

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم العالي

الرياضيات

الفرع العلمي والصناعي

المؤلفون:

أ. رائدة عويس

أ. أرواح كرم

د. محمد صالح (منسقاً)

أ. موسى حراشة

أ. عبد الكريم صالح

أ. نسرين دويكات

أ. قيس شبانة



قررت وزارة التربية والتعليم العالي في دولة فلسطين
تدريس هذا الكتاب في مدارسها بدءاً من العام الدراسي ٢٠١٨ / ٢٠١٩ م

الإشراف العام

رئيس لجنة المناهج د. صبري صيدم
نائب رئيس لجنة المناهج د. بصري صالح
رئيس مركز المناهج أ. ثروت زيد

الدائرة الفنية

إشراف فني وتصميم كمال فحماوي

تحكيم علمي د. محمد نجيب
تحرير لغوي أ. عمر عبد الرحمن
قراءة د. محمد عواد
متابعة المحافظات الجنوبية د. سميرة النخالة

الطبعة التجريبية

٢٠١٨ م / ١٤٤٠ هـ

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم العالي



مركز المناهج

mohe.ps | mohe.pna.ps | moehe.gov.ps

f.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWaltlym

هاتف +970-2-2983280 | فاكس +970-2-2983250

حي الماصيون، شارع المعاهد

ص. ب 719 - رام الله - فلسطين

pcdc.mohe@gmail.com | pcdc.edu.ps

يتصف الإصلاح التربوي بأنه المدخل العقلاني العلمي النابع من ضرورات الحالة، المستند إلى واقعية النشأة، الأمر الذي انعكس على الرؤية الوطنية المطورة للنظام التعليمي الفلسطيني في محاكاة الخصوصية الفلسطينية والاحتياجات الاجتماعية، والعمل على إرساء قيم تعزز مفهوم المواطنة والمشاركة في بناء دولة القانون، من خلال عقد اجتماعي قائم على الحقوق والواجبات، يتفاعل المواطن معها، ويعي تراكيبها وأدواتها، ويسهم في صياغة برنامج إصلاح يحقق الآمال، ويلامس الأماني، ويرنو لتحقيق الغايات والأهداف.

ولما كانت المناهج أداة التربية في تطوير المشهد التربوي، بوصفها علماً له قواعده ومفاهيمه، فقد جاءت ضمن خطة متكاملة عالجت أركان العملية التعليمية التعلمية بجميع جوانبها، بما يسهم في تجاوز تحديات النوعية بكل اقتدار، والإعداد لجيل قادر على مواجهة متطلبات عصر المعرفة، دون التورط بإشكالية التشتت بين العولمة والبحث عن الأصالة والانتماء، والانتقال إلى المشاركة الفاعلة في عالم يكون العيش فيه أكثر إنسانية وعدالة، وينعم بالرفاهية في وطن نحمله ونعظمه.

ومن منطلق الحرص على تجاوز نمطية تلقي المعرفة، وصولاً لما يجب أن يكون من إنتاجها، وباستحضار واعٍ لعدد المنطلقات التي تحكم رؤيتنا للطالب الذي نريد، وللبنية المعرفية والفكرية المتوخاة، جاء تطوير المناهج الفلسطينية وفق رؤية محكومة بإطار قوامه الوصول إلى مجتمع فلسطيني ممتلئ للقيم، والعلم، والثقافة، والتكنولوجيا، وتلبية المتطلبات الكفيلة بجعل تحقيق هذه الرؤية حقيقة واقعة، وهو ما كان له ليكون لولا التناغم بين الأهداف والغايات والمنطلقات والمرجعيات، فقد تألفت وتكاملت؛ ليكون النتاج تعبيراً عن توليفة تحقق المطلوب معرفياً وتربوياً وفكرياً.

ثمة مرجعيات تؤطر لهذا التطوير، بما يعزز أخذ جزئية الكتب المقررة من المنهاج دورها المأمول في التأسيس؛ لتوازن إبداعي خلاق بين المطلوب معرفياً، وفكرياً، ووطنياً، وفي هذا الإطار جاءت المرجعيات التي تم الاستناد إليها، وفي طليعتها وثيقة الاستقلال والقانون الأساسي الفلسطيني، بالإضافة إلى وثيقة المنهاج الوطني الأول؛ لتوجه الجهد، وتعكس ذاتها على مجمل المخرجات.

ومع إنجاز هذه المرحلة من الجهد، يغدو إزجاء الشكر للطواقم العاملة جميعها؛ من فرق التأليف والمراجعة، والتدقيق، والإشراف، والتصميم، واللجنة العليا أقل ما يمكن تقديمه، فقد تجاوزنا مرحلة الحديث عن التطوير، ونحن واثقون من تواصل هذه الحالة من العمل.

وزارة التربية والتعليم العالي

مركز المناهج الفلسطينية

آب / ٢٠١٨ م

يسرنا أن نقدم لزملائنا المعلمين والمعلمات، ولطلبتنا الأعزاء كتاب الرياضيات للصف الثاني الثانوي العلمي والصناعي، وفق الخطوط العريضة لوثيقة الرياضيات، والتي تم تطويرها بناءً على التغذية الراجعة والدراسات الهادفة إلى تطوير المناهج الفلسطينية، ومواكبتها لمهارات القرن الحادي والعشرين، مستنديين في ذلك لمعايير وطنية ودولية.

لقد اشتمل محتوى الكتاب، على أنشطة وتطبيقات وسياقات حياتية، من أجل إفراح المجال للطلبة للتفكير والإبداع، ولإبراز أهمية الرياضيات في الحياة، وقد تم مراعاة التسلسل المنطقي للمفاهيم والنظريات والتعميمات وتم برهنة بعض النظريات (للمعلم فقط).

وقد اشتمل الفصل الأول على ثلاث وحدات، هي: حساب التفاضل، وتطبيقات التفاضل، والمصفوفات.

في الوحدة الأولى (حساب التفاضل) فقد تم تقديم متوسط التغير، المشتقة الأولى باستخدام التعريف، قواعد الاشتقاق، مشتقة الاقترانات المثلثية، قاعدة لوبيتال، مشتقة الاقترانات الأسية واللوغرتمية، كما تم عرض بعض التطبيقات الهندسية والفيزيائية على الاشتقاق، بالإضافة إلى قاعدة السلسلة والاشتقاق الضمني.

وفي الوحدة الثانية (تطبيقات التفاضل)، تم تقديم نظريتي القيمة المتوسطة وروول، فترات التزايد والتناقص، القيم القصوى المحلية والمطلقة للاقتران، نقاط الانعطاف، مجالات التقعر للأعلى وللأسفل، ثم عرضت تطبيقات عملية على القيم القصوى.

أما في الوحدة الثالثة (المصفوفات) تم تقديم مفهوم المصفوفة ورتبتها، العمليات عليها، محدد المصفوفة المربعة من الرتبة الأولى والثانية والثالثة، النظير الضربي للمصفوفة المربعة من الرتبة الثانية وحل أنظمة المعادلات الخطية بثلاث طرق هي: طريقة النظير الضربي، طريقة كريمر، طريقة جاوس.

أما الفصل الثاني فقد اشتمل على ثلاث وحدات، هي: التكامل غير المحدود وتطبيقاته، التكامل المحدود وتطبيقاته، والأعداد المركبة. ففي الوحدة الرابعة (التكامل غير المحدود وتطبيقاته) تم تقديم مفهوم التكامل غير المحدود من خلال معكوس المشتقة، وتم التعرف على قواعد التكامل غير المحدود وتطبيقاته الفيزيائية والهندسية، وأخيراً طرق التكامل الثلاث (التكامل بالتعويض، والتكامل بالأجزاء، والتكامل بالكسور الجزئية).

أما في الوحدة الخامسة (التكامل المحدود وتطبيقاته) فقد تم تقديم مفهوم التجزئة ومجموع ريمان، ثم التكامل المحدود، وخصائصه، وتطبيقاته في حساب المساحة والحجوم الدورانية.

وفي الوحدة السادسة (الأعداد المركبة) تم عرض مفهوم العدد المركب، والعمليات على الأعداد المركبة (المساواة، والجمع والطرح، والضرب) ثم عرضت عملية القسمة، وفي نهاية الوحدة عرض حل المعادلة التربيعية في (ك) وإيجاد الجذور التربيعية للعدد المركب.

وقد حرصنا أن تشمل كل وحدة على تمارين عامة متنوعة بين المقالية والموضوعية (الاختيار من متعدد)، حرصنا على تغطية كافة المفاهيم والتعميمات والمهارات الواردة في الوحدة، لتكون عوناً للطلبة على التدريب والتمكن من المهارات.

نتمنى أن نكون بهذا العمل قد حققنا مطالب عناصر العملية التعليمية كافة، بإخراج منهاج فلسطيني واقعي، يربط الطالب بظواهر رياضية حياتية، آملين من زملائنا المعلمين والمعلمات والمديرين والمديرات في مدارس الوطن، تقديم التغذية الراجعة لمركز المناهج قبل تطبيق الكتاب المقرر، وأثناء تطبيقه في الميدان، وبعد التطبيق.

والله ولي التوفيق

٢	حساب التفاضل Differentiation
٤	١ - ١ متوسط التغير (Rate of Change)
٩	٢ - ١ المشتقة الأولى (First Derivative)
١٨	٣ - ١ قواعد الاشتقاق (Rules of Differentiation)
٢٧	٤ - ١ مشتقة الاقترانات المثلثية (The Derivative of Trigonometric Functions)
٣٠	٥ - ١ قاعدة لوبيتال، ومشتقة الاقتران الأسّي واللوغاريتمي (L'Hôpital's Rule)
٣٧	٦ - ١ تطبيقات هندسية وفيزيائية (Geometric and Physical Applications)
٤٤	٧ - ١ قاعدة السلسلة (Chain Rule)
٤٩	٨ - ١ الاشتقاق الضمني (Implicit Differentiation)
٥٨	تطبيقات التفاضل Differentiation Applications
٦٠	١ - ٢ نظريتا رول والقيمة المتوسطة (Rolle's Theorem)
٦٦	٢ - ٢ الاقترانات المتزايدة والمتناقصة (Increasing and Decreasing Functions)
٧١	٣ - ٢ القيم القصوى (Extreme Values)
٨١	٤ - ٢ التقرّر و نقاط الانعطاف (Concavity and Points of Inflection)
٨٩	٥ - ٢ تطبيقات عملية على القيم القصوى (Applications of Extrema)
٩٨	المصفوفات والمحددات Matrices and Determinants
١٠٠	١ - ٣ المصفوفة (Matrix)
١٠٥	٢ - ٣ العمليات على المصفوفات (Operations on Matrices)
١١٤	٣ - ٣ المحدّثات (Determinants)
١٢٠	٤ - ٣ النظير الضربي للمصفوفة المربعة (Inverse of a Square Matrix)
١٢٦	٥ - ٣ حل أنظمة المعادلات الخطية باستخدام المصفوفات (Solving Systems of Linear Equations)
١٣٦	التكامل غير المحدود، وتطبيقاته Indefinite Integral and its Applications
١٣٨	١ - ٤ التكامل غير المحدود (Indefinite Integral)
١٤٣	٢ - ٤ قواعد التكامل غير المحدود (Rules of Indefinite Integrals)
١٤٧	٣ - ٤ تطبيقات التكامل غير المحدود (Applications of Indefinite Integrals)
١٥٢	٤ - ٤ طرق التكامل (التعويض، الأجزاء، الكسور الجزئية) (Methods of Integration)
١٦٨	التكامل المحدود وتطبيقاته Definite Integration and its Applications
١٧٠	١ - ٥ التجزئة ومجموع ريمان (Partition and Riemann Sum)
١٧٧	٢ - ٥ التكامل المحدود (The Definite Integral)
١٨٢	٣ - ٥ العلاقة بين التفاضل والتكامل (Fundamental Theorem of Calculus)
١٨٧	٤ - ٥ خصائص التكامل المحدود (Properties of Definite Integral)
١٩٥	٥ - ٥ تطبيقات التكامل المحدود (المساحة، الحجم) (Applications of Definite Integral)
٢١٠	الأعداد المركبة Complex Numbers
٢١٢	١ - ٦ الأعداد المركبة (Complex Numbers)
٢١٦	٢ - ٦ العمليات على الأعداد المركبة (Operations on Complex Numbers)
٢٢١	٣ - ٦ قسمة الأعداد المركبة (Division of Complex Numbers)
٢٢٧	٤ - ٦ حل المعادلات في الأعداد المركبة (Solving Equations)
٢٣٢	إجابات تمارين الكتاب

الوحدة

١

الوحدة

٢

الوحدة

٣

الوحدة

٤

الوحدة

٥

الوحدة

٦

الوحدة



Differentiation

حساب التفاضل



تكثر في ربوع فلسطين الشوارع والطرق المتتوية والخطرة في المناطق الجبلية، هل تعتقد أن تصميم هذه الشوارع في تلك المناطق مشابه لتصميمها في المناطق المستوية الأفقية؟

حساب التفاضل فرع من فروع الرياضيات، يستخدم لدراسة التغير في الاقتران، وله كثير من الاستخدامات في العديد من العلوم التطبيقية، مثل: الهندسة، والفيزياء، والاقتصاد، والعلوم المختلفة... ويعود علم التفاضل إلى فترة زمنية طويلة، حيث عرفه اليونانيون والصينيون قديماً، ويعتقد أن الفراعنة قد عرفوا علم التفاضل، واستخدموه في حساب المساحات والحجوم، وطوّر أرخميدس هذه الطريقة، ويعود الفضل في تطور التفاضل كما هو معروف حالياً للعالمين نيوتن ولايبنتز في القرن السابع عشر.

تتضمن الوحدة الأولى حساب التفاضل، حيث سنقدم مفهوم متوسط التغير، وإيجاد المشتقة لاقترانات متنوعة (كثيرات حدود، ونسبية، ومثلثية، وأسيّة، ولوغاريتمية...) بالإضافة إلى بعض التطبيقات الهندسية والفيزيائية للمشتقة، وليكون طلبتنا قادرين على توظيف ما تعلّموه في هذه الوحدة في الحياة العملية، ويتوقع من الطالب أن يحقق الأهداف الآتية:

- ١ إيجاد متوسط التغير، وتفسيره هندسياً وفيزيائياً.
- ٢ إيجاد المشتقة الأولى باستخدام التعريف، والبحث في قابلية الاشتقاق على فترة.
- ٣ حساب المشتقة الأولى عند نقطة باستخدام قواعد الاشتقاق.
- ٤ التعرف إلى المشتقات العليا للاقتران، وإجراء بعض التطبيقات عليها.
- ٥ إيجاد مشتقة الاقترانات المثلثية.
- ٦ التعرف إلى مشتقة الاقتران الأسّي الطبيعي، والاقتران اللوغاريتمي الطبيعي.
- ٧ إيجاد بعض النهايات باستخدام قاعدة لوبيتال.
- ٨ التعرف إلى قاعدة السلسلة، واستخدامها في إيجاد مشتقة تركيب اقترانين.
- ٩ حساب المشتقة الأولى لعلاقة ضمنية.
- ١٠ التعرف إلى المعنى الهندسي والفيزيائي للمشتقة، وحل مسائل عليها.

نشاط ١:

عائلة فلسطينية مكونة من: أم محمد وولديها التوأمن محمد وخالد كانت كتلة محمد قبل عشر سنوات ٣٢ كغم، وأصبحت اليوم ٦٢ كغم، أما كتلة خالد فكانت ٢٩ كغم، ولكنها اليوم ٥٢ كغم. ارتاحت أم محمد للتغير في كتلة محمد، بينما ذهبت بابنها خالد إلى الطبيب ... برأيك لماذا؟



تعريف:

- إذا كان $ص = ق(س)$ اقتراناً وتغيرت $س$ من $س_١$ إلى $س_٢$ ، $س_١ \neq س_٢$ فإن:
- التغير في $س$ يساوي $س_٢ - س_١$ ونرمز له بالرمز $\Delta س$ ويقرأ دلتا $س$.
- التغير في الاقتران $ق(س)$ يساوي $ق(س_٢) - ق(س_١)$ ويرمز له بالرمز $\Delta ص$.

متوسط التغير في الاقتران $ص = ق(س)$ يساوي $\frac{\Delta ص}{\Delta س}$

$$\frac{ق(س_٢) - ق(س_١)}{س_٢ - س_١} = \frac{ص_٢ - ص_١}{س_٢ - س_١} =$$

$$\frac{ق(س_٢) - ق(س_١ + هـ) - ق(س_١)}{هـ} = \frac{\Delta ص}{\Delta س}$$

حيث $هـ = \Delta س \neq ٠$ ، ونسميه اقتران متوسط التغير عند $س_١$.

مثال ١:

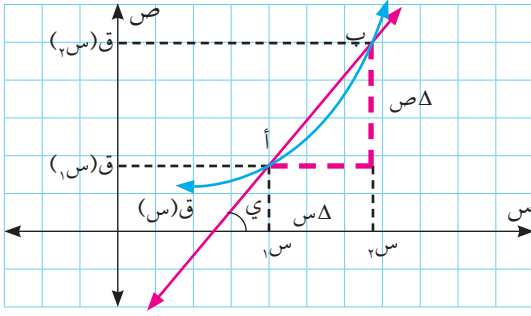
إذا كان $ص = ق(س) = س^٣ - ٥س + ٣$ ، جد:

- ١ $\Delta س$ عندما تتغير $س$ من ١^- إلى ٢ .
- ٢ التغير في $ق(س)$ عندما تتغير $س$ من ١^- إلى ٢ .
- ٣ متوسط التغير في $ق(س)$ عندما تتغير $س$ من ١^- إلى ٢ .

الحل:

- ١ بما أن $س_١ = ١^-$ ، $س_٢ = ٢$ ، فإن $\Delta س = س_٢ - س_١ = ٣$
- ٢ $\Delta ص = ق(س_٢) - ق(س_١) = ق(٢) - ق(١^-) = ٦ - ١ = ٥$
- ٣ متوسط التغير $= \frac{\Delta ص}{\Delta س} = \frac{٥}{٣}$

المعنى الهندسي لمتوسط التغير:



الشكل المجاور يمثل منحنى الاقتران $ق(س)$ والمستقيم المار بالنقطتين أ، ب والذي يسمى قاطعاً للمنحنى، ويكون

$$\text{ميله} = \frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}} = \frac{ق(س_2) - ق(س_1)}{س_2 - س_1}$$

تعريف:



متوسط التغير للاقتران $ق(س)$ عندما تتغير $س$ من $س_1$ إلى $س_2$ يساوي ميل القاطع المار بالنقطتين، $(س_1, ق(س_1))$ ، $(س_2, ق(س_2))$ ، ونسمي الزاوية (ي) التي يصنعها القاطع للمنحنى مع الاتجاه الموجب لمحور السينات بزاوية ميل المستقيم، ويكون (ظاي = ميل القاطع).

إذا قطع المستقيم ل منحنى الاقتران $ق(س)$ = $س + ٢ جا س$

مثال ٢:

في النقطتين $(٠, ق(٠))$ ، $(\frac{\pi}{٢}, ق(\frac{\pi}{٢}))$

١ احسب ميل المستقيم ل.

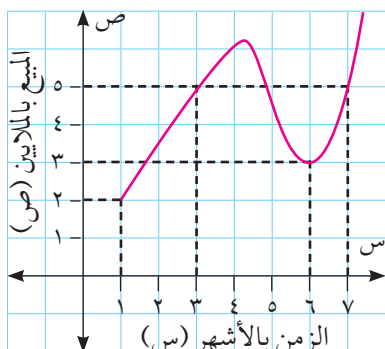
٢ جد قياس زاوية ميل المستقيم ل.

١ ميل المستقيم ل = متوسط تغير $ق(س)$ في الفترة $[\frac{\pi}{٢}, ٠]$

الحل :

$$١ = \frac{\frac{\pi}{٢}}{\frac{\pi}{٢}} = \frac{ق(٠) - ق(\frac{\pi}{٢})}{٠ - \frac{\pi}{٢}} = \frac{٠ - (\frac{\pi}{٢} \times ٢ جا \frac{\pi}{٢}) - \frac{\pi}{٢}}{\frac{\pi}{٢}} = \frac{٠ - \frac{\pi}{٢}}{\frac{\pi}{٢}} =$$

٢ ميل المستقيم ل = ظاي = ١ ومنها قياس زاوية ميل المستقيم ل هو $\frac{\pi}{٤}$ (لماذا؟)



يمثل منحنى الاقتران $ص = ق(س)$ في الشكل المجاور مبيع شركة سيارات حيث $ص$: المبيع بالملايين خلال $س$ شهراً، أراد عمر من الرسم إيجاد متوسط التغير في المبيع عندما تتغير $س$ من 1 إلى 3، فكتب

$$\frac{\Delta ص}{\Delta س} = \frac{2 - 5}{1 - 3} = \frac{ق(1) - ق(3)}{1 - 3} = \frac{\Delta ص}{\Delta س}$$

والآن أكمل: متوسط التغير في $ص$ عندما تتغير $س$ من 3 إلى 7 يساوي

متوسط التغير في $ص$ عندما تتغير $س$ من 3 إلى 6 يساوي

إذا كان $ص = ق(س) = \sqrt{2س + 1}$ ، وكان متوسط التغير للاقتران $ق(س)$ عندما تتغير $س$ من 0 إلى $ب$ يساوي $\frac{1}{2}$. احسب قيمة $ب$ حيث $ب < 0$

$$\frac{\Delta ص}{\Delta س} = \frac{ق(س_1) - ق(س_2)}{س_1 - س_2} = \frac{ق(ب) - ق(0)}{ب - 0} = \frac{\sqrt{2ب + 1} - \sqrt{1}}{ب} = \frac{1}{2}$$

$$\text{أي أن } \sqrt{2ب + 1} = 2 - 1 = 1$$

$$\sqrt{2ب + 1} = 2 \Rightarrow 2ب + 1 = 4 \Rightarrow 2ب = 3 \Rightarrow ب = \frac{3}{2}$$

وبالتربيع، وحل المعادلة ينتج أن: $ب = 0$ أو $ب = 4$ (القيمة $ب = 0$ تهمل، لماذا؟)

$$\left. \begin{array}{l} 1 \leq س \leq 2 \\ 1 - س^2 \leq س \end{array} \right\} \text{ ليكن } ص = ق(س)$$

ليان أن متوسط تغير الاقتران $ق(س)$ عندما تتغير $س$ من 1 إلى $1 + هـ$

$$\left. \begin{array}{l} 2 + هـ < هـ \\ 2 < هـ \end{array} \right\} \text{ هو } \frac{\Delta ص}{\Delta س} = \frac{\Delta ق(س)}{\Delta س}$$

$$\frac{ق(1 + هـ) - ق(1)}{هـ} = \frac{\Delta ص}{\Delta س} \text{ عندما } هـ < 0: \text{ متوسط التغير}$$

$$2 + هـ = \frac{ق(1) - ق(1 + هـ)}{هـ}$$

٢ أكمل: عندما $h > 0$ فإن $\frac{\Delta v}{\Delta s} = \dots\dots\dots$

٣ اعتمد على ما سبق في إيجاد متوسط التغير في الاقتران $q(s)$ في الحالات الآتية:

• عندما تتغير s من ١ إلى ٣

• عندما تتغير s من ١ إلى -2

المعنى الفيزيائي لمتوسط التغير:

تعريف:



إذا كانت $f = q(n)$ حيث f المسافة التي يقطعها الجسم، n الزمن، فإن متوسط التغير في المسافة عندما تتغير n من n_1 إلى n_2 هو $\frac{\Delta f}{\Delta n} = \frac{f_2 - f_1}{n_2 - n_1} = \frac{q(n_2) - q(n_1)}{n_2 - n_1}$ ويسمى السرعة المتوسطة في الفترة $[n_1, n_2]$.

مثال ٤: يتحرك جسم على خط مستقيم، بحيث أن بعده f بالأمتار عن النقطة (و) بعد n من الثواني يعطى بالقاعدة $f = q(n) = n^3 + 8n$ ، جد:

١ السرعة المتوسطة في الفترة $[0, 3]$.

٢ إذا كانت السرعة المتوسطة في الفترة $[1, a]$ تساوي 29 م/ث جد قيمة a .

الحل :

١ $n_1 = 0, n_2 = 3$

$$\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\Delta f}{\Delta n} = \frac{q(3) - q(0)}{3 - 0} = \frac{3 \times 3 + 8 \times 3 - 0}{3} = \frac{39}{3} = 13 \text{ م/ث}$$

٢ $\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\Delta f}{\Delta n} = \frac{q(a) - q(1)}{a - 1} = \frac{a^3 + 8a - 9}{a - 1} = 29$

بالتبسيط ينتج أن: $a^3 - 21a + 20 = 0$ ، وبحل المعادلة ينتج أن قيمة a المطلوبة هي ٤

١ إذا كان ق(س) = $\frac{3}{س} + س^2$ ، جد:

أ التغير في الاقتران ق(س) عندما تتغير س من ٣ إلى ٥.

ب متوسط التغير في الاقتران ق(س) عندما تتغير س من ٤ إلى ١.

٢ إذا كان ق(س) = جتاس - ٣ جاس جد متوسط التغير في الاقتران ق(س) في الفترة $[\frac{\pi}{2}, \pi]$.

٣ إذا كان ق(س) = $\left. \begin{array}{l} س - ٦ ، س > ٢ \\ س^2 + أس ، س \leq ٢ \end{array} \right\}$

وكان متوسط التغير للاقتران ق(س) عندما تتغير س من ١ إلى أ ، أ < ٢ يساوي ٩، احسب قيمة أ.

٤ إذا كان متوسط التغير للاقتران ق(س) في الفترة [١، ٣]، يساوي ٤، وكان ك(س) = $س^2 + ٣س$ ق(س)، جد متوسط التغير للاقتران ك(س) في نفس الفترة.

٥ إذا قطع المستقيم ل منحنى الاقتران ق(س) في النقطتين (١، أ)، (٣، ب) وصنع زاوية قياسها ١٣٥° مع الاتجاه الموجب لمحور السينات. احسب متوسط التغير في الاقتران هـ(س) = $٣س + س^2 - ١$ في الفترة [١، ٣].

٦ يتحرك جسم في خط مستقيم بحيث أن بعده ف بالأمتار عن نقطة الانطلاق بعد ن من الثواني يعطى بالعلاقة ف = ق(ن) = $ن^2 + ب ن$ وكانت السرعة المتوسطة في الفترة [١، ٣] تساوي ٦ م/ث. فما قيمة الثابت ب؟

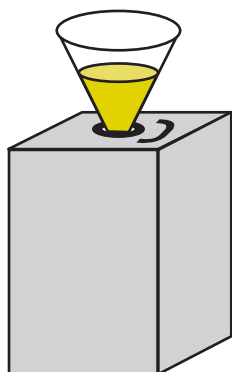
٧ إذا كان ق(س) = $أس^2 + ب س + ج$. أثبت أن متوسط التغير للاقتران ق(س) عندما تتغير س من ٢ إلى ن يساوي $أ(ن + ٢) + ب$

٨ أ إذا كان ق(س) = $س + هـ س^3$ ، (هـ العدد النيبيري)

جد متوسط التغير في الاقتران ق(س) عندما تتغير س من ٠ إلى ١

ب إذا كان متوسط التغير للاقتران ق(س) = $س + لو س^n$ ، س < ٠ عندما تتغير س من ١ إلى هـ

يساوي $\frac{٣ - هـ}{هـ - ١}$ ، احسب قيمة ن.



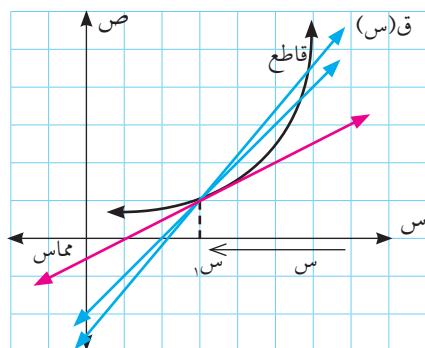
نشاط ١:

بينما كان أبو سامر يتهجج بمحصول الزيتون لهذا العام، وبمنظر الزيت الصافي أثناء تعبئته في عبوات مستخدماً مخروطاً دائرياً قائماً، أخذ ابنه سامر يراقب سطح الزيت في المخروط لحظة نزوله منه، فلاحظ أن شكل سطح الزيت في المخروط دائري.

- ١ إذا كان نصف قطر سطح الزيت في المخروط يتناقص، فماذا يحدث لمساحة سطح الزيت فيه؟
- ٢ هل يمكنك إيجاد معدل التغير في مساحة سطح الزيت بالنسبة لنصف قطر قاعدة المخروط؟

تعلمت في الدرس السابق مفهوم متوسط التغير للاقتران $ص = ق(س)$ عندما تتغير $س$ من $س_1$ إلى

$$س_2 \text{ ، وكان } \frac{\Delta ص}{\Delta س} = \frac{ق(س_2) - ق(س_1)}{\Delta س} \text{ ، } \Delta س \neq 0$$



وإذا أخذنا $\Delta س \rightarrow 0$ ، وكانت هذه النهاية موجودة

فإننا نسميها معدل التغير للاقتران $ق(س)$ عند $س_1$ أو المشتقة الأولى للاقتران $ق(س)$ عند $س = س_1$ ونقول إن $ق(س)$ قابل للاشتقاق عند $س_1$ (أي كلما اقتربت $س$ من $س_1$ فإن متوسط تغير الاقتران (ميل القاطع) يؤول إلى معدل تغير الاقتران $ق(س)$ (ميل المماس) عند $س = س_1$ ، انظر الشكل المجاور.



تعريف (١):

إذا كانت ص = ق (س) اقتراناً معرفاً عند س_١ في مجاله، وكانت نهـا $\frac{ق(س) - (س + هـ)}{هـ}$ موجودة فإن قيمة هذه النهاية تسمى المشتقة الأولى للاقتران ق (س) عند س_١،

ونرمز لها بأحد الرموز الآتية: ق (س)_١ أو ص $\left| \begin{smallmatrix} س = س_١ \end{smallmatrix} \right.$ أو دص $\left| \begin{smallmatrix} دس = س_١ \end{smallmatrix} \right.$

ويمكن كتابتها على النحو ق (س)_١ = نهـا $\frac{ق(س) - (س - س_١)}{س - س_١}$

مثال ١: إذا كان ق (س) = س^٢ + ١ ، جد ق (١) باستخدام تعريف المشتقة عند نقطة.

$$ق(س)_١ = نهـا \frac{ق(س) - (س + هـ)}{هـ}$$

$$ق(١) = نهـا \frac{ق(١) - (١ + هـ)}{هـ} = نهـا \frac{(١ + هـ) - ١ - هـ}{هـ}$$

$$= نهـا \frac{١ + هـ + هـ + هـ - ١ - هـ}{هـ} = نهـا \frac{٢ + هـ}{هـ} = ٢ + ٢ = ٤$$

مثال ٢: إذا كان ق (س) = س + $\frac{١}{س}$ ، س ≠ ٠ ، جد ق (١⁻) باستخدام تعريف المشتقة عند نقطة.

$$ق(س)_١ = نهـا \frac{ق(س) - (س - س_١)}{س - س_١}$$

$$ق(١^-) = نهـا \frac{س + \frac{١}{س} - (١ - س_١)}{١ - س_١} = نهـا \frac{س + \frac{١}{س} - ١ + س_١}{١ - س_١} = نهـا \frac{س + \frac{١}{س} - ١ + س_١}{١ - س_١}$$

$$= نهـا \frac{س + \frac{١}{س} - ١ + س_١}{١ - س_١} = ٠$$



تعريف (٢):

ليكن الاقتران $ق(س)$ معرفاً عندما $س = س_١$ فإن:

$$ق(س_١)^+ = \frac{ق(س_١) - (هـ + س_١)}{هـ} \quad \text{(مشتقة ق(س) من يمين العدد س_١)}$$

$$ق(س_١)^- = \frac{ق(س_١) - (هـ + س_١)}{هـ} \quad \text{(مشتقة ق(س) من يسار العدد س_١)}$$

وعندما $ق(س)^+ = ق(س)^- = ل$ ، فإن $ق(س)$ قابل للاشتقاق عند $س$ وتكون $ق(س) = ل$

مثال ٣: إذا كان $ق(س) = \begin{cases} س^٢, & س \leq ١ \\ ١ - س^٢, & س > ١ \end{cases}$ ، جد $ق(١)$ باستخدام تعريف المشتقة عند نقطة.

الحل :

نلاحظ أنه عندما $س = ١$ تتغير قاعدة الاقتران، لذلك نجد $ق(١)^+$ ، $ق(١)^-$

$$ق(١)^+ = \frac{ق(١) - (هـ + ١)}{هـ} = \frac{١ - (هـ + ١)}{هـ} = \frac{-هـ}{هـ} = -١$$

$$ق(١)^- = \frac{ق(١) - (هـ + ١)}{هـ} = \frac{١ - (هـ + ١)}{هـ} = \frac{-هـ}{هـ} = -١$$

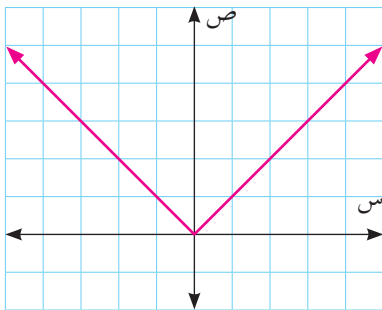
$$ق(١)^- = \frac{ق(١) - (هـ + ١)}{هـ} = \frac{١ - (هـ + ١)}{هـ} = \frac{-هـ}{هـ} = -١$$

إذن $ق(١) = ٢$ (لماذا؟)



مثال ٤: إذا كان $ق(س) = |س|$. جد $ق(٠)$ باستخدام تعريف المشتقة عند نقطة.

الحل :



نكتب $ق(س)$ دون استخدام رمز القيمة المطلقة حيث

$$ق(س) = \begin{cases} س, & س \geq ٠ \\ -س, & س < ٠ \end{cases}$$

$$ق(٠) = \frac{ق(٠) - (هـ + ٠)}{هـ} = \frac{٠ - هـ}{هـ} = -١$$

$$\text{فتكون } \bar{Q}(0)^+ = \frac{\text{نها} \text{ ق}(0) - (\text{ه} + 0) \text{ ق}(0)}{\text{ه}} = \frac{\text{نها} \text{ ه} - 0}{\text{ه}} = 1$$

$$\text{وكذلك } \bar{Q}(0)^- = \frac{\text{نها} \text{ ق}(0) - (\text{ه} + 0) \text{ ق}(0)}{\text{ه}} = \frac{\text{نها} \text{ ه} - 0}{\text{ه}} = 1$$

وبما أن $\bar{Q}(0)^+ \neq \bar{Q}(0)^-$ ، فإن $\bar{Q}(0)$ غير موجودة.

لاحظ أن $\bar{Q}(0)$ غير موجودة بالرغم من أن $Q(0)$ متصل عندها

تعريف (٣):

ليكن الاقتران $Q(س)$ معرّفًا عندما $س \in [a, b]$ ، فإن:

$$\bar{Q}(س) = \frac{\text{نها} \text{ ق}(س) - (\text{ه} + س) \text{ ق}(س)}{\text{ه}}$$

وتسمى المشتقة الأولى للاقتران $Q(س)$ بشرط وجود النهاية.

$$\text{ويمكن كتابتها على الصورة: } \bar{Q}(س) = \frac{\text{نها} \text{ ق}(س) - (\text{ع} + س) \text{ ق}(س)}{\text{ع} - س}$$



$$\left. \begin{aligned} & 1 \geq س \geq 0, \quad 1 + س^2 \\ & 3 > س > 1, \quad س^2 \end{aligned} \right\} = \text{إذا كان } Q(س) \text{ ، جد } \bar{Q}(س) \text{ باستخدام التعريف.}$$

مثال ٥ :

١ عندما $1 > س > 0$

الحل :

$$\bar{Q}(س) = \frac{\text{نها} \text{ ق}(س) - (\text{ع} + س) \text{ ق}(س)}{\text{ع} - س} = \frac{\text{نها} \text{ ق}(س) - (1 + س) \text{ ق}(س)}{\text{ع} - س}$$

$$= \frac{\text{نها} \text{ ق}(س) - (س + 1) \text{ ق}(س)}{\text{ع} - س} = \frac{\text{نها} \text{ ق}(س) - (س + 1) \text{ ق}(س)}{\text{ع} - س} = س^2$$

٢ عندما $3 > س > 1$

$$\bar{Q}(س) = \frac{\text{نها} \text{ ق}(س) - (\text{ع} + س) \text{ ق}(س)}{\text{ع} - س} = \frac{\text{نها} \text{ ق}(س) - (س + 2) \text{ ق}(س)}{\text{ع} - س} = 2$$

٣ عندما $s = 1$

$$ق(1)^- = نهيا_{-0.4-هـ} = \frac{ق(1) - (هـ + 1)}{هـ} = \frac{ق(1) - 1 + 1}{هـ} = \frac{2 - 1 + 1}{هـ} = 2$$

$$ق(1)^+ = نهيا_{+0.4-هـ} = \frac{ق(1) - (هـ + 1)}{هـ} = \frac{ق(1) - 1 + 1}{هـ} = \frac{2 - (هـ + 1)}{هـ} = 2$$

إذن $ق(1) = 2$ (لماذا؟)

كما أن $ق(0)$ غير موجودة (لماذا؟)

$$\left. \begin{array}{l} 0 < s < 1 \\ 1 \leq s < 2 \end{array} \right\} = ق(s) \text{ وبالتالي}$$

تعريف (٤):

- إذا كان الاقتران $ق(s)$ معرّفاً على $[أ، ب]$ فإن $ق(s)$ غير قابل للاشتقاق عند أطراف الفترة $[أ، ب]$.
- يكون $ق(s)$ قابلاً للاشتقاق على $[أ، ب]$ إذا كان قابلاً للاشتقاق عند كل نقطة فيها.



مثال ٦: إذا كان $ق(s) = \sqrt{2 + s}$ ، $s \leq 2$ فجد $ق(s)$ باستخدام التعريف، ثم جد $ق(2)$.

الحل :

$$ق(س)^- = نهيا_{0.4-هـ} = \frac{ق(س) - (هـ + 1)}{هـ}$$

$$= \frac{\sqrt{2 + س} - \sqrt{2 + هـ + 1}}{هـ}$$

$$= \frac{(س + 2) - (هـ + 2)}{هـ(\sqrt{2 + س} + \sqrt{2 + هـ + 1})}$$

$$= \frac{س - هـ}{هـ(\sqrt{2 + س} + \sqrt{2 + هـ + 1})}$$

$$\frac{1}{\sqrt{2+s} + \sqrt{2+s}} =$$

$$\frac{1}{\sqrt{2+s}} =$$

$$\frac{1}{\sqrt{2+s}} = \text{ق(س)}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{2 \times 2} = \frac{1}{2 + 2\sqrt{2}} = \text{ق(2)}$$

هل يمكن إيجاد ق⁻(2) (لماذا؟)
ما مجال ق⁻(س)؟



فكر وناقش:



مجال ق⁻(س) $\subseteq$ مجال ق(س).

إذا كان ق⁻(2) = 5 جد:

مثال ٧:

$$1 \quad \frac{\text{نها ق(2-5هـ)} - \text{ق(2)}}{\text{هـ}}$$

$$2 \quad \frac{\text{نها ق(س+1)} - \text{ق(2)}}{\text{س}^2 - 1}$$

١ نفرض $5^- = \text{هـ}$ و $\frac{9}{5^-} = \text{و}$ ، ومنها $\text{هـ} = \frac{9}{5^-}$ ، وعندما $\text{هـ} \leftarrow \text{و}$ فإن $\text{و} \leftarrow \text{هـ}$

الحل:

$$\frac{\text{نها ق(2-5هـ)} - \text{ق(2)}}{\text{هـ}}$$

$$= \frac{\text{نها ق(2+و)} - \text{ق(2)}}{\frac{9}{5^-}}$$

$$= 5^- \frac{\text{نها ق(2+و)} - \text{ق(2)}}{9}$$

$$= 5^- \times \text{ق(2)} = 5^- \times 5 = 25^-$$

٢ نفرض $س + ١ = ع$ ، $س = ع - ١$ ، وعندما $س \leftarrow ١$ فإن $ع \leftarrow ٢$

$$\frac{\text{نها}_{س \leftarrow ١} ق(س + ١) - ق(٢)}{س^٢ - ١}$$

$$= \frac{\text{نها}_{ع \leftarrow ٢} ق(ع) - ق(٢)}{١ - ١ + ع^٢ - ٢ع} = \frac{\text{نها}_{ع \leftarrow ٢} ق(ع) - ق(٢)}{١ - ٢(١ - ع)}$$

$$= \frac{\text{نها}_{ع \leftarrow ٢} ق(ع) - ق(٢)}{ع(٢ - ع)}$$

$$= \frac{\text{نها}_{ع \leftarrow ٢} ق(ع) - ق(٢)}{(٢ - ع)} \times \frac{١}{ع}$$

$$= ق(٢) \times \frac{١}{٢} \times ٥ = \frac{١}{٢} \times ٥ = \frac{٥}{٢}$$



ملاحظة:

سوف نقتصر دراستنا في إيجاد المشتقة باستخدام التعريف على الاقترانات المتصلة فقط.



نشاط ٢:

إذا كان $ق(أ + ب) = ق(أ) \times ق(ب)$ ، $ق(س)$ متصلاً، $ق(س) \neq ٠$ ، $ق(٠) = ١$

لإثبات أن $ق(س) = ق(س)$

لاحظ أن $ق(٠) = ق(٠ + ٠) = ق(٠) \times ق(٠)$ ومنها $ق(٠) = ١$ (لماذا؟)

والآن أكمل: $ق(س) = \text{نها}_{ه \leftarrow س} \frac{ق(س + ه) - ق(س)}{ه} = \dots = ق(س)$

١ إذا كانت ص = ق(س) وتغيرت س من 1^- إلى 1^+ + هـ بحيث إن:

$$\Delta \text{ ص} = 2\text{هـ} - 2\text{هـ}^2, \text{ فجد قيمة ق}(1^-)$$

٢ جد $\frac{\text{د ص}}{\text{د س}}$ باستخدام تعريف المشتقة عند قيم س في كل حالة مما يأتي:

أ $\text{ص} = \text{س} + \text{س}^2, \text{ عند س} = 4$

ب $\text{ص} = \frac{1}{\text{س}}, \text{ عند س} = 3$

ج $\text{ص} = [\text{س}] \times \text{س}^2, \text{ عند س} = 0, \text{ وعند س} = \frac{1}{2}$

٣ إذا كان ق(س) = $\left. \begin{array}{l} \sqrt{2 + \text{س}^3}, \quad 1 - \text{س} \geq 1 \\ \frac{4}{\text{س}}, \quad 1 < \text{س} \leq 4 \end{array} \right\}$

جد ق(س) باستخدام تعريف المشتقة.

٤ صحيفة على شكل مستطيل، طولها يساوي ٣ أمثال عرضها، تتمدد بالتسخين بحيث تحتفظ بشكلها وبنفس النسبة بين أبعادها، احسب معدل التغير في مساحة الصحيفة بالنسبة لعرضها عندما يكون العرض ٦ سم.

٥ إذا كان ق(١) = ٢- ، ق(٣) = ٢- ، ق(٣) = ٤ جد قيمة النهايات الآتية:

أ $\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\text{نها} \text{ ق}(٣) - (\text{ه}٥ + ٣) - \text{ق}(٣)}{١٠ - \text{ه}}$

ب $\lim_{s \rightarrow 1} \frac{\text{نها} \text{ س}^٢ - ١}{\text{ق}(١) - \text{ق}(س)}$

ج $\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\text{نها} \text{ ق}(١) - (\text{ه}٩ + ١) - \text{ق}(١)}{١ - \text{ه} + ١ \sqrt{\text{ه}}}$

د $\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\text{نها} \text{ ق}(١) - (\text{ه}٣ + ١) - \text{ق}(١)}{١٠ - \text{ه}}$

ه $\lim_{s \rightarrow 3} \frac{\text{نها} \text{ س} \text{ ق}(٣) - (\text{س})^٣}{٣ - \text{س}}$



نشاط ١:

أنشأ السيد مراد مصنعاً للألبان في إحدى المدن الفلسطينية، ليزود السوق الفلسطيني بمنتجات الألبان، بعد النقص الحاصل من مقاطعة بضائع الاحتلال، والذي يعتبر شكلاً من أشكال المقاومة السلمية، فإذا كان بهذا المصنع خطان للإنتاج، بحيث ينتج الخط الأول عبوات من الألبان وفق الاقتران $ق(ن) = ٢ن + ١$.

أما الخط الثاني فينتج عبوات وفق الاقتران $هـ(ن) = ٢ن + ٢$ حيث $ن$ الزمن بالساعات.

- يكون معدل التغير في إنتاج الخط الأول من العبوات بعد $ن$ ساعة يساوي $ق(ن) = ٢ن + ١$
- أما معدل التغير في إنتاج الخط الثاني من العبوات فيساوي
- كمية إنتاج الخطين من العبوات بدلالة $ن$ يساوي
- معدل التغير في إنتاج المصنع بدلالة $ن$ يساوي ماذا تستنتج؟

تعرفنا في الدرس السابق إيجاد المشتقة باستخدام التعريف، وكان ذلك يتطلب جهداً كبيراً، وعمليات جبرية مطولة، وفي هذا الدرس سنتعرف عملية إيجاد المشتقة بطرق مختصرة.

قاعدة (١):



إذا كان $ق(س) = ج$ حيث $ج \in \mathbb{R}$ فإن $ق(س) = ٠$ لجميع قيم $س \in \mathbb{R}$.

مثال ١: جد $ق(س)$ لكل مما يأتي: ١ $ق(س) = ٥$ ٢ $ق(س) = \pi$

١ $ق(س) = ٠$

٢ $ق(س) = ٠$

الحل :



قاعدة (٢):

إذا كان $ق(س) = س$ فإن $ق(س) = ١$



قاعدة (٣):

إذا كان $ق(س)$ قابلاً للاشتقاق وكان $ج \in ح$ فإن $ك(س) = ج ق(س)$ قابل للاشتقاق وتكون $ك(س) = ج ق(س)$.

مثال ٢: إذا كان $ق(س) = ٥س$ ، جد $ق(س)$

الحل: $ق(س) = ٥ \times ١ = ٥$



قاعدة (٤):

إذا كان $ق(س)$ ، $هـ(س)$ اقترانين قابلين للاشتقاق، فإن $ك(س) = ق(س) \pm هـ(س)$ قابل للاشتقاق، وتكون $ك(س) = ق(س) \pm هـ(س)$.



ملاحظة:

تبقى القاعدة (٤) صحيحة لأكثر من اقترانين.

مثال ٣: إذا كان $ق(١) = ٥$ ، $ك(١) = ٣$ ، وكان $ل(س) = ٢س + ق(س) - ٣ك(س)$ ، جد $ل(١)$.

