad (\text{هـ})$$

(٣) إذا كان

$$\begin{pmatrix} 1 & 2- & 4 \\ 4 & 3- & 2 \\ 2 & 1 & 3- \\ 7- & 4 & 4 \end{pmatrix} = \text{ب} ، \quad \begin{pmatrix} 2 & 3 & 1 \\ 3 & 1- & 4 \\ 4 & 1 & 2 \\ 0 & 3- & 2- \end{pmatrix} = \text{أ}$$

- جد العناصر الآتية للمجموع $\text{أ} + \text{ب}$
 (أ) العنصر الموجود في الصف الثالث والعمود الثاني .
 (ب) العنصر الموجود في الصف الرابع والعمود الأول
 (ج) العنصر $\text{أ} 13 + \text{ب} 13$

(٤) إذا علمت أن

$$\begin{pmatrix} 3- & 2- \\ 2 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} = \text{د} ، \quad \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 2- \\ 2- & 4- \end{pmatrix} = \text{ب} ، \quad \begin{pmatrix} 3- & 2- \\ 2 & 1- \\ 5 & 0 \end{pmatrix} = \text{أ}$$

فاحسب :

$$\begin{aligned} & \text{(أ) } 2أ + ب \quad \text{(ب) } 3أ - ب \quad \text{(ج) } (أ + ب) + ج \\ & \text{(د) } (أ - ب) + ج \quad \text{(هـ) } أ + (ب + ج) \end{aligned}$$

(٥) حل المعادلات المصفوفية الآتية :

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} + س \quad \text{(أ)}$$

$$\begin{pmatrix} 4 & 4 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ 4 & 2 \end{pmatrix} - س \quad \text{(ب)}$$

$$\begin{pmatrix} 4 & 4 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} = س - \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ 4 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{(ج)}$$

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 \end{pmatrix} = س - \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 \end{pmatrix} \quad \text{(د)}$$