الحل: $ل(س) = ٢ + ق(س) - ٣ك(س)$

$ل(١) = ٢ + ق(١) - ٣ك(١)$

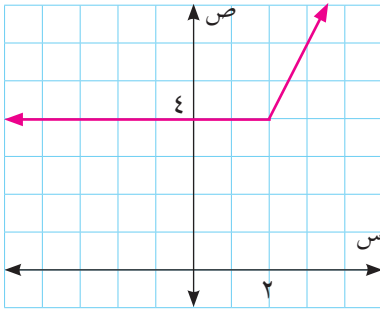
وبالتعويض ينتج أن: $ل(١) = ١٦$

مثال ٤ :

$$\left. \begin{array}{l} 2 \leq s, \quad 2^s \\ s > 2, \quad 4 \end{array} \right\} = (s) \text{ ق (س) إذا كان ق (س) = } \left. \begin{array}{l} 2 < s, \quad 2 \\ s > 2, \quad 0 \end{array} \right\} = \text{ق (س) ق (س)}$$

الحل :

ق (س) متصل على مجاله (تحقق من ذلك)، ومنها يكون



$$\left. \begin{array}{l} 2 < s, \quad 2 \\ s > 2, \quad 0 \end{array} \right\} = \text{ق (س) ق (س)}$$

أما عند $s = 2$ فنبحث بالمشتقة عن يمينها وعن يسارها
فتكون $2 = {}^+(2)$ ، $0 = {}^-(2)$ ، ومنها ق (٢) غير موجودة. (لماذا؟)

مثال ٥ :

إذا كان ق (س) = [س] ، $s \in [2, 0]$. جد ق (س)

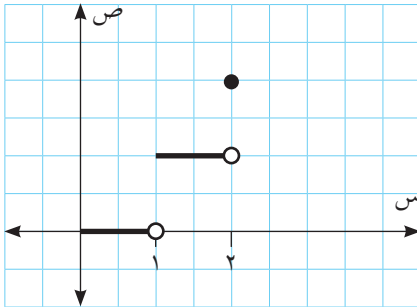
الحل :

نعيد كتابة ق (س) دون رمز أكبر عدد صحيح.

$$\left. \begin{array}{l} 0 \leq s < 1, \quad 0 \\ 1 \leq s < 2, \quad 1 \\ s = 2, \quad 2 \end{array} \right\} = \text{ق (س) ق (س)}$$

لاحظ أن ق (س) منفصلاً عند $s = 1$

$$\left. \begin{array}{l} 0 < s < 1, \quad 0 \\ 1 < s < 2, \quad 0 \end{array} \right\} = \text{ق (س) ق (س)}$$



ق (٠) غير موجودة ، ق (٢) غير موجودة (لماذا؟)

وق (١) غير موجودة (لماذا؟)

أتعلم :

عند إيجاد المشتقة باستخدام قواعد الاشتقاق، لا بد من بحث الاتصال أولاً.





قاعدة (٥):

إذا كان $ق(س)$ ، $هـ(س)$ اقترانين قابليين للاشتقاق فإن $ك(س) = ق(س) \times هـ(س)$
قابل للاشتقاق وتكون $ك'(س) = ق'(س) \times هـ(س) + ق(س) \times هـ'(س)$

مثال ٦ :

إذا كان $ق(س) = (٥س - ١)(٢ - س)$ جد $ق'(س)$ ، ثم $ق'(١)$.

الحل :

$$ق'(س) = (٥س - ١) \times (١ - ٢) + (١ - ٢) \times (٥) = (٢ - س)$$

$$\text{ومنها } ق'(١) = (٥ - ١) \times (١ - ٢) + (١ - ٢) \times (٥) = ١١ + ١٠ = ٢١$$

$$\text{وتكون } ق'(١) = (١ - ٢) \times (٥) + (١ - ٢) \times (٥) = ٢١$$

مثال ٧ :

إذا كان $ق(س) = س$ ك $(س)$ جد $ق'(٢)$ علماً بأن $ق(٢) = ٦$ ، $ك'(٢) = ٤$

الحل :

$$ق'(س) = س \times ك'(س) + ١ \times ك(س)$$

$$ق'(٢) = ٢ \times ك'(٢) + ١ \times ك(٢) = ٢ \times ٤ + ٦ = ١٤$$

$$\text{لكن } ق'(٢) = ٢ \times ك'(٢) + ١ \times ك(٢) = ٢ \times ٤ + ٦ = ١٤$$

$$ق'(٢) = ١٤ - ٨ = ٦$$

نظرية:



إذا كان $ق(س) = س^n$ ، فإن $ق'(س) = n \times س^{n-1}$ ، $n \neq ١$ ، $n \in \mathbb{N}$

مثال ٨ :

إذا كان $ق(س) = س^٣ - ٢س + ٥$ ، جد $ق'(س)$ ، ثم $ق'(٢)$.

الحل :

$$ق'(س) = ٣س^٢ - ٢ = ١٠ \text{ ومنها } ق'(٢) = ٣(٢)^٢ - ٢ = ١٠$$

أتعلم:

إذا كان $q(s)$ كثير حدود، فإن $q(s)$ قابل للاشتقاق.



نظرية:

إذا كان q قابلاً للاشتقاق عند $s = s_1$ فإنه يكون متصلًا عند هذه النقطة.



$$\left. \begin{array}{l} s^2 + b, \quad s \leq 1 \\ s^3 + s, \quad s > 1 \end{array} \right\} = q(s) \text{ إذا كان } q(s)$$

مثال ٩ :

أوجد قيمة a ، b علمًا بأن $q(s)$ قابل للاشتقاق على $\mathbb{R}$

نعلم أن $q(s)$ متصل عند $s = 1$ (لماذا؟)

الحل :

ومنها $q'(s) = q'(1) = a$ أي أن $a + b = 2$

$$\left. \begin{array}{l} s^2, \quad s \leq 1 \\ s^3 + s^2, \quad s > 1 \end{array} \right\} = q(s)$$

وكذلك $q'(1) = q'(1) = a$ ومنها $a = 2$

أي أن $a = 2$ ، $b = 0$

قاعدة (٦):

$$\text{إذا كان } f(s), g(s) \text{ اقترانين قابلين للاشتقاق فإن } q(s) = \frac{f(s)}{g(s)}, \quad g(s) \neq 0$$
$$\text{قابل للاشتقاق وتكون } q'(s) = \frac{g(s)f'(s) - f(s)g'(s)}{g^2(s)}$$





إذا كان ق(س) = س^ن، فإن ق(س) = ن س^{ن-١}، ن ∃ ص، س ≠ ٠

مثال ١٠: إذا كان ق(س) = $\frac{1}{س^3} + \frac{س^2}{1-س}$ ، جد ق(١-).

الحل: ق(س) = س^{٣-} + $\frac{س^2}{1-س}$

ق(س) = س^{٣-} × س^{-٤} + $\frac{1 \times س^2 - س \times (1-س)}{س^2(1-س)}$

ق(س) = س^{٣-} + $\frac{س^2 - س \times (1-س)}{س^2(1-س)}$ ومنها ق(١-) = $\frac{٩-}{٤}$ (تحقق من ذلك)

مثال ١١: إذا كان ق(س) = $\frac{س^2 - ٢}{س + ٣}$ ، س ≠ ٣-، جد قيمة/ قيم س التي تجعل ق(س) = $\frac{٣-}{٤}$

الحل: ق(س) = $\frac{1 \times (س^2 - ٢) - س \times (س + ٣)}{س^2(س + ٣)}$ بالتبسيط والاختصار، ينتج أن:

ق(س) = $\frac{س^2 + ٦س + ٢}{س^2(س + ٣)}$ ، لكن ق(س) = $\frac{٣-}{٤}$

$\frac{٣-}{٤} = \frac{س^2 + ٦س + ٢}{س^2(س + ٣)}$

وبالضرب التبادلي والاختصار، ينتج أن: س = ١-، س = ٥-

المشتقات العليا (Higher Derivatives)

إذا كان $v = c(s) = s^4 + s^3 - 2$ ، جد $c'(s)$.

هل يمكنك تكرار عملية الاشتقاق بالنسبة لـ s ؟ ولماذا؟

نسمي المشتقات التي تلي المشتقة الأولى بالمشتقات العليا.

وإذا كانت $v = c(s)$ حيث c قابل للاشتقاق، فإن المشتقة الأولى هي $v' = \frac{dv}{ds} = c'(s)$ تمثل اقتراناً

جديداً. وإذا كانت المشتقة الأولى قابلة للاشتقاق، فإن مشتقتها $\frac{d}{ds} \left(\frac{dv}{ds} \right)$ تسمى المشتقة الثانية، ويرمز

لها بالرمز v'' أو $c''(s)$ أو $\frac{d^2v}{ds^2}$ وتقرأ (دال اثنين ص دال س تربيع) وهكذا بالنسبة للمشتقات الثالثة

والرابعة... ونعبر عن المشتقة من الرتبة n بإحدى الصور الآتية:

$$v^{(n)} \text{ أو } \frac{d^n v}{ds^n} \text{ أو } c^{(n)}(s), \text{ حيث } n \geq 1, n < 2$$

فكر وناقش:



هل يوجد اختلاف بين كل من $\frac{d^2v}{ds^2}$ و $\frac{d}{ds} \left(\frac{dv}{ds} \right)$ ؟

مثال ١٢: إذا كان $c(s) = s^5 + s^4 - 12s^3 + 24s^2 + 20s - 2$ ، ثم جد $c^{(4)}(s)$.

الحل :

$$\begin{aligned} c'(s) &= 5s^4 + 4s^3 - 36s^2 + 40s + 20 \\ c''(s) &= 20s^3 + 12s^2 - 72s + 40 \\ c'''(s) &= 60s^2 + 24s - 72 \\ c^{(4)}(s) &= 120s + 24 \end{aligned}$$

نشاط ٤: إذا كان $c(s)$ كثير حدود، وكان $c'(s) = 2s^3 - 3s^2 + 2s - 1$ ، فإيجاد $c(s)$ نجد:

أولاً قاعدة $c(s)$ ، لاحظ أن $c(s)$ اقتران كثير حدود من الدرجة الثالثة (لماذا؟)

ومنه $c(s) = As^4 + Bs^3 + Cs^2 + Ds + E$ والآن أكمل:

$$c'(s) = 4As^3 + 3Bs^2 + 2Cs + D = 2s^3 - 3s^2 + 2s - 1$$

$$c(s) = As^4 + Bs^3 + Cs^2 + Ds + E = 2s^4 - 3s^3 + 2s^2 - s + E$$

$$c(s) = 2s^4 - 3s^3 + 2s^2 - s + E, \text{ ومنها } c(1) = 0 \Rightarrow E = 1$$

مثال ١٣: إذا كان $\frac{1}{s} = v$ ، $s \neq 0$ ، أثبت أن: $s^2 v + s v = v$

الحل: $v = \frac{1}{s}$ ، $v = \frac{1}{s^2}$ ، $v = \frac{2}{s^3}$

ومنها $s^2 v + s v = v$ $\frac{2}{s^3} \times s + \frac{1}{s^2} \times s = \frac{1}{s}$

وهو المطلوب $\frac{2}{s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{s} = v$

تمارين ١ - ٣

١ جد $q(s)$ في كل مما يأتي عند قيم s إزاء كل منها:

أ $q(s) = s^2 - s + 2$ ، حيث s ثابت ، عندما $s = 1$

ب $q(s) = (s^3 - 1)(s + 12)$ ، عندما $s = 3$

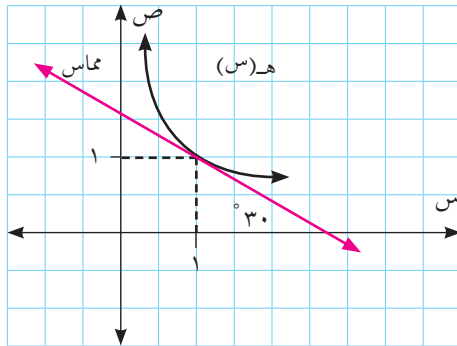
ج $q(s) = \frac{s^2}{s^2 - 5}$ ، عندما $s = 2$

٢ بالاعتماد على المعطيات في الجدول المجاور، جد ما يأتي:

ق(١)	ق(١)	ق(١)	ه(١)
٢	٣	١	٣

أ $q(s) = (s^2 + 1)$

ب $q(s) = \left(\frac{3}{s} - (s) \right)$



٣ إذا كان $q(s) = \frac{s}{s^2 + 1}$ وكان الشكل المجاور يمثل

منحنى الاقتران $h(s)$ ، فجد $q(s)$

٤ أ إذا كانت $\frac{س}{س+١} = ص$ ، $س \neq ١^-$ ، أثبت أن: $٢صص + سص = ٠$

ب إذا كانت $ص = أ س^٥ + \frac{٥}{س^٤}$ ، $س \neq ٠$ ، أثبت أن: $\frac{٢٠ص}{س^٢} = ص$

٥ إذا كان $ق(س) = (س-١)(س+١)(س+١)(س+١)(س+١)(س+١)$ ، جد $ق(١)$.

٦ إذا كان $ق(س) = س^٢$ ، $هـ(س) = [س^٢]$

أولاً: جد: أ $ق(٠)$ ب $هـ(٠)$

ج $ق(هـ(س))$ د $ق(هـ(٠))$

ثانياً: هل هذا يتناقض مع قاعدة مشتقة حاصل ضرب اقترانين؟ فسر إجابتك.

٧ إذا كان $ق(س) = س^٤ + أ س^٣ - ٣$ ، جد قيمة أ ، حيث $ق(٢)^{(٣)} = ١٨$

٨ إذا كان $ق(س) = س^٥$ ، $ن \in ص$ ، وكان $ق(٣)^{(٣)} = أ س$ ، جد قيمة أ

٩ إذا كان $ق(٢) = ٣$ ، $ق(٢) = ٥$ ، جد $\frac{ق(٢) - ق(٢)}{س - ١}$



نشاط ١:

أظهر التقرير الصحي السنوي لفلسطين للعام ٢٠١٤ أن أمراض القلب والأوعية الدموية المسبب الأول لوفيات الفلسطينيين، ونسبة بلغت ٢٩,٥٪ من مجموع الوفيات المبلغ عنها.

١ هل سبق أن سمعت بحاجة مريض لتخطيط قلب؟ وهل شاهدت تخطيط قلب؟

٢ سبق ودرست الاقترانات المثلثية، ما وجه الشبه بين تخطيط القلب ومنحنى بعض الاقترانات المثلثية؟

لقد تعرفت في الدروس السابقة اشتقاق الاقترانات كثيرة الحدود، والاقترانات النسبية، وستعرف في هذا الدرس على قواعد خاصة لإيجاد مشتقة الاقترانات المثلثية.

قاعدة (١):

إذا كان $q(s) = \cos s$ ، س بالتقدير الدائري فإن $q'(s) = -\sin s$



مثال ١: إذا كان $q(s) = \cos s$ ، جد $q'(\frac{\pi}{2})$

الحل: $q(s) = \cos s$

$q'(s) = -\sin s$

$$q'(\frac{\pi}{2}) = -\sin(\frac{\pi}{2}) = -1$$

قاعدة (٢):

إذا كان $q(s) = \sin s$ ، س بالتقدير الدائري، فإن $q'(s) = \cos s$



مثال ٢ : إذا كان ق(س) = $\frac{س^2}{جتاس}$ ، جد ق(جاس)

الحل : $ق(س) = \frac{جتاس \times س^2 - س^2 \times جاس}{جتاس^2}$

$$= \frac{س^2 جتاس + س^2 جاس}{جتاس^2}$$

قاعدة (٣):

- إذا كان ق(س) = ظاس ، فإن ق(س) = قاس.
- إذا كان ق(س) = ظتاس ، فإن ق(س) = -قتاس.
- إذا كان ق(س) = قاس ، فإن ق(س) = قاس ظاس .
- إذا كان ق(س) = قتاس ، فإن ق(س) = -قتاس ظتاس.



فكر وناقش:

تحقق من صحة القواعد السابقة بالتعويض بدلالة جاس، جتاس، ثم باستخدام قواعد الاشتقاق.



مثال ٣ : إذا كان ق(س) = قاس + ظاس ، جد ق(س) ، ق($\frac{\pi}{4}$)

الحل : ق(س) = قاس ظاس + قاس = قاس(ظاس + قاس)

$$ق\left(\frac{\pi}{4}\right) = \left(\frac{\pi}{4}\right) قاس = \left(\frac{\pi}{4}\right) \left(\frac{\pi}{4} قاس + \frac{\pi}{4} ظاس\right) = 2 + \sqrt{2} \quad (\text{لماذا؟})$$

مثال ٤ : إذا كانت ص = قتاس ظتاس ، أثبت أن: $\frac{دص}{دس} = قتاس - 2 قتاس^3$

الحل : $\frac{دص}{دس} = -قتاس ظتاس + قتاس \times -قتاس^2 = -قتاس ظتاس^2 - قتاس^3$

$$= -قتاس (1 + قتاس^2) - قتاس^3$$

$$= -قتاس - قتاس^3 - قتاس^3 = -قتاس - 2 قتاس^3$$

إذا كان Δ ص $\Delta = \Delta$ س ظاس - Δ^2 (س) Δ^3 ، حيث Δ س $\neq 0$ ، لإيجاد $\frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}}$ فإن:

$$\frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}} = \dots\dots\dots (\text{بقسمة طرفي المعادلة على س})$$

..... = $\frac{\pi}{\xi} = \text{س} \left| \frac{\text{دص}}{\text{دس}} \right|$ ومنها

١ جد $\frac{\text{دص}}{\text{دس}}$ لكل مما يأتي:

ب. $\frac{1 - \text{قاس}}{1 + \text{قاس}} = \text{ص}$

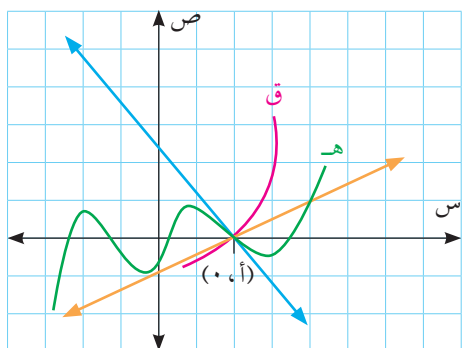
د ص = س^۲ قاس

٣ إذا كانت $\frac{\text{جاس}}{\text{س}} = \text{ص}$ ، $\text{س} \neq ٠$ ، أثبت أن: $\frac{٢}{\text{س}} + \text{ص} + \text{ص} = ٠$

جد مجموعة قيم s التي تجعل $Q(s) = 0$.

جد نہا $\frac{\text{قا}(\text{س}^2 + \text{ه}) - \text{قاس}^2}{\text{ه}}$

أولاً: قاعدة لوبيتال



نشاط ١:

قال أحمد لمعلم الرياضيات: اتفقت أنا وزملائي بأن نسمي النقطة (أ، ٠) بالنقطة الذهبية قال له المعلم: لماذا يا أحمد، أجاب أحمد: لأنه إذا كان ق(س)، هـ(س) اقترانين كثيري حدود يمران بالنقطة (أ، ٠) فإن:

١ نها ق(س) ± هـ(س) = ٠
س ← أ

٢ نها ق(س) × هـ(س) = ٠
س ← أ

أما نها ق(س) / هـ(س) بالتعويض المباشر ق(أ) / هـ(أ) = ٠ / ٠

تعلمت في الصف الحادي عشر كيفية إيجاد النهايات التي تكون على الصورة غير المعينة (٠/٠) ولاحظت أن كثيراً منها يحتاج إلى خطوات عديدة وأحياناً معقدة، وهنا سوف نتعلم طريقة جديدة لحساب قيمة بعض هذه النهايات.

قاعدة لوبيتال:



إذا كان ق(س)، هـ(س) قابلين للاشتقاق عند النقطة س = أ، ل ∃ ح، وكانت

$$\frac{0}{0} = \frac{ق(أ)}{هـ(أ)} \quad ، \quad \frac{ق(س)}{هـ(س)} \xrightarrow{س \rightarrow أ} ل \quad \text{فإن} \quad \frac{ق(س)}{هـ(س)} \xrightarrow{س \rightarrow أ} ل$$

البرهان: (للمعرفة فقط) بما أن ق(أ) = ٠، هـ(أ) = ٠

$$\frac{ق(س)}{هـ(س)} - \frac{ق(أ)}{هـ(أ)} = \frac{ق(س) - ق(أ)}{هـ(س) - هـ(أ)}$$

$$= \frac{ق(س) - ق(أ)}{هـ(س) - هـ(أ)} \times \frac{هـ(س) - هـ(أ)}{هـ(س) - هـ(أ)}$$

$$\frac{\text{نہا}}{\text{س} \leftarrow \text{أ}} \times \frac{\text{ق}(\text{س}) - \text{ق}(\text{أ})}{(\text{س} - \text{أ})} = \frac{\text{نہا}}{\text{س} \leftarrow \text{أ}} \times \frac{\text{ق}(\text{س}) - \text{ق}(\text{أ})}{(\text{س} - \text{أ})}$$

$$= \frac{\text{ق}(\text{أ})}{\text{هـ}(\text{أ})} \dots\dots (\text{لماذا؟})$$

ملاحظة:

سوف لا نتعرض لحالات لوبيتال الأخرى.



مثال ١ :

جد $\frac{\text{نہا}}{\text{س} \leftarrow \text{س}}$ باستخدام قاعدة لوبيتال.

الحل :

من خلال التعويض المباشر تكون $\frac{\text{جا}}{\text{س}} = \frac{\text{جا}}{\text{س}}$ ، ومنها يمكن تطبيق قاعدة لوبيتال

$$\text{فتكون } \frac{\text{نہا}}{\text{س} \leftarrow \text{س}} = \frac{\text{نہا}}{\text{س}} = \frac{\text{جتاس}}{\text{س}} = \text{جتا} = ١$$

نشاط ٢ :

استخدمت سعاد المشتقة الأولى في إيجاد قيمة $\frac{\text{نہا}}{\text{س} \leftarrow \text{س}}$ - جتاس فكتبت:

$$\frac{\text{نہا}}{\text{س} \leftarrow \text{س}} = \frac{\text{نہا}}{\text{س} \leftarrow \text{س}} = \frac{\text{جتا} - \text{جتاس}}{\text{س} - \text{س}} = \frac{\text{جتا} - \text{جتاس}}{\text{س} - \text{س}}$$

$$\text{وهي على الصورة } - \frac{\text{نہا}}{\text{س} \leftarrow \text{س}} = \frac{\text{ق}(\text{س}) - \text{ق}(\text{أ})}{\text{س} - \text{س}} = \frac{\text{ق}(\text{أ})}{\text{س} - \text{س}} = \text{جا} = ١ \dots\dots (\text{لماذا؟})$$

وعند استخدام قاعدة لوبيتال في إيجاد قيمة النهاية

$$\text{فإن } \frac{\text{نہا}}{\text{س} \leftarrow \text{س}} = \frac{\text{جتاس}}{\text{س}} = \frac{\text{جتاس}}{\text{س}} = \dots\dots\dots$$

مثال ٢ :

جد $\frac{\text{نہا}}{\text{س} \leftarrow \text{س}}$ باستخدام قاعدة لوبيتال.

الحل :

$$\text{من خلال التعويض المباشر تكون } \frac{\text{نہا}}{\text{س} \leftarrow \text{س}} = \frac{\text{جتاس}}{\text{س} - \text{س}} = \frac{\text{جتاس}}{\text{س} - \text{س}}$$

$$\text{ومنها } \frac{\text{نہا}}{\text{س} \leftarrow \text{س}} = \frac{\text{جتاس}}{\text{س} - \text{س}} = \frac{\text{جتاس}}{\text{س} - \text{س}} = \text{جتاس} = ٤$$



عند استخدام قاعدة لوبيتال، إذا كانت $\frac{ق(أ)}{هـ(أ)} = \frac{ن}{س}$ فإننا نستمر بتطبيق القاعدة حتى نحصل على عدد حقيقي.

مثال ٣: جد نها $\frac{١ - جتاس}{س٢}$ باستخدام قاعدة لوبيتال.

الحل: من خلال التعويض المباشر تكون $\frac{١ - جتا٠}{س٢٠} = \frac{١}{٠}$

نها $\frac{١ - جتاس}{س٢} = \frac{نها جاس}{س٢} = \frac{نها جاس}{س٢}$ لكن $\frac{نها جاس}{س٢} = \frac{نها جاس}{س٢}$

نطبق قاعدة لوبيتال مرة أخرى

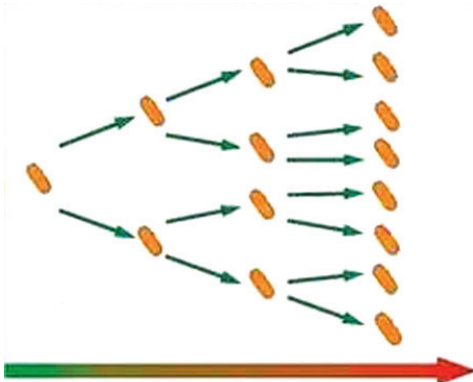
فتكون نها $\frac{نها جاس}{س٢} = \frac{نها جاس}{س٢} = \frac{نها جاس}{س٢}$



ثانياً: مشتقة الاقتران الأسّي واللوغاريتمي

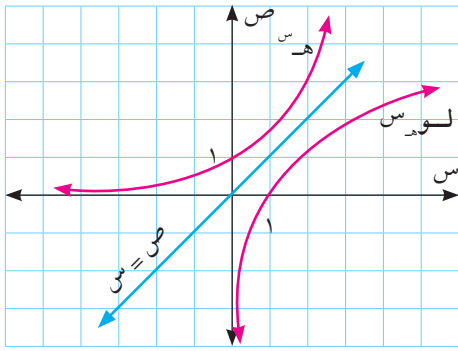
نشاط ٣:

تعتبر البكتيريا من الكائنات المجهرية الدقيقة بدائية النواة، وواسعة الانتشار، تتعامل معها يومياً دون أن نراها وتعتبر من أوائل الكائنات الحية التي وجدت على الأرض. هناك بعض أنواع البكتيريا تنشط الخلية الواحدة فيها كل ٢٠ دقيقة إلى خليتين.



توصل العلماء إلى أن عدد البكتيريا في الساعة ن يساوي ٢^{٣٠}.

بعد كم دقيقة سيكون عدد خلايا البكتيريا ١٨٢٤ ١٠٧٣٧٤ خلية؟



تعلمت سابقاً الاقتران الأسّي الذي يكتب على الصورة
 $ق(س) = أ^س$ ، $أ \neq 1$ ، $أ > 0$ والاقتران اللوغاريتمي
على الصورة $ل(س) = لو_أ س$ ، $س > 0$ ، $أ \neq 1$ ، $أ > 0$
وسوف نقتصر دراستنا على الاقتران الأسّي الطبيعي
 $ق(س) = ه^س$ ، والاقتران اللوغاريتمي الطبيعي ،
 $ق(س) = لو_ه س$ ، حيث ه تسمى العدد النيبيري.

تعريف:



العدد النيبيري هو العدد الحقيقي، غير النسبي، الذي قيمته التقريبية $ه \cong 2,7182818$

ويحقق العلاقة الآتية: $ه = \frac{1 - س}{س}$

ونورد بعض خصائص الاقترانين:



الاقتران اللوغاريتمي الطبيعي / مجاله ح⁺

- ١ $لو_ه س ص = لو_ه س + لو_ه ص$
- ٢ $لو_ه ص = \frac{س}{لو_ه س} - لو_ه ص$
- ٣ $لو_ه س = ن لو_ه س$ ، $س > 0$
- ٤ $لو_ه ه = س$



الاقتران الأسّي الطبيعي / مجاله ح

- ١ $ه^س \times ه^ص = ه^{س+ص}$
- ٢ $\frac{ه^س}{ه^ص} = ه^{س-ص}$
- ٣ $(ه^س)^ص = ه^{س \times ص}$
- ٤ $ه^1 = ه$
- ٥ $ه^لو_ه س = س$ ، $س > 0$

قاعدة (١):



إذا كان $ص = ه^س$ ، فإن $لو_ه ص = س$ ، $ص > 0$

مثال ٤ : إذا كان $ق(س) = هس^+$ ، وتغيرت $س$ من ١^- إلى ١ ، فما قيمة متوسط التغير للاقتزان $ق(س)$ ؟

الحل : متوسط التغير = $\frac{ق(س_٢) - ق(س_١)}{س_٢ - س_١}$

$$= \frac{ق(١) - ق(١^-)}{١ - ١^-}$$

$$= \frac{ه١ - ه١^-}{١ - ١^-} = \frac{١ - ١^-}{١ - ١^-}$$

قاعدة (٢):



إذا كان $ق(س) = هس$ فإن $ق(س) = هس$

البرهان (للمعرفة فقط): $ق(س) = هس = \frac{ق(س + و) - ق(س)}{و} = \frac{هس + و - هس}{و} = \frac{و}{و} = ١$

$$= \frac{هس \times ه١ - ه١}{و} = \frac{هس(ه١ - ١)}{و} = هس \times \frac{١ - ١^-}{١ - ١^-} = هس \times ١ = هس$$

$$= هس \times ١ = هس$$

مثال ٥ : إذا كان $ق(س) = س^٣ + هس$ ، فجد $ق(س)$.

الحل : $ق(س) = س^٣ + هس - س^٣ = هس$

قاعدة (٣):



إذا كان $ق(س) = لو س$ ، $س < ٠$ ، فإن $ق(س) = \frac{١}{س}$

مثال ٦ : إذا كان ص = لو س^{١٠} ، فجد $\frac{\text{د ص}}{\text{د س}}$ عندما س = ٥

الحل : ص = لو س^{١٠} = ١٠ لو س

ومنها يكون $\frac{\text{د ص}}{\text{د س}} = \frac{1}{\text{س}} \times 10 = \frac{10}{\text{س}}$

$$2 = \frac{10}{5} = \left. \frac{\text{د ص}}{\text{د س}} \right|_{\text{س}=5}$$

مثال ٧ : بين باستخدام قاعدة لوبيتال ما يأتي:

$$1 \quad \text{نها} \frac{\text{هـ س} - 1}{\text{س}} = 1 \quad 2 \quad \text{نها} \frac{\text{لو س}}{\text{س}^2 - 1} = \frac{1}{2}$$

الحل : ١ بالتعويض المباشر $\frac{\text{هـ س} - 1}{\text{س}} = \frac{1}{\text{س}}$ لذلك نستخدم قاعدة لوبيتال

$$\text{ومنها} \quad \text{نها} \frac{\text{هـ س} - 1}{\text{س}} = \frac{\text{نها} \text{هـ س}}{1} = \text{هـ س} = 1$$

٢ بالتعويض المباشر تكون $\frac{\text{لو س}}{\text{س}^2 - 1} = \frac{1}{\text{س}}$ لذلك نستخدم قاعدة لوبيتال

$$\text{ومنها} \quad \text{نها} \frac{\text{لو س}}{\text{س}^2 - 1} = \frac{\text{نها} \text{لو س}}{2\text{س}} = \frac{1}{2}$$

مثال ٨ : جد مشتقة كل من الاقترانات الآتية:

$$1 \quad \text{ق(س)} = \text{س هـ س}$$

$$2 \quad \text{ع(س)} = \text{هـ س لو س حيث س} < 0$$

الحل : ١ ق(س) = س هـ س + هـ س

$$2 \quad \text{ع(س)} = \text{هـ س} \times \frac{1}{\text{س}} + \text{هـ س لو س} = \text{هـ س} \left(\frac{1}{\text{س}} + \text{لو س} \right)$$

١ احسب النهايات الآتية باستخدام قاعدة لوبيتال:

أ $\lim_{s \rightarrow 1} \frac{h-s-1}{l-s}$ ب $\lim_{s \rightarrow 0} \frac{h}{\phi s}$ ج $\lim_{s \rightarrow 0} \frac{h-s}{s^3}$

٢ جد $\frac{dV}{ds}$ في كل مما يأتي:

أ $V = h-s$ جتاس ب $V = \sqrt{l-s}$ ، $s < 0$

ج $V = \sqrt[3]{\frac{s}{s^2}}$ ، $s < 0$ د $V = (h-s)(2-s)$ ، $s < 2$

٣ إذا كان $V = A s^{(1-s)}$ ، وكان متوسط تغير الاقتران V عندما تتغير s من صفر إلى ٢ يساوي $\frac{2}{h}$ ، فما قيمة الثابت A ؟

٤ إذا كانت $V = s^2 + h-s + 1$ ، فجد قيمة / قيم s التي تجعل $V = 0$

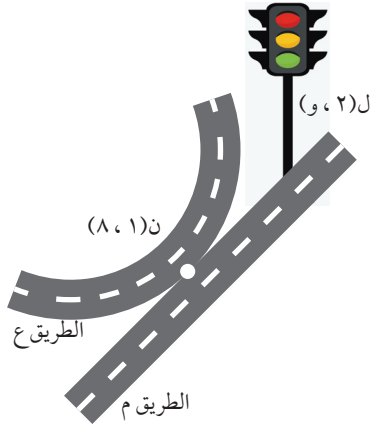
٥ أثبت باستخدام قاعدة لوبيتال أن: $\lim_{s \rightarrow 1} \frac{s^n - A^n}{s^m - A^m} = \frac{n}{m} \frac{A^{n-1}}{A^{m-1}}$ ، $A \neq 0$

٦ جد $\lim_{s \rightarrow 1} \frac{s^q(1-q) - (1-q)s}{1-s}$ باستخدام قاعدة لوبيتال، علماً بأن $q(1) = 3$ ، $q(1) = 6$

تطبيقات هندسية:

أولاً:

نشاط ١:

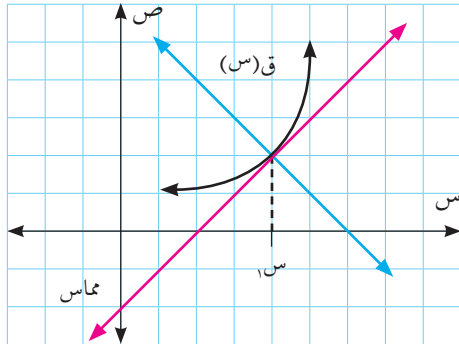


يمثل الشكل المجاور طريقين م ، ع أحدهما مستقيم والآخر منحنى، يلتقيان عند الموقع ن، والذي تمثله النقطة (٨ ، ١) في مستوى إحداثي متعامد، فإذا كانت معادلة الطريق ع هي:

$$ص = ٤س + ٢$$

١ جد معادلة الطريق م علماً بأن الطريقين متماسان عند النقطة ن.

٢ إذا كانت النقطة ل (٢ ، ٧) تمثل موقع إشارة ضوئية في مستوى الطريقين، فما قيمة (و) بحيث تقع الإشارة الضوئية على الطريق م؟



نلاحظ في الشكل المجاور أن معدل التغير للاقتران ق(س) (ميل المنحنى) عند س١ هو ميل المماس المرسوم للمنحنى وتساوي ق(س١) ونسمي النقطة (س١ ، ق(س١)) نقطة التماس.

تعريف:

إذا كان ق(س) اقتراناً قابلاً للاشتقاق عند النقطة أ (س١ ، ق(س١))، فإن ميل المنحنى عند النقطة أ هو ميل المماس المرسوم لمنحنى ق(س)، ويساوي ق(س١). ويعرف العمودي على منحنى الاقتران، بأنه العمودي على المماس للمنحنى عند نقطة التماس.



مثال ١ : جد ميل منحنى الاقتران $ق(س) = س^٣ + ٥س$ عند $س = ١$ ، ثم جد معادلتى المماس والعمودي على المماس عند تلك النقطة.

الحل :
ميل المنحنى عند $س = ١$ يساوي $ق'(١)$
 $ق'(س) = ٣س^٢ + ٥$ ومنها $ق'(١) = ٨ =$ ميل المماس
لكن نقطة التماس هي $(١, ق(١)) = (١, ٦)$
معادلة المماس هي: $ص - ص_١ = م(س - س_١)$
أي: $ص - ٦ = ٨(س - ١)$ ومنها $ص = ٨س - ٢$
ميل العمودي على المماس $= \frac{١-}{٨} = \frac{١-}{\text{ميل المماس}}$
ومنها تكون معادلة العمودي على المماس هي:
 $٨ص + س - ٤٩ = ٠$ (تحقق من ذلك)

مثال ٢ : إذا كان المماس لمنحنى $ق(س) = \frac{٤}{س}$ ، $س < ٠$ ، يصنع زاوية قياسها ١٣٥° مع الاتجاه الموجب لمحور السينات، أثبت أن العمودي على المماس يمر بالنقطة $(٠, ٠)$.

الحل :
نفرض نقطة التماس $أ(س_١, ص_١)$
ميل المماس = $ظا ١٣٥ = ١- = ق'(س)$ ، $ق'(س) = \frac{٤-}{س^٢}$
لكن ميل المنحنى عند $س_١ = \frac{٤-}{س_١^٢}$
ومنها $\frac{٤-}{س_١^٢} = ١-$
إذن $س_١ = ٢$ لأن $س_١ < ٠$
نقطة التماس هي $(٢, ٢)$ ، ومنها ميل العمودي $= \frac{١-}{٢-} = ١$
معادلة العمودي هي $ص - ٢ = ١(س - ٢)$ ومنها $ص = س$
النقطة $(٠, ٠)$ تقع على العمودي على المماس.
أي أن العمودي على المماس يمر بالنقطة $(٠, ٠)$

مثال ٣ : جد معادلة المماس لمنحنى الاقتران $ق(س) = \frac{س^2}{س-١}$ عند النقطة التي إحداثيها السيني $١ =$

الحل : $ق(س) = \frac{س^2 - س}{س-١} = س$ ومنها يكون ميل المماس $ق'(١) = \frac{١}{س-١}$ (لماذا ؟)

عندما $س = ١$ ، فإن $ص = ١$ فتكون معادلة المماس هي:

$$ص - ١ = \frac{١}{س-١} (س - ١) ، ومنها ص = س$$

مثال ٤ : إذا كان المستقيم $ص = ٣س - ٩$ يمس منحنى $ق(س) = ٢س^2 + ٥س + ١$ جد نقطة / نقط التماس.

الحل : نفرض أن نقطة التماس $(س_١ ، ص_١)$ ، $ق'(س) = ٤س + ٥$

وبما أن ميل المماس = ميل المنحنى

$$٢ = ٣ - ٤س_١ + ٥ \text{ ومنها } س_١ = ٢$$

نقطة التماس $(٢ ، ق(٢)) = (٢ ، ٣)$ (تحقق من ذلك)

مثال ٥ : إذا كان المستقيم $ص = ج - ٥$ يمس منحنى الاقتران $ق(س) = ٣س^2 + ٣س + ٢$

عند النقطة $(١- ، ٣-)$ جد قيم $أ$ ، $ب$ ، $ج$

الحل : النقطة $(١- ، ٣-)$ تحقق معادلة المستقيم، ومنها $٣- = ج - ٥$

$$٨- = ج - ٥ \text{ أي أن } ج = ٨ \text{ ومنها } ٨ = ٣س + ٣ + ٢$$

لكن النقطة $(١- ، ٣-)$ تحقق معادلة المنحنى

$$٣- = ٣(١-)^2 + ٣(١-) + ٢ \text{ أي أن } ٣- = ٣ + ٣ - ٦ + ٢ \text{ ... (١)}$$

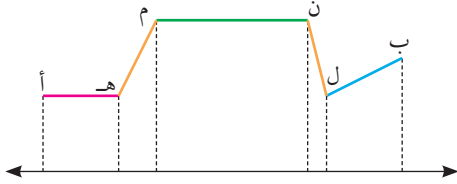
كما أن ميل المماس = ميل المنحنى عند النقطة $(١- ، ٣-)$

$$\text{ومنها } ٣ = ٢س + ٣ \text{ أي } ٨ = ٣س + ٣ - ٦ + ٢ \text{ ... (٢)}$$

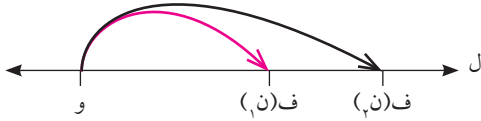
وبحل المعادلتين ينتج أن: $أ = ٢$ ، $ب = ١-$

نشاط ٢:

الشكل المجاور يمثل المسار (الملون) بين مدينتين أ، ب، انتقلت سيارة من المدينة أ باتجاه المدينة ب، ثم عادت إلى المدينة أ. هل الزمن الذي تستغرقه السيارة في الإياب يتساوى مع الزمن الذي استغرقته في الذهاب؟



لتكن (و) نقطة على المستقيم ل وتحرك جسم عليه بحيث كانت ف تمثل بعد الجسم عن النقطة (و) بعد ن ثانية فإن:



السرعة المتوسطة في الفترة $[ن_١, ن_٢]$

$$\text{تساوي} \frac{\Delta f}{\Delta n} = \frac{f(n_2) - f(n_1)}{n_2 - n_1}$$

تعريف:



السرعة اللحظية (ع) عند الزمن ن هي $f'(n) = \frac{df}{dn}$

التسارع اللحظي (ت) عند الزمن ن هو $\frac{d^2f}{dn^2} = \frac{d^2f}{dn^2}$

مثال ٦:

تحرك جسم على خط مستقيم، بحيث إن بعده عن نقطة ثابتة (و) يتحدد بالعلاقة $f = ٣ن^٣ - ٩ن^٢ + ٧$ حيث ف بعده بالأمتار، ن الزمن بالثواني، جد:

- ١ السرعة المتوسطة للجسم في الفترة $[١, ٣]$
- ٢ تسارع الجسم عندما يعكس الجسم من اتجاه حركته.

الحل :

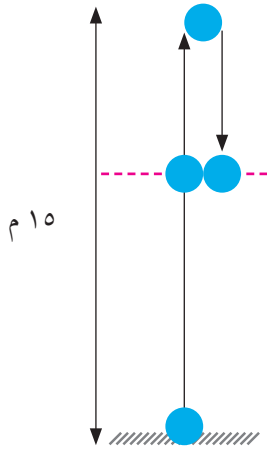
$$١ \text{ السرعة المتوسطة} = \frac{\Delta f}{\Delta n} = \frac{f(٣) - f(١)}{٣ - ١} = \frac{١ - ٤٧}{٣ - ١} = -٢٣ \text{ م / ث.}$$

٢ ف(ن) = ع(ن) = ٣ن - ١٨

يعكس الجسم اتجاه حركته في اللحظة التي تتغير فيها إشارة ع
أي عندما ع(ن) = ٠ ومنها ٣ن - ١٨ = ٠ $\Leftrightarrow$ ٣ن = (١٨ - ٠) ، ن = ٠ ، ن = ٦ ثوانٍ
يعكس الجسم اتجاه حركته بعد ٦ ثوانٍ
ت(ن) = ١٨ - ٦ن $\Leftrightarrow$ ت(٦) = ١٨ - ٦ × ٦ = ١٨ م / ث^٢



مثال ٧ :



قذف جسم رأسياً إلى أعلى من نقطة على سطح الأرض، بحيث
يتحدد بعده عن سطح الأرض بالعلاقة ف(ن) = ٢٠ن - ٥ن^٢ ،
حيث ف: ارتفاع الجسم بالأمتار، ن: الزمن بالثواني، جد:

- ١ أقصى ارتفاع يصله الجسم.
- ٢ سرعة الجسم وهو على ارتفاع ١٥ م من سطح الأرض.
- ٣ المسافة التي قطعها الجسم خلال الثواني الأربعة الأولى.

الحل :

ف(ن) = ٢٠ن - ٥ن^٢

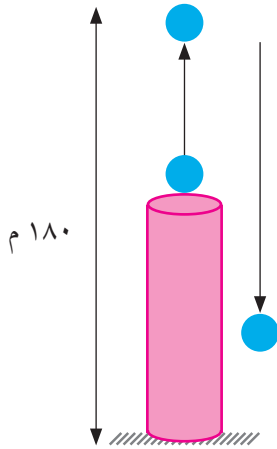
- ١ عندما يصل الجسم أقصى ارتفاع فإن ع(ن) = ٠
ع(ن) = ٢٠ - ٥ن^٢ أي أن ن = ٢ ثانية
∴ أقصى ارتفاع = ف(٢) = ٢٠ × ٢ - ٥ × ٤ = ٢٠ م
٢ عندما يكون الجسم على ارتفاع ١٥ م فإن ف(ن) = ١٥
 $\Leftrightarrow$ ٢٠ن - ٥ن^٢ = ١٥ $\Leftrightarrow$ ٢٠ن - ٥ن^٢ - ١٥ = ٠
 $\Leftrightarrow$ (١ - ن)(٣ - ن) = ٠ ومنها ن = ١ ، ن = ٣
يكون الجسم على ارتفاع ١٥ م عندما:

- ن = ١ أي أن ع(١) = ٢٠ - ٥ × ١ = ١٥ م / ث، الجسم صاعد.
- ن = ٣، أي أن ع(٣) = ٢٠ - ٥ × ٣ = ١٥ م / ث، (ماذا تعني السرعة السالبة؟)
- ٣ عندما ن = ٤ ثانية يكون الجسم على ارتفاع : ف(٤) = ٢٠ × ٤ - ٥ × ١٦ = ٠ م،
أي يكون الجسم قد وصل سطح الأرض،
وتكون المسافة المقطوعة = ٢ × أقصى ارتفاع - ف(٤) = ٤٠ م



مثال ٨ :

قذف جسم رأسياً إلى أعلى من قمة برج بحيث إن ارتفاعه عن البرج بالأمتار بعد n ثانية يعطى بالعلاقة
 $f(n) = 30n - 5n^2$ ، جد:



- ١ ارتفاع البرج علماً بأن أقصى ارتفاع للجسم عن سطح الأرض $= 180$ م
- ٢ سرعة ارتطام الجسم بسطح الأرض.
- ٣ المسافة الكلية المقطوعة خلال الثواني السبعة الأولى.

الحل :

- ١ عند أقصى ارتفاع عن قمة البرج تكون $v = 0$
 $v = 30 - 10n = 0$ ومنها $n = 3$
 أقصى ارتفاع عن قمة البرج $= f(3) = 45$ م
 لكن أقصى ارتفاع عن سطح الأرض $= 180$ م ، ارتفاع البرج $= 180 - 45 = 135$ م
- ٢ يرتطم الجسم بالأرض عندما تكون $f(n) = -135$ م (فسّر).
- ٣ عند $n = 7$ الإزاحة $= -35$ أي أن المسافة المقطوعة $= 125$ م (لماذا؟)

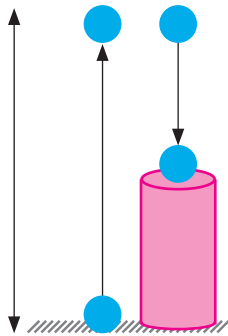
١ جد النقطة/النقط على منحنى ق(س) = س^٢ - ٢س + ١ التي يكون عندها المماس للمنحنى عمودياً على المستقيم س + ٢ص + ٤ = صفر

٢ جد معادلة المماس لمنحنى ق(س) = ٣ - ظا^٢س عندما س = $\frac{\pi}{4}$

٣ إذا كان المماس لمنحنى ق(س) = لو^٢ - $\frac{س}{٢}$ عندما س = ٢ يقطع محوري السينات والصادات في النقطتين ب، جـ على الترتيب، جد مساحة المثلث م ب جـ، حيث م نقطة الأصل.

٤ إذا كان المستقيم س = أ - ٦ص يمس منحنى الاقتران ق(س) = $\frac{س^٣}{٢ - س}$ ، س ≠ ٢، جد قيم أ.

٥ قذف جسم رأسياً إلى أعلى وفق العلاقة ف = ٤٠ن - ٥ن^٢، حيث ف ارتفاعه بالأمتار، ن بالثواني. جد سرعة الجسم عندما تكون المسافة الكلية المقطوعة ١٠٠ م.



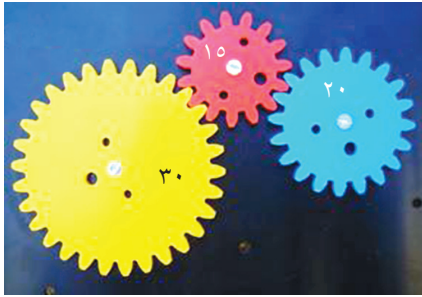
٦ من نقطة على سطح الأرض قذف جسم رأسياً إلى أعلى، وكان ارتفاعه

ف بالأمتار بعد ن من الثواني يعطى بالعلاقة ف = ٣٠ن - ٥ن^٢،

فسقط على سطح بناية ترتفع ٤٠ م جد:

أ أقصى ارتفاع يصله الجسم.

ب سرعة الجسم عندما يكون على مستوى سطح العماره.



نشاط ١: تعتبر التروس (المسنتات) من الأجزاء الميكانيكية المهمة التي تسهم في نقل الحركة وهي عبارة عن عجلات دائرية لها بروزات تتشابك مع أسنان الترس الآخر، وهكذا لتشكل سلسلة من التروس بأحجام مختلفة، تسهم في تسهيل الحركة المطلوبة ونقلها. بالاعتماد على الشكل المجاور.

١ حدد اتجاه الحركة للترسين: الأحمر والأصفر علماً بأن حركة الأزرق باتجاه عقارب الساعة.

٢ إذا فرضنا أن الترس الأزرق يدور س مرة، فإن الأحمر (ح) يدور $\frac{4}{3}$ س مرة

(ح = $\frac{4}{3}$ س)، أما الأصفر (ص) فيدور $\frac{1}{3}$ ح مرة (ص = $\frac{2}{3}$ س).

(لاحظ عدد المسنتات في كل ترس). هل يمكن إيجاد $\frac{دص}{دس}$ ؟

تواجهنا بعض الاقتترانات مثل ق(س) = (س^٢ + ١)^٣، والمطلوب إيجاد ق(س)، وهنا نلجأ إلى فك المقدار أولاً ثم اشتقاق الناتج، أو استخدام مشتقة حاصل الضرب، ولكن هذه الطريقة تزداد صعوبة وتعقيداً كلما كان الأس كبيراً، وهذا يدعو إلى البحث عن طريقة أسهل لإيجاد مشتقة هذه الاقتترانات. فمثلاً، إذا كان ص = ق(س) = (س^٢ + ١)^٣، وفرضنا أن ع = هـ(س) = س^٢ + ١ فيكون ص = ق(ع) = ع^٣

أذكر:

(ق ° هـ) (س) = ق(هـ(س)) هو الاقتران المركب من ق ، هـ

قاعدة السلسلة:



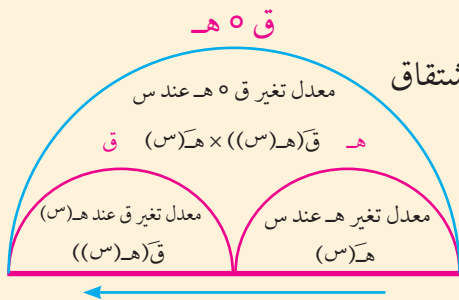
إذا كانت ص = ق(ع)، ع = هـ(س)

وكان هـ(س) قابلاً للاشتقاق و ق(س) قابلاً للاشتقاق

عند هـ(س)، مدى هـ $\geq$ مجال ق

$$\frac{دص}{دس} \times \frac{دع}{دع} = \frac{دص}{دس}$$

أي أن (ق ° هـ) (س) = ق(هـ(س)) × هـ'(س)



مثال ١ :

إذا كان ق(س) = س^٣ + س ، هـ(س) = س^٢ ، جد :

١ (ق هـ) (س) ٢ (هـ هـ) (٢)

الحل :

$$\begin{aligned} \text{ق(س)} &= \text{س}^٣ + \text{س}^٢ ، \text{هـ(س)} = \text{س}^٢ \\ \text{١ (ق هـ) (س)} &= \text{ق(هـ(س))} \times \text{هـ(س)} \\ &= \text{ق(س}^٢) \times \text{س}^٢ = (\text{س}^٣ + \text{س}^٢) \times \text{س}^٢ = \text{س}^٥ + \text{س}^٤ \\ \text{٢ (هـ هـ) (٢)} &= \text{هـ(هـ(٢))} \times \text{هـ(٢)} \\ &= (\text{٢}^٣ + \text{٢}^٢) \times \text{٢}^٢ = ١٢ \times ٤ = ٤٨ \end{aligned}$$

مثال ٢ :

إذا كان ص = ع^٢ - ع٥ ، ع = $\frac{١}{١ + \text{س}}$ ، جد $\frac{\text{دص}}{\text{دس}}$ عندما س = ٠

الحل :

$$\begin{aligned} \frac{\text{دص}}{\text{دس}} &= \frac{\text{دص}}{\text{دع}} \times \frac{\text{دع}}{\text{دس}} = \frac{\text{دع}}{\text{دس}} \times (٥ - \text{ع}^٢) = \frac{١^-}{٢(١ + \text{س})} \times (٥ - \text{ع}^٢) \\ \text{ومنها} \left. \frac{\text{دص}}{\text{دس}} \right|_{\text{س}=٠, \text{ع}=١} &= \frac{١^-}{٢(١ + ٠)} \times (٥ - ٢) = ٣ = ١^- \times ٣^- \end{aligned}$$

مثال ٣ :

جد معادلة المماس لمنحنى العلاقة ص = س ق(س) (١ + س^٢) عندما س = ٢ ، علماً بأن ق(س) قابل للاشتقاق ، ق(٥) = ٣ ، ق(٥) = ١-

الحل :

$$\begin{aligned} \frac{\text{دص}}{\text{دس}} &= ١ \times \text{ق(س)} + (١ + \text{س}^٢) \times \text{س}^٢ \times \text{ق(س)} \\ \text{ميل المماس} &= \left. \frac{\text{دص}}{\text{دس}} \right|_{\text{س}=٢} = \text{ق(٥)} + (٥ + ١) \times ٢ \times \text{ق(٥)} = ٣ + ١٢ = ١٥ \end{aligned}$$

ميل المماس = ٢٣ ، نقطة التماس هي (٢ ، ٢-) . (لماذا؟)
معادلة المماس هي ص - ٢- = ٢٣(س - ٢) ومنها ص = ٢٣س - ٤٨

نتيجة:



إذا كان $ص = (هـ(س))^{\frac{1}{2}}$ ، وكان $هـ(س)$ قابلاً للاشتقاق، $ن \in ص$
فإن $\frac{دص}{دس} = ن(هـ(س))^{\frac{1}{2}-1} \times هـ'(س)$

مثال ٤ :

إذا كان $ق(س) = \left(\frac{1+س}{1-س}\right)^{\frac{1}{2}}$ ، جد $ق'(٢)$

الحل :

$$ق'(س) = \frac{1}{2} \left(\frac{1+س}{1-س}\right)^{-\frac{1}{2}} \times \frac{(1-س) - 1 \times (1+س)}{(1-س)^2}$$

$$= \frac{1}{2} \times \left(\frac{1+س}{1-س}\right)^{-\frac{1}{2}} \times \frac{2-2س}{(1-س)^2}$$

$$ق'(٢) = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1+٢}{1-٢}\right)^{-\frac{1}{2}} \times \frac{2-2 \times ٢}{(1-٢)^2} = -\frac{١}{١٠}$$

نشاط ٢ :

إذا كان $ص = (قاس + ظاس)^{\frac{1}{2}}$ فإن:

$$\frac{دص}{دس} = ن(قاس + ظاس)^{\frac{1}{2}-1} \times (.....)$$

$$ن قاس(قاس + ظاس)^{\frac{1}{2}-1} \times (قاس + ظاس)' =$$

ملاحظة:



يمكن تعميم قاعدة السلسلة لتشمل أكثر من اقترانين.

مثال ٥ :

إذا كان $ص = (٢ع + \frac{٦٤}{ع})$ ، $ع = س^٣$ ، $س = أم + ٤$ ، جد $\frac{دص}{دم} \Big|_{س=٢} = ٩٠$

الحل :

$$\frac{دص}{دم} = \frac{دص}{دع} \times \frac{دع}{دس} \times \frac{دس}{دم}$$

$$\text{أي أن } \frac{دص}{دم} = \frac{دص}{دع} \times \left(\frac{٦٤}{ع^2} - ع٢\right) \times ٣س^٢ \times أ ، \text{ عندما } س = ٢ ، \text{ فإن } ع = ٨$$

$$\text{ومنها } \frac{دص}{دم} \Big|_{س=٢} = (١٦ - ١) \times ١٢ \times أ = ٩٠ \text{ ومنها } أ = \frac{١}{٢}$$



قاعدة:

إذا كان $K(s)$ اقتراناً قابلاً للاشتقاق فإن:

- $Q(s) = H(s) \cdot K(s)$ قابل للاشتقاق، وتكون $Q(s) = K(s) \cdot H(s)$
- $M(s) = L(s) \cdot K(s)$ ، $K(s) < 0$ قابل للاشتقاق وتكون $M(s) = \frac{K(s)}{L(s)}$

مثال ٦:

١ إذا كان $V = H \cdot J$ فجد $\frac{dV}{ds}$ عندما $s = \frac{\pi}{2}$

٢ إذا كان $V = L \cdot S^2$ ، فبين أن: $V = -2$

الحل:

١ $\frac{dV}{ds} = \frac{d}{ds}(H \cdot J)$ ومنها $\left. \frac{dV}{ds} \right|_{s=\frac{\pi}{2}} = 1 - 1 = 0$

٢ $V = 2 = L \cdot S^2$ ومنها $V = \frac{2}{S}$ ، $V = \frac{2}{S^2} = \frac{2}{V} = \frac{2}{-2}$ (لماذا؟)
أي أن $V = -2$

نشاط ٣:

إذا كانت $V = \frac{(s+1)^2(s+2)^4}{s^3(s+1)^2}$

لإيجاد $\frac{dV}{ds}$ نأخذ لوغاريتم الطرفين فيصبح:

$L \cdot V = L \cdot \frac{(s+1)^2(s+2)^4}{s^3(s+1)^2}$

وبتطبيق قوانين اللوغاريتمات تصبح:

$L \cdot V = 5L(s+1) + 4L(s+2) - 3L(s) - 2L(s+1)$

وباشتقاق الطرفين بالنسبة إلى s

ومنها $\frac{dV}{ds} = \dots\dots\dots$

١ جد $\frac{دص}{دس}$ عندما $س = ١$ لكل مما يأتي:

- أ ص $= (س^٢ + س + ١)^{-٣}$ ب ص $= س^٢$ ق $\frac{\pi}{س}$ ، $س \neq ٠$
 ج ص $= ٥ع^٢ - ٧$ ، $ع = \frac{١}{س^٢ + ١}$ د ص $=$ ظا $\left(\frac{\pi}{س}\right) + جتا^٢(س)$ ، $س \neq ٠$
 هـ ص $= (لو_س)^٣$ ، $س < ٠$

٢ إذا كان ق(س) = $\frac{لو_((س)م)}{س^٢}$ ، وكان م(١) = هـ^٢ ، م(١) = هـ^٢ ، فجد ق(١).

٣ جد مشتقة كل من الاقتارات الآتية:

- أ ق(س) = هـ^٢ س^٢ ب ع(س) = لو_((س)س^٣ - س^٣) ، $س < ٣$

٤ إذا كان ق(س) = س^٢ م(س + ١) اعتمد على

م(٢)	م(٢)	م(٢)
٥	١-	١

الجدول المجاور في إيجاد ق(١).

٥ إذا كان ص = ق^٣(س) - ق(س^٣) ، جد $\frac{دص}{دس}$ عندما $س = ٢$

علماً بأن ق(٢) = ١ ، ق(٢) = ٢- ، ق(٨) = ٢.

٦ جد معادلة العمودي على المماس المرسوم لمنحنى ق(س) = ٤ - ظتاس ، عندما $س = \frac{\pi}{٤}$.

٧ إذا كان ص = ن^٢ + ٥ ن وكانت $\left. \frac{دن}{دس} \right|_{ن=١} = ٢$ ، جد $\left. \frac{دص}{دس} \right|_{ن=١}$.

٨ إذا كانت ص = أجتاس^٢ + ب جاس^٢ ، أثبت أن: س ص⁻ = س^٤ س^٣ ص + ص⁻.

٩ إذا كان ق(س) = س + $\frac{١}{س}$ ، هـ(س) = جتاس ، س $\neq ٠$ ، أثبت أن: (ق ٥ هـ) (س) = جاس^٣ قاس^٢.

١٠ جد نها $\frac{ظا(٢س + هـ) - ظا٢س}{هـ}$

١١ إذا كان ق(س) ، هـ(س) اقترانين قابلين للاشتقاق وكانت ص = (ق(س))' × (هـ(س))'

أثبت أن: $\frac{ص}{ص} = م \left(\frac{ق}{ق} + \frac{هـ}{هـ} \right)$ (س) ، حيث م $\neq ٠$ ، ق(س) ، هـ(س) $\neq ٠$



نشاط ١:

شب حريق في إحدى البنايات، وهرعت قوات الدفاع المدني للمشاركة في إطفاء الحريق وإنقاذ المواطنين، فاستخدم أحد رجال الإطفاء سلماً طوله ٢٠ متراً للوصول إلى أحد شبابيك البناية، ولكن السلم بدأ بالتزحلق بحيث يتعد أسفل السلم عن البناية بشكل أفقي.

تلاحظ من الشكل أن العلاقة بين s ، v هي $s^2 + v^2 = 400$

ما اتجاه سير أعلى السلم ؟ وهل يمكنك إيجاد $\frac{dv}{ds}$ بناءً على ما تعلمته سابقاً؟

يمكنك كتابة العلاقة السابقة على الصورة $v = \sqrt{400 - s^2}$ ، واستخدام قاعدة السلسلة في إيجاد مشتقة العلاقة.

سبق لك إيجاد مشتقة الاقتران $v = \sqrt{400 - s^2}$ عندما تكون العلاقة بين المتغيرين صريحة (v معرفة بدلالة s)، ولكن في العلاقة $s^2 + v^2 = 400$ ليس من السهل كتابة v بدلالة s ، فنسميها علاقةً ضمنيةً، ونجد $\frac{dv}{ds}$ بطريقة تسمى الاشتقاق الضمني، حيث يتم اشتقاق كل من طرفي العلاقة بالنسبة إلى s ضمن قواعد الاشتقاق.

مثال ١: إذا كان $s^2 + v^2 = 400$ ، جد $\frac{dv}{ds}$ ، ثم جد $\frac{dv}{ds}$ عند النقطة $(1, 1)$

الحل :

نشتق طرفي العلاقة ضمناً بالنسبة إلى s :

$$2s + 2v \frac{dv}{ds} = 0 \Rightarrow s + v \frac{dv}{ds} = 0$$

$$v \frac{dv}{ds} = -s \Rightarrow \frac{dv}{ds} = -\frac{s}{v}$$

$$\frac{dv}{ds} = -\frac{s}{v} = -\frac{1}{1} = -1 \text{ عند النقطة } (1, 1)$$

$$\frac{dv}{ds} = -\frac{s}{v} = -\frac{1}{1} = -1 \text{ عند النقطة } (1, 1)$$

مثال ٢ :

إذا كان ٣ ص = جاس جتا ٢ ص ، جد $\frac{د ص}{د س}$

الحل :

نشتق طرفي العلاقة ضمناً بالنسبة إلى س

$$٣ ص = جتا ٢ ص + جاس \times - ٢ جا ٢ ص \times ص$$

$$٣ ص + ٢ جاس \times جا ٢ ص \times ص = جتا ٢ ص$$

$$\text{ومنها } ص = \frac{\text{جتا ٢ ص} \times \text{جتا ٢ ص}}{٣ + ٢ جاس \times جا ٢ ص}$$

مثال ٣ :

جد معادلة المماس لمنحنى العلاقة (س + ص) - ٣ - ٢ ص = ٥ ، ص < ٠ ، عند نقطة تقاطع منحناها مع المستقيم س + ص = ٢

الحل :

بالتعويض بدل س + ص بالعدد ٢ في معادلة المنحنى ينتج أن: ٥ = ٣ ص - ٢

إذن ص = ١ ، ومنها نقطة التقاطع هي (١ ، ١)

لكن ميل المماس = ميل المنحنى عند النقطة (١ ، ١)

نشتق العلاقة ضمناً بالنسبة إلى س فينتج ٣ (س + ص) - ٢ (ص + ١) - ٦ ص = ٠

وبتعويض النقطة (١ ، ١) ينتج أن: ٣ (١ + ١) - ٢ (١ + ١) - ٦ ص = ٠ ومنها ص = -٢

ميل المماس = -٢ وتكون معادلة المماس هي: ص = -٢ س + ٣

مثال ٤ :

إذا كانت ص = ع + ١ ، س ع = ع - ٢ ، جد $\frac{د ص}{د س}$

الحل :

$$\frac{د ص}{د س} = \frac{د ص}{د ع} \times \frac{د ع}{د س}$$

لإيجاد $\frac{د ع}{د س}$ نشتق العلاقة س ع = ع - ٢ ضمناً بالنسبة إلى س وينتج

$$س ع + \frac{د ع}{د س} = ٢ س ع = ع - ٢ \times \frac{د ع}{د س} \text{ ومنها } \frac{د ع}{د س} = (٢ - ع) س ع = -٢ س ع$$

$$\text{أي أن: } \frac{د ع}{د س} = \frac{٢ - س ع}{٢ - ع}$$

$$\text{وبما أن: } \frac{د ص}{د ع} = ٣ \text{ فإن } \frac{د ص}{د س} = ٣ \times \frac{٢ - س ع}{٢ - ع} = \frac{٦ - ٣ س ع}{٢ - ع}$$



قاعدة:

إذا كانت $ص = س \frac{م}{ن}$ ، $م \neq ن$ ، $ص \neq ٠$ ، فإن $\frac{دص}{دس} = \frac{م}{ن} س \frac{١-م}{ن}$



نتيجة:

إذا كان $ق(س) = (هـ(س))^{١-ن}$ ، $ن \neq ٠$ ،
وكان $هـ(س)$ اقتراناً قابلاً للاشتقاق فإن $ق(س) = ن(هـ(س))^{١-ن} \times هـ(س)$

مثال ٥ : إذا كان $ق(س) = (س^٣ + ٥س - ٢)^{\frac{٣}{٤}}$ ، جد $ق(٢)$

الحل : $ق(س) = (س^٣ + ٥س - ٢)^{\frac{٣}{٤}} \times \frac{١}{٤} (٣س^٢ + ٥)$

$$\frac{(٣س^٢ + ٥)}{٤ \sqrt[٤]{٣س^٢ + ٥س - ٢}} \times \frac{٣}{٤} =$$

$$\frac{(٣ \times ٢^٢ + ٥)}{٤ \sqrt[٤]{٣ \times ٢^٢ + ٥ \times ٢ - ٢}} \times \frac{٣}{٤} = ق(٢)$$

$$\frac{٥١}{٨} = \frac{١٧}{٢} \times \frac{٣}{٤} =$$



مثال ٦ : احسب $\frac{\sqrt[٣]{٣س + ٧} - ٢}{١ - س}$ باستخدام قاعدة لوبيتال.

الحل : بالتعويض المباشر تكون $\frac{\sqrt[٣]{٣س + ٧} - ٢}{١ - س} = \frac{٢ - \sqrt[٣]{٣س + ٧}}{١ - س}$ وبتطبيق قاعدة لوبيتال

$$\frac{\sqrt[٣]{٣س + ٧} - ٢}{١ - س} = \frac{\frac{١}{٣} (٣س + ٧)^{-\frac{٢}{٣}}}{١} = \frac{١}{٣} (٣س + ٧)^{-\frac{٢}{٣}} = \frac{١}{٣} (٣س + ٧)^{-\frac{٢}{٣}} \quad (\text{لماذا؟}) \dots \frac{١}{١٢} =$$



مثال ٧ : جد النقط على منحنى العلاقة $\sqrt{s} + \sqrt{v} = 3$ التي يكون عندها المماس موازياً للمستقيم $v + 2s = 5$

الحل :

ميل المماس = ميل المستقيم الموازي له $= 2^-$ (لماذا؟)

نشتق العلاقة ضمناً بالنسبة إلى s : $0 = \frac{\sqrt{v}}{\sqrt{s}} + \frac{1}{\sqrt{s}}$

ومنها $\sqrt{v} = -\sqrt{s}$ لكن $\sqrt{v} - 3 = \sqrt{s}$ ومنها $\sqrt{v} = \frac{3 - \sqrt{s}}{\sqrt{s}}$

أي أن : $3 = \sqrt{s} \Leftarrow \sqrt{v} = 1 \Leftarrow s = 1$ ومنها $v = 4$
أي أن : النقطة المطلوبة هي $(1, 4)$.

نشاط ٢ : إذا كان $5 = \frac{3}{v} + \frac{2}{s}$ ، s ، v ، $v \neq 0$

١ بضرب طرفي المعادلة بالمقدار (s, v) ينتج $5s + 2v = 3s$

٢ نشتق طرفي المعادلة ضمناً :

٣ $\frac{dv}{ds}$

٤ $\left. \frac{dv}{ds} \right|_{(1,1)}$ تساوي

٥ هل يمكن إيجاد $\frac{dv}{ds}$ عند النقطة $(2, 3)$ ؟ (لماذا؟)

١ جد $\frac{دص}{دس}$ لكل مما يأتي :

أ $س^٣ + س + ص + ٢ص^٢ = ٥$ ب $ص = \sqrt[٥]{١ - س^٢} + ٣$

ج $ص = جا(س + ص)$ د $٢ = \frac{١}{ص} + \frac{١}{س}$

٢ جد معادلة العمودي على منحنى $ص = س^٢ - ٣س + ٥$ ، عند كل من نقطتي تقاطعه مع الدائرة التي معادلتها $س^٢ - ٣س + ٢ص = ٢٥$.

٣ يتحرك جسم على خط مستقيم وَفَق العلاقة $ف^٢ = أن^٢ + ٢٤$ حيث $ف$ المسافة بالأمتار، $ن$ الزمن بالثواني، جد قيمة $أ$ الموجبة. علماً بأن سرعته بعد ٢ ثانية تساوي ١ م / ث.

٤ إذا كانت $ف = أجا(٢ن + م)$ ، $أ \neq ٠$ هي معادلة الحركة لجسيم يتحرك على خط مستقيم، حيث $أ$ ، $م$ عدنان ثابتان، أثبت أن: $ت = ٤^-$ ف عددياً. $ف$ المسافة بالأمتار، $ن$ الزمن بالثواني.

٥ إذا كان المستقيم المار بالنقطة $(٠، ٢^-)$ يمس منحنى العلاقة $س^٢ + ص^٢ = ٤$ ، جد نقطة/ نقط التماس.

٦ إذا كان $هص + هس = هص^- + هس^-$ ، فجد $\frac{دص}{دس}$ عند النقطة $(١، ١)$.

٧ إذا كانت $س^٢ = لو(س ص)$ ، $س$ ، $ص < ٠$ ، فجد $\frac{دص}{دس}$ عند النقطة $(١، ه)$.

- ١ ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:
- ١ إذا كان متوسط تغير الاقتران ق(س) في الفترة [٣، ١] يساوي ٤ وكان متوسط تغير نفس الاقتران في الفترة [٧، ٣] يساوي 5^- ، فما متوسط تغير الاقتران ق(س) في [٧، ١]؟
- أ) ٢ (ب) ١ (ج) 1^- (د) 2^-
- ٢ إذا كان س ك(س) = ق(س) + ٢ وكان التغير في ق(س) عندما تتغير س من ١ إلى ١ + هـ يعطى بالقاعدة (١ + هـ) 2^- ، ق(١) = ١ فما قيمة ك(١)؟
- أ) 1^- (ب) ٠ (ج) ١ (د) ٢
- ٣ إذا كان المماس المرسوم لمنحنى ق(س) عند النقطة (٢، 1^-) يصنع زاوية قياسها 135° مع الاتجاه الموجب لمحور السينات، فما قيمة نهـا $\frac{ق(س) - ق(٢)}{س - ٢}$ ؟
- أ) 1^- (ب) $\frac{1^-}{٢}$ (ج) $\frac{١}{٢}$ (د) ١
- ٤ ما معدل تغير مساحة المربع بالنسبة إلى محيطه عندما يكون طول ضلعه ٦ سم؟
- أ) $٣ \text{ سم}^٢ / \text{سم}$ (ب) $٤ \text{ سم}^٢ / \text{سم}$ (ج) $٦ \text{ سم}^٢ / \text{سم}$ (د) $١٢ \text{ سم}^٢ / \text{سم}$
- ٥ إذا كان ق(س) = جتا ٢س، فما قيمة ق(س) + ٦ ق(س)؟
- أ) جتا ٢س (ب) جتا ٢س (ج) ٢ جتا ٢س (د) ٢ جتا ٢س
- ٦ إذا كان ق(س) = $\sqrt{١ + ٢س}$ وكان ق قابلاً للاشتقاق، فما قيمة ق(٣)؟
- أ) ١٦ (ب) ٢٩ (ج) ٤٨ (د) ١٤٤
- ٧ إذا كان س 2^- - س ص + ص 2^- = ٣، فما قيمة $\frac{دص}{دس}$ عند النقطة (١، 1^-)؟
- أ) 2^- (ب) 1^- (ج) ١ (د) ٢
- ٨ إذا كان ق(س) = $\left. \begin{array}{l} س + ٢ ، س \neq ٥ \\ ١٠ ، س = ٥ \end{array} \right\}$ ، فما قيمة ق(٥)؟
- أ) ٠ (ب) ٤ (ج) ١٠ (د) غير موجودة

٩ يتحرك جسيم على خط مستقيم وفق العلاقة: $f(n) = g(n) = n$
 ف: المسافة بالأمتار، n : الزمن بالثواني، $g(n)$: السرعة، وكانت $g(2) = 3$ م/ث،
 فما قيمة التسارع عندما $n = 2$ ثانية؟

(أ) -8 م/ث^٢ (ب) 8 م/ث^٢ (ج) 12 م/ث^٢ (د) -12 م/ث^٢

١٠ إذا كان $q(s) = \frac{1}{s^2 + 1}$ ، $h(s) = \text{ظاس}$ ، فما قيمة $(q \circ h)(s)$ ؟

(أ) قاس (ب) جتاس (ج) 1 (د) قاس ظاس

١١ إذا كانت $q(s) = (s^2 + 7)^{\frac{2}{3}}$ ، فما قيمة $q'(1)$ ؟

(أ) $\frac{11}{18}$ (ب) $\frac{4}{9}$ (ج) $\frac{15}{18}$ (د) $\frac{1}{2}$

١٢ إذا كانت $s = \text{جتاص}$ ، $v \in [0, \frac{\pi}{2}]$ ، فما قيمة $\frac{dv}{ds}$ ؟

(أ) $\frac{1}{\sqrt{s^2 - 1}}$ (ب) $\frac{1}{\sqrt{s^2 - 1}}$ (ج) $\frac{-s}{\sqrt{s^2 - 1}}$ (د) $\frac{s}{\sqrt{s^2 - 1}}$

١٣ إذا كان $(q \circ h)(3) = 15$ ، وكان $q(s) = s^2 - 9$ ، $h(3) = 5$ ، فما قيمة $h(3)$ ؟

(أ) 0 (ب) $5, 1$ (ج) 2 (د) 3

١٤ أي الاقترانات الآتية يكون قابلاً للاشتقاق على مجاله؟

(أ) $q(s) = [2 - s]$ (ب) $q(s) = |s - 2|$

(ج) $q(s) = \sqrt{s^2 + 2s + 1}$ (د) $q(s) = [s + 2] - [s]$

٢ جد متوسط التغير للاقتران $ص = ق(س) = (س + ١)هـ$ عندما تتغير $س$ من ٠ إلى ١

٣ إذا كان $ق(٢) = ٣$ ، $ق(٢) = ١$ ، جد $نها$ $ق(س + ٢ - ١) - ق(٢)$ $س - ١$

٤ جد قيمة كل من النهايات التالية باستخدام قاعدة لوبيتال

أ $نها$ $هـ - ١$ $س - ١$ $ظاس$

ب $نها$ $هـ - ٢$ $س - ٢$ $س$

ج $نها$ $جا٢س - جاس$ $س - ٢$ $س$

د $نها$ $١ - جتاس$ $س - جاس$ $س$

٥ جد $ق(١)$ في الحالتين الآتيتين باستخدام تعريف المشتقة:

أ $ق(س) = (س + ١) \sqrt{س}$ $ب$ $ق(س) = \sqrt[٣]{٢س - ١}$

٦ إذا كان $هـ(س) = \left. \begin{matrix} س٢ + ق(س - ١) ، س \leq ١ \\ ق(س) ، س > ١ \end{matrix} \right\}$ ، وكان متوسط تغير الاقتران $ق(س)$

في الفترة $[٠ ، ٢]$ يساوي ٣ جد متوسط تغير الاقتران $هـ(س)$ في الفترة $[٠ ، ٣]$

٧ إذا كانت $نها$ $ق(س) - ٢$ $س - ١$ $س$ ، $ق$ متصلاً على $ح$.

جد $نها$ $س٣ ق(س) - ق(١)$ $س - ١$ $س$

٨ يقف أحمد ونزار على سطح بناية، أفلت أحمد كرةً من السكون وَفَق العلاقة $ف(ن) = ٥ن٢$ ، وفي اللحظة

نفسها، رمى نزار كرةً أخرى عمودياً إلى أسفل وَفَق العلاقة $ف(ن) = ١٥ن + ٥ن٢$ ، فإذا ارتطمت كرة

أحمد بالأرض بعد ثانية واحدة من ارتطام كرة نزار، ما سرعة ارتطام كرة نزار بالأرض؟

(ف الإزاحة بالأمتار، ن الزمن بالثواني)

٩ إذا كان $ق(س) = أجاس$ ، $هـ(س) = \frac{س٣}{١ + س٢}$ فجد قيمة $أ$ بحيث $هـ(٥ ق) = \frac{\pi}{٢}$ ، $٠ \neq أ$

$$10 \quad \left. \begin{aligned} & 2 > s \geq 0, \quad 2s + [s - 2] \\ & 2 \leq s, \quad \frac{2}{1+s} \end{aligned} \right\} = \text{إذا كان ق(س)}$$

ابحث في قابلية الاقتران للاشتقاق على مجاله.

11 يتحرك جسم على خط مستقيم وفق العلاقة $f = 2(h_2 - h_2^-)$ ، بين أن تسارع الجسم في أي لحظة يساوي f عددياً. (ف الإزاحة بالأمتار، ن الزمن بالثواني)

$$12 \quad \text{إذا كان ق(س)} = \text{جاس}^3 - \text{جتاس}^3, \quad \text{جد ق}\left(-\frac{\pi}{4}\right).$$

13 جد مجموعة قيم س التي تكون عندها ق(س) = 0 في كل مما يأتي:

أ $\text{ق(س)} = (2 - \text{س})^3(2 + 3\text{س})^4, \text{س} \in [0, 3]$

ب $\text{ق(س)} = \text{جاس} (1 + \text{جتاس}), \text{س} \in \left[\frac{\pi}{4}, 0\right]$

14 جد $\frac{دص}{دس}$ لكل من الاقترانات الآتية:

أ $\text{ص} = \text{ق(س)} = \frac{\text{س هـ}^3}{\text{جاس}}, \text{جاس} \neq 0$

ب $\text{ص} = \text{ق(س)} = \frac{\text{س لو هـ س}}{\text{جتاس}}, \text{حيث س} < 0, \text{جتاس} \neq 0$

15 يتحرك جسم في خط مستقيم حسب العلاقة $f(ن) = أ(جتا 2 + جا 2ن)$ حيث ف تمثل بعد الجسم عن النقطة الثابتة (و)، ن الزمن بالثواني. ما تسارع الجسم عندما يكون على بعد 3 أمتار من النقطة (و)؟

16 جد النقطة/ النقاط التي يكون عندها المماس لمنحنى $\text{ق(س)} = \text{س} + \frac{1}{\text{س}}, \text{س} \neq 0$ موازياً للقاطع الواصل بين النقطتين $(1, 2), (2, \frac{5}{2})$

الوحدة

٢

Differentiation Applications

تطبيقات التفاضل



ما سبب انهيار بعض السدود؟

سوف نتناول في هذه الوحدة بعض تطبيقات المشتقة الأولى والثانية، ومسائل عملية عليهما، وبعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة، وليكون طلبتنا قادرين على توظيف ما تعلموه في هذه الوحدة في الحياة العملية، ويتوقع من الطالب أن يحقق الأهداف الآتية:

- ١ إيجاد فترات التزايد والتناقص والنقاط الحرجة لاقتران معلوم.
- ٢ إيجاد القيم العظمى والصغرى لمنحنى اقتران معلوم.
- ٣ التعرف إلى نظرية القيمة المتوسطة، ونظرية رول، وبعض التطبيقات عليها.
- ٤ إيجاد فترات التقعر للأعلى وللأسفل ونقاط الانعطاف لمنحنى اقتران معلوم.
- ٥ تحديد خصائص اقتران، إذا علم منحنى إحدى مشتقاته.
- ٦ توظيف القيم القصوى المطلقة في حل مسائل حياتية.

أولاً: نظرية رول*



الشكل المجاور يمثل جزءاً من الأقواس التي تزين المسجد العمري الكبير بغزة حيث الخط أ ب يمثل خطاً أفقياً يصل بين نهايات الأعمدة. ما ميل الخط الأفقي أ ب ، وما ميل الخط الأفقي المار بالنقطة (ج)؟ وما قيمة ق(ج)؟

نشاط ١:

نظرية رول*:



إذا كان ق(س) اقتراناً متصلاً في الفترة [أ ، ب]، وقابلاً للاشتقاق في [أ ، ب]، وكان ق(أ) = ق(ب) فإنه يوجد عدد حقيقي واحد على الأقل جـ $\in$ [أ ، ب] بحيث ق(جـ) = ٠

مثال ١: بين أن الاقتران ق(س) = س^٢ - س - ٦ يحقق شروط نظرية رول في الفترة [٠ ، ١]. ثم جد قيمة، أو قيم جـ التي تعينها النظرية.

الحل :

١ نبحث في تحقق شروط نظرية رول على الإقتران ق(س) في الفترة [٠ ، ١]
ق(س) متصل في الفترة [٠ ، ١] وقابل للاشتقاق في الفترة [٠ ، ١] لأنه كثير حدود
ق(٠) = ٠ ، ق(١) = ٦ ، ومنها ق(٠) = ق(١)
تحققت شروط نظرية رول

إذن يوجد على الأقل جـ $\in$ [٠ ، ١] بحيث ق(جـ) = ٠

٢ نجد قيمة/ قيم جـ التي تعينها النظرية:

ق(س) = س^٢ - س - ١ ومنها ق(جـ) = ٠ جـ - ١ = ٠

جـ = $\frac{1}{2} \in$ [٠ ، ١]

مثال ٢ :

إذا علمت أن الاقتران $ق(س) = جتا٢س + ٢جاس$ يحقق شروط نظرية رول في الفترة $[أ، \pi]$ حيث $أ < ٠$ ، فما قيمة/ قيم الثابت $أ$ ؟

الحل :

بما أن الاقتران $ق(س)$ يحقق شروط نظرية رول في الفترة $[أ، \pi]$

فإن $ق(أ) = ق(\pi)$ ومنها جتا٢أ + ٢جأ = ١ (لماذا؟)

إذن $٢جأ - ٢جأ + ٢جأ = ٠$ (لماذا؟)

$٢جأ(١ - ١) = ٠$ ومنها إما جأ = ٠ فتكون $أ = ٠$ ، π (مرفوضة)

أو $جأ(١ - ١) = ٠$ ومنها جأ = ١ فتكون $أ = \frac{\pi}{٢}$

مثال ٣ :

ابحث في تحقق شروط نظرية رول على الاقتران $ق(س) = \left\{ \begin{array}{l} ١ - س \geq ٤ - س ، ٢ - س \\ ١ \geq س \geq ١ - س ، ٧ - س \end{array} \right\}$

في الفترة $[١ ، ٤ -]$ ثم جد قيمة/ قيم جـ التي تحددها النظرية (إن وجدت).

الحل :

نبحث في تحقق شروط نظرية رول على الإقتران $ق(س)$ في الفترة $[١ ، ٤ -]$

١ $ق(س)$ متصل في $[١ - ، ٤ -]$ لأنه كثير حدود

$ق(س)$ متصل في $[١ ، ١ -]$ لأنه كثير حدود

لكن $ق(س)$ غير متصل عند $س = ١ -$ (لماذا؟)

ومنها فإن $ق(س)$ غير متصل على $[١ ، ٤ -]$

٢ $ق(س) = \left\{ \begin{array}{l} ١ - س > ٤ - س ، ١ \\ ١ > س > ١ - س ، ٢ س \end{array} \right\}$

$ق(١ -)$ غير موجودة (لماذا؟)

إذن $ق(س)$ غير قابل للاشتقاق على $[١ ، ٤ -]$

٣ $ق(٤ -) = ق(١) = ٦ -$

لم تتحقق شروط نظرية رول على $[١ ، ٤ -]$ ، وهذا لا يعني بالضرورة عدم وجود قيم

لـ جـ ، وللبحث عن قيم جـ بحيث $ق(جـ) = ٠$ فإنه:

عندما $٤ - > س > ١ -$ تكون $ق(س) = ٠$ ، لا يوجد جـ في هذه الفترة

عندما $١ > س > ١ -$ فإن $٢جـ = ٠$ ، أي أن جـ = ٠ $\exists [١ - ، ١]$

هل يتعارض هذا مع نظرية رول ؟ (لماذا؟)

مثال ٤ :

إذا علمت أن الاقتران $ق(س)$ = $\frac{(س^2 - ٥س + ٦)(س + أ)}{س - ٣}$ ، $س \in [١^-، ب]$ يحقق شروط نظرية رول في $[١^-، ب]$ ، وكانت قيمة $ج$ التي تعينها النظرية هي $ج = ٠$ ، فجد الثابتين $أ$ ، $ب$

الحل :

بما أن الاقتران $ق(س)$ يحقق شروط نظرية رول في الفترة $[١^-، ب]$ فإن:

$ق(س)$ متصل في $[١^-، ب]$ ومنها فإن $ب > ٣$ (لماذا؟)

وبالتالي $ق(س) = (س - ٢)(س + أ) = س^2 + أس - ٢س - ٢أ$ ، $س \neq ٣$ (لماذا؟)

وبما أن $ق(ب) = ق(١^-)$ فإن $ب^2 - ٢ب + أب = ٣ - أ$ (١) (لماذا؟)

لكن $ق(س) = س^2 + أس - ٢س - ٢أ$ ، $س \in [١^-، ب]$

وبما أن $ج = ٠$ فإن $ق(٠) = ٠$ ومنها $٢ = أ$ (لماذا؟)

بتعويض قيمة $أ = ٢$ في المعادلة (١) نحصل على أن قيمة $ب = ١$

مثال ٥ :

إذا كان $ق(س)$ اقتراناً متصلاً على $[أ، ج]$ بحيث $ق(س)$ موجودة في $[أ، ج]$ ،

وكان $ق(أ) = ق(ب) = ق(ج)$ ، حيث $أ > ب > ج$.

أثبت وجود عدد حقيقي واحد على الأقل $د \in [أ، ج]$ بحيث $ق(د) = ٠$

الحل :

١ نبحث في تحقق شروط نظرية رول على الاقتران $ق(س)$ في $[أ، ب]$

وحيث أن $ق(س)$ موجودة في $[أ، ج]$ فإن:

$ق(س)$ متصل على $[أ، ب]$ وقابل للاشتقاق على $[أ، ب]$ ، $ق(أ) = ق(ب)$

∴ تحققت شروط نظرية رول ومنها يوجد $ج \in [أ، ب]$ بحيث $ق(ج) = ٠$

٢ نبحث في شروط نظرية رول على الاقتران $ق(س)$ في $[ب، ج]$

$ق(س)$ متصل على $[ب، ج]$ وقابل للاشتقاق على $[ب، ج]$ ، $ق(ب) = ق(ج)$

∴ تحققت شروط نظرية رول، ومنها يوجد $ج \in [ب، ج]$ بحيث $ق(ج) = ٠$

لاحظ أن $ج > ج$ (لماذا؟)

٣ نبحث في تحقق شروط نظرية رول على الاقتران $ق(س)$ في $[ج، ج]$

$ق(س)$ متصل في $[ج، ج]$ وقابل للاشتقاق في $[ج، ج]$ (لماذا؟)

$ق(ج) = ق(ج)$

∴ تحققت شروط نظرية رول على $ق(س)$ في $[ج، ج]$

يوجد على الأقل عدد مثل $د \in [ج، ج]$ ، $ج \in [أ، ج]$ بحيث $ق(د) = ٠$

نشاط ٢:

الشكل المجاور يمثل منحنى الاقتران $q(s)$ في الفترة $[a, b]$.

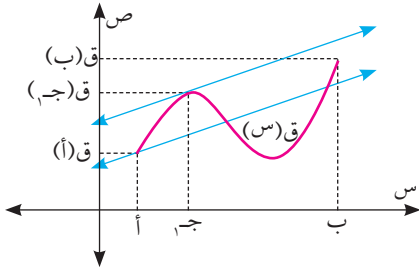
هل $q(s)$ متصل في $[a, b]$ ، وقابل للاشتقاق في $[a, b]$ ؟

ما ميل القاطع الواصل بين النقطتين $(a, q(a))$ ، $(b, q(b))$ ؟

هل ميل مماس المنحنى عند $s = c$

يساوي ميل القاطع؟ (لماذا؟)

هل يوجد في الشكل مماسات أخرى لها نفس الميل؟



نظرية القيمة المتوسطة:



إذا كان $q(s)$ اقتراناً متصلاً في $[a, b]$ وقابلاً للاشتقاق في $[a, b]$

فإنه يوجد عدد حقيقي واحد على الأقل $c \in [a, b]$ بحيث أن $q'(c) = \frac{q(b) - q(a)}{b - a}$

مثال ٦:

يبين أن الاقتران $q(s) = s^3 + 1$ يحقق شروط نظرية القيمة المتوسطة في الفترة $[-2, 1]$ ثم جد قيمة / قيم c التي تحددها النظرية.

الحل:

نبحث في تحقق شروط نظرية القيمة المتوسطة على الاقتران $q(s)$ في $[-2, 1]$
 الاقتران $q(s)$ متصل في الفترة $[-2, 1]$ ، وقابل للاشتقاق في الفترة $[-2, 1]$ لأنه كثير حدود، إذن تحققت شروط نظرية القيمة المتوسطة على الاقتران $q(s)$ في $[-2, 1]$

$$\text{يوجد على الأقل } c \in [-2, 1] \text{ بحيث } q'(c) = \frac{q(1) - q(-2)}{1 - (-2)}$$

$$\text{ومنها } c^2 = \frac{(1) - (-7)}{3} = \frac{8}{3} \text{ أي أن } c = \pm \sqrt{\frac{8}{3}}$$

$$\text{ومنها } c = -1 \in [-2, 1] \text{ (لماذا؟)}$$

مثال ٧ :

إذا علمت أن الاقتران $Q(s)$ = $\left. \begin{array}{l} \text{أ} + \text{ب} ، \quad 3^- \geq s \geq 1^- \\ \text{ب} - \text{س} ، \quad 5 \geq s > 1^- \end{array} \right\}$ ، يحقق شروط نظرية القيمة المتوسطة في الفترة $[1^-, 5]$ ، جد الثابتين أ ، ب.

الحل :

بما أن $Q(s)$ يحقق شروط نظرية القيمة المتوسطة في الفترة $[1^-, 5]$ فإن :

$Q(s)$ متصل على $[1^-, 5]$ ومنه $Q(s)$ متصل عند $s = 1^-$

أي أن : $1^- + \text{أ} = 1^-$ (١)

كما أن : $Q(s)$ قابل للاشتقاق في $[1^-, 5]$:

$Q(s) = \left. \begin{array}{l} \text{أ} ، \quad 3^- \geq s > 1^- \\ \text{ب} - \text{س} ، \quad 5 > s > 1^- \end{array} \right\}$ ، $\text{أ} ، \text{ب} \in \mathbb{R}$

وتكون $Q(1^-) = Q(1^-)^+ = Q(1^-)^-$ وينتج أن : $\text{أ} = 2$

بتعويض قيمة $\text{أ} = 2$ في المعادلة (١) ينتج أن $\text{ب} = 1$

مثال ٨ :

ابحث في تحقق شروط نظرية القيمة المتوسطة للاقتران $Q(s) = [2s + 1]$ في الفترة $[0, 1]$ ، ثم جد قيمة / قيم جـ التي تعينها النظرية (إن وجدت).

الحل :

نكتب الاقتران $Q(s)$ دون استخدام رمز أكبر عدد صحيح.

$Q(s) = \left. \begin{array}{l} 1 ، \quad 0 \leq s < \frac{1}{2} \\ 2 ، \quad \frac{1}{2} \leq s < 1 \\ 3 ، \quad s = 1 \end{array} \right\}$ ومنها $Q(s) = \left. \begin{array}{l} 0 ، \quad 0 < s < \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} ، \quad \frac{1}{2} < s < 1 \\ 1 ، \quad s > 1 \end{array} \right\}$

نبحث في تحقق شروط نظرية القيمة المتوسطة على الاقتران $Q(s)$ في $[0, 1]$

$Q(s)$ غير متصل في $[0, 1]$ (لماذا؟)

$Q(s)$ غير قابل للاشتقاق في $[0, 1]$ (لماذا؟)

لم تتحقق شروط نظرية القيمة المتوسطة على $Q(s)$ في $[0, 1]$ ، وهذا لا يعني عدم وجود قيم

جـ ، وللبحث عن قيمة / قيم جـ (إن وجدت)

$$Q(\text{جـ}) = \frac{Q(1) - Q(0)}{1 - 0} = 2$$

لكن $Q(s) \neq 2$ ، $\forall s \in [0, 1]$ ، وبالتالي لا يوجد جـ $\in [0, 1]$

١ بين أيًا من الاقتراحات الآتية يحقق شروط نظرية رول في الفترة المعطاة، ثم جد قيمة، أو قيم جـ التي تحدها النظرية في كل حالة (إن وجدت).

أ ق(س) = $\sqrt{s^2 - 4s}$ ، $s \in [0, 4]$

ب ق(س) = $s^2 - 2s - 3$ ، $s \in [-1, 3]$

جـ ق(س) = $\log(s + \frac{1}{s})$ ، $s \in [\frac{1}{2}, 2]$

د ق(س) = $2s + 2$ جـاس ، $s \in [\frac{\pi}{4}, 0]$

٢ بين أيًا من الاقتراحات الآتية يحقق شروط نظرية القيمة المتوسطة في الفترة المعطاة، ثم جد قيمة أو قيم جـ التي تحدها النظرية في كل حالة (إن وجدت):

أ ق(س) = $s^3 - s - 1$ ، $s \in [-1, 2]$

ب ق(س) = $\frac{4}{s+2}$ ، $s \in [-1, 2]$

جـ ق(س) = $\sqrt{s+2}$ ، $s \in [4, 9]$

٣ إذا كان ق(س) = $\left. \begin{array}{l} \text{أس}^2 + 2\text{س} \\ \text{س}^3 - 3\text{ب} + 12 \end{array} \right\}$ ، يحقق شروط نظرية القيمة المتوسطة في $\left. \begin{array}{l} 0 \leq \text{س} \leq 2 \\ 2 < \text{س} \leq 3 \end{array} \right\}$ ،

الفترة $[0, 3]$ ، جد قيم الثابتين أ، ب، ثم جد قيمة / قيم جـ التي تحدها النظرية.

٤ إذا كان ق(س) = $\frac{1}{s}$ ، $s \in [أ, ب]$ ، $s < 0$ ، فأثبت باستخدام نظرية القيمة المتوسطة وجود عدد حقيقي واحد على الأقل جـ $\in [أ, ب]$ ، بحيث جـ^٢ = أ . ب

٥ بين أن لمنحنى الاقتران ق(س) = $4s + 2$ مماساً أفقياً واحداً على الأقل في الفترة $[0, \pi]$ ، ثم جد نقط التماس.

٦ إذا كان ع(س) = (ق ٥ هـ)(س)، $s \in [أ, ب]$ ، ق(س)، هـ(س) اقترانين متصلين في $[أ, ب]$ وقابلين للاشتقاق في $[أ, ب]$ ، وكان هـ(أ) = ب، هـ(ب) = أ.

أثبت وجود عدد واحد على الأقل جـ $\in [أ, ب]$ بحيث ع(أ) - ع(ب) = ق(جـ)(ب - أ)

٧ إذا كان ق(س) = $s \cot s$ ، $s \in [0, \frac{\pi}{2}]$ استخدم نظرية رول لإثبات أن القيمة التي تعينها النظرية هي عندما $s = \frac{\pi}{2}$.



نشاط ١:

أراد أحد المغامرين السير بسيارته على شارع فوق سلسلة الجبال التي تراها في الصورة، مبتدئاً من النقطة (أ) ومنتهاً بالنقطة (و)، بحيث يلتزم بخط السير الظاهر في الصورة. تلاحظ أن السيارة أثناء سيرها بين (أ) ، (ب) تكون في حالة صعود.

حدد نقطتين على الصورة تكون السيارة بينهما في حالة نزول. إذا كانت إحداثيات النقطة ب(س_١ ، ص_١) وإحداثيات النقطة ج(س_٢ ، ص_٢)، أيهما أكبر ص_٢ أم ص_١ ؟

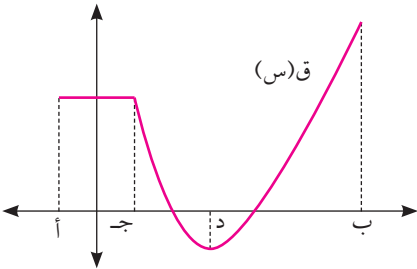
تعريف:

يكون منحنى الاقتران ق(س) المعروف في [أ، ب] ، س_١ ، س_٢ ∈ [أ، ب]

١ متزايداً في [أ، ب] إذا تحقق الشرط: عندما س_١ > س_٢ فإن ق(س_١) > ق(س_٢)

٢ متناقصاً في [أ، ب] إذا تحقق الشرط: عندما س_١ > س_٢ فإن ق(س_١) < ق(س_٢)

٣ ثابتاً في [أ، ب] إذا تحقق الشرط: عندما س_١ > س_٢ فإن ق(س_١) = ق(س_٢)



في الشكل المجاور، حدد الفترات التي يكون فيها منحنى الاقتران ق(س) متزايداً، أو متناقصاً، أو ثابتاً.

مثال ١:

يكون منحنى الاقتران ق(س) ثابتاً في [أ، ج] ويكون متناقصاً في [ج، د] لأنه كلما زادت قيمة س في الفترة [ج، د] تقل قيمة ق(س)، ويكون متزايداً في [د، ب] (لماذا؟)

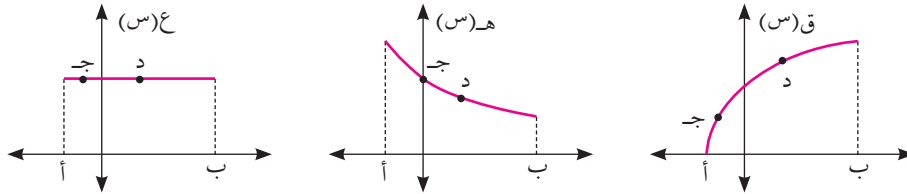
الحل :

(ملاحظة : لا يطلب من الطالب التحقق من التزايد والتناقص جبرياً باستخدام التعريف)

التزايد والتناقص باستخدام اختبار المشتقة الأولى

نشاط ٢:

الشكل أدناه يمثل منحنيات الاقترانات : ق(س)، هـ(س)، ع(س) المعرفة في الفترة [أ، ب]، معتمداً عليها قم بما يأتي:



- ١ حدد أي الاقترانات السابقة يكون منحناه متزايداً، وأيها متناقصاً، وأيها ثابتاً في الفترة [أ، ب].
- ٢ ارسم لكل منحنى مماساً عند النقطة جـ ومماساً عند النقطة د.
- ٣ نوع زاوية الميل للمماسات المرسومة هي
- ٤ إشارة ظل زاوية ميل المماس لكل من المماسات التي رسمت هي (لماذا؟)
- ٥ ما إشارة كل من ق(س)، هـ(س)، ع(س) في [أ، ب]؟
- ٦ ما العلاقة بين فترات التزايد والتناقص وإشارة المشتقة الأولى للاقتران؟

نظرية:

إذا كان ق(س) اقتراناً متصلًا في [أ، ب] وقابلًا للاشتقاق في [أ، ب] فإن منحنى :

- ١ الاقتران ق(س) يكون متزايداً في [أ، ب] إذا كانت ق'(س) < ٠، صفر، $\forall$ س $\in$ [أ، ب]
- ٢ الاقتران ق(س) يكون متناقصاً في [أ، ب] إذا كانت ق'(س) > ٠، صفر، $\forall$ س $\in$ [أ، ب]
- ٣ الاقتران ق(س) يكون ثابتاً في [أ، ب] إذا كانت ق'(س) = ٠، صفر، $\forall$ س $\in$ [أ، ب]



جد فترات التزايد والتناقص لمنحنى الاقتران ق(س) علماً بأن:

$$ق'(س) = (س - ٢)(١ + س)، س \in ح$$

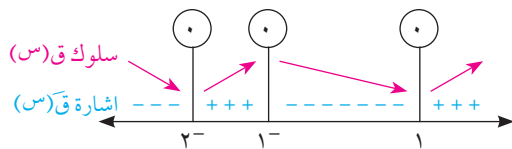
مثال ٢:

نضع ق'(س) = صفر، ومنها (س - ٢)(١ + س) = ٠

$$٠ = (س - ٢)(١ + س)$$

فنتج أن س = ١ أو س = -١ أو س = -٢

من إشارة ق'(س) في الشكل المجاور يكون:



منحنى ق(س) متناقصاً في $[-\infty, -2]$ ، $[-1, 1]$ ، و متزايداً في $[-2, -1]$ ، $[1, \infty]$.

مثال ٣ :

عين فترات التزايد والتناقص للاقتران ق(س) = س^٤ + س^٤ + ٥، س ∋ ح

الحل :

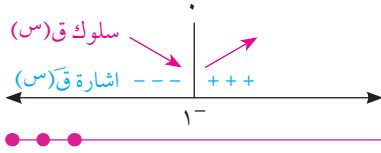
ق(س) متصل في ح لأنه كثير حدود.

ق(س) = س^٤ + س^٣ + ٤ نجعل ق(س) = ٠ ومنها س^٣ + ١ = ٠ فتكون س = ١⁻ (لماذا؟)

ومن إشارة ق(س) في الشكل المجاور:

يكون منحنى ق(س) متزايداً في الفترة]١⁻، ∞[

ومتناقصاً في الفترة]-∞، ١⁻[.



مثال ٤ :

عين فترات التزايد والتناقص للاقتران ق(س) = $\frac{1-s}{1+s}$ ، س ≠ ١⁻

الحل :

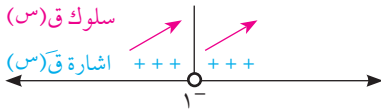
ق(س) = $\frac{1-s}{1+s}$ ، س ≠ ١⁻ متصل في ح - {١⁻}

$$Q'(s) = \frac{2}{(1+s)^2}$$

ق(س) ≠ ٠، س ∋ ح - {١⁻}

والشكل المجاور يبين إشارة ق(س)

ومنه يكون منحنى الاقتران ق(س) متزايداً في الفترتين]-∞، ١⁻[،]١⁻، ∞[



فكر وناقش



في المثال السابق هل يمكن القول أن ق(س) متزايد في ح - {١⁻}

مثال ٥ :

أثبت أن منحنى الاقتران ق(س) = س^٢ + ظاس متزايد في الفترة $\left[\frac{\pi}{2}, \frac{\pi^-}{2}\right]$

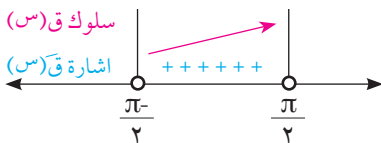
الحل :

ق(س) متصل وقابل للاشتقاق في الفترة $\left[\frac{\pi}{2}, \frac{\pi^-}{2}\right]$ (لماذا؟)

ق(س) = (س^٢ + ٢) ق(س) ≠ ٠

ومن إشارة ق(س) في الشكل المجاور

يكون منحنى ق(س) متزايداً في الفترة $\left[\frac{\pi}{2}, \frac{\pi^-}{2}\right]$



مثال ٦ :

عَيِّن فترات التزايد والتناقص لمنحنى الاقتران

$$ق(س) = \left. \begin{array}{l} \text{جاس} , \quad 0 \leq س \leq \frac{\pi}{2} , \\ \text{س + جتاس} , \quad \frac{\pi}{2} < س \leq \pi \end{array} \right\} \text{ في الفترة } [\pi, 0]$$

الحل :

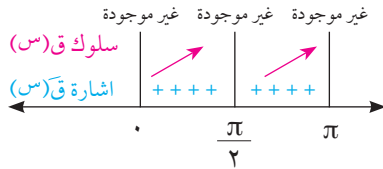
$$ق(س) = \left. \begin{array}{l} \text{جتاس} , \quad 0 < س < \frac{\pi}{2} , \\ \text{١ - جاس} , \quad \frac{\pi}{2} < س < \pi \end{array} \right\}$$

ق(س) غير موجودة. (لماذا؟)

وتكون ق(س) $\neq 0$ ، $\forall س \in]\pi, 0[$ (لماذا؟)

ومن إشارة ق(س) في الشكل المجاور

يكون منحنى ق(س) متزايداً في الفترتين $[\frac{\pi}{2}, 0]$ ، $[\pi, \frac{\pi}{2}]$



مثال ٧ :

عَيِّن فترات التزايد والتناقص لمنحنى الاقتران ق(س) = |س² - ٤| ، س ∈]٣-، ٢[

الحل :

نكتب ق(س) دون استخدام رمز القيمة المطلقة.

$$ق(س) = |س² - ٤| = \left. \begin{array}{l} س² - ٤ , \quad ٣- \leq س < ٢- \\ ٢ - س² , \quad ٢ \leq س \leq ٢- \end{array} \right\}$$

ق(س) متصل في الفترة [٢، ٣-] لأنه اقتران قيمة مطلقة لاقتران متصل

$$ق(س) = \left. \begin{array}{l} س² , \quad ٢- < س < ٣- \\ ٢ - س² , \quad ٢ < س < ٢- \end{array} \right\}$$

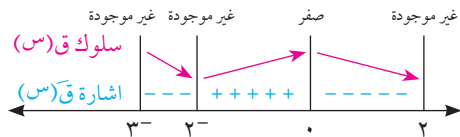
ق(س) غير موجودة عندما س = ٢ ، ٢- ، ٣- (لماذا؟)

نجعل ق(س) = ٠ ، ومنها س = ٠

ومن إشارة ق(س) في الشكل المجاور يكون

منحنى ق(س) متزايداً في [٠، ٢-]

ومتناقصاً في [٢-، ٣-] ، [٢، ٠]



١ حدد فترات التزايد والتناقص لمنحنى الاقتران $Q(s)$ في الحالات الآتية:

أ $Q(s) = 3s^2 - s^3, s \in]0, 2[$

ب $Q(s) = s + \ln s, s \in]\pi, 0[$

ج $Q(s) = \sqrt{s^2 - 2s + 1}, s \in]0, 1[$

د $Q(s) = \frac{s}{s^2 + 9}, s \in]-9, 9[$

٢ إذا كان $Q(s) = 2s - \ln(s+1)$ ، $s < 1$ ، فأثبت أن منحنى $Q(s)$ متزايد في $\mathbb{R}^+$.

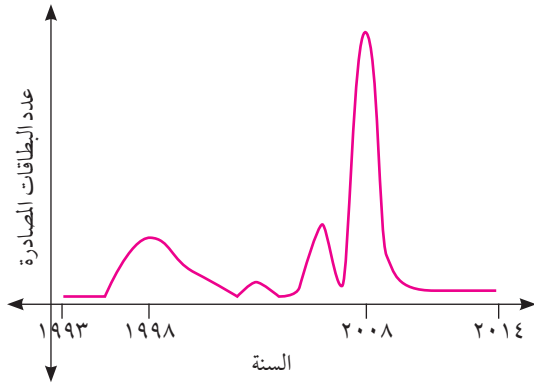
٣ جد فترات التزايد والتناقص لمنحنى الاقتران $Q(s)$ $\left. \begin{array}{l} s^3 \geq 0, s > 1 \\ s^2 - 2 \geq 1, s \geq 2 \end{array} \right\}$ في الفترة $[0, 2]$

٤ إذا كان $Q(s)$ ، $h(s)$ كثيري حدود وكان $K(s) = Q(s)^2 + h(s)^2 + s^2$ ، فحدد فترات التزايد والتناقص لمنحنى الاقتران $K(s)$ ، علماً بأن $Q(s) = h(s)$ ، $h(s) = -Q(s)$.

٥ إذا كان $Q(s)$ كثير حدود متزايداً على $\mathbb{R}$ ، وكان $K(s) = Q(s^2 - 4s)$ ، فحدد فترات التزايد والتناقص لمنحنى الاقتران $K(s)$.

٦ إذا كان $Q(s)$ ، $h(s)$ كثيري حدود معرفين في الفترة $[0, 4]$ ، بحيث إن منحنى $Q(s)$ متناقص في مجاله، ويقع في الربع الرابع، ومنحنى $h(s)$ متزايد في مجاله، ويقع في الربع الأول، أثبت أن منحنى الاقتران $Q(s) \times h(s)$ متناقص في الفترة $[0, 4]$.

٧ إذا كان $Q(s) = \ln s + \ln s$ ، $s \in]0, \frac{\pi}{4}]$ ، فجد مجالات التزايد والتناقص لمنحنى الاقتران $Q(s)$.



نشاط ١:

تعرض آلاف الفلسطينيين المقدسيين إلى فقدان حق الإقامة في مدينتهم القدس، منذ زمن طويل، والشكل المجاور يمثل مخططاً بيانياً لعدد بطاقات الهوية المقدسية المصادرة خلال الأعوام ١٩٩٣-٢٠١٤.

كان عدد البطاقات المصادرة عام ٢٠٠٨ أكبر ما يمكن. (لماذا؟)

تعريف القيم الصغرى والعظمى المحلية:



ليكن q (س) اقتراناً معروفاً على المجال E ، ولتكن $J \subseteq E$ ، عندها يكون للاقتزان q (س):

١ قيمة عظمى محلية عند $s = J$ هي q (ج) إذا وجدت فترة مفتوحة (f) تحوي J ،

بحيث أن q (ج) $\leq q$ (س) لجميع قيم $s \in (f \cap E)$

٢ قيمة صغرى محلية عند $s = J$ هي q (ج) إذا وجدت فترة مفتوحة (f) تحوي J ،

بحيث أن q (ج) $\geq q$ (س) لجميع قيم $s \in (f \cap E)$

٣ قيمة عظمى مطلقة عند $s = J$ هي q (ج) إذا كانت q (ج) $\leq q$ (س) لجميع قيم $s \in E$

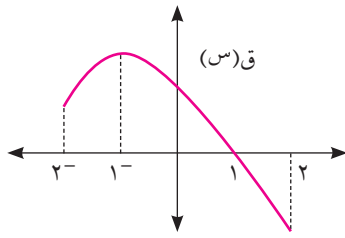
٤ قيمة صغرى مطلقة عند $s = J$ هي q (ج) إذا كانت q (ج) $\geq q$ (س) لجميع قيم $s \in E$

ملاحظة: تسمى كل من القيم العظمى والقيم الصغرى قيماً قصوى، سواء أكانت محلية أم مطلقة.

فكر وناقش



هل كل قيمة قصوى محلية هي قيمة قصوى مطلقة، أم العكس هو الصحيح؟



مثال ١ :

يمثل الشكل المجاور منحنى الاقتران $q(s)$ في الفترة $[-2, 2]$ ، اعتمد عليه في إيجاد القيم القصوى المحلية والمطلقة (إن وجدت). ثم جد قيمة المشتقة الأولى عند كل قيمة منها (إن وجدت).

الحل :

يوجد للاقتران $q(s)$ قيمة صغرى محلية عندما $s = -2$ هي $q(-2)$

لأنه يوجد فترة مفتوحة مثل $[-3, -1]$ تحوي العدد -2

بحيث أن $q(-2) \geq q(s) \forall s \in [-3, -1] \cap [-2, 2]$

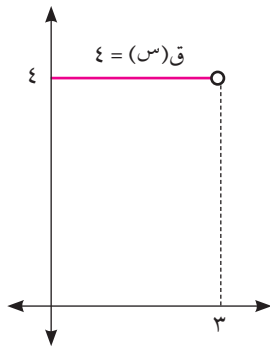
$q(-2)$ غير موجودة (لماذا؟)

وأيضاً $q(-1)$ قيمة عظمى محلية وهي مطلقة لأن $q(-1) \leq q(s) \forall s \in [-2, 2]$

$q(-1) = 0$ (لماذا؟)

$q(2)$ قيمة صغرى محلية وهي مطلقة لأن $q(2) \geq q(s) \forall s \in [-2, 2]$

$q(2)$ غير موجودة (لماذا؟)



مثال ٢ :

إذا كان $q(s) = \epsilon, s \in [0, 3]$

جد القيم القصوى المحلية للاقتران $q(s)$.

الحل :

$q(s)$ متصل في $[0, 3]$

$q(s) = 0 \forall s \in [0, 3]$

وحسب التعريف $\forall s \in [0, 3]$ يوجد قيمة عظمى محلية هي ϵ

لأن $q(s) \leq \epsilon \forall s$ في تلك الفترة

كما أنه حسب التعريف $\forall s \in [0, 3]$ يوجد قيمة صغرى محلية هي ϵ

لأن $q(s) \geq \epsilon \forall s$ في تلك الفترة

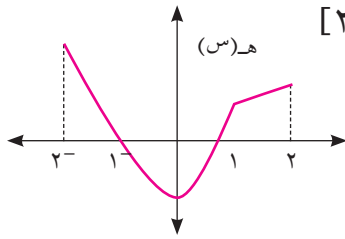


فكر وناقش:

ما صحة القول أن القيمة العظمى المحلية للاقتران دائماً أكبر من القيمة الصغرى المحلية له؟



نشاط ٢:



الشكل المجاور يمثل منحنى الاقتران هـ(س) في الفترة $[-2, 2]$

- ١ يوجد قيمة عظمى محلية عند $s = -2$ والسبب
- ٢ عند $s = 0$ يوجد قيمة محلية والسبب
- ٣ هـ(٢) = ، هـ(٠) = ، هـ(-٢) =

تعريف:

تسمى النقطة (أ، ق(أ)) نقطة حرجة للاقتران ق(س) إذا كانت:

١ $\exists$ أ مجال ق(س)

٢ ق(أ) = ٠ أو ق(أ) غير موجودة.



مثال ٣: عيّن جميع النقط الحرجة للاقتران ق(س) = $\left\{ \begin{array}{l} s^2 - 3, \quad s > 1^- \\ s \geq 2, \quad s \geq 3 \end{array} \right.$ في $[-1, 3]$

الحل :

ق(س) متصل عند $s = 2$ ، ق(س) = $\left\{ \begin{array}{l} s^2 - 3, \quad s > 1^- \\ s \geq 2, \quad s \geq 3 \end{array} \right.$

ق(٢) غير موجودة ، ق(٣) غير موجودة ، (لماذا؟)

نجعل ق(س) = ٠ ومنها $s \in [1^-, 2]$

لا يوجد قيم لـ $s \in [2, 3]$ بحيث ق(س) = ٠ (لماذا؟)

لا يوجد نقطة حرجة عند $s = 1^-$ لأنها لا تنتمي إلى مجال ق(س)

ومنها النقط الحرجة هي $(0, 3)$ ، $(1, 2)$ ، $(3^-, 0)$

مثال ٤: عيّن جميع النقط الحرجة للاقتران ق(س) = $\left\{ \begin{array}{l} s^3, \quad s \geq 1 \\ s \geq 2, \quad s \geq 3 \end{array} \right.$ في $[1, 3]$

الحل :

نكتب ق(س) دون استخدام رمز أكبر عدد صحيح

ق(س) = $\left\{ \begin{array}{l} s^3, \quad s \geq 1 \\ s \geq 2, \quad s \geq 3 \end{array} \right.$ ، $s \in [1, 3]$

ق(س) غير متصل عند $s = 2$ ، وعند $s = 3$ ومنها ق(٢) غير موجودة ، ق(٣) غير موجودة ،

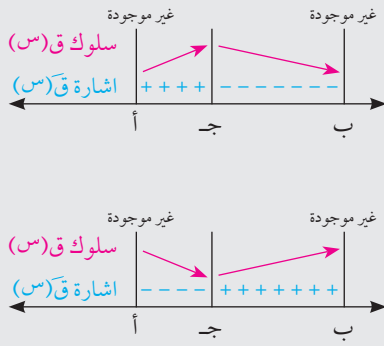
كذلك ق(١) غير موجودة (لماذا؟)

$$ق(س) = \left. \begin{array}{l} ٣س٢ ، ١ > س > ٢ \\ ٣س٢ ، ٠ \end{array} \right\} ، س \in [١ ، ٣]$$

٧س $\in [٢ ، ٣] \cup \{١\}$ فإن (س ، ق(س)) نقطة حرجة للاقتران ق(س). (لماذا؟)

اختبار المشتقة الأولى لتعيين القيم القصوى

إذا كان ق(س) اقتراناً متصلاً في الفترة [أ ، ب] وكانت (ج ، ق(ج)) نقطة حرجة للاقتران ق(س)،
ج $\in [أ ، ب]$ فإنه:



١ إذا كان ق(س) < ٠ عندما $أ > س > ج$ ،

وكان ق(س) > ٠ عندما $ج > س > ب$

فإن ق(ج) قيمة عظمى محلية للاقتران ق(س)

٢ إذا كان ق(س) > ٠ عندما $أ > س > ج$ ،

وكان ق(س) < ٠ عندما $ج > س > ب$

فإن ق(ج) قيمة صغرى محلية للاقتران ق(س)

جد القيم القصوى المحلية للاقتران ق(س) = $٣س٢ + ٥س - ٥$

مثال ٥ :

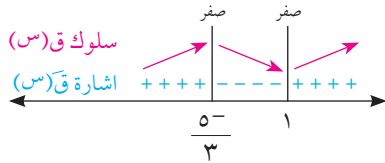
ق(س) اقتران متصل على ح لأنه كثير حدود

الحل :

ق(س) = $٣س٢ + ٥س - ٥$ ، $٧س \in ح$ ، نجعل ق'(س) = ٠

ومنها $٣س٢ + ٥س - ٥ = ٠$ أي أن $(٣س + ٥)(س - ١) = ٠$ ، إذن $س = \frac{٥-}{٣}$ أو $س = ١$

ومن إشارة ق'(س) في الشكل المجاور تكون



ق(س) = $\frac{٥-}{٣} = \frac{٤٠}{٢٧}$ قيمة عظمى محلية للاقتران ق(س)

ق(١) = $٨-$ قيمة صغرى محلية للاقتران ق(س)

فكر وناقش:



هل يأخذ الاقتران ق(س) في المثال السابق قيماً قصوى مطلقة؟ حددها (إن وجدت).

مثال ٦ : جد القيم القصوى المحلية للاقتران ق(س) = (س - ٨) √٣ س

الحل : ق(س) متصل في ح

$$ق(س) = (س) \sqrt{٣} س + (١ -) \times \frac{١}{٣} س = \frac{٢}{٣} س$$

$$ق(س) = (س) \sqrt{٣} س + \frac{(س - ٨)}{\sqrt{٣} س} ، س \in ح - \{٠\} \text{ (لماذا؟)}$$

$$إذن ق(س) = \frac{(س - ٨)}{\sqrt{٣} س}$$

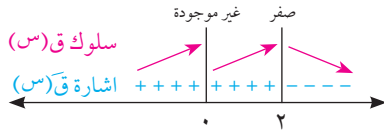
نجعل ق(س) = ٠ ومنها ٨ - س = ٠ ومنها س = ٨

ق(س) غير موجودة عند س = ٠ (لماذا؟)

ومن إشارة ق(س) في الشكل المجاور،

يوجد قيمة عظمى محلية للاقتران ق(س) عند س = ٨

$$قيمته ق(٨) = \frac{٨ - ٨}{\sqrt{٣} \cdot ٨} = ٠$$



فكر وناقش :



هل يوجد قيم قصوى محلية للاقتران عندما س = ٠ في المثال السابق (لماذا؟)

مثال ٧ : جد القيم القصوى المحلية للاقتران ق(س) = \frac{س^٢ + ٣}{١ - س} ، س ≠ ١

الحل : ق(س) متصل في ح - {١}

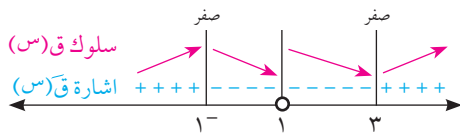
$$ق(س) = (س) \frac{س^٢ + ٣}{١ - س} ، س \neq ١$$

وبوضع ق(س) = ٠ ينتج أن س = ٣ أو س = -١

ومن إشارة ق(س) في الشكل المجاور تكون

ق(٣) = ٦ قيمة صغرى محلية للاقتران ق(س)

ق(-١) = ٢ قيمة عظمى محلية للاقتران ق(س)



مثال ٨ :

إذا كان ق(س) = أ^٣س + ب^٢س + ج^١س + د، وكان للاقتران قيمة عظمى محلية عند س = ١⁻ قيمتها ٢ وقيمة صغرى محلية عند س = ١ قيمتها ١⁻، فجد قيم الثوابت أ، ب، ج، د.

الحل :

$$(١) \quad \text{ق(} ١^- \text{)} = ٢ \text{ ومنها } ٢ = أ + ب - ج + د \dots\dots\dots (١)$$

$$(٢) \quad \text{ق(} ١^- \text{)} = ١^- \text{ ومنها } ١^- = أ + ب + ج + د \dots\dots\dots (٢)$$

$$\text{ق(س)} = أ٣س + ٢بس + جس \dots\dots\dots$$

$$(٣) \quad \text{ق(} ١^- \text{)} = ٠ \text{ ومنها } ٠ = أ٣ - ٢ب + ج \dots\dots\dots (٣)$$

$$(٤) \quad \text{ق(} ١^- \text{)} = ٠ \text{ ومنها } ٠ = أ٣ + ٢ب + ج \dots\dots\dots (٤)$$

بحل النظام الناتج من المعادلات الأربع فإن:

$$أ = \frac{٣}{٤}، ب = ٠، ج = \frac{٩}{٤}، د = \frac{١}{٢}$$

اختبار أطراف الفترة:

إذا كان ق(س) اقتراناً متصلًا في [أ، ب] وقابلًا للاشتقاق في [أ، ب] فإن:

- ١ ق(أ) قيمة صغرى محلية، إذا كانت ق(س) < ٠ عندما س < أ (بداية تزايد)
- ٢ ق(أ) قيمة عظمى محلية، إذا كانت ق(س) > ٠ عندما س < أ (بداية تناقص)
- ٣ ق(ب) قيمة عظمى محلية، إذا كانت ق(س) < ٠ عندما س > ب (نهاية تزايد)
- ٤ ق(ب) قيمة صغرى محلية، إذا كانت ق(س) > ٠ عندما س > ب (نهاية تناقص)

مثال ٩ :

$$\left. \begin{array}{l} ١^- \leq س \leq ٣، \quad ٢س \\ ٢ > س > ٣، \quad ٤ \end{array} \right\} = \text{ق(س) إذا كان}$$

١ جد مجموعة النقط الحرجة للاقتران ق(س).

٢ حدّد القيم القصوى المحلية للاقتران ق(س).

الحل :

١ ق(س) اقتران متصل في [٣، ١⁻]

$$\left. \begin{array}{l} ٢س، \quad ١^- > س > ٢ \\ ٠، \quad ٣ > س > ٢ \end{array} \right\} = \text{ق(س)}$$

أولاً: عندما $s \in [1, 2]$ ، نجعل $q(s) = 0$

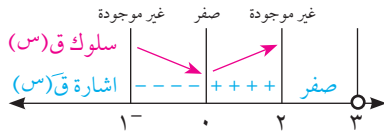
فيكون $s = 2$ ومنها عند $s = 0$ يوجد نقطة حرجة

ثانياً: عندما $s > 2$ ، $s > 3$ تكون $q(s) = 0$

وهذا يعني أنه عند كل $s \in [2, 3]$ يوجد نقطة حرجة

$q(2)$ غير موجودة، $q(1^-)$ غير موجودة

فتكون مجموعة النقط الحرجة $\{0, 1^-, 2, 3\}$



من إشارة $q'(s)$ في الشكل المجاور يكون

عند $s = 1^-$ يوجد قيمة عظمى محلية لأنها بداية تناقص

عند $s = 0$ يوجد قيمة صغرى محلية

عند $s = 2$ يوجد قيمة عظمى محلية

عند كل $s \in [2, 3]$ يوجد قيمة عظمى محلية وصغرى محلية في آن واحد.



مثال ١٠:

إذا كان $q(s) = s^2 - 2s$ ، $s \in [0, 5]$ ، فحدد قيم s التي يكون عندها للاقتان $q(s)$ قيم قصوى محلية.

الحل :

$q(s)$ متصل في الفترة $[0, 5]$ ، $q(s) = s^2 - 2s$

نجعل $q'(s) = 0$ ومنها $s = \frac{2}{2} = 1$

أي أن $s = 1$ وتكون $s = 1$ (لماذا؟)

$q(5)$ غير موجودة، فتكون مجموعة قيم s التي يكون

عندها نقط حرجة هي $\{0, 1\}$

من إشارة $q'(s)$ في الشكل المجاور

$q(1) = 1$ قيمة صغرى محلية للاقتان $q(s)$

$q(5) = 25 - 2 \times 5 = 5$ قيمة عظمى محلية للاقتان $q(s)$ (نهاية تزايد)



مثال ١١: إذا كان $Q(s) = \left\{ \begin{array}{l} s^3, \\ s = 1, \end{array} \right.$ ، $s \geq 1^-$ ، $s > 1$ ، $s \in [1^-, 1]$ ،

جد القيم القصوى المحلية للاقتران $Q(s)$

الحل :

$Q(s)$ متصل في $[1^-, 1]$

$Q(s) = s^3$ ، $s \in [1^-, 1]$

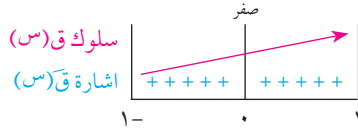
نجعل $Q(s) = 0$ ومنها $s = 0$

ومن إشارة $Q(s)$ في الشكل المجاور

عند $s = 1^-$ يوجد قيمة صغرى محلية، قيمتها $Q(1^-) = 1^-$

أما عند $s = 1$ فإن $Q(s)$ منفصل، فلا يمكن الحكم عليها من خلال إشارة المشتقة الأولى؛

لذا نلجأ إلى مقارنة $Q(1)$ مع $Q(s)$ وبما أن $Q(1) > Q(s)$ فإن $Q(1) = \frac{1}{2}$ قيمة صغرى محلية.



نظرية القيم القصوى المطلقة:

إذا كان $Q(s)$ اقتراناً متصلاً في $[a, b]$

فإن $Q(s)$ يتخذ قيمه القصوى المطلقة في الفترة $[a, b]$.



٣ مثال ١٢: جد أكبر قيمة وأصغر قيمة للاقتزان ق(س) = $\sqrt{2s - 4}$ - $\sqrt{2s}$

الحل :
 بحل المتباينة $2s - 4 \geq 0$ ، نستنتج أن مجال ق(س) هو $[-2, 2]$
 ق(س) متصل على $[-2, 2]$ ، ق(س) = $\frac{2s - 4}{\sqrt{2s - 4}}$ ، $\exists s \in [-2, 2]$
 وعندما ق(س) = ٠ يكون $\sqrt{2s - 4} = 0$ $\Rightarrow s = -2$
 $s = -2$ $\Rightarrow \sqrt{2s - 4} = 0$
 ويكون ق(٢-) = ٠ ، ق(٢-) = $\sqrt{2s - 4}$
 ق(٢) = $\sqrt{2s}$ ، ق(٢) = ٠
 أصغر قيمة للاقتزان هي ق(٢-) = $\sqrt{2s - 4}$
 وأكبر قيمة للاقتزان هي ق(٢) = $\sqrt{2s}$
 أي أن القيمة العظمى المطلقة هي ق(٢) = $\sqrt{2s}$
 والصغرى المطلقة هي ق(٢-) = $\sqrt{2s - 4}$

أتعلم:

إذا كان ق(س) متصلاً على مجاله، وكان له نقطة قيمة قصوى وحيدة فهي مطلقة.



١ جد النقط الحرجة للاقتارات الآتية:

أ ق (س) = $\frac{1}{3}س^3 - س^2 + \frac{1}{3}$ ، س $\in [2, 3]$

ب ق (س) = $\frac{2}{3}س$ ، س $\in [8, 1]$

٢ في التمارين من (أ - و) جد القيم العظمى والصغرى المحلية للاقتارات ق (س) (إن وجدت)

أ ق (س) = $س^3 - س^2 + 2س$ ، س $\in \mathbb{R}$ ب ق (س) = $\sqrt{س - 4}$ ، س $\in [4, \infty)$

ج ق (س) = $(س^2 - 3)هـ$ ، س $\in \mathbb{R}$ د ق (س) = $\frac{س^3 - 1}{س - 1}$ ، س $\neq 1$

هـ ق (س) = $جتا س - جا س$ ، س $\in [\pi, 0]$ و ق (س) = $هـ^{-(س-2)^2}$ ، س $\in \mathbb{R}$

٣ جد أكبر وأصغر قيمة (إن وجدت) لكل من الاقتارات الآتية:

أ ق (س) = $\left. \begin{array}{l} س^3 ، ٠ \leq س \leq 2 ، \\ س^2 + 4 ، 2 < س \leq 3 ، \end{array} \right\}$ ، س $\in [3, 0]$

ب ق (س) = $هـ^س - هـ^{-س}$ ، س $\in [3, 0]$

ج ق (س) = $جتا س - \frac{1}{3}جتا س^3$ ، س $\in [\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}]$

٤ إذا كان ق (س) = $س^3 + س^2 + 9س + 1$ ، أ، ب $\in \mathbb{R}$ اقتران له قيمة عظمى محلية عند س = 1 ،

وقيمة صغرى محلية عند س = 3 ما قيمة كل من الثابتين أ ، ب؟

٥ باستخدام القيم القصوى أثبت أن المقدار $س^4 - س^3 - س^2 - 29س$ سالب دائماً.

نشاط ١:

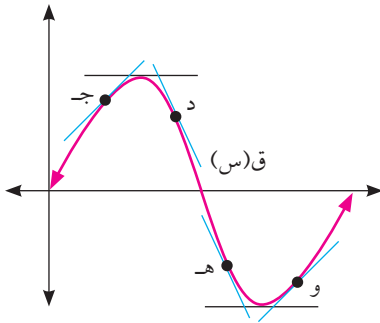
تزخر فلسطين بالأماكن الترفيهية وتحتوي بعض هذه الأماكن ألعاباً مرعبة، مثل القطار الموجود في الصورة المجاورة. هل سبق وركبت مثل هذا القطار؟



حدد مستعيناً بالرموز المدرجة على الصورة المناطق التي يشعر فيها راكب القطار بالرعب والخطر، والمناطق التي تكون أكثر أماناً. فسّر إجابتك.

نشاط ٢:

الشكل المجاور يمثل منحنى الاقتران $q(s)$



١ ما إشارة ميل المماس لمنحنى الاقتران $q(s)$ عند كل من ج، د؟ (لاحظ أن مماسي الاقتران $q(s)$ عند ج، د يقعان فوق منحناه)

٢ ما إشارة ميل المماس لمنحنى الاقتران $q(s)$ عند هـ، و؟ (لاحظ أن مماسي الاقتران عند هـ، و يقعان تحت منحناه).

تعريف:



يقال لمنحنى الاقتران $q(s)$ أنه مقعر للأعلى في الفترة $[أ، ب]$ إذا كان واقعاً فوق جميع مماساته في الفترة $[أ، ب]$ وأنه مقعر للأسفل في الفترة $[أ، ب]$ إذا كان واقعاً تحت جميع مماساته في الفترة $[أ، ب]$.

اختبار التقعر باستخدام المشتقة الثانية:

إذا كان $q(s)$ اقتراناً متصلًا في الفترة $[أ، ب]$ ، وكان $q''(s)$ معرفاً في الفترة $[أ، ب]$ فإن منحنى $q(s)$ يكون:

- ١ مقعراً للأعلى في الفترة $[أ، ب]$ إذا كانت $q''(s) < 0$ لجميع قيم $s \in [أ، ب]$.
- ٢ مقعراً للأسفل في الفترة $[أ، ب]$ إذا كانت $q''(s) > 0$ لجميع قيم $s \in [أ، ب]$.
- ٣ غير مقعر للأعلى أو للأسفل في الفترة $[أ، ب]$ إذا كانت $q''(s) = 0$ لجميع قيم $s \in [أ، ب]$.

جد مجالات التقعر للأعلى وللأسفل لمنحنى الاقتران ق(س) = $3س^2 - 3س$ ، س $\in [-2, 5]$

مثال ١ :

الحل :

ق(س) متصل في $[-2, 5]$ لأنه كثير حدود

ق(س) = $3س^2 - 3س$ ، ق(س) = $6 - 6 = 0$

بوضع ق(س) = 0 تكون $6 - 3س = 0$ ، أي س = 2

ومن إشارة ق(س) في الشكل المجاور

يكون منحنى ق(س) مقعراً للأعلى

في الفترة $[-2, 2]$ ، ومقعراً للأسفل في الفترة $[2, 5]$



جد مجالات التقعر للأعلى وللأسفل لمنحنى الاقتران ق(س) = $\frac{1 + 2س^2}{س}$ ، س $\neq 0$

مثال ٢ :

الحل :

ق(س) متصل على مجاله

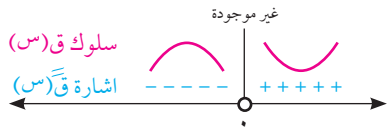
ق(س) = $\frac{1}{س} + 2س$ ومنها ق(س) = $1 - \frac{1}{2س}$

ق(س) = $\frac{2}{3س} \neq 0$ ،

ومن إشارة ق(س) في الشكل المجاور يكون:

منحنى ق(س) مقعراً للأسفل في الفترة $[-\infty, 0)$ ،

ومقعراً للأعلى في الفترة $(0, \infty]$ (لماذا؟)



أثبت أن منحنى الاقتران ق(س) = $\frac{\pi}{3} - \cot s$ ، س $\in [0, \frac{\pi}{3}]$ مقعر للأسفل.

مثال ٣ :

الحل :

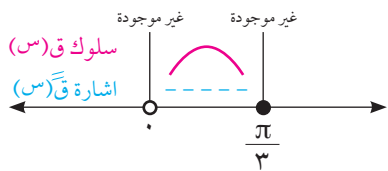
ق(س) متصل في $[0, \frac{\pi}{3}]$

ق(س) = $\frac{\pi}{3} - \cot s = \frac{\pi}{3} - \frac{\cos s}{\sin s}$

ق(س) = $\frac{\pi}{3} - \cot s$

وبما أن ق(س) $\neq 0$ ، ق(س) > 0 ، $\forall s \in [0, \frac{\pi}{3}]$

فإن ق(س) مقعر للأسفل في $[0, \frac{\pi}{3}]$





تعريف:

- ١ تسمى النقطة (ج، ق) (ج-) نقطة انعطاف للاقتران ق(س) إذا كان:
 - ق(س) اقتراناً متصلاً عند س = جـ
 - يغيّر الاقتران اتجاه تقعر منحناه عند س = جـ من الأعلى إلى الأسفل، أو العكس.
- ٢ زاوية الانعطاف: هي زاوية ميل المماس المرسوم لمنحنى ق(س) عند نقطة الانعطاف.
- ٣ إذا كانت (ج، ق) (ج-) نقطة انعطاف وكان ق(ج-) = ٠ فتسمى النقطة (ج، ق) (ج-) نقطة انعطاف أفقي.

مثال ٤ :

جد نقاط الانعطاف (إن وجدت) للاقتران ق(س) = ٣ جاس جتاس ، س ∈ [٠، π]

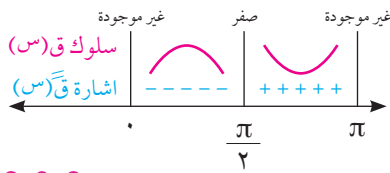
الحل :

$$ق(س) = ٣جاس + ٣جتاس = ٣جاس - ٣جاس = ٣جاس - ٣جاس$$

$$نجعل ق(س) = ٠ فيكون ٣جاس - ٣جاس = ٠ ومنها س = \frac{\pi}{2}$$

وبما أن ق(س) متصل عند س = \frac{\pi}{2} ، ويغيّر من

اتجاه تقعره عندها (كما تشير إشارة ق(س) في الشكل المجاور)



$$فإن النقطة (\frac{\pi}{2}, \frac{3}{4}) = (ق(\frac{\pi}{2}), \frac{\pi}{2}) نقطة انعطاف$$

هل النقطة (\frac{\pi}{2}, \frac{3}{4}) نقطة انعطاف أفقي؟ فسر إجابتك.

مثال ٥ :

بيّن أنه لا يوجد للاقتران ق(س) = \sqrt[3]{٩ - س^٢} نقطة انعطاف في الفترة [٣، ٣-]

الحل :

$$ق(س) = \sqrt[3]{٩ - س^٢} متصل في الفترة [٣، ٣-]$$

$$ق(س) = \frac{س^-}{\sqrt[3]{٩ - س^٢}}$$

$$ق(س) = \frac{٩ - س^٢}{\sqrt[3]{٩ - س^٢}} = ٩ - س^٢ \neq ٠ ، \forall س \in [٣، ٣-] ولكن ق(س) > ٠ دائماً$$

ومنها يكون منحنى ق(س) مقعراً للأسفل في [٣، ٣-]

وبما أن ق(س) لا يغير من اتجاه تقعره، فلا يوجد نقاط انعطاف للاقتران ق(س) في [٣، ٣-]

مثال ٦ :

إذا كان $ق(س) = س^٤ - ٢س^٣$ ، $س \in ح$ ، فجد فترات التفرُّع للأعلى وللأسفل للاقتران $ق(س)$ ، ثم جد نقط وزوايا الانعطاف (إن وجدت).

الحل :

$ق(س)$ متصل لأنه كثير حدود.

$$ق'(س) = ٤س^٣ - ٦س^٢ ، ق''(س) = ١٢س - ١٢$$

بوضع $ق'(س) = ٠$ ينتج أن $س = ١$ ، $س = ٠$

ومن إشارة $ق'(س)$ في الشكل المجاور يكون:

$ق(س)$ مقعراً للأعلى في الفترة $[-٠ ، \infty[$ ،

وكذلك في الفترة $[-١ ، \infty[$

ويكون مقعراً للأسفل في الفترة $[٠ ، ١]$

النقطتان $(٠ ، ٠)$ ، $(١ ، ١)$ هما نقطتا انعطاف (لماذا؟)

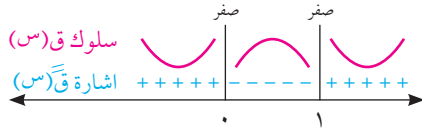
لإيجاد زوايا الانعطاف

نفرض $هـ_٠$ زاوية الانعطاف عند النقطة $(٠ ، ٠)$

$$ظا هـ_٠ = ق'(٠) = ٠ ومنها هـ_٠ = ٠$$

نفرض $هـ_١$ زاوية الانعطاف عند النقطة $(١ ، ١)$

$$ظا هـ_١ = ق'(١) = ٢^- ومنها هـ_١ = ظا ١^- = ٢^-$$



مثال ٧ :

عيّن مجالات التفرُّع للأعلى وللأسفل لمنحنى الاقتران $ق(س)$ = $\left. \begin{matrix} ٢ \geq س \geq ٠ ، س^٣ \\ ٤ \geq س > ٢ ، س^٢ \end{matrix} \right\}$

الحل :

$ق(س)$ غير متصل عند $س = ٢$ ومنها $ق(٢)$ غير موجودة

$$ق'(س) = \left. \begin{matrix} ٢ > س > ٠ ، ٣س^٢ \\ ٤ > س > ٢ ، ٢س \end{matrix} \right\} ، ق''(س) = \left. \begin{matrix} ٢ > س > ٠ ، ٦س \\ ٤ > س > ٢ ، ٢ \end{matrix} \right\}$$

١ $ق'(س) = ٠$ ، عندما $٢ > س > ٠$

فيكون $س = ٠$ ومنها $س = ٠$ ترفض (لماذا؟)

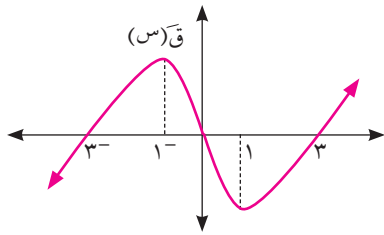
٢ عندما $٤ > س > ٢$ فإن $ق'(س) \neq ٠$ (لماذا؟)

ومن إشارة $ق'(س)$ في الشكل المجاور يكون

منحنى $ق(س)$ مقعراً للأعلى في $[٢ ، ٠]$ كذلك في $[٤ ، ٢]$



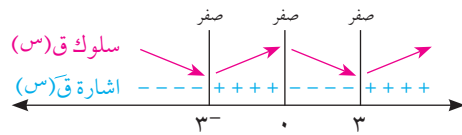
مثال ٨ :



الشكل المجاور يمثل منحنى الاقتران $ق(س)$ معتمداً عليه، جد كلاً مما يأتي:

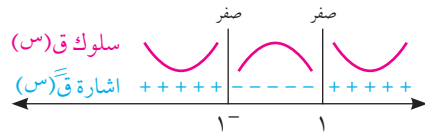
- ١ فترات التزايد والتناقص للاقتران $ق(س)$
- ٢ القيم القصوى المحلية للاقتران $ق(س)$
- ٣ مجالات التقعر للأعلى وللأسفل لمنحنى الاقتران $ق(س)$.
- ٤ قيم $س$ التي يكون عندها نقاط الانعطاف (إن وجدت).

الحل :



نمثل إشارة $ق(س)$ كما في الشكل المجاور:

- ١ يكون منحنى $ق(س)$ متزايداً في $[-3, 0]$ وفي $[0, 3]$ ومتناقصاً في $[-\infty, -3]$ وفي $[3, \infty]$
- ٢ $ق(3)$ قيمة صغرى محلية
 $ق(0)$ قيمة عظمى محلية
 $ق(3)$ قيمة صغرى محلية.



ونمثل إشارة $ق(س)$ كما في الشكل المجاور:

- ٣ يكون منحنى $ق(س)$ مقعراً للأعلى في $[-\infty, 1]$ وكذلك في $[1, \infty]$ ومقعراً للأسفل في $[1, 1]$
- ٤ نقاط الانعطاف تكون عند $س = 1^-$ ، $س = 1$ (لماذا؟)

نشاط ٢:

إذا كان $ق(س)$ كثير حدود من الدرجة الثالثة، وكان منحناه يمر بالنقطة $(0, 5)$ وله نقطة

انعطاف أفقي عند النقطة $(2, 1)$ ، جد قاعدة الاقتران $ق(س)$

نفرض أن $ق(س) = أس^٣ + ب س^٢ + ج س + د$ ، حيث $أ، ب، ج، د \in \mathbb{R}$ ، $أ \neq ٠$

بما أن $ق(0) = 5$ فإن قيمة الثابت $د$ هي

وبما أن $(2, 1)$ نقطة انعطاف أفقي فإن $ق(2) = 1$ ، $ق'(2) = 0$ ، $ق''(2) = 0$

$ق(2) = 1$ ومنها $٨ أ + ٤ ب + ٢ ج + د = ١$

$ق'(س) = ٣ أ س^٢ + ٢ ب س + ج$

ق(٢) = ٠ ومنها ١٢ + ٤ب + ٢ج = ٠ (٢)
ق(س) =
ق(٢) = ومنها (٣)

وبحل المعادلات الناتجة يكون الاقتران ق(س) =
وبحل المعادلات الناتجة يكون الاقتران ق(س) =

اختبار المشتقة الثانية في تعيين القيم القصوى Second Derivative Test

نظرية:

إذا كان ق(س) اقتراناً قابلاً للاشتقاق في فترة مفتوحة تحوي جـ وكان ق(جـ) = ٠ فإن:

- ١ ق(جـ) قيمة عظمى محلية، إذا كانت ق(جـ) > ٠
- ٢ ق(جـ) قيمة صغرى محلية، إذا كانت ق(جـ) < ٠
- ٣ يفشل تطبيق الاختبار إذا كانت ق(جـ) = ٠ ، أو ق(جـ) غير موجودة.



جد القيم العظمى والصغرى المحلية للاقتران ق(س) = ٣س - ٨س + ٦س^٢ ،
باستخدام اختبار المشتقة الثانية (إن أمكن).

مثال ٩ :

ق(س) متصل وقابل للاشتقاق في ح لأنه كثير حدود

$$ق(س) = ١٢س - ٢٤س^٢ + ١٢س^٣$$

$$ق(س) = ٠ ومنها ١٢س - ٢٤س^٢ + ١٢س^٣ = ٠$$

$$١٢س(١ - ٢س + ١س^٢) = ٠ ومنها إما س = ٠ أو س = ١$$

$$ق(س) = ١٢س - ٣٦س^٢ + ٤٨س^٣$$

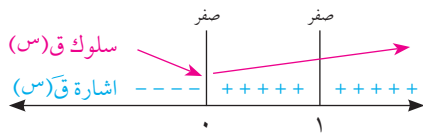
$$ق(٠) = ١٢ < ٠ إذن ق(٠) = ٠ قيمة صغرى محلية.$$

بما أن ق(١) = ٠ فلا نستطيع تحديد نوع القيمة القصوى ق(١) باستخدام اختبار المشتقة الثانية

لذا نلجأ إلى اختبار المشتقة الأولى.

من الشكل المجاور لا يوجد قيمة قصوى

محلية عند س = ١ (لماذا؟)



١ عيّن فترات التفرّج للأعلى وللأسفل لمنحنى الاقتران ق(س) في الحالات الآتية:

أ $ق(س) = (س^٢ - ٣س - ٤)(س + ٢)$ ، $س \in \mathbb{R}$

ب $ق(س) = \text{جاس} - س$ ، $س \in \left[\frac{\pi}{٢}, \frac{\pi}{٢}\right]$

ج $ق(س) = ٤س^٢ - ٣س + ٤$ ، $س \in [٤, ٠]$

د $ق(س) = (س - ٣) \cdot \frac{٣}{٢}$ ، $س \leq ٣$

هـ $ق(س) = \text{جا} \cdot \frac{س}{٢}$ ، $س \in [\pi, ٠]$

و $ق(س) = \text{هـس} \cdot \text{جتاس}$ ، $س \in [\pi ٢, ٠]$

ز $ق(س) = \left\{ \begin{array}{l} ١ - س \\ \frac{١}{٣} س \end{array} \right\}$ ، $١ > س \geq ٣$ ، $٥ \geq س > ٣$ ، $س^٣$

٢ حدد نقاط الانعطاف لمنحنى الاقتران ق(س) في الحالات الآتية (إن وجدت):

أ $ق(س) = س^٣ + س$

ب $ق(س) = \text{جتاس}$ ، $س \in [\pi ٢, ٠]$

ج $ق(س) = \sqrt[٣]{٥ - س}$

٣ جد القيم القصوى المحلية لكل من الاقترانات الآتية، وحدد نوع كل منها باستخدام اختبار المشتقة

الثانية (إن أمكن تطبيقها)، وفي حالة عدم إمكانية تطبيقها استخدم اختبار المشتقة الأولى:

أ $ق(س) = س^٣ + ٦س^٢$ ب $ق(س) = |س + ٦|$

٤ إذا كان للاقتران ق(س) = أ س^٢ + س^٣ نقطة انعطاف عند س = ١⁻ ، فجد قيمة / قيم الثابت أ.

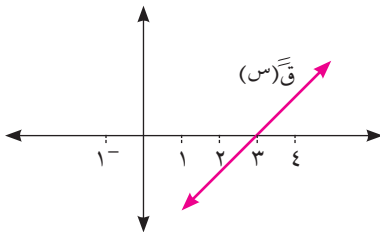
٥ الشكل المجاور يمثل منحنى الاقتران ق(س)

إذا علمت أن ق(٠) = ق(٦) = ٠ ، جد كلاً مما يأتي:

أ فترات التفرّج، ونقاط الانعطاف لمنحنى الاقتران ق(س)

ب القيم القصوى المحلية للاقتران ق(س)

ج فترات التزايد والتناقص لمنحنى الاقتران ق(س)



٦ إذا كان ق(س) اقتران كثير حدود من الدرجة الثالثة، يمر بمنحناه بالنقطة (١ ، ٥) وله نقطة انعطاف عند $s = ٢$ بحيث إن معادلة المماس عند نقطة الانعطاف هي: $٣س + ص = ٧$ ، جد قاعدة الاقتران ق(س).

٧ إذا كان للاقتران ق(س) = $س٤ - ٤س٣ + ك(س)$ نقطة انعطاف أفقي هي (١ ، ٢) ، وكان ع(س) = $ك٢(س)$ ، احسب ع(١).

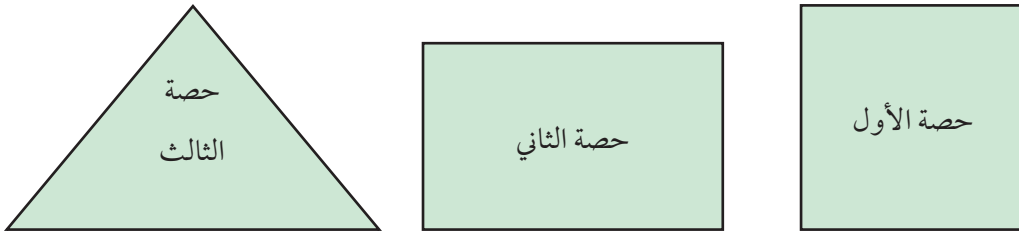
٨ إذا كان ق(س) اقتراناً متصلاً في الفترة $[-٣ ، ٢]$ ويحقق الشروط الآتية:
ق(٠) = ٠ ، ق(١) = ٠ ، ق(٢-) = ٠ ، ق(س) < ٠ عندما $س < ٠$ ، ق(س) > ٠ عندما $س > ٠$ ،
اعتمد على هذه المعلومات للإجابة عن الأسئلة الآتية:

- أ ما قيمة / قيم س التي يكون للاقتران ق(س) عندها قيم قصوى؟ وما نوع كل منها؟
- ب ما قيمة / قيم س التي يكون للاقتران ق(س) عندها نقط انعطاف؟
- ج حدد فترات التزايد والتناقص لمنحنى الاقتران ق(س).

نشاط ١:

أحمد مزارع فلسطيني يسكن مدينة يافا، ويملك أراضي واسعة من حقول البرتقال، أراد في أحد الأيام أن يختبر ذكاء أبنائه الثلاثة، فاشترى سياجاً طويلاً وقسّمه إلى ثلاثة أجزاء متساوية في الطول، وأعطى كلّا منهم جزءاً من السياج، وطلب أن يحيط كل واحد منهم جزءاً من الأرض بالسياج الذي أخذه؛ لتصبح الأرض التي أحاطها ملكاً له. سرّ الأبناء بهدية والدهم، وأراد كل منهم أن يحصل على أكبر مساحة ممكنة فاختر أحدهم جزءاً مربعاً من الأرض، واختار الثاني جزءاً مستطيلاً، أما الثالث فقد اختار جزءاً على شكل مثلث متساوي الساقين.

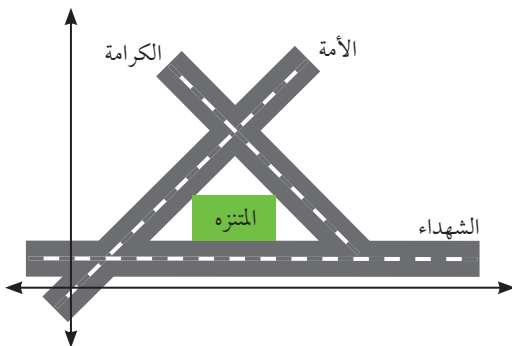
لو كنت أحد الأبناء، ما الشكل الذي ستختاره ؟ (ولماذا؟)



نشاط ٢:

قررت إحدى بلديات الوطن إنشاء مُتَنَزَّهٍ على شكل مستطيل، باسم الشهيد الراحل ياسر عرفات، أمام مبنى المقاطعة الذي دمره الاحتلال. وقد لاحظ مهندسو البلدية وجود شارعين متقاطعين وقرروا أن يكون رأسان من رؤوس المتنزه على الشارعين، والرأسان الآخران على شارع الشهداء (انظر الشكل) فإذا كانت معادلة الشارع الأول (شارع الأمة) على الخريطة هي $ص = هـ - (س)$ و $ص = ٢٠ س$ ومعادلة الشارع الثاني (شارع الكرامة) هي $ص = ق - (س)$ و $٤٢ = س$ وشارع الشهداء أفقي معادلته $ص = ٠$ ، فلمعرفة مساحة أكبر متنزه يمكن إنشاؤه نتبع ما يلي:

نفرض أن طول المتنزه (س)



$$\text{فيكون عرضه هو } هـ - (ع) = ٢٠$$

$$\text{وتكون مساحة المتنزه} = \text{الطول} \times \text{العرض}$$

$$\text{أي أن } م = س \times ٢٠ = ٢٠ س \text{ (لماذا؟)}$$

$$\text{لكن } هـ - (ع) = ق - (س + ع) \text{ (لماذا؟)}$$

$$\text{ومنها فإن } ٢٠ = ٤٢ - س - ع \text{ (لماذا؟)}$$

أي أن $ع = \dots\dots\dots$ وتصبح المساحة $م(س) = \frac{٢٠}{٢١} س (س - ٤٢)$
 ولتحديد أكبر قيمة للمساحة فإننا نستخدم مفهوم القيم القصوى
 $م = \dots\dots\dots$ ومنها $س = \dots\dots\dots$

وللتأكد من أن قيمة $س$ السابقة تجعل المساحة أكبر ما يمكن نجد $م$ ونكمل الحل.....
 إذن مساحة أكبر متنتره =

مثال ١ :

عدنان موجبان مجموعهما ٦٠، جد العددين إذا كان حاصل ضربهما أكبر ما يمكن.

الحل :

نفرض أن العددين هما $س$ ، $ص$ وأن حاصل ضربهما هو $م$ فيكون

$$م = س \times ص$$

$$لكن س + ص = ٦٠ ومنه ص = ٦٠ - س$$

$$م = س \times ص = س \times (٦٠ - س) = ٦٠س - س^٢$$

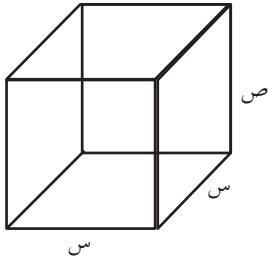
$$م = ٦٠ - ٢س$$

$$نجعل م = ٠ ومنها ٦٠ - ٢س = ٠ أي س = ٣٠$$

$$للتحقق م = ٢ - ومنها م = ٣٠ - ٢ = ٠ > ٢$$

(عند $س = ٣٠$ يكون حاصل الضرب أكبر ما يمكن).

فيكون العدنان هما ٣٠، ٣٠



مثال ٢ :

يراد صنع صندوق هدايا قاعدته مربعة الشكل من الكرتون
 المقوى حجمه ٨ دسم^٣، جد أبعاده بحيث تكون تكلفة
 تصنيعه أقل ما يمكن.

الحل :

نفرض طول ضلع قاعدة الصندوق (س دسم) وارتفاعه (ص دسم)

$$الحجم = الطول \times العرض \times الارتفاع$$

$$ح = س^٢ ص ومنها س^٢ ص = ٨$$

المساحة الكلية للصندوق = مساحة الجوانب الأربعة + مساحة القاعدتين

$$م = ٤س \times ص + ٢س^٢ ، لكن ص = \frac{٨}{٢س}$$

$$ومنها م = ٤س \times \frac{٨}{٢س} + ٢س^٢ = ٢س^٢ + \frac{٣٢}{س}$$

$$وبالاشتقاق ينتج أن: م' = \frac{٣٢}{س^٢} + ٤س وبوضع م' = ٠$$

$$\frac{٣٢}{س^٢} = ٤س ، أي أن س = ٢ ، ومنها س = ٢ دسم$$

$$م = \frac{٦٤}{٢} + ٤ = ٣٢$$

$$ومنها م = ٣٢ \left|_{س=٢} = ١٢ = ٤ + \frac{٦٤}{٨} < ٠ \text{ (صغرى محلية وحيدة فهي صغرى مطلقة)}$$

التكلفة تكون أقل ما يمكن عندما تكون قاعدة الصندوق مربعة طول ضلعها ٢ دسم، وارتفاع الصندوق ٢ دسم.



مثال ٣ :

جد أقصر مسافة بين النقطة ك (٠ ، ٢) ومنحنى العلاقة ص - س = ٨

الحل :

نفرض النقطة ل (س ، ص) على منحنى العلاقة

ونفرض ف = المسافة بين ك ، ل

$$\text{حسب قانون المسافة بين نقطتين } ف = \sqrt{(س - ٠)^٢ + (ص - ٢)^٢}$$

$$\text{لكن } ص = ٨ + س^٢ ، \text{ فتكون } ف = \sqrt{(س - ٠)^٢ + (٨ + س^٢ - ٢)^٢}$$

$$ف' = \frac{٤س - ٤}{\sqrt{٢س^٢ - ٤س + ١٢}}$$

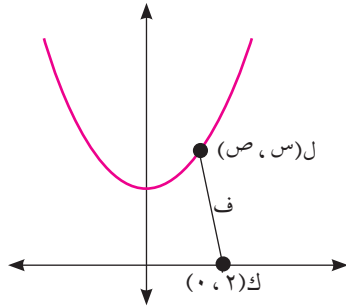
بوضع ف' = ٠ ينتج أن س = ١ (لماذا؟)

ومن إشارة ف' في الشكل المجاور

تكون المسافة أقصر ما يمكن عندما س = ١ ، ص = ٣ ±

ولأن للاقتران قيمة قصوى وحيدة فهي صغرى مطلقة

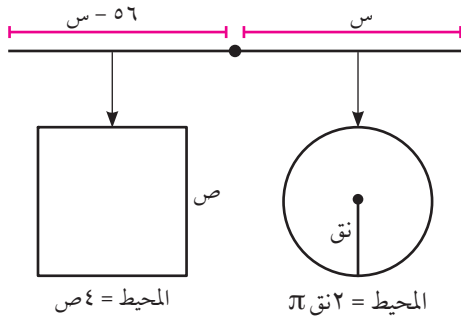
وتكون أقصر مسافة هي ف = $\sqrt{١٠}$ وحدة.



مثال ٤ :

سلك طوله ٥٦ سم قسم إلى جزأين، ثني أحدهما على شكل مربع، والجزء الآخر على شكل دائرة، ما أبعاد كل من المربع والدائرة ليكون مجموع مساحتهما أقل ما يمكن؟

الحل :



نفرض طول الجزء الذي صنع منه دائرة (س)

فيكون طول الجزء الثاني ٥٦ - س

$$س = ٢ \text{ نق} \quad \pi \text{ ومنها نق} = \frac{س}{\pi ٢}$$

$$\text{كما أن } ٥٦ - س = ٤ ص \text{ ومنها ص} = \frac{١}{٤} س - ١٤$$

$$\text{مجموع مساحتهما م} = \text{نق}^2 \pi + ص^2$$

$$م = \frac{س^2}{\pi ٤} + \left(\frac{١}{٤} س - ١٤ \right)^2$$

$$\text{ومنها م} = \frac{س^2}{\pi ٤} + \left(\frac{١}{٤} س - ١٤ \right)^2 = \frac{س}{\pi ٢} + ٧ - س$$

$$\text{نضع م} = ٠ \text{ ومنها } ٠ = \frac{س}{\pi ٢} + ٧ - س \text{ وبعد التبسيط ينتج أن } س = \frac{\pi ٥٦}{\pi + ٤}$$

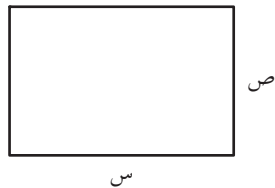
$$\text{ومنها نق} = \frac{٢٨}{\pi + ٤} \text{ ، ص} = \frac{١}{٤} \left(\frac{\pi ٥٦}{\pi + ٤} \right) - ١٤ = \frac{\pi ١٤}{\pi + ٤} - ١٤$$

$$\text{م} = \frac{١}{\pi ٢} + \frac{١}{٨} < ٠ \text{ (يوجد قيمة صغرى محلية، وبما أنها وحيدة فهي صغرى مطلقة)}$$

مثال ٥ :

أوجد أقل محيط ممكن لمستطيل مساحته ١٦ سم^٢

الحل :



نفرض طول المستطيل (س سم) وعرضه (ص سم)

$$\text{مساحة المستطيل م} = س ص = ١٦ \text{ ومنها ص} = \frac{١٦}{س}$$

$$\text{محيط المستطيل ح} = س + ٢ ص = س + \frac{٣٢}{س}$$

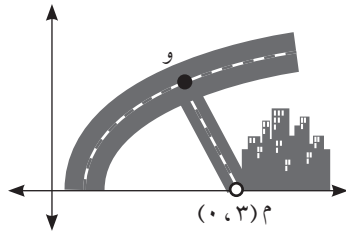
$$\text{ح} = س + \frac{٣٢}{س} \text{ وعندما ح} = ٠ \text{ يكون } ٠ = \frac{٣٢}{س} - ٢ \text{ ومنها س} = ٤$$

$$\text{ح} = \frac{٦٤}{٣} \text{ ومنها ح} = (٤) = ١ \text{ (موجب) } \leftarrow \text{المحيط أقل ما يمكن}$$

فيكون أقل محيط للمستطيل هو ١٦ سم

١ يريد رجل عمل حديقة مستطيلة الشكل في أرضه، وذلك بإحاطتها بسياج، فإذا كان لديه ٨٠ متراً من الأسلاك، فما مساحة أكبر حديقة يمكن للرجل إحاطتها؟

٢ مقلمة على شكل أسطوانة دائرية قائمة مفتوحة من أعلى سعتها ١٩٢ سم^٣ فإذا علمت أن سعر كل ١ سم^٢ من البلاستيك المستخدم لصنع القاعدة، يعادل ثلاثة أمثال سعر ١ سم^٢ من البلاستيك المستخدم في صنع الجوانب، جد أبعاد المقلمة ذات الأقل تكلفة.



٣ طريق منحنٍ معادلته في المستوى الديكارتي هي $\sqrt{y-3} = x-1$ ، النقطة م(٠، ٣)، تمثل موقع مستشفى، يراد شق شارع فرعي مستقيم من النقطة (و) إلى موقع المستشفى (م)، عيّن إحداثيات النقطة (و) ليكون طول الشارع (و م) أقل ما يمكن. (انظر الشكل المجاور).

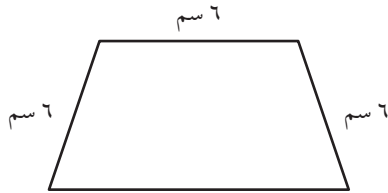
٤ جسم يسير في خط مستقيم بحيث إن بعده ف بالأمتار بعد ن ثانية يعطى بالعلاقة

$$f = \frac{\pi}{4}n + b \text{ جا } \frac{\pi}{4}n \text{ فإذا كانت السرعة المتوسطة للجسم في الفترة الزمنية } [2, 0]$$

هي ١٠ م/ث، وكانت سرعة الجسم أقل ما يمكن عند ن = ١ ث. احسب الثابتين أ، ب.

٥ في الساعة الثانية عشرة ظهراً كانت الباخرة ب على بعد ٣٠ كم شمال الباخرة أ وتسير غرباً بسرعة ١٠ كم / الساعة، فإذا كانت أ تسير شمالاً بسرعة ٢٠ كم في الساعة، فمتى تكون المسافة بين الباخرتين أقل ما يمكن؟

٦ جد حجم أكبر أسطوانة دائرية قائمة يمكن وضعها داخل مخروط دائري قائم ارتفاعه ١٢ سم، ونصف قطر قاعدته ٤ سم.



٧ شبه منحرف فيه ٣ أضلاع متساوية في الطول وطول كل منها ٦ سم، جد أكبر مساحة ممكنة لشبه المنحرف.

٨ أ ب ج د مستطيل عرضه أ ب = ٨ سم وطوله ب ج = ١٠ سم، م نقطة على الضلع أ ب بحيث أ م = س سم، ن نقطة على الضلع ب ج بحيث ن ج = $\frac{3}{4}$ س سم، جد قيمة س بحيث تكون مساحة المثلث م ن ج أكبر ما يمكن.

١ ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات (١-١٤):

١ إذا كان $Q(s) = \left. \begin{matrix} s^2 - s, & 0 \leq s \leq 1 \\ s - 1, & 1 < s \leq 3 \end{matrix} \right\}$ ، فما مجموعة قيم s التي يكون عندها

للاقتران $Q(s)$ نقطة حرجة في الفترة $[3, 0]$ ؟

أ) $\{3, 1, 0\}$ ب) $\{3, 0\}$ ج) $\{3, \frac{1}{2}, 0\}$ د) $\{3, 1, \frac{1}{2}, 0\}$

٢ ليكن $Q(s) = \sqrt{s^2 - 4}$ ، $s \in [2, -2]$ ، فما قيمة s التي يكون للاقتران $Q(s)$ عندها قيمة عظمى مطلقة؟

أ) -2 ب) 0 ج) 1 د) 2

٣ إذا كان $Q(s) = (s^2 - 1)^2 (s - 2)^4$ ، فما الفترة التي يكون فيها $Q(s)$ متناقصاً؟

أ) $[-\infty, -1]$ ب) $[-1, 1]$ ج) $[1, 2]$ د) $[2, \infty]$

٤ إذا كان $Q(s) = s^3 - 3s$ معرفاً في الفترة $[-3, 1]$ ، فما القيمة الصغرى المطلقة للاقتران $Q(s)$ ؟

أ) -36 ب) -18 ج) -3 د) -2

٥ إذا كان $Q(s)$ كثير حدود وكان $Q'(s) < 0$ عندما $s > 4$ ، $Q'(s) > 0$ عندما $s < 4$

وكان $Q(3) = 0$ ، فما العبارة الصحيحة دائماً من العبارات الآتية؟

أ) $Q'(3) = 0$ ب) $Q'(4) = 0$

ج) $Q(3)$ قيمة عظمى محلية د) $Q(3)$ قيمة صغرى محلية

٦ ما مجموعة جميع قيم J التي يمكن الحصول عليها من تطبيق نظرية رول على الاقتران $Q(s) = 8$ في الفترة $[0, 1]$ ؟

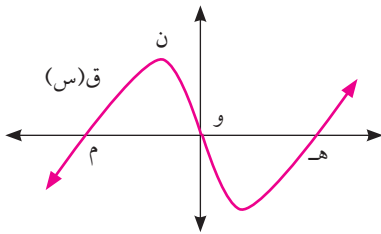
أ) $\{ \}$ ب) $\{0\}$ ج) $[0, 1]$ د) $[1, 0]$

٧ بالاعتماد على الشكل المجاور، الذي يمثل منحنى $Q(s)$

ما النقطة التي يكون عندها $Q(s)$ ، $Q'(s)$ موجبتين:

أ) هـ ب) ن

ج) م د) و



٨ إذا كان $q(s)$ اقتراناً متصلًا على $[1, 3]$ وكان $q'(s) > 0$ لجميع قيم $s \in [1, 3]$ ، $q(1) = 3$ ، $q(3) = 0$ له ثلاث نقاط حرجة فقط في $[1, 3]$ وكان $q'(2) = 0$ ، فما العبارة الصحيحة مما يأتي؟

(أ) $q'(0) < 0$ (ب) $q'(0) < q'(2)$

(ج) $q'(0) = q'(2)$ (د) $q'(0) > q'(2)$

٩ ما قيمة الثابت m التي تجعل لمنحنى الاقتران $q(s) = s^3 + ms^2 - 9s$ نقطة انعطاف عند $s = 1$ ؟

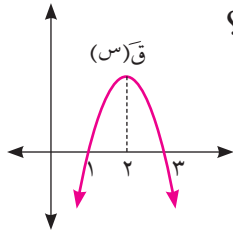
(أ) ٣ (ب) ٦ (ج) ٣- (د) ٤-

١٠ ما قيمة J التي تحددها نظرية القيمة المتوسطة على الاقتران $q(s) = s^2 + s - 6$ في $[-1, 2]$ ؟

(أ) $\frac{5}{2}$ (ب) $\frac{3}{2}$ (ج) $\frac{1}{2}$ (د) $\frac{1}{2}$

١١ إذا كان $q(s) = |s|$ فما العبارة الصحيحة فيما يأتي؟

(أ) $q'(1)$ غير موجودة (ب) $q'(0)$ قيمة عظمى محلية
(ج) $q'(0)$ قيمة صغرى محلية (د) $q'(0)$ نقطة انعطاف



١٢ الشكل المجاور يمثل منحنى $q(s)$ ، ما مجموعة حل المتباينة $q'(s) < 0$ ؟

(أ) $[1, 3]$ (ب) $[2, \infty)$

(ج) $[-2, \infty)$ (د) $[-1, 3] \cup [3, \infty)$

١٣ إذا كان $q(s)$ كثير حدود من الدرجة الثالثة معرفاً على $[a, b]$ ، ما أكبر عدد ممكن من النقاط الحرجة يمكن أن نحصل عليها للاقتران $q(s)$ ؟

(أ) ١ (ب) ٢ (ج) ٣ (د) ٤

١٤ إذا كان $q(s) = \cos s$ ، $s \in [\frac{\pi}{4}, \pi]$ ، متى يكون منحنى $q(s)$ متزايداً؟

(أ) $[\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}]$ (ب) $[\pi, \frac{\pi}{4}]$ (ج) $[\pi, \frac{\pi}{2}]$ (د) $[\frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{4}]$

أجب عن الأسئلة الآتية (٢ - ١٣):

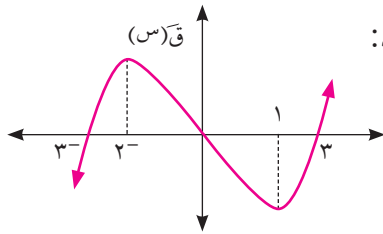
٢ إذا كان $ق(س) = جاس + جتاس$ ، $س \in [0, \frac{\pi}{4}]$ أثبت أن $ق(س)$ متزايد على مجاله.

٣ جد فترات التزايد والتناقص والقيم القصوى المحلية للاقتران $ق(س) = \frac{س + ١}{س^٢ + ٣}$.

٤ إذا كان $ق(س) = س^٢ - س^٣ - ٥$ يحقق شروط نظرية رول على $[-١, ١]$ جد قيمة/ قيم الثابت أ.

٥ إذا كان $ق(س) = س^٣ - س^٣س - ٩س + ٥$ معرّف في الفترة $[-٢, ٦]$ جد:

- أ القيم القصوى المطلقة للاقتران $ق(س)$.
- ب فترات التقعر للأعلى وللأسفل لمنحنى الاقتران $ق(س)$.
- ج نقط الانعطاف، وزوايا الانعطاف لمنحنى الاقتران $ق(س)$.



٦ معتمداً على الشكل المجاور، الذي يمثل منحنى الاقتران $ق(س)$ جد:

- أ فترات التقعر للأعلى وللأسفل لمنحنى الاقتران $ق(س)$.
- ب الإحداثيات السينية لنقط الانعطاف.

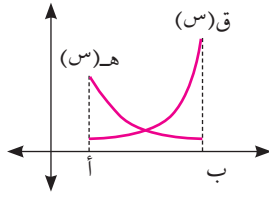
٧ إذا كان الاقتران $ق(س)$ كثير حدود معرّف على $[٢, ٦]$ ويقع منحناه في الربع الأول، ومتناقصاً على

مجاله، وكان الاقتران $هـ(س) = ٨ - س$ بيّن أن الاقتران $ك(س) = (ق \times هـ)(س)$ متناقص في $[٢, ٦]$.

٨ ما أبعاد أكبر مخروط دائري قائم يمكن وضعه داخل كرة نصف قطرها ١٠ سم؟

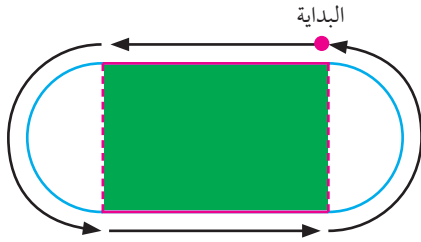
٩ إذا كان $ق(س) = جتاس - هـ(س) + س^٣$ ، $س \in [0, \frac{\pi}{4}]$ ، حيث $هـ(س)$ قابل للاشتقاق، أثبت أن

الاقتران $(ق + هـ)(س)$ متزايد في تلك الفترة.



١٠ الشكل المجاور يبين منحنى الاقترانين ق ، هـ المعرفين على [أ ، ب] يبين أن
الاقتران $\frac{ق(س)}{هـ(س)}$ هو اقتران متزايد على [أ ، ب].

١١ إذا كان ق(س) كثير حدود من الدرجة الثالثة، جد قاعدة الاقتران ق(س) إذا علمت أن النقطة
(٢ ، ١) هي نقطة قيمة صغرى محلية، وأن النقطة (٠ ، ٣) هي نقطة انعطاف للاقتران ق(س).



١٢ مسار للسباق طوله ٤٠٠ م، يحيط بميدان على شكل مستطيل
في كل من طرفيه نصف دائرة. ما أبعاد المستطيل التي تجعل
مساحته أكبر ما يمكن؟

١٣ سلك طوله ١٨ سم، صنع منه مثلثان كل منهما متساوي الأضلاع، ما طول ضلع كل من المثلثين ليكون
مجموع مساحتهما أصغر ما يمكن؟

المصفوفات والمحددات

Matrices and Determinants

توزيع أعداد الطلبة في بعض محافظات فلسطين للعام الدراسي ٢٠١٤/٢٠١٥ (حكومية وخاصة ووكالة)					
الرقم	المديرية	اللون	عدد الطلبة		
			ذكور	إناث	المجموع
1	القدس		19430	21312	40742
2	شمال غزة		42721	43850	86571
3	جنوب نابلس		12873	13316	26189
4	جنوب الخليل		24360	25227	49587
5	الوسطى		37081	36837	73918
6	طولكرم		22858	22942	45800
7	رام الله		40889	41610	82499
8	بيت لحم		25931	26405	52336
المجموع			226143	231499	457642

إذا طلب منك إعادة تنظيم بيانات المديرية حسب اللون المجاور لكل منها، فكيف يمكنك ترتيبها بطريقة منظمة تساعد في دراستها؟ ماذا يمثل كل لون؟

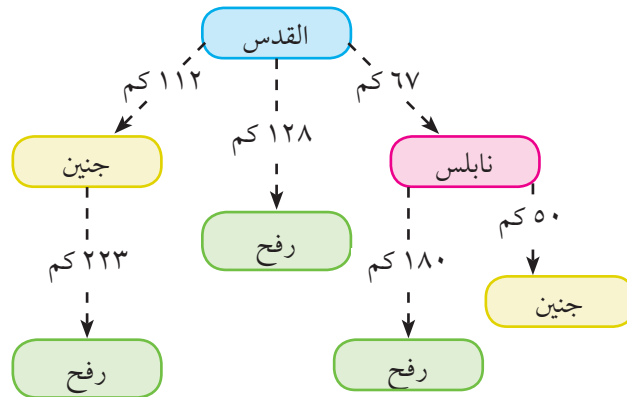
سوف نتناول في هذه الوحدة المصفوفة والعمليات عليها، وكيفية إيجاد المحدد، والنظير الضربي للمصفوفة المربعة، وكيفية توظيف المصفوفات المربعة في حل أنظمة المعادلات الخطية وبعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة، وليكون طلبتنا قادرين على توظيف ما تعلموه في هذه الوحدة في الحياة العملية، ويتوقع من الطالب أن يحقق الأهداف الآتية:

- ١ التعرف إلى المصفوفة، وبعض المصفوفات الخاصة.
- ٢ إيجاد رتبة المصفوفة، وعدد مدخلاتها.
- ٣ التعرف إلى شروط تساوي مصفوفتين، وحل معادلات ناتجة من تساويهما.
- ٤ إجراء العمليات على المصفوفات.
- ٥ التعرف إلى مفهوم المحددات، وخصائصها.
- ٦ حساب محدد المصفوفات المربعة من الرتبة الأولى والثانية والثالثة، وتمييز المنفردة منها.
- ٧ إيجاد النظير الضربي للمصفوفات المربعة غير المنفردة من الرتبة الثانية.
- ٨ توظيف المصفوفات في حل أنظمة معادلات خطية.

نشاط ١:



تريد مجموعة من السياح التنقل بين بعض مدن فلسطين، فجمعت المعلومات الخاصة بالمسافات بين هذه المدن وهي: من القدس: إلى جنين ١١٢ كم، وإلى نابلس ٦٧ كم، وإلى رفح ١٢٨ كم ومن نابلس: إلى جنين ٥٠ كم، وإلى رفح ١٨٠ كم. ومن جنين إلى رفح ٢٢٣ كم. ولتسهيل التعامل مع هذه المعلومات، رتبها أحد السياح كما يأتي:



ما رأيك بهذا التمثيل؟ هل يعطي الصورة الحقيقية للمسافات بين المدن؟ حاول تمثيل المعلومات السابقة بطرق أخرى؟
إن تنظيم هذه المعلومات له طرق متعددة، وسيتم التعرف على تنظيم جديد للبيانات، يسمى «المصفوفة».

تعريف:

المصفوفة هي تنظيم مستطيل الشكل لمجموعة من الأعداد، على هيئة صفوف وأعمدة محصورة بين قوسين [] ويرمز لها بأحد الأحرف أ، ب، وتسمى الأعداد داخل المصفوفة مدخلات.

تحدد رتبة المصفوفة بعدد الصفوف وعدد الأعمدة فيها، على النحو م × ن حيث م يمثل عدد صفوفها، ن يمثل عدد أعمدها (وتقرأ م في ن).
عدد مدخلات المصفوفة = عدد صفوفها × عدد أعمدها.



* أول من قدم المصفوفات بصورتها الحالية هو العالم الرياضي A. Cayley. عام ١٨٥٧م.

الصورة العامة للمصفوفة من الرتبة $m \times n$ تكون على النحو:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} = a_{m \times n}$$

وتحدد أي مدخلة فيها بحسب الصف والعمود الواقعة فيها، فالمدخلة التي تقع في تقاطع الصف i مع العمود j هي المدخلة a_{ij} .

مثال ١ : إذا كانت $A = \begin{bmatrix} 2 & 4 \\ 1 & 5 \\ 0 & 7 \end{bmatrix}$ ، $B = \begin{bmatrix} 6 & 5 & 3 \\ 8 & 4 & 1 \end{bmatrix}$

١) جد رتبة كل من المصفوفتين A ، B ٢) جد a_{21} ، b_{12}

الحل : ١) المصفوفة A تتكون من ٣ صفوف وعمودين فهي من الرتبة 3×2

والمصفوفة B من الرتبة 2×3

٢) قيمة المدخلة $a_{21} = 1$ ، $b_{12} = 5$

أنواع خاصة من المصفوفات:

١) المصفوفة المربعة: هي المصفوفة التي يكون عدد صفوفها = عدد أعمدها = n ، وتسمى عندئذ مصفوفة مربعة من الرتبة n .

٢) مصفوفة الوحدة: ويرمز لها بالرمز (I) وهي مصفوفة مربعة، وتكون مدخلاتها على النحو الآتي:

$$I_n = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

فمثلاً $I_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ ، $I_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ وهكذا ...

٣) المصفوفة الصفرية (O): هي المصفوفة التي جميع مدخلاتها أصفار، مثل $O_{3 \times 2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$

٤ مصفوفة الصف: هي المصفوفة المكونة من صف واحد مثل $\begin{bmatrix} ٤ & ١ & ٢ \end{bmatrix}$

٥ مصفوفة العمود: هي المصفوفة المكونة من عمود واحد مثل $\begin{bmatrix} ٨ \\ ٢ \\ ٩ \end{bmatrix}$

٦ المصفوفة القطرية: هي المصفوفة المربعة $n \times n$ بحيث $a_{ii} \neq 0$ ، $a_{ij} = 0$ ، $i \neq j$

مثل $\begin{bmatrix} ١١س & ٠ & ٠ \\ ٠ & ٢٢س & ٠ \\ ٠ & ٠ & ٣٣س \end{bmatrix}$ ، ونسمي القطر الذي مدخلاته: a_{ii} ، $i = ١, ٢, ٣$

بالقطر الرئيسي للمصفوفة A .

٧ المصفوفة المثلثية العلوية: هي المصفوفة المربعة التي تكون مدخلاتها التي تحت القطر الرئيسي أصفاراً،

مثل: $\begin{bmatrix} ١١س & ٠ & ٠ \\ ٢٢س & ٢٢س & ٠ \\ ٣٣س & ٠ & ٠ \end{bmatrix}$ ، $\begin{bmatrix} ١١س & ٠ \\ ٢٢س & ٢٢س \end{bmatrix}$ ، $\begin{bmatrix} ١١س & ٢١س & ٣١س \\ ٢٢س & ٢٢س & ٢٢س \\ ٣٣س & ٠ & ٠ \end{bmatrix}$

مثال ٢: لديك المصفوفات $A = \begin{bmatrix} ٨ & ٣ & ٢ \\ ٩ & ٥ & ١ \end{bmatrix}$ ، $B = \begin{bmatrix} ١ & ٠ \\ ٠ & ١ \end{bmatrix}$ ، $C = \begin{bmatrix} ٨ \\ ٢ \\ ٥ \end{bmatrix}$

- ١ ما نوع المصفوفة جـ؟
- ٢ هل ب مصفوفة وحدة؟
- ٣ ما مجموع مدخلات العمود الثاني من المصفوفة أ؟

- الحل :
- ١ المصفوفة جـ هي مصفوفة عمود.
 - ٢ المصفوفة ب ليست مصفوفة وحدة. (لماذا؟)
 - ٣ مجموع مدخلات العمود الثاني من المصفوفة أ يساوي ٢

كُوت يسمين المصفوفة ك من الرتبة 3×3 حسب الشروط الآتية

$$\left. \begin{array}{l} \text{ك} = \begin{cases} \text{ي} + \text{هـ} , & \text{ي} > \text{هـ} \\ \text{ي} - \text{هـ} , & \text{ي} < \text{هـ} \\ \frac{\text{ي}}{\text{ي} + \text{هـ}} , & \text{ي} = \text{هـ} \end{cases} \end{array} \right\}$$

فكانت قيمة المدخلة ك_{١٢} = ١ ، قيمة المدخلة ك_{٢١} = ، $\sum_{\text{ي}=1}^3 \text{ك} = \text{.....}$
مدخلات القطر الرئيسي هي

تساوي مصفوفتين

تعريف:



تساوي المصفوفتان أ ، ب إذا كان لهما نفس الرتبة، وكانت مدخلاتها المتناظرة متساوية.
وبالرموز نقول أن أ = ب إذا وفقط إذا كان أ_{ي هـ} = ب_{ي هـ} لجميع قيم ي ، هـ .

$$\text{إذا كانت أ} = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 4 \end{bmatrix} , \text{ ب} = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 5 & 4 \end{bmatrix} , \text{ ج} = \begin{bmatrix} 3 & \text{س} \\ \sqrt{4} & \text{ص}^2 \end{bmatrix}$$

مثال ٣:

١ هل أ = ب؟ ولماذا؟

٢ جد قيم س ، ص ، ع التي تجعل أ = جـ

١ أ ≠ ب لأن أ_{١١} ≠ ب_{١١}

الحل :

٢ بما أن أ = جـ ، فتكون مدخلاتها المتناظرة متساوية، ومنها س = ٢ ، ص^٢ = ٤

أي أن ص = ٢ ± وكذلك $\sqrt{4} = ٥$ ومنها ع = ٢٥ .

- ١ ينتج مصنع ألبان نوعين من العبوات: حجم كبير، وحجم صغير، فإذا كان لهذا المصنع فروع في كل من: الخليل وطولكرم وغزة، وكان عدد العبوات التي ينتجها كل فرع يومياً كما يأتي:
- فرع الخليل: ٨٠٠ عبوة من الحجم الكبير، ٩٠٠ عبوة من الحجم الصغير.
- فرع طولكرم: ٦٠٠ عبوة من الحجم الكبير، ٤٥٠ عبوة من الحجم الصغير.
- فرع غزة: ٧٥٠ عبوة من الحجم الكبير، ٦٥٠ عبوة من الحجم الصغير.
- أ نظم المعلومات السابقة بمصفوفة، بحيث تمثل الصفوف فيها أنواع العبوات، ثم اكتب رتبتهما؟
- ب ماذا يمثل مجموع مدخلات العمود الثاني؟

٢ إذا كانت $A = \begin{bmatrix} 2 & 5 & -4 \\ 6 & 2 & س \\ 1 & -س & 7 \\ 3 & 20 & 7 \end{bmatrix}$ فجد:

- أ رتبة المصفوفة أ ب قيمة $(أ_{١٢} + أ_{٣١})$ ج قيمة س بحيث إن: $(أ_{٣٣}) = ٢٧$

٣ إذا كانت $\begin{bmatrix} 2 & ٢س + ١ \\ 5 & ٢ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ١٠ & ٢ \\ ١ - س & ٥ \end{bmatrix}$ ، فجد قيمة / قيم س.

- ٤ كَوْن مصفوفةً مربعةً من الرتبة ٢ بحيث تعطى مدخلاتها حسب العلاقة $أ_{ي-هـ} = ٢ - ي - هـ$

٥ إذا كانت $A = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 2- \\ 5 & 3- & 6 \end{bmatrix}$ ، فجد المصفوفة ب من الرتبة ٢×٣

بحيث إن $أ_{ي-هـ} = ب_{هـي}$ لجميع قيم ي، هـ

أولاً: جمع المصفوفات:

نشاط ١:



تبيع شركة ألبسة بدلات رياضية في فرعها في كل من بيت لحم ونابلس، فإذا كانت ألوان البدلات المبعة أحمر وأزرق وأبيض، وسجلت أعداد البدلات التي تم بيعها في الفرعين خلال شهري أيلول وتشيرين أول من العام ٢٠١٦ فكانت كما في الجدول الآتي:

الفرع	الشهر	اللون		
		أحمر	أزرق	أبيض
نابلس	أيلول	٤٠٠	٤٠٠	٥٠٠
	تشرين ١	٣٠٠	٥٠٠	٢٨٠
بيت لحم	أيلول	٥٠٠	٤٠٠	٨٠٠
	تشرين ١	٣٠٠	٣٥٠	٢٥٠

١ إذا مثلنا ما باعه فرع نابلس في الشهرين المذكورين بالمصفوفة س = $\begin{bmatrix} ٥٠٠ & ٤٠٠ & ٤٠٠ \\ ٢٨٠ & ٥٠٠ & ٣٠٠ \end{bmatrix}$ فإن رتبته.....

٢ مثل ما باعه فرع بيت لحم في الشهرين المذكورين بالمصفوفة ص، وعين رتبته.

٣ هل المصفوفتان س، ص من نفس الرتبة؟

٤ هل يمكن إيجاد مصفوفة (ع) تمثل مجموع ما باعتته الشركة من البدلات في فرعها في المدينتين؟

٥ كَوْن المصفوفة ع (إن أمكن).

تعريف:

إذا كانت أ، ب مصفوفتين من الرتبة م × ن، فإن ج = أ + ب هي مصفوفة من الرتبة م × ن مدخلاتها ناتجة من جمع المدخلات المتناظرة في كل من أ، ب أي أن: ج_{ي هـ} = أ_{ي هـ} + ب_{ي هـ}



مثال ١ : إذا كانت $\begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 5 \end{bmatrix} = \text{س}$ ، $\begin{bmatrix} 7 & 5 \\ 4 & 3 \end{bmatrix} = \text{ص}$ ، $\begin{bmatrix} 5 & 7 & 3 \\ 6 & 1 & 2 \end{bmatrix} = \text{ع}$ ،

جد ناتج ما يأتي (إن أمكن) ١ س + ص ٢ ص + س ٣ ص + ع

الحل : ١ س + ص $\begin{bmatrix} 4 & 7 \\ 0 & 8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7+3 & 5+2 \\ 4+4 & 3+5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 & 7 \\ 8 & 8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7 & 5 \\ 4 & 3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 5 \end{bmatrix} = \text{ص} + \text{س}$

٢ ص + س $\begin{bmatrix} 4 & 7 \\ 0 & 8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 7 & 5 \\ 4 & 3 \end{bmatrix} = \text{س} + \text{ص}$ (ماذا تلاحظ؟)

٣ ص + ع غير معرفة؛ لأن رتبة ص $\neq$ رتبة ع.

ثانياً: ضرب المصفوفة بعدد حقيقي

تعريف:

إذا كانت أ مصفوفة من الرتبة $m \times n$ ، وكان ك عدداً حقيقياً، فإن $ك أ = ج$ ، حيث ج مصفوفة من الرتبة $m \times n$ ، وتكون مدخلاتها على النحو: $ج_{ij} = ك أ_{ij}$ لجميع قيم i, j .



مثال ٢ : إذا كانت أ $\begin{bmatrix} 1 & 4 & 3 \\ 5 & 0 & 2 \end{bmatrix}$ ، فجد ١ أ٢ ٢ أ- ٣ أ + (أ-)

الحل : ١ أ٢ $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 6 \\ 10 & 0 & 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \times 2 & 4 \times 2 & 3 \times 2 \\ 5 \times 2 & 0 \times 2 & 2 \times 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 8 & 6 \\ 10 & 0 & 4 \end{bmatrix}$

٢ أ- $1- = أ(1-) = أ-$ $\begin{bmatrix} 1 & 4 & 3 \\ 5 & 0 & 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1- & 4- & 3 \\ 5- & 0 & 2 \end{bmatrix}$

٣ أ + (أ-) $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1- & 4- & 3 \\ 5- & 0 & 2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 4 & 3 \\ 5 & 0 & 2 \end{bmatrix} = (أ-) + أ$ (فسّر الإجابة).

مثال ٣ : إذا كانت $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 5 \end{bmatrix}$ ، $B = \begin{bmatrix} 3 & 4 \\ 7 & 3 \end{bmatrix}$ فجد $2A + 3B$

الحل :

$$2A + 3B = 2 \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 5 \end{bmatrix} + 3 \begin{bmatrix} 3 & 4 \\ 7 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 4 \\ 2 & 10 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 9 & 12 \\ 21 & 9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11 & 16 \\ 23 & 19 \end{bmatrix}$$

ثالثاً: طرح المصفوفات

تعريف:

إذا كانت A ، B مصفوفتين من نفس الرتبة $m \times n$ ، فإن $A - B = A + (-B)$



مثال ٤ : إذا كانت $A = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$ ، $B = \begin{bmatrix} 3 & 4 \\ 5 & 0 \end{bmatrix}$ فجد المصفوفة $A - B$

الحل :

$$A - B = A + (-B) = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -3 & -4 \\ -5 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ -3 & 1 \end{bmatrix}$$

أو: $A - B = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 3 & 4 \\ 5 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2-3 & 3-4 \\ 2-5 & 1-0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ -3 & 1 \end{bmatrix}$

لاحظ أن مدخلات $B - A$ تنتج من طرح مدخلات المصفوفة A من المدخلات المناظرة لها في المصفوفة B

خصائص جمع المصفوفات وضربها بعدد حقيقي:

إذا كانت (A, B, C, D) مصفوفات من نفس الرتبة، $k \in \mathbb{R}$ فإن:

- ١ $A + B = B + A$ (الخاصية التبادلية)
- ٢ $(A + B) + C = A + (B + C)$ (الخاصية التجميعية)
- ٣ $A + O = O + A = A$ (المصفوفة الصفرية المحايدة لعملية جمع المصفوفات)
- ٤ $A + (-A) = (-A) + A = O$ (النظير الجمعي)
- ٥ $k(A + B) = kA + kB$ (توزيع الضرب بعدد حقيقي على جمع المصفوفات)

مثال ٥ : حل المعادلة المصفوفية $S + \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 6 \\ 1 & 5 \end{bmatrix}$

الحل : بإضافة النظير الجمعي للمصفوفة $\begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ إلى طرفي المعادلة تصبح:

$$\begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 3 & 6 \\ 1 & 5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} + \left(\begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} + S \right)$$

$$\begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 3 & 6 \\ 1 & 5 \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \right) + S$$

$$\begin{bmatrix} 6 & 8 \\ 1 & 6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6 & 4 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} + S \text{ أي أن } S = \begin{bmatrix} 6 & 4 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 6 & 8 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$$

تدريبات:

١ أ إذا كانت $A = \begin{bmatrix} 5 & 3 & 2 \\ 2 & 6 & 1 \end{bmatrix}$ ، $B = \begin{bmatrix} 6 & 1 & 4 \\ 8 & 5 & 2 \end{bmatrix}$ ، فجد $B + A$ ، $A - B$

ب إذا كانت $C = \begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 4 & 2 \end{bmatrix}$ ، $D = \begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 5 & 2 \end{bmatrix}$ ، فبين أن: $C + D = 9M$

٢ حل المعادلة المصفوفية: $2 \begin{bmatrix} 5 & 1 \\ 2 & 5 \end{bmatrix} - 3S = 3M + 2M$

٣ إذا كانت $C = \begin{bmatrix} 5 & 2 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$ فجد المصفوفة A بحيث: $A + C = 0$

٤ جد قيم S ، V الحقيقية التي تحقق المعادلة: $S + \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 9 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 5 \end{bmatrix}$

٥ إذا كانت $S + 2V = \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 11 & 2 \end{bmatrix}$ ، $3S - V = \begin{bmatrix} 5 & 3 \\ 5 & 8 \end{bmatrix}$ فجد المصفوفتين S ، V .

نشاط ٢:

بعد انتهاء المرحلة الأولى من دوري كرة القدم الفلسطيني في المحافظات الشمالية للعام ٢٠١٦/٢٠١٧م، كانت الفرق الثلاثة الأولى، هي: (ثقافي طولكرم (ط)، وهلال القدس (ق)، وشباب السمّوع (س)، فإذا علمت أن مصفوفة نتائج مباريات هذه الفرق هي:



$$\begin{matrix} & \text{س} & \text{ق} & \text{ط} \\ \text{فوز} & 5 & 8 & 7 \\ \text{تعادل} & 3 & 2 & 3 \\ \text{خسارة} & 3 & 1 & 1 \end{matrix} = \text{ش}$$

وأن الفريق الفائز يحصل على ٣ نقاط، والمتعادل يحصل على نقطة واحدة، والخاسر لا يحصل على أي نقطة.

١ إذا كانت المصفوفة ص = $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 3 \end{bmatrix}$ تمثل النقاط التي يحصل عليها الفريق في أي مباراة يلعبها،

والمصفوفة ع = $\begin{bmatrix} 8 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$ تمثل نتائج مباريات فريق هلال القدس، كم نقطة يكون رصيد هذا الفريق؟

٢ كَوْن مصفوفة تمثل نتائج الفرق الثلاثة من النقاط، ثم رتّب الفرق تنازليًا حسب عدد النقاط.

تعريف:



إذا كانت أ مصفوفة من الرتبة م × ن، ب مصفوفة من الرتبة ن × ل، فإن حاصل الضرب أ . ب = جـ، حيث جـ مصفوفة من الرتبة م × ل، وتكون مدخلات المصفوفة جـ على النحو جـ_{ي هـ} = أ_{ي ١} × ب_{١ هـ} + أ_{ي ٢} × ب_{٢ هـ} + ... + أ_{ي ن} × ب_{ن هـ}

$$\text{لتكن أ} = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 0 & 4 & 5 \end{bmatrix}, \text{ ب} = \begin{bmatrix} 2 & 5 \\ 6 & 3 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}, \text{ جـ} = \begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 5 & 3 \end{bmatrix}$$

مثال ٦:

فأي العمليات الآتية تكون معرفة: ١ أ . جـ ٢ أ . ب ٣ ب . جـ

الحل :

- ١ أ من الرتبة 2×3 ، ج من الرتبة 2×2 ، فإن أ . ج غير معرفة. (لماذا؟)
- ٢ أ . ب معرفة لأن عدد أعمدة أ = عدد صفوف ب.
- ٣ ب . ج معرفة أيضاً. (لماذا؟)

مثال ٧ :

العدد	خيّاط ١	خيّاط ٢	خيّاط ٣
قميص	٢	٣	٢
بنطال	٤	٢	٥
بلوزة	٦	٥	٢

يعمل ثلاثة خيّاطين في مشغلٍ للخياطة، ينتج ثلاثة أنواع من الألبسة (قميص، بنطال، بلوزة)، فإذا كانت أجرة خياطة القميص ٥ دنانير، وأجرة خياطة البنطال ٦ دنانير، وأجرة خياطة البلوزة ٣ دنانير، وفي أحد الأيام كان إنتاجهم كما في الجدول المجاور. ما الأجرة التي حصل عليها كل خياط في ذلك اليوم؟

الحل :

لحساب أجرة الخيّاط الأول مثلاً، فإننا نجري العمليات الآتية:
 $52 = 6 \times 3 + 4 \times 6 + 2 \times 5$ ديناراً.

ولكن باستخدام المصفوفات يمكن تحديد أجرة كل خيّاط، بحيث نكون مصفوفتين: الأولى

مصفوفة أجرة خياطة القطعة الواحدة من كل نوع، وهي س = $\begin{bmatrix} 3 & 6 & 5 \end{bmatrix}$

والثانية مصفوفة كميات إنتاج الخيّاطين ذلك اليوم وهي ج = $\begin{bmatrix} 2 & 3 & 2 \\ 5 & 2 & 4 \\ 2 & 5 & 6 \end{bmatrix}$

وعليه فأجرة كل خيّاط تستخرج من ناتج الضرب س . جـ

أي أن: س . جـ = $\begin{bmatrix} 3 & 6 & 5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 & 3 & 2 \\ 5 & 2 & 4 \\ 2 & 5 & 6 \end{bmatrix}$

$$= \begin{bmatrix} 2 \times 3 + 5 \times 6 + 2 \times 5 & 5 \times 3 + 2 \times 6 + 3 \times 5 & 6 \times 3 + 4 \times 6 + 2 \times 5 \\ 46 & 42 & 52 \end{bmatrix}$$

وتكون أجرة الخيّاط الأول ٥٢ ديناراً، والثاني ٤٢ ديناراً، والثالث ٤٦ ديناراً.

مثال ٨ :

إذا كانت $A = \begin{bmatrix} 5 & 3- \\ 6 & 1 \end{bmatrix}$ ، $B = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 4 \\ 2- & 9 & 5- \end{bmatrix}$ فجد (إن أمكن):

- ١ أ. جـ ٢ ج. أ

الحل :

١ بما أن رتبة A هي 2×2 ، رتبة B هي 3×2 فإنه يمكن إيجاد ناتج الضرب على النحو أ. جـ

$$\begin{bmatrix} 2- \times 5 + 2 \times 3- & 9 \times 5 + 1 \times 3- & 5- \times 5 + 4 \times 3- \\ 2- \times 6 + 2 \times 1 & 9 \times 6 + 1 \times 1 & 5- \times 6 + 4 \times 1 \end{bmatrix} =$$

$$L = \begin{bmatrix} 16- & 42 & 37- \\ 10- & 55 & 26- \end{bmatrix} =$$

لاحظ أن المدخلة $L_{21} = 42$ ، ناتجة من ضرب مدخلات الصف الأول من A مع ما يناظرها من مدخلات العمود الثاني من B .

- ٢ لا يمكن إيجاد حاصل الضرب ج. أ (لماذا؟)

نشاط ٣ :

إذا كانت $A = \begin{bmatrix} 5 & 2 \\ 0 & 2- \end{bmatrix}$ ، $B = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 5 & 7 \end{bmatrix}$ ، فجد (إن أمكن) كلاً من: أ. ب ، ب. أ.

١ أ. ب = $\begin{bmatrix} 29 & 41 \\ 4- & 6- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 5 & 7 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 5 & 2 \\ 0 & 2- \end{bmatrix}$

٢ ب. أ = $\begin{bmatrix} 5 & 2 \\ 0 & 2- \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 5 & 7 \end{bmatrix} = \dots\dots\dots$ ماذا تستنتج؟

مثال ٩ :

لتكن A مصفوفة من الرتبة $2 \times n$ ، B مصفوفة من الرتبة $5 \times k$ فما قيم كل من n ، k التي تجعل أ. ب ، ب. أ معرفتين؟

الحل :

حتى يكون أ. ب معرفاً فإن قيمة $n = 5$ ، وليكون ب. أ معرفاً فإن قيمة $k = 2$ (لماذا؟)

مثال ١٠: جد ناتج $\begin{bmatrix} 3 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \left(\begin{bmatrix} 5 & 4 \\ 2 & 1 \\ 3 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 \end{bmatrix} \right)$

الحل: $\begin{bmatrix} 3 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 13 & 11 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 46 \end{bmatrix}$ ، ما رتبة المصفوفة الناتجة؟

خصائص عملية الضرب على المصفوفات:

إذا كانت أ، ب، ج مصفوفات حيث أن عمليتي الضرب والجمع معرفتان، م المصفوفة المحايدة، ك $\exists$ فإن:

- ١ (أ. ب). ج = أ. (ب. ج) الخاصية التجميعية.
- ٢ أ. (ب + ج) = (أ. ب) + (أ. ج) توزيع الضرب على الجمع من اليمين.
- ٣ (أ + ب). ج = (أ. ج) + (ب. ج) توزيع الضرب على الجمع من اليسار.
- ٤ أ. م = أ = أ. م (العنصر المحايد لعملية ضرب المصفوفات).
- ٥ ك (أ. ب) = (ك أ). ب = أ. (ك ب)

مثال ١١: إذا كانت $\begin{bmatrix} 4 & 6 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} = \text{ب}$ ، $\begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 1 & 5 \end{bmatrix} = \text{ج}$ ، $\begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 5 & 2 \end{bmatrix} = \text{ج د}$ ، أ. ب، أ. ج

الحل: أ. ب = $\begin{bmatrix} 4 & 6 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 1 & 5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 & 2 \\ 4 & 1 \end{bmatrix}$

أ. ج = $\begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 5 & 2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 4 & 6 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 & 2 \\ 4 & 1 \end{bmatrix}$

لاحظ أن أ. ب = أ. ج، لكن ب $\neq$ ج (ماذا تستنتج؟)

١ إذا كانت أ، ب، ج مصفوفات بحيث أن أ . ب = ج فما رتبة ب في كل ممالي:

أ ٥×٢ ، ج ٤×٢ ب ٣×٣ ، ج ٥×٣

٢ إذا كانت أ = $\begin{bmatrix} ٥ & ٤ \\ ١ & ٢ \end{bmatrix}$ ، ب = $\begin{bmatrix} ٢ & ٦ & ٥ \\ ٧ & ٠ & ٤ \end{bmatrix}$ ، ج = $\begin{bmatrix} ٤ & ١ \\ ٥ & ٣ \\ ٢ & ٢ \end{bmatrix}$ فجد ما يأتي:

أ . أ . ب ب . ج . ب ج . أ

٣ جد قيم س، ص بحيث $\begin{bmatrix} ٥ & ٣ & ٣ \\ ٢ & ٤ & ١ \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} ٦ & ١ \\ ص & ٤ \\ ٨ & ٥ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ٦٤ & ٢٠ \\ ٣٤ & ٥ \end{bmatrix}$

٤ إذا كانت س = $\begin{bmatrix} ١ & ٣ & ٢ \\ ١ & ٣ & ٢ \end{bmatrix}$ ، $\begin{bmatrix} ٥ & ٤ \\ ٢ & ١ \\ ٣ & ٠ \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} ٦ & ٢ \\ ٢ & ١ \end{bmatrix} = ص$ ، $\begin{bmatrix} ٨ & ٧ \end{bmatrix}$ فبين أن: س = ٥ ص

٥ إذا كانت أ = $\begin{bmatrix} ١ & ٢ \\ ٣ & ٠ \end{bmatrix}$ ، ب = $\begin{bmatrix} ٢ & ١ \\ ٤ & ١ \end{bmatrix}$ ، فبين أن: أ - ب $\neq$ (أ - ب) (أ + ب)

٦ إذا كانت أ = $\begin{bmatrix} ٠ & ١ \\ ١ & ١ \end{bmatrix}$ ، ب = $\begin{bmatrix} ٠ & ١ \\ ١ & ٥ \end{bmatrix}$ ، فهل يمكن إيجاد قيمة / قيم س بحيث إن: أ = ب؟

٧ إذا كانت أ = $\begin{bmatrix} ٢ \\ ٣ \end{bmatrix}$ ، ب = $\begin{bmatrix} ٢ & ٣ \\ ٠ & ١ \end{bmatrix}$ ، ج = $\begin{bmatrix} ٠ & ١ \\ ١ & -\frac{١}{٣} \end{bmatrix}$

أ جد المصفوفة د بحيث أن: أ + د = ب . د

ب بين أن: ج = ج

نشاط ١:

اتفق سليم وأخته منال على طريقة لتشفير الأعداد، وذلك بربط العدد المشفر (أ)

بالشكل

س	ص	ل	ع
---	---	---	---

 حيث $س \times ع - ص \times ل = أ$

فمثلاً تشفير العدد ٥ يمكن أن يكون

٢	١	٣	٤
---	---	---	---

وتشفير العدد -٥ هو

٣	٤	٢	١
---	---	---	---

 ، وهكذا ... ، تشفير العدد ٦ هو

تشفير العدد ٠ هو ، هل يكون تشفير العدد وحيداً؟

ما رأيك لو مثلنا تشفير العدد ١٠ وهو

٨	٢-	٧-	٣
---	----	----	---

بمصفوفة مربعة على النحو $\begin{bmatrix} ٧- & ٣ \\ ٨ & ٢- \end{bmatrix}$

اكتب ٣ مصفوفات تمثل تشفيراً للعدد (٠).

للمحددات كثير من التطبيقات والاستخدامات في مجالات عدة، في الجبر والهندسة ، فالمحدد يمثل اقتراناً يربط كل مصفوفة مربعة بعدد حقيقي، ويفاد منه في حل أنظمة المعادلات، وفي إيجاد النظير الضربي للمصفوفة المربعة، وسوف تقتصر دراستنا في هذا الدرس على إيجاد محدد المصفوفات المربعة من الرتبة الأولى، والثانية، والثالثة فقط.

تعريف:



إذا كانت أ مصفوفة مربعة فإننا نرمز لمحددها بالرمز $| أ |$:

١ إذا كانت أ $\begin{bmatrix} أ \\ أ \end{bmatrix}$ فإن $| أ | = أ$

٢ إذا كانت أ $\begin{bmatrix} أ & أ \\ أ & أ \end{bmatrix}$ فإن $| أ | = \begin{vmatrix} أ & أ \\ أ & أ \end{vmatrix} = أ \times أ - أ \times أ$

٣ إذا كانت أ $\begin{bmatrix} أ & أ & أ \\ أ & أ & أ \\ أ & أ & أ \end{bmatrix}$

فإن $| أ | = \begin{vmatrix} أ & أ \\ أ & أ \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} أ & أ \\ أ & أ \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} أ & أ \\ أ & أ \end{vmatrix}$

مثال ١ : إذا كانت $A = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 5 \end{bmatrix}$ ، $B = \begin{bmatrix} 2^- & 1^- \\ 3 & 4^- \end{bmatrix}$ ، فجد: ١ | أ | ، | ب | ، ٢ | أ + ب |

١ | أ | : $13^- = 3 \times 5 - 1 \times 2 = \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 5 \end{vmatrix} = |A|$

| ب | : $11^- = (2^-) \times (4^-) - 3 \times 1^- = \begin{vmatrix} 2^- & 1^- \\ 3 & 4^- \end{vmatrix} = |B|$

٢ | أ + ب | : $3 = 1 - 4 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 4 & 1 \end{vmatrix} = |A+B|$ ، $\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 4 & 1 \end{bmatrix} = A+B$ (ماذا تلاحظ؟)

نظرية:



إذا كانت أ مصفوفة مربعة من الرتبة الثالثة، فإنه يمكن إيجاد | أ | بدلالة مدخلات أي صف، أو أي عمود وذلك بضربها بالمحدد الناتج من تصور شطب الصف ي والعمود هـ، وإعطاء إشارة لحاصل الضرب وفقاً للقاعدة $(-1)^{i+h}$

مثال ٢ : جد $\begin{vmatrix} 1 & 3^- & 2 \\ 2 & 5^- & 4 \\ 7 & 6 & 1 \end{vmatrix}$ ١ باستخدام التعريف ٢ بدلالة مدخلات العمود الثاني

١ | الحل : بالتعريف يكون $13 = \begin{vmatrix} 1 & 3^- & 2 \\ 2 & 5^- & 4 \\ 7 & 6 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 5^- \\ 7 & 6 \end{vmatrix} \cdot 2 - \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 7 & 1 \end{vmatrix} \cdot 3^- + \begin{vmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} \cdot 5^-$

٢ بدلالة مدخلات العمود الثاني يكون $\begin{vmatrix} 1 & 3^- & 2 \\ 2 & 5^- & 4 \\ 7 & 6 & 1 \end{vmatrix}$

$= \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 4 \end{vmatrix} (6)^{2+3} (1^-) + \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 7 & 1 \end{vmatrix} (5^-)^{2+2} (1^-) + \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 7 & 1 \end{vmatrix} (3^-)^{2+1} (1^-) =$

$= \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 4 \end{vmatrix} 6 - \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 7 & 1 \end{vmatrix} 5 - \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 7 & 1 \end{vmatrix} 3 =$

$= 3(26) - 5(13) - 6(0) = 65 - 78 = -13$ (ماذا تلاحظ؟)

مثال ٣: جد قيمة س بحيث $20 = \begin{vmatrix} 3- & 2 & 1 \\ 1 & س & 2 \\ 5 & 0 & 0 \end{vmatrix}$

الحل : نجد قيمة المحدد بدلالة مدخلات الصف الثالث، حيث يحوي أصفاراً.

أي أن $20 = \begin{vmatrix} 2 & 1 \\ س & 2 \end{vmatrix} + 3(1-5) = \begin{vmatrix} 3- & 2 & 1 \\ 1 & س & 2 \\ 5 & 0 & 0 \end{vmatrix}$ ومنها $20 = (س - ٤) = ٢٠$ أي $س = ٨$

بعض خصائص المحددات:

يلزمنا في كثير من الحالات حساب قيم المحددات بصورة سريعة، وخاصة عندما تكون المدخلات أعداداً كبيرة، ولتحقيق ذلك، وتوفيراً للوقت والجهد، سوف نتعرف على بعض خصائص المحددات:

١ عند تبديل صف مكان صف، أو عمود مكان آخر، فإن قيمة المحدد تضرب بـ (-١) .

فمثلاً $\begin{vmatrix} ٤ & ٣ \\ ٥ & ١ \end{vmatrix} (-١) = \begin{vmatrix} ٣ & ٤ \\ ١ & ٥ \end{vmatrix}$ (تحقق من ذلك).

٢ يمكن إخراج عامل مشترك من أي صف، أو أي عمود،

فمثلاً $\begin{vmatrix} 3- & 2 & 1 \\ 9 & 7 & 2 \\ 5 & 2 & 1 \end{vmatrix} 3 = \begin{vmatrix} 3- & 2 & 1 \\ 3 & 7 & 2 \\ 15 & 6 & 3 \end{vmatrix}$

(إخراج العدد ٣ كعامل مشترك لمدخلات الصف الثالث وضربه بمحدد المصفوفة الناتجة).
تحقق من تساوي المحددين

٣ إذا أضيف لمدخلات أي صف، أو أي عمود مضاعفات نظائرها في صفٍ آخر، أو عمودٍ آخر،

فلا تتغير قيمة المحدد، فمثلاً $\begin{vmatrix} 6 \times 4 + 3 & 5 \times 4 + 2 \\ 6 & 5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 6 & 5 \end{vmatrix}$ (تحقق من ذلك)

(ضرب مدخلات الصف الثاني بـ ٤ وإضافتها لنظائرها في مدخلات الصف الأول)

٤ إذا تساوت المدخلات المتناظرة في صفين أو في عمودين في مصفوفة فإن محددها يساوي صفراً.

$$\text{فمثلاً يكون } 0 = \begin{vmatrix} 8 & 6 & 3 \\ 9 & 7 & 2 \\ 8 & 6 & 3 \end{vmatrix} \quad (\text{تحقق من ذلك})$$

٥ إذا كانت المصفوفة مصفوفة مثلثية علوية فإن محددها يساوي حاصل ضرب المدخلات على القطر

$$\text{الرئيسي فمثلاً إذا كانت } A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & a_{33} \end{bmatrix} \text{ فإن } |A| = a_{11} \times a_{22} \times a_{33}$$

فكر وناقش:



ما قيمة محدد المصفوفة المربعة التي تحتوي على صف، أو عمود، كل مدخلاته أصفار؟

$$\text{إذا كانت المصفوفة } A = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 4 & 3 \end{bmatrix} \text{ فإن:}$$

نشاط ٢:

$$\begin{aligned} 1 & \text{ قيمة } |A| = \dots\dots\dots \\ 2 & |2A| = \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 8 & 6 \end{vmatrix} = \dots\dots\dots \\ 3 & |3A| = \dots\dots\dots \\ 4 & |kA| = \dots\dots\dots \end{aligned}$$

قاعدة (١):



إذا كانت A مصفوفة مربعة من الرتبة n، فإن $|kA| = k^n |A|$ ، حيث $k \in \mathbb{C}$

مثال ٤: إذا كانت A مصفوفة مربعة، وكان $|A| = 5$ ، $|2A| = 40$ ، فما رتبة المصفوفة A؟

الحل:

نفرض أن A مصفوفة مربعة من الرتبة n، وبما أن $|2A| = 40$ فإن $|2A| = 2^n |A| = 40$ ومنها $40 = 5 \times 2^n$ أي أن $2^n = 8$ ومنها ينتج أن: $n = 3$ أي أن A مصفوفة مربعة من الرتبة 3

قاعدة (٢):



إذا كانت أ، ب مصفوفتين مربعيتين من الرتبة ن فإن $|أ. ب| = |أ| \times |ب|$

مثال ٥ : إذا كان $أ = \begin{bmatrix} ٣ & ٢ \\ ٥ & ٤ \end{bmatrix}$ ، $ب = \begin{bmatrix} ٤ & ١ \\ ٢ & ٣ \end{bmatrix}$ ، فجد $|أ. ب|$

الحل : $٢ = ١٢ - ١٠ = \begin{vmatrix} ٣ & ٢ \\ ٥ & ٤ \end{vmatrix} = |أ|$

وكذلك $|ب| = \begin{vmatrix} ٤ & ١ \\ ٢ & ٣ \end{vmatrix} = ١٢ - ٢ = ١٠$

ومنه $|أ. ب| = |أ| \times |ب| = ٢ \times ١٠ = ٢٠$
هل يمكنك إيجادها بطريقة أخرى؟

نشاط ٣: إذا كانت $س = \begin{bmatrix} ٥ & ٤ \end{bmatrix}$ ، $ص = \begin{bmatrix} ٢ \\ ٣ \end{bmatrix}$ ، فلإيجاد $|س. ص|$ فإننا نجد

$س. ص = \begin{bmatrix} ٢٣ \end{bmatrix}$ ومنها $|س. ص| = ٢٣$

١ $ص. س = \dots\dots\dots$

٢ $|ص. س| = \dots\dots\dots$

ماذا تلاحظ؟

١ جد قيمة كل من المحددات الآتية :

$$\begin{vmatrix} 2 & 3 & 4 \\ 1 & 5 & 6 \\ 2 & 3 & 4 \end{vmatrix} \quad \text{أ} \quad \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 8 & 4 \end{vmatrix} \quad \text{ب} \quad \begin{vmatrix} 5 & 3 \end{vmatrix} \quad \text{ج}$$

٢ حل المعادلة الآتية: $\begin{vmatrix} 3 & 1 & 2 \\ 5 & 5 & 4 \\ 3 & 6 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix}$ س

٣ إذا كانت أ، ب مصفوفتين مربعيتين من الرتبة الثانية بحيث إن: $|3| = 54$ ، $|أ| = 12$ ، فما قيمة $|أ| + |ب|$ ؟

٤ إذا كانت $أ = \begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 2 & 2 \end{bmatrix}$ ، وكان $|3| = 125$ ، فما قيمة / قيم س ؟

٥ إذا علمت أن معادلة المستقيم في المستوى والمار بالنقطتين (س_١ ، ص_١) ، (س_٢ ، ص_٢)

$$٠ = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

فاستخدم القاعدة في إيجاد معادلة المستقيم المار بالنقطتين (٢، ٣) ، (٧، ٥) .

٦ اذكر خاصية / خصائص المحددات التي استخدمت في كل من المتساويات الآتية:

$$\begin{vmatrix} 7 & 6 \\ 9 & 11 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} 6 & 7 \\ 11 & 9 \end{vmatrix} \quad \text{ج} \quad ٠ = \begin{vmatrix} 6 & 2 \\ 15 & 5 \end{vmatrix} \quad \text{ب} \quad \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 10 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 5 \end{vmatrix} \quad \text{أ}$$

٧ باستخدام خصائص المحددات أثبت ما يلي:

$$٢٠٠ = \begin{vmatrix} 11 & 2 & 5 \\ 9 & 4 & 0 \\ 10 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad \text{ب} \quad ٠ = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \quad \text{أ}$$

٣ - ٤ النظير الضربي للمصفوفة المربعة (Inverse of a Square Matrix)

عرضنا في درس سابق المصفوفة المحايدة (م) في عملية ضرب المصفوفات، وتعرّفنا إلى خاصية مهمة من خصائص ضرب المصفوفات، وهي $أ. م = م. أ = أ$ حيث $أ$ مصفوفة مربعة من الرتبة ن.

نشاط ١: إذا كانت $أ = \begin{bmatrix} ٤ & ٥ \\ ٢ & ٤ \end{bmatrix}$ ، $ب = \begin{bmatrix} \frac{٤}{٦} & \frac{٢}{٦} \\ \frac{٥}{٦} & \frac{٤}{٦} \end{bmatrix}$ ① $٦ = |أ|$

② $أ. ب = \begin{bmatrix} ٤ & ٥ \\ ٢ & ٤ \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{٤}{٦} & \frac{٢}{٦} \\ \frac{٥}{٦} & \frac{٤}{٦} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ٠ & ١ \\ ١ & ٠ \end{bmatrix} = ب$

③ $ب. أ = أ.$ ماذا تلاحظ؟

تعريف:

تسمى المصفوفة المربعة $أ$ مصفوفة غير منفردة إذا وجدت مصفوفة مربعة $ب$ من نفس الرتبة بحيث $أ. ب = ب. أ = أ$ ، وتسمى المصفوفة $ب$ نظيراً ضربياً للمصفوفة $أ$ ، ونرمز لها بالرمز $أ^{-١}$ ونكتب $(ب = أ^{-١})$ ويكون $أ^{-١}. أ = أ. أ^{-١} = أ$ م



مثال ١: إذا كانت $أ = \begin{bmatrix} ٢ & ١ \\ ٣ & ١ \end{bmatrix}$ ، $ب = \begin{bmatrix} ٢ & ٣ \\ ١ & ١ \end{bmatrix}$ فبين فيما إذا كانت $ب = أ^{-١}$

الحل : $أ. ب = \begin{bmatrix} ٢ & ١ \\ ٣ & ١ \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} ٢ & ٣ \\ ١ & ١ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ٢ & ٣ \\ ١ & ١ \end{bmatrix} = ب$

$ب. أ = \begin{bmatrix} ٢ & ٣ \\ ١ & ١ \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} ٢ & ١ \\ ٣ & ١ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ٢ & ١ \\ ٣ & ١ \end{bmatrix} = أ$

ومنها $ب = أ^{-١}$ (لماذا؟)

نشاط ٢:

$$\begin{bmatrix} 4 & 1 & 2 \\ 1 & 5 & 3 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} = \text{أ} ، \begin{bmatrix} 19 & 8 & 2 \\ 10 & 4 & 1 \\ 7 & 3 & 1 \end{bmatrix} = \text{ب} ،$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 19 & 8 & 2 \\ 10 & 4 & 1 \\ 7 & 3 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 4 & 1 & 2 \\ 1 & 5 & 3 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} = \text{أ. ب}$$

$$\text{ب. أ} = \begin{bmatrix} 4 & 1 & 2 \\ 1 & 5 & 3 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 19 & 8 & 2 \\ 10 & 4 & 1 \\ 7 & 3 & 1 \end{bmatrix} = \dots \dots \dots \text{ماذا تستنتج؟}$$

مثال ٢:

إذا كانت $\begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} = \text{س}$ ، تحقق فيما إذا كان للمصفوفة س نظيراً ضربياً أم لا؟

الحل:

نفرض أن للمصفوفة س نظيراً ضربياً هو ص ، ومن التعريف يكون $\text{س} \cdot \text{ص} = \text{ص} \cdot \text{س} = \text{م}$

$$\text{أي أن: } \text{س} \cdot \text{ص} = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \text{أ} & \text{ب} \\ \text{ج} & \text{د} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2\text{أ} + 3\text{ج} & 2\text{ب} + 3\text{د} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{لكن } \begin{bmatrix} 2\text{أ} + 3\text{ج} & 2\text{ب} + 3\text{د} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \neq \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \text{ (لماذا؟)}$$

∴ لا يوجد للمصفوفة س نظير ضربى.

تعريف:

المصفوفة المنفردة هي المصفوفة المربعة التي لا يوجد لها نظير ضربى.



نظرية:

المصفوفة أ منفردة إذا وفقط إذا كان $|\text{أ}| \neq 0$



مثال ٣ : أي المصفوفات الآتية منفردة وأيها غير منفردة؟ أ = $\begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 8 & 4 \end{bmatrix}$ ، ب = $\begin{bmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 4 & 2 & 6 \\ 1 & 3 & 5 \end{bmatrix}$

الحل : $|أ| = \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 8 & 4 \end{vmatrix} = 32 \neq 0$ ، صفر ، ومنها تكون المصفوفة أ غير منفردة.

$|ب| = \begin{vmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 4 & 2 & 6 \\ 1 & 3 & 5 \end{vmatrix} = 0$ أي أن المصفوفة ب منفردة.

مثال ٤ : جد قيمة س التي تجعل المصفوفة أ = $\begin{bmatrix} 8 & 2 \\ (س+1) & 3 \end{bmatrix}$ منفردة.

الحل : $|أ| = \begin{vmatrix} 8 & 2 \\ (س+1) & 3 \end{vmatrix} = 24 - (س+1)2 = 0$

وبما أن أ مصفوفة منفردة فيكون $|أ| \neq 0$

$24 - (س+1)2 = 0$

$س + 2 = 24 - 2$ ومنها $س = 11$

خصائص النظير الضربي:

إذا كانت أ، ب مصفوفتين مربعيتين، وغير منفردتين، ومن نفس الرتبة، وكان ك عدداً حقيقياً $\neq 0$ ، فإن:

١ $(أ^{-1})^{-1} = أ$ ٢ $(ك أ)^{-1} = \frac{1}{ك} أ^{-1}$ ٣ $(أ . ب)^{-1} = ب^{-1} . أ^{-1}$

إثبات الخاصية الثالثة:

(أ . ب) (أ . ب)⁻¹ = م بضرب طرفي المعادلة بالمصفوفة أ⁻¹ من اليمين ينتج أن:
 $(أ . ب) . (أ . ب)^{-1} = أ^{-1} . م$ ومنها ينتج $(أ . ب)^{-1} . أ = م$
 أي أن ب . (أ . ب)⁻¹ = أ⁻¹ . م وبضرب طرفي المعادلة بالمصفوفة ب⁻¹ من اليمين ينتج أن:
 $ب^{-1} . ب . (أ . ب)^{-1} = ب^{-1} . أ^{-1} . م$ ومنها $ب^{-1} . (أ . ب)^{-1} = ب^{-1} . أ^{-1} . م$
 أي أن: (أ . ب)⁻¹ = ب⁻¹ . أ⁻¹ ، وبنفس الطريقة نثبت أن (أ . ب) × (أ . ب)⁻¹ = م

(البرهان للمعرفة فقط)

إيجاد النظير الضربي للمصفوفة:

سوف نتعرف على طرق إيجاد النظير الضربي للمصفوفة المربعة، وستقتصر دراستنا على النظير الضربي للمصفوفات المربعة من الرتبة الثانية فقط.

مثال ٥ : جد النظير الضربي للمصفوفة $A = \begin{bmatrix} 3 & 5 \\ 4 & 6 \end{bmatrix}$ (إن وجد).

الحل : نفرض أن: $A^{-1} = \begin{bmatrix} س & ص \\ ل & ع \end{bmatrix}$

$$A \cdot A^{-1} = I \quad \text{أي} \quad \begin{bmatrix} 3 & 5 \\ 4 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} س & ص \\ ل & ع \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{ومنها} \quad \begin{bmatrix} 3س + 5ل & 3ص + 5ع \\ 4س + 6ل & 4ص + 6ع \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{كما أن } A^{-1} \cdot A = I \quad \text{أي} \quad \begin{bmatrix} س & ص \\ ل & ع \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 5 \\ 4 & 6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 3س + 4ل & 5س + 6ل \\ 4ص + 3ع & 6ص + 5ع \end{bmatrix}$$

وبحل المعادلات الناتجة من تساوي المصفوفتين في الحالتين السابقتين:

$$\text{ينتج أن: } س = 2, \quad ع = 3, \quad ص = \frac{3}{2}, \quad ل = \frac{5}{2}$$

$$\text{أي أن: } A^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{3}{2} & 2 \\ \frac{5}{2} & 3 \end{bmatrix} \quad (\text{تحقق من ذلك})$$

تعميم:



$$\text{إذا كانت } A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \text{ مصفوفة غير منفردة فإن } A^{-1} = \frac{1}{|A|} \begin{bmatrix} a_{22}^- & a_{12}^- \\ a_{21}^- & a_{11}^- \end{bmatrix}$$

أي أن: A^{-1} تنتج من ضرب المصفوفة A بمقلوب محددها بعد تبديل أماكن مدخلات القطر الرئيسي وتغيير إشارة مدخلات القطر الآخر من المصفوفة A .

مثال ٦ : إذا كانت $S = \begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 3 \end{bmatrix}$ ، فجد S^{-1} (إن أمكن).

الحل : $|S| = 2 - 2 = 0 \neq 0$
المصفوفة S لها نظير ضربي، وتكون $S^{-1} = \frac{1}{|S|} \begin{bmatrix} 3 & -2 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{3}{0} & \frac{-2}{0} \\ \frac{-1}{0} & \frac{2}{0} \end{bmatrix}$

نشاط ٣: حاولت مريم إيجاد العلاقة بين قيمة $|A^{-1}|$ ، وقيمة $|A|$ ، فجربت عدة مصفوفات من الرتبة الثانية، وحصلت على النتائج الآتية:

١ $|A| = 2$ ، $|A^{-1}| = \frac{1}{2}$

٢ $|A| = \frac{1}{7}$ ، $|A^{-1}| = 7$

٣ $|A| = 0$ ، $|A^{-1}| = 0$ ، واستنتجت العلاقة $|A^{-1}| = \frac{1}{|A|}$

هل العلاقة التي حصلت عليها مريم صحيحة دائماً؟ فسر إجابتك.

١ بين أي من المصفوفات الآتية لها نظير ضربي.

$$أ = \begin{bmatrix} ٨ & ٤ \\ ٦ & ٣ \end{bmatrix} \quad ب = \begin{bmatrix} ٣ & \text{جاس} \\ ١ & ١^- \end{bmatrix}$$

$$ج = \begin{bmatrix} ٣ & ٣ \\ ٣ & ٣ \end{bmatrix} \quad د = \begin{bmatrix} ٣ & ١^- & ٢ \\ ٩ & ٣^- & ٦ \\ ١^- & ٨ & ٢ \end{bmatrix}$$

٢ ما قيم ك التي تجعل كلا من المصفوفات الآتية منفردة؟ أ $\begin{bmatrix} ك & ك \\ ك & ٤ \end{bmatrix}$ ب $\begin{bmatrix} ٤ & ك \\ ك & ١ \end{bmatrix}$

٣ إذا كانت أ $\begin{bmatrix} ٥ & ٤ \\ ٣ & ٢ \end{bmatrix}$ ، فجد: أ ١^- (إن أمكن) ب $(١^-)١^-$

٤ إذا كانت أ $\begin{bmatrix} ٥ & س \\ ٣ & ٢ \end{bmatrix}$ ، وكان $|١^- أ| = \frac{١}{٥}$ ، فما قيمة س؟

٥ إذا كانت أ $\begin{bmatrix} ٣^- & س \\ ص & ١ \end{bmatrix}$ ، وكان $||١^- أ|| = ||١^- أ||$ فما قيمة / قيم المقدار (س . ص)؟

٦ إذا علمت أن أ $\begin{bmatrix} ٣ & ١ \\ ٢ & ٤ \end{bmatrix}$ ، ب $\begin{bmatrix} ٣ & ٢ \\ ٤ & ٣ \end{bmatrix}$ ، وكان أ . ج = ب، فجد ج ١^-

٧ إذا كانت أ مصفوفة مربعة من الرتبة الثانية وغير منفردة، وكان ك عدداً حقيقياً لا يساوي صفراً فأثبت أن: (ك أ) $١^- = \frac{١}{ك} (١^-)١^-$.

٨ إذا كانت أ، ب مصفوفتين مربعيتين وكانت أ مصفوفة غير منفردة بحيث أ . ب = أ . ج فأثبت أن: ب = ج

نشاط ١:

يزرع الحاج أبو رفيق أرضه سنوياً بالقمح والشعير، ويبيع المحصول في السوق الفلسطيني، فإذا كان ثمن ٣ أكياس من القمح مع ٥ أكياس من الشعير يساوي ١٤٠ ديناراً، وكان ثمن ٥ أكياس من القمح يزيد عن ثمن ٤ أكياس من الشعير بمقدار ٣٦ ديناراً.

حاول أحمد كتابة النظام المكون للمسألة من معادلتين، بفرض أن س تمثل سعر الكيس الواحد من القمح، ص سعر الكيس الواحد من الشعير، فحصل على المعادلتين

$$٣س + ٥ص = ١٤٠ \dots\dots\dots (١)$$

$$٥س - ٤ص = ٣٦ \dots\dots\dots (٢)$$

وكتب مصفوفة المعاملات $A = \begin{bmatrix} 3 & 5 \\ 5 & -4 \end{bmatrix}$

ومصفوفة المتغيرات $K = \begin{bmatrix} س \\ ص \end{bmatrix}$ ، ومصفوفة الثوابت $J = \begin{bmatrix} 140 \\ 36 \end{bmatrix}$

ثم كتب المعادلة المصفوفية $A \cdot K = J$

وتعرفنا في صفوف سابقة على حل أنظمة المعادلات الخطية (عدد المعادلات = عدد المتغيرات، ولها حل وحيد) بطريقتي الحذف والتعويض، وفي هذا الدرس سنبرز أهمية المصفوفات والمحددات في حل هذه الأنظمة، وستناول ثلاث طرق:

١ طريقة النظير الضربي*

٢ طريقة كرامر*

٣ طريقة جاوس

* يكتفى بحل نظام مكون من معادلتين خطيتين فقط عند الحل بطريقتي النظير الضربي وكرامر.

أولاً: طريقة النظير الضربي

يمكننا تمثيل نظام من المعادلات الخطية على شكل معادلة مصفوفية، باستخدام ثلاث مصفوفات، هي: مصفوفة المعاملات أ، ومصفوفة المتغيرات ك، ومصفوفة الثوابت جـ .

إذا كان لدينا نظام المعادلات الخطية الآتي:

$$\begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 3- \end{bmatrix} \begin{bmatrix} س \\ ص \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 10 \\ 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3س + 2ص \\ 5س + 3ص - \end{bmatrix}$$

ويمثل النظام السابق من المعادلات الخطية بمعادلة مصفوفية كما يأتي:

$$\begin{bmatrix} 10 \\ 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 3- \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} س \\ ص \end{bmatrix}$$

تكون ك = أ⁻¹ . جـ بشرط أن أ مصفوفة غير منفردة (لماذا؟)

مثال ١ : حل النظام : $2س + 3ص = 1^-$ ، $4س + 1ص = 1$ ، باستخدام طريقة النظير الضربي.

الحل : نكتب المعادلة المصفوفية على النحو: $\begin{bmatrix} 1^- \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} س \\ ص \end{bmatrix}$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 1^- & 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1^- & 1 \\ 2 & 4- \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{2^-} = 1^- \text{ ومنها } 2^- = 4 - 2 = 2 \quad \left| \begin{array}{cc} 1 & 2 \\ 1 & 4 \end{array} \right| = 2$$

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 3- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \\ 1^- + 2^- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1^- \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 1^- & 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} س \\ ص \end{bmatrix}$$

• • •

فكر وناقش:



ماذا يحدث للإجابة إذا تم تغيير ترتيب المعادلتين هكذا:

$$4س + 1ص = 1 \text{ ، } 2س + 3ص = 1^-$$

نشاط ٢:

عند حل نظام المعادلات الآتي: $3س - ب = ص$ ، $3س - ب = ص$ ، باستخدام طريقة النظر الضربي، حيث $ب < 3$. حوّل سفيان النظام إلى المعادلة المصفوفية الآتية:

$$\begin{bmatrix} 3 & -1 \\ 3 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} س \\ ب \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ص \\ ص \end{bmatrix} \text{ وهي على الصورة أ. ك = جـ}$$

١ ما إشارة $|أ|$ ؟

٢ $أ^{-١} = \dots\dots\dots$

٣ قيمة $ص = \dots\dots\dots$

ثانياً: طريقة كرامر

سبق وأن مثلنا أي نظام من المعادلات الخطية بمعادلة مصفوفية على النحو أ. ك = جـ حيث إن مصفوفة المعاملات أ غير منفردة، ك مصفوفة المتغيرات، جـ مصفوفة الثوابت، فإذا كان النظام

$$\text{يتضمن المتغيرين س ، ص ، فإننا نجد هـما على النحو: } \frac{|أس|}{|أ|} = س ، \frac{|أص|}{|أ|} = ص$$

حيث إن: أس المصفوفة الناتجة من استبدال عمود معاملات س بعمود الثوابت. أص المصفوفة الناتجة من استبدال عمود معاملات ص بعمود الثوابت.

مثال ٢:

باستخدام طريقة كرامر حل النظام الآتي: $3س + ٢ص = ١$ ، $٥ص + ٣س = ٠$

الحل :

$$\text{نكون المصفوفات: } أ = \begin{bmatrix} ٥ & ٣ \\ ٣ & ٢ \end{bmatrix} ، أس = \begin{bmatrix} ١ & ٣ \\ ٠ & ٢ \end{bmatrix} ، أص = \begin{bmatrix} ١ & ٣ \\ ٠ & ٢ \end{bmatrix} \text{ فيكون:}$$

$$١ = |أ| = \begin{vmatrix} ٥ & ٣ \\ ٣ & ٢ \end{vmatrix} = ١٠ - ٩ = ١ ، ١ = |أس| = \begin{vmatrix} ١ & ٣ \\ ٠ & ٢ \end{vmatrix} = ٢ - ٠ = ٢ ، ٠ = |أص| = \begin{vmatrix} ١ & ٣ \\ ٠ & ٢ \end{vmatrix} = ٢ - ٠ = ٢$$

$$\therefore س = \frac{٣}{١} = \frac{|أس|}{|أ|} ، ص = \frac{٢}{١} = \frac{|أص|}{|أ|}$$

قامت حينئذ بحل نظام مكون من معادلتين خطيتين بالمتغيرين س ، ص ، فوجدت أن المصفوفة

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 5 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} ، والمصفوفة A^{-1} = \begin{bmatrix} 5 & 1 \\ 1 & 3 \end{bmatrix} \text{ فإن:}$$

مصفوفة المعاملات للنظام الذي حلته حينئذ هي:
 س = ، ص =

ثالثاً: طريقة جاوس

لقد قدم الرياضي الألماني كارل جاوس (١٧٧٧-١٨٥٥) هذه الطريقة التي تعتمد على تكوين مصفوفة ممتدة (تتضمن المعاملات والثوابت في نظام المعادلات)، فإذا كان لدينا النظام:

$$a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z = b_1$$

$$a_{21}x + a_{22}y + a_{23}z = b_2$$

$$a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z = b_3$$

$$\left[\begin{array}{ccc|c} a_{11} & a_{12} & a_{13} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & b_2 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & b_3 \end{array} \right] = \overline{A} \text{ فإن المصفوفة الممتدة للنظام هي } \overline{A}$$

وللحصول على حل للنظام، نجري بعض العمليات على صفوف $\overline{A}$ ، لنحصل على مصفوفة مثلثية علوية ونجد منها أولاً قيمة المتغير x ، ثم بالتعويض العكسي نجد قيمة المتغير y ، ثم المتغير z . والعمليات التي يمكن إجراؤها على صفوف المصفوفة $\overline{A}$:

- ١ تبديل صف مكان صف آخر.
- ٢ ضرب مدخلات أي صف بعدد لا يساوي صفراً.
- ٣ ضرب مدخلات أي صف بعدد لا يساوي صفراً، وإضافتها إلى صف آخر.

ملاحظة:

إذا كانت $a_{11} = 0$ ، فيمكن تبديل صف مدخلته الأولى $a_{11} \neq 0$ مكان الصف الأول في المصفوفة الممتدة $\overline{A}$



مثال ٣ :

استخدم طريقة جاوس لحل النظام: ٣س + ٧ص = ١٠ ، ٢س - ٥ص = ٣-

الحل :

المصفوفة الممتدة للنظام هي $\overline{A} = \left[\begin{array}{cc|c} 10 & 7 & 3 \\ 3- & 5- & 2 \end{array} \right]$ ونجري العمليات على النحو الآتي:

$$\uparrow \left[\begin{array}{cc|c} 10 & 7 & 3 \\ \frac{29-}{3} & \frac{29-}{3} & 0 \end{array} \right] \xleftarrow{\text{ص} 2 + \frac{2-}{3} \text{ص} 1} \left[\begin{array}{cc|c} 10 & 7 & 3 \\ 3- & 5- & 2 \end{array} \right]$$

ومنها تكون $\frac{29-}{3} = \text{ص} 1$ ، أي أن $\text{ص} = 1$

وبالتعويض العكسي ٣س + ٧(١) = ١٠ ومنها س = ١



مثال ٤ :

استخدم طريقة جاوس لحل النظام: س + ص - ع = ٩ ، ص + ع٣ = ٣ ، س - ع٢ = ٢

الحل :

نكون المصفوفة الممتدة $\overline{A} = \left[\begin{array}{cccc} 9 & 1- & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 1 & 0 \\ 2 & 2- & 0 & 1- \end{array} \right]$ ونجري العمليات الآتية:

$$\left[\begin{array}{cccc} 9 & 1- & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 1 & 0 \\ 8 & 6- & 0 & 0 \end{array} \right] \xleftarrow{\text{ص} 2 - \text{ص} 1} \left[\begin{array}{cccc} 9 & 1- & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 1 & 0 \\ 11 & 3- & 1 & 0 \end{array} \right] \xleftarrow{\text{ص} 3 + \text{ص} 1} \left[\begin{array}{cccc} 9 & 1- & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 1 & 0 \\ 2 & 2- & 0 & 1- \end{array} \right]$$

وبهذا حصلنا على مصفوفة مثلثية علوية، فنجد قيم المجاهيل بالتعويض العكسي

فتكون $8 = \text{ص} 6-$ ، ومنها $\frac{8-}{3} = \text{ص} 3$ كذلك $\text{ص} + \text{ع} 3 = 3$ ، ومنها $\text{ص} = 7$

كما أن: س + ص - ع = ٩ ومنها س = $\frac{2}{3}$



١ حل كلاً من الأنظمة الآتية باستخدام طريقة النظير الضربي:

$$\begin{array}{ll} \text{أ} & \text{س} - \text{ص} = ٣ \\ \text{ب} & \text{س} + \text{ص} = ٢ \\ & ٢\text{س} + \text{ص} = ٦ \\ & ١٠\text{س} + \text{ص} = ١١ \end{array}$$

٢ حل أنظمة المعادلات الآتية باستخدام طريقة كريمر:

$$\begin{array}{ll} \text{أ} & \text{س} - \text{ص} = ٥ \\ \text{ب} & \text{س} + \text{ص} = ٣- \\ & ٢\text{س} + ٢\text{ص} = ٢ \\ & ٢\text{ص} + \text{س} = ٢- \end{array}$$

٣ عند حل نظام مكون من معادلتين خطيتين بالمتغيرين س ، ص بطريقة كريمر، وجد أن:

$$\text{أ} = \begin{bmatrix} ٣- & ٢ \\ ١ & ١- \end{bmatrix} , \text{أس} = \begin{bmatrix} ٣- & ٥ \\ ١ & ٣- \end{bmatrix} , \text{فجد قيمة س ، ص}$$

٤ استخدم طريقة جاوس في حل الأنظمة الآتية:

$$\begin{array}{ll} \text{أ} & ٣\text{س} - \text{ص} = ١ , \text{س} + ٢\text{ص} = ٥ \\ \text{ب} & \text{س} - \text{ص} + \text{ع} = ٦ , \text{س} + ٢\text{ص} + \text{ع} = ٣ , ٢\text{س} + \text{ص} - \text{ع} = ٠ \end{array}$$

١ اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

١ إذا كانت $A = \begin{bmatrix} 5 & 1- & 4 \\ 9 & 3- & 6 \\ 1- & 7 & 2 \end{bmatrix}$ فما قيمة $A_{12} - A_{31}$ ؟

(أ) ٤ (ب) ١- (ج) ١ (د) ٣-

٢ إذا كانت $\begin{bmatrix} 3 & 3 \\ 5 & 6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 5 & 5 + 2 \end{bmatrix}$ فما مجموعة قيم س ؟

(أ) $\{2, 3\}$ (ب) $\{3-\}$ (ج) $\{2\}$ (د) $\{2, 3-\}$

٣ إذا كانت $A = \begin{bmatrix} 5- & 3 \\ 4 & 2 \end{bmatrix}$ ، $B = \begin{bmatrix} 5 & 3- \\ 6- & 1 \end{bmatrix}$ ، فما قيمة المصفوفة $5A - (A + 2B) + 27B$ ؟

(أ) $\begin{bmatrix} 2- & 3 \\ 2- & 3 \end{bmatrix}$ (ب) $\begin{bmatrix} 17 & 17 \\ 17 & 17 \end{bmatrix}$ (ج) $\begin{bmatrix} 17 & 17 \\ 17 & 17 \end{bmatrix}$ (د) $\begin{bmatrix} 17 & 17 \\ 17 & 17 \end{bmatrix}$

٤ إذا كانت أ، ب مصفوفتين مربعيتين غير منفردتين، فما العبارة الصحيحة دائماً فيما يأتي ؟

(أ) $|A| = |B|$ (ب) $|A + B| = |A| + |B|$

(ج) $A \cdot B = B \cdot A$ (د) $\frac{|B|}{|A|} = |A^{-1} \cdot B|$

٥ إذا كان $S \cdot S = S$ ، $S = M$ ، فما العبارة الصحيحة دائماً فيما يأتي: (س، ص مربعتان من نفس الرتبة)

(أ) $S^{-1} = S$ (ب) ص مصفوفة منفردة (ج) $S = S$ (د) $S = -S$

٦ إذا كانت س مصفوفة بحيث $S = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$ فماذا يمكن أن تكون المصفوفة س ؟

(أ) $\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ (ب) $\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ (ج) $\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ (د) $\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$

٧ إذا كانت $A = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 3 \end{bmatrix}$ ، فما المصفوفة التي تساوي $A^{-1} + A$ ، حيث A^{-1} هي النظير الضربي للمصفوفة A ؟

أ) و ب) $\begin{bmatrix} 6 & 4 \\ 10 & 6 \end{bmatrix}$ ج) $\begin{bmatrix} 0 & 4 \\ 10 & 0 \end{bmatrix}$ د) $\begin{bmatrix} 7 & 0 \\ 10 & 0 \end{bmatrix}$

٨ إذا كانت A ، B مصفوفتين مربعيتين غير منفردتين بحيث إن: $|A| = 18$ ، $|B| = 11$ ، وكان $|A| \leq |B|$ فما قيمة $|A|$ ؟

أ) ٧ ب) ٩ ج) ٢ د) ٦

٩ إذا علمت أن $A = \begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 3 \end{bmatrix}$ ، فما قيمة $A^{-2} - A$ ؟

أ) $\begin{bmatrix} 2 & 10 \\ 7 & 3 \end{bmatrix}$ ب) $\begin{bmatrix} 4 & 4 \\ 1 & 9 \end{bmatrix}$ ج) $\begin{bmatrix} 2 & 10 \\ 7 & 3 \end{bmatrix}$ د) $\begin{bmatrix} 4 & 4 \\ 1 & 9 \end{bmatrix}$

١٠ استخدم أحمد طريقة كريمر لحل نظام مكون من معادلتين خطيتين في المتغيرين s ، v ،

فوجد أن: $|A_s| = |A_v| = 2$ ، $|A_s|^{-1} = \frac{1}{4}$ ، فما قيم s ، v على الترتيب؟

أ) ٢ ، ٤ ب) ٤ ، ٢ ج) ١ ، ٢ د) ٢ ، $\frac{1}{4}$

٢ إذا كان $\begin{vmatrix} s & 1 \\ v & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & -1 \\ 2 & -4 \end{vmatrix}$ ، فما قيم s ، v ؟

٣ إذا كانت $A = \begin{bmatrix} 5 & 3 \\ 4 & 2 \end{bmatrix}$ فجد: أ) $|A|$ ، A^{-1} ب) $|A^3|$ ج) $(A^{-2})^{-1}$

٤ جد قيم s التي تجعل $9 = \begin{vmatrix} 1 & s & 2 \\ s & 3 & s \\ 5 & s & 4 \end{vmatrix}$

٥ حل المعادلات المصفوفية الآتية:

أ $\begin{bmatrix} 3 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} س \\ ص \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 4 & 3 \end{bmatrix}$ (باستخدام النظير الضربي)

ب $\begin{bmatrix} 11 & 3 & -4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 1 & -1 \\ 4 & 0 & 2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 3 \\ 2 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} س & ص \end{bmatrix}$

٦ إذا كانت $\begin{bmatrix} 3 & س \\ 4 & 5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 4 & 5 \end{bmatrix}$ ، فما قيم $س$ ، $ص$ ؟

٧ إذا كانت $أ$ ، $ب$ مصفوفتين مربعيتين غير صفيريتين، بحيث أن $أ \cdot ب = و$ ، فأثبت أن: إحدى المصفوفتين $أ$ ، $ب$ على الأقل ليس لها نظير ضربي.

٨ عند حل المعادلتين $ن = ص - ٥$ ، $ك = ص + ٣$ ، $ن$ ، $ك$ عدنان حقيقيان لا يساويان صفراً.

باستخدام طريقة كريمر، وُجد أن: $\begin{vmatrix} 5 & 6 \\ 3 & 2 \end{vmatrix} = |أص|$

جد قيمة: $أ$ $ن$ ، $ك$ $ب$ $س$ ، $ص$

٩ إذا كانت $\begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$ فجد $(أ^2)^{-1}$ ، $(أ^{-1})^2$ (ماذا تلاحظ؟)

١٠ استخدم طريقة كريمر لحل نظام المعادلات: $٣س + ٢ص = ٤^-$ ، $٥ص + س = ٣$

١١ استخدم طريقة جاوس في حل النظام الآتي:

$س - ص + ٤ع = ٩$ ، $٢س + ٣ص + ٢ع = ٢$ ، $٣ص + س - ٤ع = ٤^-$

١٢ إذا كانت $\begin{vmatrix} 11 & 2 & س \\ 9 & 4^- & 0 \\ س & 0 & 0 \end{vmatrix} = ٥٠^-$ ، فجد قيم $س$ مستخدماً خصائص المحددات.

الفصل الدراسي الثاني

الوحدة

٤

Indefinite Integral
and its Applications

التكامل غير المحدود
وتطبيقاته



كيف يستطيع المهندسون تصميم المباني ذات المنحنيات والمنحدرات المعقدة؛ لتبدو
في النهاية في غاية الإبداع والإتقان؟

أسهم العلماء المسلمون، أمثال: ثابت بن قرة، وأبو سهل الكوهي، وابن الهيثم في نشأة حساب التكامل الحديث، وقد رأى نيوتن أن التكامل عملية عكسية للتفاضل، ورآه لينتز نهاية مجاميع، وينسب له استخدام حرف S للتعبير عن التكامل (summation) ثم تحول إلى $\int$.

سوف نتناول في هذه الوحدة مفهوم التكامل غير المحدود وقواعده وطريقة إيجاد الاقتران الأصلي لاقتران معطى باستخدام طرق التكامل بالتعويض وبالأجزاء وبالكسور الجزئية وآلية توظيفه في تطبيقات هندسية وفيزيائية، ليكون طلبتنا قادرين على توظيف ما تعلموه في هذه الوحدة في الحياة العملية، ويتوقع من الطالب أن يحقق الأهداف الآتية:

- ١ إيجاد الاقتران الأصلي لاقتران معطى (إن أمكن) وتحديد العلاقة بين التفاضل والتكامل.
- ٢ التعرف إلى قواعد التكامل غير المحدود، واستخدامها في إيجاد تكاملات معطاة.
- ٣ إيجاد التكامل غير المحدود لاقترانات كثيرة حدود، ومثلثية، وأسيّة، ولوغاريتمية، ونسبية.
- ٤ استخدام طرق التكامل، مثل: التكامل بالتعويض، وبالأجزاء، وبالكسور الجزئية في إيجاد تكاملات معطاة.
- ٥ توظيف التكامل غير المحدود في تطبيقات هندسية وفيزيائية.

تعاني محافظات الوطن من شحّ في المياه، وتعتبر مشكلة المياه من أبرز معوّقات التنمية في فلسطين بشكل عام، لذلك يعكف المهتمون بالتنقيب عن المياه الجوفية وحفر الآبار الارتوازية، للتغلب على أسباب شحّ المياه، والتفكير في البحث عن مصادر متجددة.

نشاط ١:

كان معدل تسرب الماء من خزان رئيسي يعطى بالعلاقة

$$\frac{د}{ص} = \frac{٣ م}{٣ م} / ساعة حيث ن تمثل الزمن بالساعة،$$

 فمثلاً تكون كمية الماء المتسرب من الخزان بعد ساعتين
 تساوي $٣ \times ٢ = ٦ م$ ، برأيك كيف يمكن تحديد
 قاعدة الاقتران (ص) الذي يمثل كمية الماء المتسرب
 من هذا الخزان بعد فترة محددة من الزمن؟



نشاط ٢:

من خلال ما تعلمته في التفاضل، أكمل الجدولين الآتين، ثم أجب عن الأسئلة التي تليهما:

الجدول (ب)	
ق(س)	ق(س)
	٧
	٢س
٣ + ٣س	٣س
	٢س
	$\frac{١}{س}$

الجدول (أ)	
ق(س)	ق(س)
	س
	س + ٥
	جاس
٢س	س + ٤
	هـ

- ١ تسمى العملية في الجدول (أ) عملية اشتقاق.
- ٢ اقترح اسماً للعملية في الجدول (ب).....
- ٣ ما العلاقة بين العمليتين؟.....
- ٤ هل الاقتران ق(س) يكون وحيداً لكل حالة في الجدول (ب)؟ أعط أمثلة.



تعريف: معكوس المشتقة Antiderivative

إذا كان الاقتران $ق(س)$ متصلًا في الفترة $[أ، ب]$ فإن $م(س)$ يسمى معكوس المشتقة (اقتران أصلي) للاقتران $ق(س)$ إذا كان: $م'(س) = ق(س)$ ، $ص(س) = أ$ ، $ب$

مثال ١:

تحقق من أن الاقتران $م(س) = \frac{1}{4}س^٤$ اقتران أصلي للاقتران $ق(س) = س^٣$

الحل:

الاقتران $م(س) = \frac{1}{4}س^٤$ هو اقتران أصلي للاقتران $ق(س)$ لأن $\frac{د}{دس}(\frac{1}{4}س^٤) = س^٣$ (لاحظ أن $ق(س)$ متصل لأنه كثير حدود).

نشاط ٣:

جد اقتراناً أصلياً للاقتران $ق(س) = ٢س$

حسب التعريف يكون أحد الاقترانات الأصلية للاقتران $ق(س)$ هو $م(س) = س^٢$

لأن $\frac{د}{دس}(س^٢) = ٢س$

١ هل $م(س) = س^٢ - ٢$ ، $م(س) = س^٢ + ٥$ اقترانان أصليان آخران للاقتران $ق(س)$ ؟

٢ هل يوجد عدد محدد من الاقترانات الأصلية للاقتران $ق(س)$. ما العلاقة بينها؟



قاعدة:

إذا كان $م(س)$ اقتراناً أصلياً للاقتران $ق(س)$ فإن $م(س) + ج$ هي الصورة العامة لأي اقتران أصلي للاقتران $ق(س)$ حيث $ج$ ثابت.



أتعلم:

الفرق بين أي اقترانين أصليين لاقتران معين يساوي اقتراناً ثابتاً دائماً.

مثال ٢:

إذا كان الاقترانان $م(س)$ ، $هـ(س)$ اقترانين أصليين للاقتران المتصل $ق(س)$ ، وكان $ل(س) = م(س) - هـ(س)$ ، فجد $ل'(٣)$.

الحل:

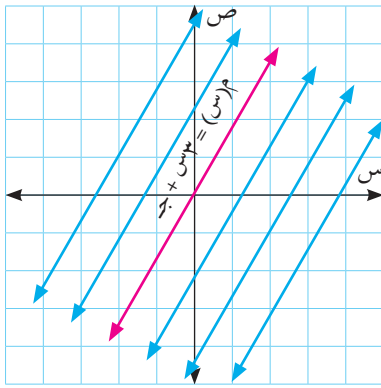
الاقترانان $م(س)$ ، $هـ(س)$ اقترانان أصليان للاقتران المتصل $ق(س)$

إذن $م(س) - هـ(س) = ج$ (ثابت)، ومنه $ل(س) = ج$

$ل'(س) = ٠$ ومنها $ل'(٣) = ٠$

مثال ٣ :

يُبين أن مجموعة الاقترانات الأصلية للاقتران $ق(س) = ٣$ هي مجموعة من الاقترانات التي منحنياتها مستقيمات متوازية.



الحل :

جميع الاقترانات الأصلية تكون على الصورة:
 $م(س) = ٣س + ج$ ، حيث $ج \in ح$ ، وهي عبارة عن مجموعة من الاقترانات التي منحنياتها مستقيمات متوازية،
 فمثلاً إذا كان $ج = ٥$ فإن $م(س) = ٣س + ٥$
 وإذا كانت $ج = ٣$ فإن $م(س) = ٣س - ٣$ وهكذا ...

مثال ٤ :

يُبين فيما إذا كان الاقتران $م(س) = \frac{١-٣س}{٢س}$ اقتراناً أصلياً للاقتران
 $ق(س) = ١ + \frac{٢}{٣س}$ ، $س \neq ٠$

الحل :

$م(س) = \frac{١-٣س}{٢س} = \frac{١}{٢س} - س = ٢-س - س = ٢-٢س$
 ومنها $م(س) = ١ - (٢-س) = ١ - ٢ + ٢س = ٢س - ١ = \frac{٢}{٣س} + ١ = ق(س)$
 $\therefore م(س)$ اقتران أصلي للاقتران $ق(س)$.

تعريف:



- ١ تسمى مجموعة كل الاقترانات الأصلية للاقتران $ق(س)$ بالتكامل غير المحدود للاقتران $ق(س)$ بالنسبة لـ $س$ ويرمز له بالرمز $ق(س)$ دس ويقراً تكامل $ق(س)$ دال $س$.
- ٢ إذا كان $م(س) = ق(س)$ فإن $ق(س)$ دس $= م(س) + ج$ حيث $ج$ ثابت. (ثابت التكامل).
- ٣ إذا كان $ق(س)$ اقتراناً متصلاً فإن $ق(س) = د(س)$ دس $= ق(س)$.

نشاط ٤:

$$\text{لاحظ أن } \left[\text{س}^3 \text{ دس} = \frac{\text{س}^4}{4} + \text{ج} \right] \text{ وذلك لأن } \frac{\text{د}}{\text{دس}} = \left(\frac{\text{س}^4}{4} + \text{ج} \right) = \text{س}^3$$

$$\text{وكذلك } \left[\text{ص}^2 \text{ دص} = \frac{\text{ص}^3}{3} + \text{ج} \right] \text{ وذلك لأن } \dots\dots\dots$$

$$\text{وبالمثل } \left[\text{جتاس دس} = \text{جاس} + \text{ج} \right] \text{ وذلك لأن } \dots\dots\dots$$

مثال ٥:

$$\text{إذا كان ق(س) اقتراناً متصلاً وكان } \left[\text{ق(س) دس} = \text{س}^3 - \text{س} + ٥ \right] \text{ جد ق(٢)، ق(٣).}$$

الحل:

بما أن ق(س) اقتران متصل

$$\text{إذن } \frac{\text{د}}{\text{دس}} \left(\left[\text{ق(س) دس} \right] \right) = \text{ق(س)} = \text{س}^3 - \text{س} + ٥$$

$$\text{ومنها ق(٢) = } (٢)^3 - (٢) + ٥ = ٩$$

$$\text{ق(٣) = } (٣)^3 - (٣) + ٥ = ٢٥$$

مثال ٦:

$$\text{إذا كان ق(س) = } \left[\text{هـ}^3 \text{ دس} \right] \text{، وكان ق(٠) = ٣، فجد ق(١).}$$

الحل:

$$\text{ق(س) = } \left[\text{هـ}^3 \text{ دس} \right] = \text{هـ}^3 + \text{ج}$$

$$\text{لكن ق(٠) = ٣، ومنها يكون هـ}^3 + \text{ج} = ٣$$

$$\text{أي أن } ١ + \text{ج} = ٣ \text{ ومنها ج} = ٢$$

$$\text{ق(س) = } \text{هـ}^3 + ٢ \text{ ومنها ق(١) = } ١^3 + ٢ = ٣$$

١ بيّن فيما إذا كان م(س) اقتراناً أصلياً للاقتران ق(س) في كل مما يأتي:

أ م(س) = $\frac{1}{3}(2س + 2)$ ، ق(س) = $\sqrt{س + 2}$

ب م(س) = قاس ، ق(س) = $3س^2$ ظاس

ج م(س) = لو_{هـ} (س^٣ + هـ^٢س) ، ق(س) = $\frac{س^3 + 2س^2 - 2س}{س^3 + 3س^2 - 2س}$

٢ إذا كان م(س)، هـ(س) اقترانين أصليين للاقتران ق(س)،

وكان م(س) = س^٢ - ٤س + ٦ ، هـ(٣) = ٤ ، فجد هـ(١).

٣ إذا كان م(س)، هـ(س) اقترانين أصليين للاقتران المتصل ق(س)، وكان ق(٤) = ٧ ، ق(٤) = ١٠ ،

فما قيمة (٣م - هـ(٤))؟

٤ إذا كان م(س) = ٢ظاس - ٢قاس أحد الاقترانات الأصلية للاقتران ق(س) = $\frac{أ}{١ + جاس}$ ،

س $\in \left[0, \frac{\pi}{4}\right]$. احسب قيمة الثابت أ.

٥ إذا كان ق(س) دس = أ^٣ + جـس ، حيث ق(س) اقتران متصل ،

وكان ق(١⁻) = ٤ ، ق(٢) = ٢٤ ، فجد قيمة كل من أ ، جـ .



نشاط ١:

تكثر الآبار الجوفية في مَسافِر بني نعيم شرق الخليل، فإذا ضُخَّت المياه من بئرين في التوقيت نفسه، الأول بمعدل (٢٠ ن) م^٣/ ساعة، والثاني بمعدل (٣٠ ن) م^٣/ ساعة، حيث ن تمثل الزمن بالساعة فإن:

- ١ كمية المياه التي تضخ من البئر الأول في أي زمن ن تساوي ١٠ ن^٢ (لماذا؟)
 - ٢ العلاقة التي تحدد كمية المياه التي يتم ضخها من البئر الثاني هي
 - ٣ معدل ضخ الماء من البئرين معاً = ٥٠ ن (لماذا؟)
 - ٤ العلاقة التي تحدد كمية الماء التي يتم ضخها من البئرين معاً هي:
- ماذا تلاحظ؟

يتطلب إيجاد الاقتران الأصلي من خلال عمليات الاشتقاق كثيراً من الوقت والجهد، لذلك سنستخدم قواعد سيتم التعرف على بعض منها من خلال النشاط الآتي.

نشاط ٢:

أكمل الجدول الآتي حيث $u \in \mathbb{R}$ ، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

ق(س)	ق(س)	ق(س)
٥		جـ
أ س		أ س + جـ
س ^٣		
س ^ن	ن س ^{١-ن}	
لو س، س < ٠		

لاحظ أن المقدارين ق(س)، ق(س) دس، في كل حالة يختلفان بمقدار ثابت.

- ١ ما العلاقة بين نواتج العمود الثاني، ونواتج العمود الثالث؟
- ٢ بالاعتماد على النتائج التي توصلت إليها، وأن التكامل عملية عكسية للتفاضل، يمكنك التحقق من صحة القواعد الآتية:



قواعد التكامل غير المحدود:

- ١ $\int \text{أ دس} = \text{أس} + \text{ج}، \text{أ} \neq \text{ح}$
- ٢ $\int \text{س}^{\text{ن}} \text{ دس} = \frac{\text{س}^{\text{ن}+1}}{\text{ن}+1} + \text{ج}، \text{ن} \neq -1$
- ٣ $\int \frac{1}{\text{س}} \text{ دس} = \text{لو}|\text{س}| + \text{ج}$
- ٤ $\int \text{ه}^{\text{س}} \text{ دس} = \text{ه}^{\text{س}} + \text{ج}$
- ٥ $\int \text{جاس دس} = \text{ج}^{-\text{جتاس}} + \text{ج}$
- ٦ $\int \text{جتاس دس} = \text{جاس} + \text{ج}$
- ٧ $\int \text{قاس دس} = \text{ظاس} + \text{ج}$
- ٨ $\int \text{قتاس دس} = \text{ظتاس}^{-} + \text{ج}$
- ٩ $\int \text{قاس ظاس دس} = \text{قاس} + \text{ج}$
- ١٠ $\int \text{قتاس ظتاس دس} = \text{قتاس}^{-} + \text{ج}$

خواص التكامل غير المحدود:

إذا كان ق(س)، ه(س) اقترانين قابلين للتكامل فإن:

- ١ $\int \text{أ ق(س) دس} = \text{أ} \int \text{ق(س) دس}، \text{أ} \neq 0$
 - ٢ $\int (\text{ق(س)} \pm \text{ه(س)}) \text{ دس} = \int \text{ق(س) دس} \pm \int \text{ه(س) دس}$
- ويمكن تعميمها على أكثر من اقترانين.

جد كلاً من التكاملات الآتية:

مثال ١:

- ١ $\int \left(\text{س} + \frac{1}{\text{س}} \right) \text{ دس}$
- ٢ $\int \text{قاس (قاس + ظاس) دس}$
- ٣ $\int (\text{س}^2 + \text{ه}^{\text{س}}) \text{ دس}$
- ٤ $\int (2 - \text{ظاس}) \text{ دس}$

الحل:

- ١ $\int \left(\text{س} + \frac{1}{\text{س}} \right) \text{ دس} = \int \text{س} \text{ دس} + \int \frac{1}{\text{س}} \text{ دس} = \frac{\text{س}^2}{2} + \text{لو}|\text{س}| + \text{ج}$
- ٢ $\int \text{قاس (قاس + ظاس) دس} = \int \text{قاس}^2 \text{ دس} + \int \text{قاس ظاس دس}$
- $= \frac{\text{قاس}^3}{3} + \int \text{قاس ظاس دس}$
- $= \frac{\text{قاس}^3}{3} + \text{قاس} + \text{ج}$

$$٣ \quad \left[(س^٢ + ه^٢) دس = \left[س^٢ دس + \left[ه^٢ دس = \frac{س^٣}{٣} + ه^٢ + ج- \right. \right]$$

$$٤ \quad \left[(٢ - ظا^٢ س) دس = \left[(٢ - (قا^٢ س - ١)) دس = \left[(٣ - قا^٢ س) دس \right. \right]$$

$$= ٣س - ظاس + ج-$$

مثال ٢: جد $\left[\frac{س^٢(١ + ٢س)}{س^٢} دس \right]$

الحل: $\left[\frac{س^٢(١ + ٢س)}{س^٢} دس = \left[\left(\frac{١ + ٢س}{س} \right) دس = \left[(س + س^{-١}) دس \right. \right]$

$$= \left[(س + س^{-١}) دس \right]$$

$$= \frac{س^٣}{٣} + س^٢ - \frac{١}{س} + ج-$$

فكر وناقش:



هل يمكنك إيجاد ناتج التكامل بطريقة أخرى؟

نشاط ٣: إذا كان ق(س) = (س٥ - ١)، وكان ق(١) = ٥، فإيجاد ق(٢) لاحظ أن:

$$ق(س) = \left[ق(س) دس = \left[(س٥ - ١) دس = س^٥ - س + ج-$$

$$\text{لكن ق(١) = ٥ = ومنها ج- =}$$

$$\text{فيكون ق(س) =}$$

$$\text{ق(٢) =}$$

فكر وناقش:



ما الفرق بين: $\frac{د}{دس} \left[ق(س) دس \right]$ ، $\left[ق(س) دس \right]$ ، علماً بأن ق(س) اقتران متصل؟

١ جد التكاملات الآتية:

- أ $\int 8 \, dx$ ب $\int (7x^2 - 4x + \frac{3}{x^4}) \, dx$
- ج $\int (3 + x) \sqrt{x} \, dx$ د $\int (5x + \text{قاس ظاس}) \, dx$
- هـ $\int \frac{1 - x}{1 - \sqrt[3]{x}} \, dx$ و $\int \frac{2x^3 + 5x^2 - 1}{x^2} \, dx$
- ز $\int \frac{1}{\text{جتاس}^2} \, dx$ ح $\int (5\text{هـ}^3 + \frac{2}{x}) \, dx$

٢ إذا كان ق(س) = هـ + جتاس، جد ق(س) حيث ق(٠) = ١-

٣ إذا كان ق(س) اقتراناً متصلاً على مجاله وكان $\int \text{ق(س)} \, dx = \text{جاس} - \text{جتاس} + 2$
أثبت أن: ق $(\frac{\pi}{2}) - \text{ق}(\frac{\pi}{2}) = 2$

٤ إذا كان $\int (\text{ق(س)} + 2\text{س}) \, dx = 2\text{س}^3 + \text{جس}^2 + 2$ ، وكان ق(١) = ٤، ق(٢) = ٦، فجد ق(١-)

أولاً: تطبيقات هندسية: Geometric Applications

نشاط ١: يسير رجل على طريق منحنٍ بحيث يكون ميل المماس عند أي نقطة أ (س ، ص) على الطريق يساوي (١ + ٢س). (لاحظ أن ميل المماس هو $\frac{dy}{dx} = 2s + 1$)

- ١) الاقتران الذي يمثل معادلة الطريق هو اقتران تربيعي قاعدته ص =
- ٢) إذا كانت النقطة (٠ ، ٢) تقع على الطريق، فإن قاعدة الاقتران ص =

مثال ١: إذا كان المستقيم ص = س + ٢ يمس منحنى الاقتران ق(س) عند س = ٠ وكان ق(س) = ٦س ، جد قاعدة الاقتران ق(س).

الحل : $Q(s) = \int (2s + 1) ds$

$$= \int (2s + 1) ds = s^2 + s + C$$

لكن $Q(0) = 1$ (لماذا؟)

ومنها $C = 1$ ، $Q(s) = s^2 + s + 1$

وأيضاً $Q(s) = \int (2s + 1) ds$

$$= \int (2s^3 + 3s^2 + 2s + 1) ds = \frac{1}{2}s^4 + s^3 + s^2 + s + C$$

وبما أن النقطة (٠ ، ٢) هي نقطة تماس

فإن $Q(0) = 2$ ومنها $C = 2$

ق(س) = $s^4 + 3s^2 + 2s + 2$

مثال ٢ :

إذا كان $ق(س) = ١٢$ س فجد معادلة منحنى الاقتران $ق(س)$ علماً بأنه يمر بالنقطتين $(١، ٣)$ ، $(١-، ١)$.

الحل :

بما أن $ق(س) = ١٢$ س فجد معادلة منحنى الاقتران $ق(س)$

فإن $ق(س) = ١٢$ س فجد معادلة منحنى الاقتران $ق(س)$

كما أن $ق(س) = ١٢$ س فجد معادلة منحنى الاقتران $ق(س)$

لكن $ق(١) = ٣$ ، $ق(١-) = ١$

وبالتعويض في المعادلة (١) نحصل على:

$$١ = ٣ - ١٢ + ١٢ = ١$$

وبحل المعادلتين معاً نحصل على قيمة: $١ = ٣ - ١٢ + ١٢ = ١$

معادلة المنحنى المطلوبة هي: $ق(س) = ١٢$ س - ٣ + ٢

نشاط ٢ :

تأمل المعادلات الآتية:

$$١ \quad دص = (س٢ + ٢س) دس$$

$$٢ \quad ٢س ص دص = دس$$

$$٣ \quad دص + ص دس = ص س دس$$

• لاحظ أن المتغيرات في المعادلة الأولى مفصولة.

• يمكن إعادة كتابة المعادلة الثانية كما يأتي:

$$ص دص = \frac{دس}{٢س} \text{ وتسمى هذه العملية فصل المتغيرات.}$$

• حاول فصل المتغيرات في المعادلة الثالثة كما في المعادلتين الأولى والثانية.

• لإيجاد ص بدلالة س في المعادلة الأولى، فإننا نأخذ التكامل للطرفين، فيصبح:

$$\int دص = \int (س٢ + ٢س) دس \quad \text{ومنها} \quad ص = \frac{س٣}{٣} + س٢ + ج$$

جد ص بدلالة س في المعادلة الثالثة.

مثال ٣ :

جد ص بدلالة س في المعادلة : $هـ ص = س \frac{د ص}{د ص}$ عندما $س = ٢$ ، $ص = ٠$

الحل :

نفصل س عن ص في المعادلة $هـ ص = س \frac{د ص}{د ص}$

فتصبح $هـ ص د ص = س د ص$

وبأخذ تكامل الطرفين : $\int هـ ص د ص = \int س د ص$ ينتج أن : $هـ ص = \frac{س^٢}{٢} + جـ$

وعندما $س = ٢$ ، $ص = ٠$ فإن $هـ = ٢ + جـ$ ومنها $جـ = ١ -$

أي أن $هـ ص = ١ - \frac{س^٢}{٢}$ وبأخذ لوغاريتم الطرفين للأساس هـ تصبح :

$ص = لو هـ \left(١ - \frac{س^٢}{٢} \right)$ (لماذا؟)

ثانياً: تطبيقات فيزيائية Physical Applications

نشاط ٣ :



نظّمت وزارة التربية والتعليم العالي المرحلة النهائية من مسابقة العدو لمسافة ١٠٠ متر، وشارك فيها ١٧ متسابقاً على مستوى المحافظات الشمالية، وكان من المتسابقين حامد وحاتم، فإذا انطلقا معاً، بحيث كانت سرعة حامد (ن) م/ث وسرعة حاتم $\left(\frac{٢}{٣} ن \right)$ م/ث.

لاحظ أن سرعة حامد $ع_١(ن) = ن$

فتكون القاعدة التي تحدد المسافة التي قطعها حامد هي : $ف_١(ن) = \frac{٢}{٣} ن + جـ$ ،

وبما أن $ف_١(٠) = ٠$ فتكون $ف_١(ن) = \frac{٢}{٣} ن$

ولإيجاد زمن وصول حامد نهاية السباق

نجعل $ف_١(ن) = ١٠٠$ متر ومنها $ن = \sqrt{٢٠٠}$ ثانية

١ القاعدة التي تحدد المسافة التي قطعها حاتم هي :

٢ الزمن الذي استغرقه حاتم في قطع السباق يساوي

٣ أيهما قطع مسافة السباق أولاً؟



تأمل المخطط الآتي، ولاحظ العلاقة بين البعد ف(ن) والسرعة ع(ن) والتسارع ت(ن) في التفاضل والتكامل.

$$\begin{array}{ccccc} & \xrightarrow{\text{بالتكامل}} & & \xrightarrow{\text{بالتكامل}} & \\ \text{ت(ن)} & \longleftrightarrow & \text{ع(ن)} & \longleftrightarrow & \text{ف(ن)} \\ & \xleftarrow{\text{بالاشتقاق}} & & \xleftarrow{\text{بالاشتقاق}} & \end{array}$$

مثال ٤ : بدأ جسم التحرك في خط مستقيم من نقطة الأصل ومبتعداً عنها، فإذا كانت سرعته في أي لحظة تعطى بالعلاقة ع(ن) = ٣ن^٢ + ٢ن، فما بعد الجسم عن نقطة الأصل بعد اثنتين من بدء الحركة؟

$$\text{ع(ن)} = ٣ن^٢ + ٢ن$$

الحل :

$$\text{ف(ن)} = \int \text{ع(ن)} \, \text{دن} = \int (٣ن^٢ + ٢ن) \, \text{دن} = ن^٣ + ن^٢ + ج$$

$$\text{وبما أن ف(٠) = ٠ فإن ج = ٠}$$

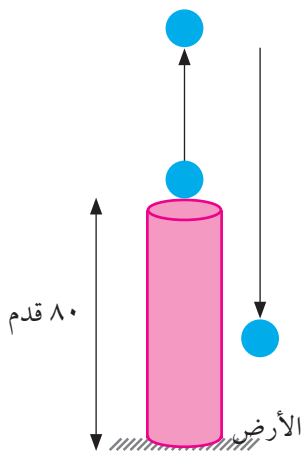
$$\text{أي أن ف(ن) = ن^٣ + ن^٢}$$

$$\text{بعد الجسم عن نقطة الأصل بعد اثنتين = ف(٢) = ١٢ متراً}$$



مثال ٥ :

قذفت كرة للأعلى بسرعة ابتدائية قدرها ٦٤ قدم/ث من قمة برج ارتفاعه ٨٠ قدماً. جد أقصى ارتفاع عن سطح الأرض تصله الكرة، علماً بأن تسارعها يساوي -٣٢ قدم/ث^٢.



الحل :

$$\text{ع(ن)} = \int \text{ت(ن)} \, \text{دن}$$

$$= \int (-٣٢) \, \text{دن} = -٣٢ن + ج$$

$$\text{لكن ع(٠) = ٦٤ ومنها ج = ٦٤}$$

$$\text{ع(ن)} = -٣٢ن + ٦٤$$

تصل الكرة لأقصى ارتفاع بعد اثنتين (لماذا؟)

$$ف(ن) = \left[(-32 + 64) دن = 16^2 ن + 64 + ج_2 \right]$$

$$لكن ف(0) = 80 \text{ ومنها } ج_2 = 80$$

$$ف(ن) = 16^2 ن + 64 + 80$$

$$أقصى ارتفاع عن سطح الأرض = ف(2) = 144 قدماً.$$

تمارين ٤ - ٣

- ١ إذا كان ميل المماس لمنحنى الاقتران ق(س) عند أي نقطة عليه يساوي س(٣ - ٢) فجد قاعدة الاقتران ق(س) علماً بأن ق(٢) = ٥
- ٢ إذا كان ق(س) = أس - ٣س^٢، فجد قاعدة منحنى الاقتران ق(س) علماً بأن المستقيم س + ص = ٤ مماس للمنحنى عند النقطة (١، ق(١)).
- ٣ جد قاعدة منحنى الاقتران ص = ق(س) الذي يمر بنقطة الأصل والنقطة (١، ٢) علماً بأن ميل المماس له عند أي نقطة عليه (س، ص) يساوي $\sqrt[2]{2} \sqrt{s}$ حيث أثبت، $0 < s$.
- ٤ إذا كان ق(س) = جتاس وكان ق(π) = ٢، ق(π) = ١، فجد قاعدة الاقتران ق(س).
- ٥ تحرك جسم في خط مستقيم من النقطة (و) مبتعداً عنها، بسرعة ابتدائية مقدارها ٣ م/ث، فإذا كان تسارعه في أي لحظة يساوي (ن) م/ث^٢، فما سرعته بعد ٥ ثوان من بدء الحركة، وما المسافة التي قطعها خلال هذه الثواني؟
- ٦ وعاء فارغ سعته ١٤٠٠ سم^٣ يصب فيه الماء بمعدل (٢ن + ٥٠) سم^٣/ث، ما الزمن اللازم لملء الوعاء؟
- ٧ إذا كان ميل المماس لمنحنى الاقتران ق(س) عند أي نقطة عليه يساوي $\left(\sqrt[2]{s} + \frac{1}{\sqrt{s}} \right)$ فجد قاعدة الاقتران ق(س) علماً بأنه يمر بالنقطة (١، $\frac{2}{3}$).
- ٨ قذفت كرة رأسياً إلى أعلى من قمة برج ارتفاعه ٤٥ متراً عن سطح الأرض، وكانت السرعة في اللحظة ن تساوي $(-10 + ٤٠) م/ث$ ، جد الزمن الذي تستغرقه الكرة للوصول إلى سطح الأرض.
- ٩ أوجد ص بدلالة س في المعادلة (س + ص) دص = دس عندما س = ١، ص = ٢.

٤ - ٤ طرق التكامل (Methods of Integration)

يصادفنا في كثير من الأحيان تكاملات لا يمكن إيجادها باستخدام قواعد التكامل غير المحدود، وسنتعرف في هذا الدرس على ثلاث طرق لإيجاد التكامل غير المحدود، وهي:

- ١ التكامل بالتعويض.
- ٢ التكامل بالأجزاء.
- ٣ التكامل بالكسور الجزئية.

أولاً: التكامل بالتعويض Integration by Substitution

- نشاط ١:** إذا كان $ق(س) = ٢س(٢س + ٢)$ إذا كان $ق(س) = ٢س(٢س + ٢)$ تحقق أن: $م(س) = \frac{١}{٣}(٢س + ٢)^٣$ اقتران أصلي للاقتران $ق(س)$.
- ١
 - ٢ $\int ٢س(٢س + ٢) دس = \dots\dots\dots$
 - ٣ ليكن $هـ(س) = ٢س + ٢$ فإن $هـ(س) = \dots\dots\dots$
 - ٤ العلاقة بين $٢س$ ، $٢س + ٢$ هي $\dots\dots\dots$

فكر وناقش:



هل $\int \sqrt{س} دس = \int س دس$. $\int \sqrt{س} دس$ ؟ ماذا تلاحظ؟

تعلمت في الفصل الأول بأن $\frac{د}{دس} ق(س) = ن(ق(س)) = ن(٢س + ٢) = ٢$ أي أن $ق(س) = ٢س + ٢$ هو اقتران أصلي للاقتران $ن(ق(س)) = ٢س + ٢$ وبذلك يكون: $\int ٢س دس = \int \frac{١}{٢} د(٢س + ٢) = \frac{١}{٢} (٢س + ٢) + ج$

وبشكل عام:



إذا كان $هـ(س) = ع$ فإن: $\int هـ(س) دس = \int ع(هـ(س)) د(هـ(س))$ علماً بأن $ق(س) = هـ(س)$ اقترانان متصلان.

مثال ١ : جد $\sqrt[2]{س^٢س + ٤} دس$

الحل : نفرض أن: $ع = س^٢س + ٤ \Leftrightarrow دس = ٢س دس ومنها دس = \frac{دع}{س^٢}$
وبالتعويض، ينتج أن:

$$\sqrt[2]{س^٢س + ٤} دس = \frac{دع}{س^٢} \sqrt[2]{س^٢س + ٤} دس = دس \sqrt[2]{س^٢س + ٤} دس = دس + \frac{\frac{٣}{٢}ع^٢}{٣} جـ =$$

$$= \frac{٢(س^٢س + ٤)^{\frac{٣}{٢}}}{٣} جـ +$$

مثال ٢ : جد $\sqrt[2]{(١ + س^٢) دس} دس$

الحل : نفرض أن: $ع = س^٢س + ١$ ومنها يكون $دع = ٢س دس$ ، أي أن $دس = \frac{دع}{٢}$

$$\sqrt[2]{(١ + س^٢) دس} دس = \frac{دع}{٢} \sqrt[2]{ع} دس = \frac{٦ع^٢}{١٢} جـ +$$

$$= \frac{١(١ + س^٢)^{\frac{٦}{٢}}}{١٢} جـ +$$

نشاط ٢ : لإيجاد $\sqrt[2]{(٢ + س^٣) دس} دس$

نفرض $ع = س^٣س + ٢$ ، فيكون $دع = ٣س دس$ ومنها $دس = \dots\dots\dots$

$$\sqrt[2]{(٢ + س^٣) دس} دس = \frac{١}{٣} \sqrt[2]{ع} دس = \dots\dots\dots$$

$$= \frac{١}{٣} ظا(٢ + س^٣) جـ +$$

أتعلم:



إذا كان $ق(س)$ اقتراناً قابلاً للتكامل فإن $\int ق(أس + ب) دس = \frac{١}{أ} ق(أس + ب) + جـ$
حيث $أ، ب، جـ$ أعداداً حقيقية، $أ \neq ٠$

مثال ٣ : جد $\left[\text{س ه س}^{1+2} \text{ دس} \right]$

الحل : نفرض أن: $\text{ع} = \text{س}^2 + 1 \Leftrightarrow \text{دس} = \frac{\text{دع}}{\text{س}^2}$ وبالتعويض والاختصار، ينتج أن:

$$\left[\text{س ه س}^{1+2} \text{ دس} \right] = \frac{1}{2} \left[\text{ه ع د} \right]$$

$$= \frac{\text{ه ع}}{2} + \text{ج} =$$

$$= \frac{\text{س ه س}^{1+2}}{2} + \text{ج}$$

مثال ٤ : جد $\left[\text{دس} \frac{1 + \sqrt{1 + \text{س}}}{1 + \sqrt{\text{س}}} \right]$

الحل : نفرض أن: $\sqrt{1 + \text{س}} = \text{ع}$

$$\text{دع} = \frac{1}{1 + \sqrt{2} \text{س}} \text{ دس ومنها دس} = \text{ع}^2 = \text{دع}$$

$$\text{إذن} \left[\text{دس} \frac{1 + \sqrt{1 + \text{س}}}{1 + \sqrt{\text{س}}} \right] = \text{دس} (2 + \text{ع}^2) = \text{دع} = \text{ع}^2 + \text{ج}$$

$$= \sqrt{2} \text{س} + \text{س} + \text{ج} \quad (\text{لماذا؟})$$

مثال ٥ : جد $\left[\text{جاس دس} \right]$

الحل : $\left[\text{جاس دس} \right] = \left[\text{جاس جاس دس} \right] = (1 - \text{جتا}^2 \text{س}) \text{جاس دس}$

$$\text{إذن} \left[\text{جاس دس} \right] = \left[\text{جاس دس} \right] - \left[\text{جتا}^2 \text{س جاس دس} \right]$$

$$= - \text{جتاس} + \frac{\text{جتا}^3 \text{س}}{3} + \text{ج} \quad (\text{لماذا؟})$$

مثال ٦ : جد $\int \sin^3(x) \cos(x) dx$

الحل : نفرض أن: $u = \sin(x)$ $\Rightarrow du = \cos(x) dx$

$$\int \sin^3(x) \cos(x) dx = \int u^3 du = \frac{u^4}{4} + C = \frac{\sin^4(x)}{4} + C$$

$$= \frac{1}{4} \int (1 - \cos^2(x)) \cos(x) dx = \frac{1}{4} \int (1 - u^2) du = \frac{1}{4} \left(u - \frac{u^3}{3} \right) + C$$

$$= \frac{1}{4} \left(\sin(x) - \frac{\sin^3(x)}{3} \right) + C$$

عوّض قيمة u واكتب الناتج بدلالة x

نشاط ٣ : جد $\int \tan^2(x) dx$

تعلم أن: $\tan^2(x) = \sec^2(x) - 1$ ، $\int \sec^2(x) dx = \tan(x) + C$ ، $\int 1 dx = x + C$

بالتعويض في التكامل عن $\tan^2(x)$ ، جتا^٢ يصبح:

$$\int \tan^2(x) dx = \int (\sec^2(x) - 1) dx = \tan(x) - x + C$$

$$= \frac{1}{4} \int (1 - \cos^2(x)) \cos(x) dx = \frac{1}{4} \left(\sin(x) - \frac{\sin^3(x)}{3} \right) + C$$

$$= \dots \dots \dots \text{(أكمل الحل)}$$

قاعدة:

$$\int \frac{f'(x)}{f(x)} dx = \ln|f(x)| + C$$



مثال ٧ : جد $\int \frac{x}{x^2 + 1} dx$

لاحظ أن البسط يساوي مشتقة المقام

$$\int \frac{x}{x^2 + 1} dx = \frac{1}{2} \int \frac{2x}{x^2 + 1} dx = \frac{1}{2} \ln|x^2 + 1| + C$$

١ جد التكاملات الآتية:

أ $\int \frac{4}{(s+2)^0} ds$

ب $\int \frac{10s}{s} ds$

ج $\int (s+2)^2 (s-1)^2 ds$

د $\int \frac{1}{1+jas} ds$

هـ $\int (1-s)(s-2-s^2) ds$

و $\int (s^2+2)\sqrt{s+1} ds$

ز $\int \frac{s^2}{s^2+s^2+s^2} ds$

ح $\int \frac{s^2}{s^2+s^2+s^2} ds$

٢ جد التكاملات الآتية:

أ $\int \sqrt{\frac{1+s}{s^0}} ds$

ب $\int \frac{1}{s^2} ds$

ج $\int \frac{1}{s^2} ds$

د $\int \frac{1}{s^2} ds$

هـ $\int \frac{(s+2)^0}{s^7} ds$

و $\int \frac{1}{s^2} ds$

فكر وناقش:



هل يمكن إيجاد $\int$ س جتاس دس بطرق التكامل التي تعلمتها؟

أتعلم:



$\frac{د}{دس} (ق \times ع) = ق \times \frac{دع}{دس} + ع \times \frac{دق}{دس}$ حيث ق ، ع اقترانات قابلة للاشتقاق.

وبتكامل الطرفين بالنسبة إلى س ينتج أن:

$$ق \times ع = \int ق دد + \int ع دق \dots \text{ (لماذا؟)}$$

$$\text{ومنها } \int ق دد = ق \times ع - \int ع دق$$

تسمى هذه النتيجة قاعدة التكامل بالأجزاء، وتستخدم لإيجاد تكامل بعض الاقترانات التي تكون على صورة حاصل ضرب اقترانين ليس أحدهما مشتقة للآخر.

قاعدة:



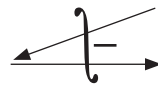
قاعدة التكامل بالأجزاء: $\int ق دد = ق \times ع - \int ع دق$

جد $\int$ س جتاس دس

مثال ١ :

$$دع = جتاس دس$$

$$ع = جاس$$



نفرض أن: ق = س

$$دق = دس$$

الحل :

$$\text{وحسب القاعدة } \int ق دد = ق \times ع - \int ع دق$$

$$\text{يكون } \int س جتاس دس = س جاس - \int جاس دس = س جاس + جتاس + ج$$



فكر وناقش:

إضافة ثابت التكامل عند إيجاد ع لا يغير من النتيجة.

نشاط ١:

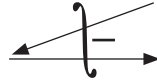
جد $\int \sin^2 x \, dx$

نفرض أن: $\cos^2 x = \sin^2 x$

$\therefore \sin^2 x = \cos^2 x$

$\sin^2 x = \cos^2 x$

$\cos^2 x = \sin^2 x$



إذن $\int \sin^2 x \, dx = \int \cos^2 x \, dx = \int \sin^2 x \, dx + \int \cos^2 x \, dx$

= (أكمل الحل)

مثال ٢:

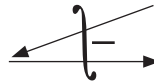
جد $\int (1 - \sin^2 x) \, dx$

نفرض أن: $\cos^2 x = 1 - \sin^2 x$

$\therefore \cos^2 x = 1 - \sin^2 x$

$\sin^2 x = \cos^2 x$

$\cos^2 x = \sin^2 x$



إذن $\int (1 - \sin^2 x) \, dx = \int \cos^2 x \, dx = \int \sin^2 x \, dx + \int \cos^2 x \, dx$

= $\int (1 - \sin^2 x) \, dx + \int \cos^2 x \, dx$

الحل :

نشاط ٢:

جد $\int \sqrt{x} \, dx$

نبدأ بالتكامل بالتعويض

نفرض $\sqrt{x} = v$ فيكون $dx = 2v \, dv$

ومنها $2v \, dv = dx$

إذن $\int \sqrt{x} \, dx = \int v \cdot 2v \, dv = \int 2v^2 \, dv$

= (أكمل مستخدماً التكامل بالأجزاء)

مثال ٣ : جد $\left| \frac{س}{\sqrt{٢+س}} \right| دس$

الحل : نفرض أن: ق = س

$$دس = \frac{١}{\sqrt{٢+س}}$$

$$ع = \sqrt{٢+س} \quad \therefore دق = دس$$

$$\left| \frac{س}{\sqrt{٢+س}} \right| دس = ٢س\sqrt{٢+س} - ٢\sqrt{(س+٢)} دس$$

$$= ٢س\sqrt{٢+س} - \frac{٤}{٣}\sqrt{٢(س+٢)} + ج (لماذا؟)$$

فكر وناقش:



أوجد $\left| \frac{س}{\sqrt{٢+س}} \right| دس$ من المثال السابق باستخدام التكامل بالتعويض.

مثال ٤ : جد $\left| هس جاس دس \right|$

الحل : نفرض أن: ق = جاس

$$دع = هس دس$$

$$ع = هس \quad \therefore دق = جتاس دس$$

$$\left| هس جاس دس \right| = هس جاس - \left| هس جتاس دس \right|$$

لاحظ أن: $\left| هس جتاس دس \right|$ على نمط التكامل المطلوب نفسه.

نفرض أن: ق = جتاس

$$دع = هس دس$$

$$ع = هس \quad \therefore دق = - هس جاس دس$$

$$\left| هس جتاس دس \right| = هس جتاس + \left| هس جاس دس \right| \text{ (ماذا تلاحظ؟)}$$

بالتعويض عن $\left| هس جتاس دس \right|$ في التكامل الأصلي، فيصبح:

$$\left| هس جاس دس \right| = هس جاس - هس جتاس - \left| هس جاس دس \right| + ج$$

$$\text{ومنها } \left| هس جاس دس \right| = \frac{١}{٢} (هس جاس - هس جتاس) + ج \dots \text{ (لماذا؟)}$$

نشاط ٣: جد $\lfloor \text{جتا}(\text{لو}^{\text{س}}) \rfloor$ دس

(افرض ص = $\text{لو}^{\text{س}}$ واستفد من المثال السابق في إكمال الحل).

تمارين ٤ - ٤ ب

١ جد كلاً من التكمالات الآتية:

- أ $\lfloor \text{س} \text{ لو}^{\text{س}} \rfloor$ دس
- ب $\lfloor \text{س} \text{ قاس}^{\text{س}} \rfloor$ دس
- ج $\lfloor \text{لو}^{\text{س}} (\text{س} + 2)^{\text{س}} \rfloor$ دس
- د $\lfloor \text{س} \text{ جاس}^{\text{س}} \rfloor$ دس
- هـ $\lfloor \text{س}^{\text{س}} \text{ هـ}^{\text{س}+1} \rfloor$ دس
- و $\lfloor \text{جاس}^{\text{س}} \sqrt{\text{س} + 1} \rfloor$ دس
- ز $\lfloor \frac{\text{س}^{\text{س}} \text{ هـ}^{\text{س}}}{2(\text{س} + 1)} \rfloor$ دس
- ح $\lfloor \text{هـ}^{\text{س}} \text{ جاس}^{\text{س}} \rfloor$ دس
- ط $\lfloor \text{هـ}^{\text{س}} (\text{قتاس} - \text{قتاس}^{\text{س}}) \rfloor$ دس
- ي $\lfloor \frac{1}{\text{س}^{\text{س}}} \text{ جتا}(\frac{1}{\text{س}}) \rfloor$ دس

٢ أثبت أن: $\lfloor \text{س}^{\text{س}} \text{ لو}^{\text{س}} \rfloor = \frac{\text{س}^{\text{س}+1}}{\text{س} + 1} (\text{لو}^{\text{س}} - \frac{1}{\text{س} + 1}) + \text{ج}, \text{ن} \neq 1, \text{س} < 0$

فكر وناقش:



هل يمكن إيجاد $\int \frac{s+1}{s^2-4} ds$ بطرق التكامل التي تعلمتها؟

لقد تعلمنا في الدروس السابقة إيجاد $\int \frac{s^2}{s^2-1} ds$ بالتكامل بالتعويض، لأن البسط مشتقة للمقام

ولكن ماذا بالنسبة للتكامل $\int \frac{s+1}{s^2-4} ds$ ؟

في مثل هذه الحالة نلجأ لطريقة جديدة تسمى التكامل بالكسور الجزئية، وسوف نقتصرها على الاقتارات النسبية، التي يمكن كتابة المقام فيها على شكل حاصل ضرب ثلاثة عوامل خطية مختلفة على الأكثر.

نشاط ١: كتابة ق(س) = $\frac{s-2}{s^3-s}$ على صورة كسور جزئية، نقوم بتحليل المقام إلى عوامله الأولية،

$$\frac{s-2}{s^3-s} = \frac{s-2}{s(s-1)(s+1)} = \frac{أ}{s} + \frac{ب}{s-1} + \frac{ج}{s+1}$$

وبتوحيد المقامات، والإفادة من تساوي الاقتارات، نحصل على المعادلة:

$$s-2 = أ(s-1)(s+1) + ب(s)(s+1) + ج(s)(s-1) \dots (1)$$

ولتحديد قيم أ، ب، ج نقوم بما يلي:

$$\text{نعوض } s=1 \text{ في المعادلة (1) ومنها } \frac{1-}{2} = ب$$

$$\text{نعوض } s=-1 \text{ في المعادلة (1) ومنها } \frac{3-}{2} = ج$$

ولإيجاد قيمة أ نعوض $s = \dots$ في المعادلة (1) ومنها $أ = \dots$

$$\text{فيصبح: } \frac{s-2}{s^3-s} = \frac{1-}{2(s-1)} + \frac{3-}{2(s+1)} + \frac{2}{s}$$

هل يمكنك إيجاد قيم أ، ب، ج بطرق أخرى؟

$$\text{نسمي كتابة المقدار } \frac{s-2}{s^3-s} \text{ على الصورة } \frac{2}{s} + \frac{1-}{2(s-1)} + \frac{3-}{2(s+1)} \text{ بالكسور الجزئية}$$



إذا أمكن كتابة الاقتران النسبي على الصورة $\frac{أ}{س-م} + \frac{ب}{س-ن} + \frac{ج}{س-ل}$ حيث أ، ب، ج أعداداً حقيقية، فإن تكامله يساوي $\frac{ل}{س-ل} + \frac{ن}{س-ن} + \frac{م}{س-م}$ + ثابت التكامل ويراعى في ذلك أن تكون درجة البسط أقل من درجة المقام، فإذا كانت درجة البسط $\leq$ درجة المقام نستخدم القسمة المطولة.

$$\text{جد } \int \frac{2}{s^2-1} ds$$

مثال ١ :

لاحظ أن درجة البسط أقل من درجة المقام، وأن البسط ليس مشتقة للمقام لذلك نكتب:

$$\frac{2}{s^2-1} = \frac{أ}{s-1} + \frac{ب}{s+1} \text{ ومنها } 1 = 1, 1 = -1 \text{ (لماذا؟)}$$

$$\text{إذن } \int \frac{2}{s^2-1} ds = \int \left(\frac{1}{s-1} + \frac{1}{s+1} \right) ds = \int \frac{1}{s-1} ds + \int \frac{1}{s+1} ds = \ln|s-1| + \ln|s+1| + ج$$

(اكتب الناتج بصورة أخرى)

$$\text{جد } \int \frac{s-2}{s^3-s} ds$$

مثال ٢ :

$$\text{توصلنا من النشاط (١) أن: } \frac{s-2}{s^3-s} = \frac{2}{s} + \frac{\frac{1}{2}}{s-1} + \frac{\frac{3}{2}}{s+1}$$

الحل :

$$\text{وبالتالي } \int \frac{s-2}{s^3-s} ds = \int \left(\frac{2}{s} + \frac{\frac{1}{2}}{s-1} + \frac{\frac{3}{2}}{s+1} \right) ds$$

$$= 2 \ln|s| + \frac{1}{2} \ln|s-1| + \frac{3}{2} \ln|s+1| + ج$$

مثال ٣ : جد $\int \frac{s^3}{s^2 - 4} ds$

الحل : نلاحظ أن درجة البسط أكبر من درجة المقام، لذا نقسم البسط على المقام باستخدام القسمة المطولة.

وينتج أن: $\frac{s^3}{s^2 - 4} = s + \frac{s}{s^2 - 4}$ ومنها يكون $\frac{s}{s^2 - 4} = \frac{A}{s - 2} + \frac{B}{s + 2}$ (لماذا؟)

ويصبح $\frac{s}{s^2 - 4} = \frac{s}{(s - 2)(s + 2)} = \frac{A}{s - 2} + \frac{B}{s + 2}$

ومنها $\int \frac{s^3}{s^2 - 4} ds = \int s ds + \int \frac{s}{s^2 - 4} ds = \frac{s^2}{2} + \int \frac{s}{s^2 - 4} ds$

$= \frac{s^2}{2} + \int \frac{s}{s^2 - 4} ds$ (لماذا؟) جـ

حل آخر : $\int \frac{s^3}{s^2 - 4} ds = \int s \left(\frac{s}{s^2 - 4} + s \right) ds$ (بعد إجراء القسمة)

ومنها $\int \frac{s^3}{s^2 - 4} ds = \int s \left(\frac{s}{s^2 - 4} + s \right) ds = \int s^2 ds + \int \frac{s^2}{s^2 - 4} ds$

$= \frac{s^3}{3} + \int \frac{s^2}{s^2 - 4} ds$ (لماذا؟) جـ

مثال ٤ : جد $\int \frac{\sqrt{s}}{s - 9} ds$

الحل : نلاحظ أن $\frac{\sqrt{s}}{s - 9}$ ليس اقتراناً نسبياً، ولكن يمكن كتابته على الصورة $\frac{\sqrt{s}}{s - 9} = \frac{\sqrt{s}}{(s - 3)^2}$

وبفرض $v = \sqrt{s}$ فإن $dv = \frac{1}{2\sqrt{s}} ds$ ومنها $ds = 2v dv$

إذن $\int \frac{\sqrt{s}}{s - 9} ds = \int \frac{v}{v^2 - 9} \times 2v dv = 2 \int \frac{v^2}{v^2 - 9} dv$

(لاحظ أن درجة البسط = درجة المقام؛ لذا نقسم البسط على المقام).

وينتج أن: $\int \frac{v^2}{v^2 - 9} dv = \int \left(1 + \frac{9}{v^2 - 9} \right) dv = v + \int \frac{9}{v^2 - 9} dv$ تكون

$\int \frac{\sqrt{s}}{s - 9} ds = v + \int \frac{9}{v^2 - 9} dv = \sqrt{s} + \int \frac{9}{v^2 - 9} dv$ (تحقق من ذلك)

مثال ٥ :

$$\text{جد } \left[\frac{\text{هـ}^{\text{س}}}{\text{هـ}^{\text{س}} + \text{هـ}^{\text{س}} - ٢} \right] \text{ دس}$$

الحل :

$$\text{نفرض } \text{هـ}^{\text{س}} = \text{ص} \text{ ومنها دص} = \text{هـ}^{\text{س}} \text{ دس}$$

$$\left[\frac{\text{هـ}^{\text{س}}}{\text{هـ}^{\text{س}} + \text{هـ}^{\text{س}} - ٢} \right] \text{ دس} = \left[\frac{\text{دص}}{\text{ص}^٢ + \text{ص} - ٢} \right] \text{ دس ، وباستخدام الكسور الجزئية، يكون:}$$

$$\frac{١}{\text{ص}^٢ + \text{ص} - ٢} = \frac{\text{أ}}{\text{ص} - ١} + \frac{\text{ب}}{\text{ص} + ٢} \text{ ومنها (أ} = \frac{١}{٣} \text{، ب} = \frac{١}{٣} \text{) (لماذا؟)}$$

$$\left[\frac{\text{دص}}{\text{ص}^٢ + \text{ص} - ٢} \right] \text{ دس} = \frac{١}{٣} \text{ لوـ } | \text{ص} - ١ | - \frac{١}{٣} \text{ لوـ } | \text{ص} + ٢ | + \text{جـ}$$

$$\text{ومنها } \left[\frac{\text{هـ}^{\text{س}}}{\text{هـ}^{\text{س}} + \text{هـ}^{\text{س}} - ٢} \right] \text{ دس} = \frac{١}{٣} \text{ لوـ } | \text{هـ}^{\text{س}} - ١ | - \frac{١}{٣} \text{ لوـ } | \text{هـ}^{\text{س}} + ٢ | + (٢ + \text{جـ})$$

نشاط ٢ :

$$\text{جد } \left[\text{قاس دس} \right]$$

$$\text{إرشاد: لاحظ أن قاس} = \frac{١}{\text{جتاس}} = \frac{\text{جتاس}}{\text{جتاس}^٢} = \frac{\text{جتاس}}{١ - \text{جا}^٢ \text{س}}$$

$$\text{إذن } \left[\text{قاس دس} \right] = \left[\frac{\text{جتاس}}{١ - \text{جا}^٢ \text{س}} \right] \text{ دس وباستخدام التكامل بالتعويض بفرض } \text{ص} = \text{جاس}$$

$$\text{يصبح التكامل على الصورة } \left[\frac{١}{١ - \text{ص}^٢} \right] \text{ دص}$$

$$= \dots \dots \dots \text{ (أكمل الحل)}$$

$$\text{وبطريقة أخرى: } \left[\text{قاس دس} \right] = \left[\frac{\text{قاس}(\text{قاس} + \text{ظاس})}{\text{قاس} + \text{ظاس}} \right] \text{ دس}$$

$$\text{(بضرب البسط والمقام بالمقدار قاس + ظاس)}$$

$$\text{فيكون } \left[\frac{\text{قاس}(\text{قاس} + \text{ظاس})}{\text{قاس} + \text{ظاس}} \right] \text{ دس} = \left[\frac{\text{قاس}^٢ + \text{قاس ظاس}}{\text{قاس} + \text{ظاس}} \right] \text{ دس}$$

$$= \text{لوـ } | \text{قاس} + \text{ظاس} | + \text{جـ} \text{ (لماذا؟)}$$

مثال ٦ : جد $\left[\frac{\text{جاس}^3}{\text{جاس} + 2} \right]$ دس

الحل : $\left[\frac{\text{جاس}^3}{\text{جاس} + 2} \right] = \left[\frac{\text{جاس} (1 - \text{جاس})}{\text{جاس} + 2} \right]$ دس (لماذا؟)

نفرض أن: ص = جاس ومنها دص = -جاس دس

$$\left[\frac{\text{جاس}^3}{\text{جاس} + 2} \right] = \left[\frac{\text{جاس} (1 - \text{جاس})}{\text{جاس} + 2} \right] \times \frac{\text{دص}}{\text{جاس}^-} = \left[\frac{\text{دص} (1 - \text{ص}^2)}{\text{ص} + 2} \right] \text{ دص (لماذا؟)}$$

$$= \left[\frac{\text{دص} (1 - \text{ص}^2)}{\text{ص} + 2} \right] = \left[\frac{\text{دص} (1 - \text{ص}^2)}{\text{ص} + 2} \right] \text{ (بعد إجراء القسمة المطولة)}$$

$$= \frac{\text{دص} (1 - \text{ص}^2)}{\text{ص} + 2} = \frac{\text{دص} (1 - \text{ص}^2)}{\text{ص} + 2} = \frac{\text{دص} (1 - \text{ص}^2)}{\text{ص} + 2} = \frac{\text{دص} (1 - \text{ص}^2)}{\text{ص} + 2}$$

= (أكمل بكتابة الناتج بدلالة ص)

تمارين ٤ - ٤ ج

١ جد التكاملات الآتية:

أ $\left[\frac{\text{س} + 2}{\text{س}^2 - 2\text{س} - 3} \right]$ دس

ب $\left[\frac{\text{س}^2 + 2}{\text{س}^2 - \text{س} - 6} \right]$ دس

ج $\left[\frac{\sqrt{\text{س}}}{\text{س} - \sqrt{\text{س}} - 2} \right]$ دس

د $\left[\frac{\text{س} + 2}{(\text{س} - 2)(\text{س} + 1)} \right]$ دس

هـ $\left[\frac{1}{\text{س} - \text{س}^2} \right]$ دس

و $\left[\frac{1}{\text{س} - \text{س}^2} \right]$ دس

ز $\left[\frac{\text{س} + 7}{\text{س}^2 - \text{س} - 2} \right]$ دس

ح $\left[\frac{\text{جاس}}{\text{جاس}^2 - 16} \right]$ دس

ط $\left[\frac{\text{قتاس}^2}{\text{قتاس}^2 - 2} \right]$ دس

ي $\left[\frac{\text{س}^2}{\text{س}^3 + \text{س}^2} \right]$ دس

٢ جد ص بدلالة س حيث $\sqrt{\text{س}}$ دص = ٦ دس - دص ، علماً بأن ص = ٢ عندما س = ٠

١ اختر رمز الإجابة الصحيحة:

١ إذا كان م(س)، هـ(س) اقترانين أصليين مختلفين للاقتران ق(س)،

فماذا يمثل $(م(س) - هـ(س))$ دس؟

أ) اقتراناً ثابتاً ب) اقتراناً ترييعياً ج) اقتراناً خطياً د) صفراً

٢ إذا كان ق(س) = $(٣س^٢ - ٢)$ دس، وكان ق(٢) = ٩، فما قيمة ق(٢-)?

أ) ١- ب) ٩- ج) ٤ د) ١

٣ إذا كان $٢س - لو_س دس = س^٢ لو_س - ع دق$ ، فما قيمة ع دق؟

أ) $لو_س دس$ ب) $س^٢ دس$ ج) $س دس$ د) $س - لو_س دس$

٤ ما قيمة $\left| قتا^٤ س ظتاس دس \right|$ ؟

أ) $\frac{١}{٥} قتا^٥ س + ج$ ب) $\frac{١}{٤} قتا^٤ س + ج$

ج) $\frac{١}{٣} قتا^٣ س + ج$ د) $\frac{١}{٣} قتا^٣ س + ج$

٥ إذا كان $\frac{دص}{دس} = ظاس$ ، وكان ص = ٠ عندما س = ٠، فما هي ص بدلالة س؟

أ) ص = $لو_ج | جتاس | - ١$ ب) ص = $لو_ج | جتاس |$

ج) ص = $لو_ج | جتاس |$ د) ص = $لو_ج | جاس |$

٢ أثبت أن: الاقتران م(س) = $\sqrt{١ - س^٢}$ هو اقتران أصلي للاقتران ق(س) = $\frac{س}{١ - س^٢}$

٣ إذا كانت ق(س) = $س^٢ + ٣جاس$ ، ق(٠) = ٣، ق(٠) = ٢، فجد ق(س).

٤ إذا كانت سرعة جسيم ع بعد ن دقيقة تعطى بالقاعدة: $ع = ٤ن + لو_٢(ن + ١)$
جد إزاحة الجسيم بعد ٣ دقائق، علماً بأنه قطع مسافة ٨ أمتار بعد دقيقة واحدة.

٥ إذا كان $\frac{دص}{دس} = \frac{٣س٢ - ٢}{(٢س٣ - ٤س٤)}$ ، فجد ص بدلالة س علماً أن $ص = ١$ عندما $س = ١$

٦ جد كلاً من التكاملات الآتية:

١ $\int \sqrt{٣ - ٢س} دس$ ٢ $\int \frac{١}{س١٠ + س} دس$

٣ $\int \sqrt{٢س} دس$ ٤ $\int \text{قا}(٣س + ١) \text{ظا}(٣س + ١) دس$

٥ $\int (٢س + ١) \text{جتاس} دس$ ٦ $\int \text{لو}_٢(٢س - ١) دس$

٧ $\int \frac{١ + ٢س}{س٣ + س} دس$ ٨ $\int \frac{\text{قا}٤س}{١ - \text{ظا}٢س} دس$

٩ $\int (\text{جتا}٤س - \text{جا}٤س) دس$ ١٠ $\int (\text{قتاس} + \text{ظتاس})^٨ \text{قتاس} دس$

١١ $\int (س٦ - ٨س) دس$

٧ يتحرك جسيم حسب العلاقة $ع = \sqrt{٢ف}$ عددياً، حيث ع السرعة (م/ث)، ف المسافة (م) فإذا كان
ف(٢) = ٩ أمتار، ف(٤) = ١٦ متراً، فما قيمة الثابت أ؟

٨ جد ص بدلالة س حيث $س٢ دص - لو_٢ س دس = ٠$ علماً بأن $ص = ٠$ عندما $س = هـ$

٩ إذا كانت $س ق(س) + ق(س) = \text{جتاس}$ ، فجد قاعدة الاقتران ق(س) علماً بأن ق(π) = ٠

الوحدة



Definite Integration
and its Applications

التكامل المحدود
وتطبيقاته



قلعة برقوق تاريخ وتراث، تقاوم من أجل البقاء، فهي شاهد حقيقي على التطور الحضاري والثقافي لمدينة خان يونس عبر العصور. يراد تغطية قوس القلعة بزجاج، اقترح طريقة لحساب مساحة الزجاج المستخدم.

نتيجة لمحاولة العلماء اكتشاف طريقة عامة لحساب مساحات مناطق مستوية وغير منتظمة، فقد قاموا بتقسيمها إلى مناطق صغيرة جداً، معروفة المساحة، ثم جمعوا هذه المساحات لتقدير المساحة المطلوبة، مما أسهم في اكتشاف التكامل المحدود.

في هذه الوحدة سيتم التعرف إلى التجزئة ومجموع ريمان، واستخدامها في إيجاد التكامل المحدود، والتعرف إلى خصائصه، ثم التعرف إلى النظرية الأساسية في التفاضل والتكامل، وتوظيف التكامل المحدود في حساب المساحات، وحجوم الأجسام الدورانية، ليكون طلبتنا قادرين على توظيف ما تعلموه في هذه الوحدة في الحياة العملية، ويتوقع من الطالب أن يحقق الأهداف الآتية:

- ١ التعرف إلى التجزئة، وحساب مجموع ريمان.
- ٢ إيجاد التكامل لاقتراح خطّي باستخدام التعريف.
- ٣ التعرف إلى النظرية الأساسية في التفاضل والتكامل.
- ٤ التعرف إلى خصائص التكامل المحدود.
- ٥ حساب التكامل المحدود.
- ٦ إيجاد مساحة منطقة مستوية باستخدام التكامل المحدود.
- ٧ توظيف التكامل المحدود في حساب حجم الجسم الدوراني، الناتج من الدوران لمنطقة محدّدة حول محور السينات.



للحفاظ على جودة البيئة، وتجميل شوارع مدينة غزة، قررت البلدية تزيين شارع صلاح الدين بزراعة أشجار النخيل على امتداد الشارع بطول ١ كم، فكم شجرة نخيل يلزم لزراعة شجرة كل ٥٠ م؟

نشاط ١:

تعريف:



إذا كانت $[أ، ب]$ فترة مغلقة، وكانت:

$\sigma_n = \{أ = س_٠، س_١، س_٢، س_٣، \dots، س_n = ب\}$ حيث:

$س_٠ > س_١ > س_٢ > س_٣ > \dots > س_n$ فإننا نسمى σ_n تجزئة نونية للفترة $[أ، ب]$

وتسمى الفترة $[س_{١-٢}، س_{١-١}]$ الفترة الجزئية الرائية، وطولها $\Delta س_{١-٢} = س_{١-١} - س_{١-٢}$

طول الفترة الكلية = مجموع أطوال جميع الفترات الجزئية

$$\text{وبالرموز } \sum_{i=1}^n (س_{i-1} - س_i) = ب - أ$$

نلاحظ من التعريف، أنه لكتابة أي تجزئة σ_n لفترة ما يجب أن تكون:

١ الفترة مغلقة.

٢ تبدأ التجزئة من بداية الفترة، وتنتهي بنهايتها.

٣ عناصر التجزئة مرتبة ترتيباً تصاعدياً.

مثال ١ :

أي من الآتية يعتبر تجزئة للفترة $[١-، ٣]$.

- ١ $\sigma = \{١-، ٣، ٢، \frac{٣}{٢}\}$ ٢ $\sigma = \{١-، ٣، ٢، \frac{٣}{٢}\}$
 ٣ $\sigma = \{١-، ٣، ٢، ٤\}$ ٤ $\sigma = \{١-، ٣، ٢، ٠\}$

الحل :

- ١ σ تعتبر تجزئة للفترة، لأن $١- = ٣$ ، عناصرها مرتبة تصاعدياً
 ٢ σ ليست تجزئة، لأن $١- \neq ٣$
 ٣ σ ليست تجزئة، لأن $٤ \notin [١-، ٣]$
 ٤ σ ليست تجزئة للفترة $[١-، ٣]$ لأن عناصرها ليست مرتبة ترتيباً تصاعدياً

مثال ٢ :

اكتب ٣ تجزئات خماسية للفترة $[٢، ٧]$

الحل :

$$\sigma = \{٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧\}$$

$$\sigma = \{٢، \frac{٥}{٢}، ٤، \frac{٩}{٢}، ٦، ٧\}$$

$$\sigma = \{٢، \frac{٧}{٣}، ٣، \frac{١١}{٢}، ٦، ٧\}$$

فكر وناقش:

كم تجزئة خماسية للفترة $[٢، ٧]$ يمكن تكوينها؟



مثال ٣ :

إذا كانت $\sigma = \{١-، ٣، ٤، ٦\}$ تجزئة ثلاثية للفترة $[١-، ٦]$
 اكتب جميع الفترات الجزئية الناتجة عن σ ، ثم احسب طول كل منها.

الحل :

الفترات الجزئية الناتجة عن σ هي: $[١-، ٣]$ ، $[٣، ٤]$ ، $[٤، ٦]$
 وأطوالها على الترتيب ٢، ١، ٤
 تلاحظ من المثال السابق أن:

عدد عناصر التجزئة $\sigma = ٤$ ، عدد الفترات الجزئية = ٣
 مجموع أطوال الفترات الجزئية الناتجة عن $\sigma = ٧ = ٢ + ١ + ٤ =$ طول الفترة الكلية.

نشاط ٢:

- إذا كانت $\sigma = \{2, 4, 6, 8, 10\}$ تجزئة رباعية للفترة $[2, 10]$
- ١ الفترات الجزئية الناتجة عن σ هي $\{[2, 4], [4, 6], [6, 8], [8, 10]\}$
 - ٢ العلاقة بين أطوال الفترات الجزئية الناتجة عن σ هي:
 - ٣ عدد الفترات الجزئية =
 - ٤ عدد عناصر التجزئة = (ماذا تلاحظ؟)

تعريف:

تسمى التجزئة σ تجزئة نونية منتظمة للفترة $[a, b]$ ، إذا كانت أطوال جميع الفترات الجزئية الناتجة عنها متساوية، ويكون طول الفترة الجزئية = $\frac{b - a}{n}$ = $\frac{\text{طول الفترة الكلية}}{\text{عدد الفترات الجزئية}}$



مثال ٤ :

اكتب تجزئة خماسية منتظمة للفترة $[-2, 13]$

$$\text{الحل :} \quad \text{طول الفترة الجزئية} = \frac{b - a}{n} = \frac{13 - (-2)}{5} = 3$$

ومنها تكون $\sigma = \{-2, 1, 4, 7, 10, 13\}$

فكر وناقش:

هل هناك تجزئات خماسية منتظمة أخرى للفترة $[-2, 13]$ ؟



مثال ٥ :

إذا كانت σ تجزئة منتظمة للفترة $[5, b]$ وكان طول الفترة الجزئية = $\frac{1}{3}$ ، جد قيمة b

$$\text{الحل :} \quad \text{طول الفترة الجزئية} = \frac{b - a}{n} = \frac{1}{3}$$

ومنها $\frac{1}{3} = \frac{b - 5}{6}$ فيكون $b - 5 = 2$ وينتج أن $b = 7$

لإيجاد قيمة أي عنصر في التجزئة المنتظمة σ_n

يكون العنصر الأول $s_1 = أ$

العنصر الثاني $s_2 = أ + \frac{ب - أ}{ن}$

والعنصر الثالث $s_3 = s_2 + \frac{ب - أ}{ن} = أ + 2 \times \frac{ب - أ}{ن}$ (لماذا؟)
:

العنصر الرائي $s_{1-r} = أ + (1 - r) \times \frac{ب - أ}{ن}$

وبشكل عام، فإن: $s_r = أ + r \times \frac{ب - أ}{ن}$ حيث $r = 0, 1, 2, \dots, n$

وتكون الفترة الجزئية الرائية هي $[s_{1-r}, s_r]$

مثال ٦ :

لتكن σ_{12} تجزئة منتظمة للفترة $[-1, 19]$ ، فجد كلاً من:

١ s_2, s_9 ٢ العنصر الثامن ٣ الفترة الجزئية الخامسة

الحل :

١ $s_r = أ + r \times \frac{ب - أ}{ن}$ ومنها $s_2 = -1 + 2 \times \frac{1 + 19}{12} = \frac{7}{3}$

$s_9 = -1 + 9 \times \frac{1 + 19}{12} = 14$

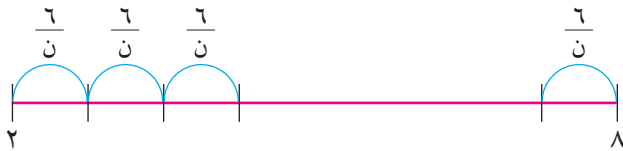
٢ العنصر الثامن $s_7 = -1 + 7 \times \frac{1 + 19}{12} = \frac{32}{3}$

٣ الفترة الجزئية الخامسة $[s_3, s_5] = [\frac{17}{3}, \frac{22}{3}]$ (تحقق من ذلك)

نشاط ٣ :

الشكل المجاور يبين التجزئة σ_n للفترة $[2, 8]$ ، لاحظ أن التجزئة σ_n منتظمة وطول الفترة

الجزئية فيها $\frac{6}{n}$



١ طول الفترة الكلية = ٢ عدد عناصر التجزئة σ_n =

٣ s_7 = ٤ العنصر السابع =

٥ الفترة الجزئية السابعة =



تعريف:

إذا كان $q(s)$ اقتراناً معرفاً في الفترة $[a, b]$ ، وكانت σ_n تجزئةً نونيةً للفترة $[a, b]$ ،

$$\text{فإن المقدار } \sum_{r=1}^n q(s_r^*) (s_r - s_{r-1}) \text{ حيث } s_r^* \in [s_{r-1}, s_r]$$

يسمى مجموع ريمان، ويرمز له بالرمز $M(\sigma, q)$

$$\text{وإذا كانت التجزئة نونية منتظمة فإن } M(\sigma, q) = \sum_{r=1}^n \frac{b-a}{n} q(s_r^*)$$

مثال ٧:

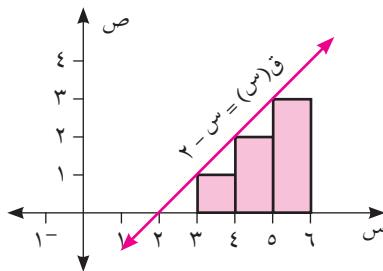
إذا كان $q(s) = s - 2$ ، وكانت $\sigma_3 = \{3, 4, 5, 6\}$ تجزئةً ثلاثية

للفترة $[3, 6]$ ، فاحسب $M(\sigma_3, q)$ معتبراً $s_r^* = s_{r-1}$

نكوّن الجدول الآتي:

الحل:

الفترة الجزئية	$s_r - s_{r-1}$	s_r^*	$q(s_r^*)$	$q(s_r^*) \times (s_r - s_{r-1})$
$[3, 4]$	1	3	1	1
$[4, 5]$	1	4	2	2
$[5, 6]$	1	5	3	3
المجموع				6



$$\text{أي أن } M(\sigma_3, q) = \sum_{r=1}^3 q(s_r^*) (s_r - s_{r-1}) = 6$$

لاحظ من الشكل المجاور أن مجموع مساحات المستطيلات

$$\text{تساوي } M(\sigma_3, q) = 6$$

مثال ٨:

إذا كان $q(s) = s^2 - 2s$ ، وكانت σ_4 تجزئةً رباعيةً منتظمةً للفترة $[-3, 5]$ ،

فاحسب $M(\sigma_4, q)$ حيث $s_r^* = s_{r-1}$

الحل:

بما أن التجزئة منتظمة فإن: طول الفترة الجزئية $= \frac{8}{4} = 2$ ،

وتصبح $\sigma_4 = \{-3, -1, 1, 3, 5\}$

الفترات الجزئية الناتجة عن σ هي:

$$[5, 3], [3, 1], [1, 1^-], [1^-, 3^-]$$

s_r^* المناظرة $= 3, 1, 1^-, 3^-$ (لماذا؟)

$$m(\sigma, q) = \sum_{i=1}^n q(s_r^*) = \sum_{i=1}^n \frac{a_i - b_i}{n} = (s_r - s_{r-1}) q(s_r^*) \quad (\text{لماذا؟})$$

$$m(\sigma, \xi) = \sum_{i=1}^4 2 = 2 = (q(3^-) + q(1^-) + q(1) + q(3))$$

$$40 = (3 + 1^- + 3 + 15)2 =$$



مثال ٩ :

إذا علمت أن $q(s) = \text{لوس}$ وكانت $\sigma = \{1, 2, 3\}$ تجزئة للفترة $[1, 3^-]$ ، فاحسب $m(\sigma, q)$ معتبراً $s_r^* = s_r$

الحل :

الفترات الجزئية الناتجة عن σ هي: $[1, 2^-], [2^-, 3^-], [3^-, 3]$

$$m(\sigma, q) = (1 - 2)q(1) + (2 - 3)q(2^-) + (3 - 3)q(3^-) =$$

$$= (1 - 2) + (2 - 3) + (3 - 3) =$$

$$3 - 2 - 3 = 1 - 2 =$$



مثال ١٠ :

إذا كان $q(s) = \text{أس}$ ، $s \in [1, 1^-]$ ، وكانت σ تجزئة منتظمة للفترة $[1, 1^-]$

فجد قيمة ξ علماً بأن $m(\sigma, q) = 2$ ، $s_r^* = s_{r-1}$

الحل :

$$\text{طول الفترة الجزئية} = \frac{1}{p}, \sigma = \left\{1, \frac{1}{p}, 0, \frac{1^-}{p}, 1^-\right\} = \xi$$

$$m(\sigma, \xi) = \sum_{i=1}^4 \frac{1}{p} = \frac{1}{p} (q(s_1) + q(s_2) + q(s_3) + q(s_4))$$

$$= \frac{1}{p} (q(1^-) + q(1^-) + q(0) + q(\frac{1}{p}))$$

$$= \frac{1}{p} (1^- + 1^- + 0 + \frac{1}{p}) = 2$$

$$1^- = \xi \quad \text{ومنها} \quad \xi = 1^-$$



١ إذا كانت σ تجزئة منتظمة للفترة $[-1, 2]$ ، فجد:

أ) العنصر الثالث في التجزئة ب) الفترة الجزئية الرابعة

٢ إذا كان العنصر الخامس في التجزئة المنتظمة σ ، للفترة $[ج، ٧]$ يساوي ٤، جد قيمة ج.

٣ إذا كان $ق(س) = ٦ - س$ معرفاً في الفترة $[١، ٥]$ ، وكانت σ تجزئة منتظمة للفترة نفسها،

$$\text{فجد } م(س، ق) \text{ معتبراً } س_r^* = س_r$$

٤ إذا كان $ق(س) = ٢ + هـ$ معرفاً في الفترة $[-1، ٢]$ ، وكانت σ تجزئة منتظمة للفترة نفسها،

$$\text{فجد } م(س، ق) \text{ معتبراً } س_r^* = س_{١-r}$$

٥ إذا كان $ق(س) = \frac{أس}{س + ٢}$ معرفاً على $[-1، ٨]$ ، وكانت $\sigma = \{٨، ٦، ٣، ٢، ٠، -1\}$ تجزئة

للفترة $[-1، ٨]$ ، فاحسب قيمة أ علماً بأن $م(س، ق) = ٦، ٥$ ، اعتبر $س_r^* = س_{١-r}$

٦ إذا كانت σ تجزئة منتظمة للفترة $[أ، ب]$ والعنصر الثالث فيها يساوي ٢، وكانت σ تجزئة منتظمة

للفترة $[أ، ب]$ والعنصر الخامس فيها يساوي ٤، جد قيم أ، ب.

٧ إذا كان $ق(س) = جاس$ ، $س \in [\frac{\pi}{٢}، ٠]$ ، وكانت $\sigma = \{\frac{\pi}{٢}، \frac{\pi}{٣}، \frac{\pi}{٤}، \frac{\pi}{٦}، ٠\}$

$$\text{أوجد } م(س، ق) \text{ معتبراً } س_r^* = س_{١-r}$$

٨ إذا كان $ق(س)$ اقتراناً معرفاً ومحدوداً في الفترة $[٠، ١]$ وكانت σ تجزئة نونية منتظمة للفترة نفسها،

وكانت $م(س، ق) = ل$ ، عندما $س_r^* = س_r$ و $م(س، ق) = ك$ ، عندما $س_r^* = س_{١-r}$

$$\text{أثبت أن: } ل - ك = \frac{١}{ن} (ق(١) - ق(٠))$$



نشاط ١:

يعتبر تل العاصور من الجبال العالية الواقعة شرق رام الله، يريد السيد جهاد حساب مساحة قطعة أرض له واقعة هناك (المنطقة المحدودة باللون الأحمر في الشكل المجاور)، لاحظ أنه لا يمكن تقسيمها إلى أشكال منتظمة، ولا يمكن إيجاد مساحتها باستخدام قوانين المساحة المعروفة. كيف يمكنك مساعدة جهاد في حساب مساحة قطعة الأرض؟

مثال ١:

* إذا كان $q(s) = s^2 + 3$ معرفاً في الفترة $[2, 6]$ ، ولتكن σ_n تجزئةً نونيةً منتظمةً للفترة نفسها فاحسب $m(\sigma_n, q)$ معتبراً $s_r^* = s_r$

الحل:

$$m(\sigma_n, q) = \sum_{r=1}^n \frac{b-a}{n} q(s_r^*) = \sum_{r=1}^n \frac{4}{n} q(s_r^*)$$

$$\text{لكن } s_r^* = s_r = a + r \frac{b-a}{n} = 2 + r \frac{4}{n}$$

$$\text{فيكون } s_r = 2 + r \frac{4}{n}$$

$$m(\sigma_n, q) = \sum_{r=1}^n \frac{4}{n} q\left(2 + r \frac{4}{n}\right)$$

$$= \sum_{r=1}^n \frac{4}{n} \left(\left(2 + r \frac{4}{n}\right)^2 + 3 \right) = \sum_{r=1}^n \frac{4}{n} \left(4 + 16 \frac{r}{n} + 16 \frac{r^2}{n^2} + 3 \right)$$

$$= \sum_{r=1}^n \frac{4}{n} \left(7 + 16 \frac{r}{n} + 16 \frac{r^2}{n^2} \right) \text{ وبعد التبسيط}$$

$$= \frac{4}{n} \left(7n + 16 \sum_{r=1}^n r + 16 \sum_{r=1}^n r^2 \right) = \frac{4}{n} \left(7n + 16 \cdot \frac{n(n+1)}{2} + 16 \cdot \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \right)$$

* سوف نقتصر دراستنا في إيجاد $m(\sigma_n, q)$ (ن غير محددة) على اقترانات كثيرة حدود من الدرجة الأولى على الأكثر.

مثال ٢ :

إذا كان $ق(س) = ٥س - ٢$ معرّفاً في الفترة $[١، ب]$ ، وكانت ٥ تجزئة خماسية منتظمة لهذه الفترة بحيث، $م(٥، ق) = ٣٦$ ، جد قيمة $ب$ حيث $س_٢^* = س_٢$

الحل :

$$م(٥، ق) = \sum_{١=٢}^٥ \frac{١-ب}{٥} = ق(س_٢^*)$$

$$س_٢^* = س_٢ = ١ + \frac{١-ب}{٥}$$

$$م(٥، ق) = \sum_{١=٢}^٥ \frac{١-ب}{٥} = ق(س_٢^*) = \sum_{١=٢}^٥ \frac{١-ب}{٥} (١ + \frac{١-ب}{٥})$$

$$= \sum_{١=٢}^٥ \frac{١-ب}{٥} ((١-ب) + ١) =$$

$$ومنها يكون $\frac{١-ب}{٥} (٥ \times ٣ + \frac{٦ \times ٥}{٢} (١-ب)) = ٣٦$$$

وينتج بعد التبسيط أن: $٢ - ب - ١٢ = ٠$ ، وبحل المعادلة، ينتج أن:

$$ب = ٤، ب = ٣ - (مفروضة) (لماذا؟)$$

تعريف التكامل المحدود:

إذا كان الاقتران $ق(س)$ معرّفاً ومحدوداً* في الفترة $[أ، ب]$ ،

وكانت $م(٥، ق) = ل$ لجميع قيم $س_٢^* \in [س_٢، س_١]$ فإن الاقتران $ق(س)$

يكون قابلاً للتكامل في الفترة $[أ، ب]$ ، ويكون $\int_A^B ق(س) دس = ل$

(نسمي $أ، ب$ حدود التكامل)



* يكون الاقتران $ق(س)$ محدوداً إذا وجد عدداً حقيقياً $م$ ، $ن$ حيث $م \leq ق(س) \leq ن$ $\forall س \in$ مجال الاقتران

مثال ٣ : إذا كان $ق(س) = ٥ - ٤س$ حيث $س \in [٠, ٣]$ ، معتبراً $س_r^* = س_r$ ، احسب $\int_0^3 ق(س) دس$ باستخدام تعريف التكامل المحدود .

الحل :

$$\int_0^3 ق(س) دس = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{r=1}^n \frac{ب - أ}{ن} ق(س_r^*)$$

$$\text{إذن } \int_0^3 ق(س) دس = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{r=1}^n \frac{٠ - ٣}{ن} ق(س_r)$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{r=1}^n \frac{٣}{ن} (٥ - ٤ \left(\frac{٣}{ن} r\right)) \quad (\text{لماذا؟})$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{٣}{ن} \left(\sum_{r=1}^n ٥ - \sum_{r=1}^n \frac{١٢}{ن} r \right) \quad (\text{لماذا؟})$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{٣}{ن} \left(٥ن - \frac{١٢}{ن} \times \frac{ن(ن+١)}{٢} \right)$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{٣}{ن} (٥ن - ٦(١ + \frac{ن}{٢}))$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{٣}{ن} (١٨ - ٣ن) = ٣ -$$

أذكر :

- إذا كان $ق(س)$ اقتراناً نسبياً، فإن $\lim_{س \rightarrow \pm \infty} ق(س) =$ عدداً حقيقياً $\neq ٠$ ، إذا كانت درجة البسط = درجة المقام، وتكون قيمة النهاية = معامل $س^n$ في البسط ÷ معامل $س^n$ في المقام حيث $ن$ أعلى أس في البسط والمقام.
- صفرًا إذا كانت درجة البسط أقل من درجة المقام.
- إما ∞ ، أو $-\infty$ ، إذا كانت درجة البسط أكبر من درجة المقام.

مثال ٤ : إذا علمت أن $\int_{1-}^{\infty} q(s) ds = 9$ ، وكان $m(\sigma, q) = \frac{(1+n)(1+2n)}{n^2}$ حيث σ تجزئة نونية منتظمة للفترة $[1-, 4]$ ، فجد قيمة الثابت أ .

الحل : $\int_{1-}^{\infty} q(s) ds = \lim_{n \rightarrow \infty} m(\sigma, q) = 9$
 إذن $\int_{1-}^{\infty} q(s) ds = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(1+n)(1+2n)}{n^2} = 9$
 ومنها يكون $1+2n = 9$ ومنها $n = 4$ (لماذا؟)

قابلية الاقتران ق(س) للتكامل في الفترة [أ، ب]

نظرية (١):

إذا كان ق(س) اقتراناً متصلًا في الفترة [أ، ب]، فإنه يكون قابلاً للتكامل في الفترة [أ، ب].



مثال ٥ : هل الاقتران ق(س) = س^٢ + ٥ قابل للتكامل في الفترة $[1-, 4]$. ولماذا؟

الحل : ق(س) = س^٢ + ٥ قابل للتكامل في الفترة $[1-, 4]$ لأنه متصل في الفترة $[1-, 4]$ كونه كثير حدود.

نظرية (٢):

إذا كان الاقتران ق(س) قابلاً للتكامل في الفترة [أ، ب]، وكان الاقتران هـ(س) = ق(س) لجميع قيم س $\in [أ، ب]$ ، عدا عند مجموعة منتهية من قيم س في تلك الفترة ، فإن هـ(س) يكون قابلاً للتكامل في الفترة [أ، ب]

ويكون $\int_A^B h(s) ds = \int_A^B q(s) ds$



مثال ٦ : ابحث في قابلية التكامل للاقتران $Q(s) = \left[\frac{1}{2} s \right]$ في الفترة $[4, 6]$.

الحل : $\left. \begin{array}{l} 2 \leq s < 6, \\ 3, s=6 \end{array} \right\} = \left[\frac{1}{2} s \right] = \text{تعليم أن ق(س)}$

نفرض أن هـ(س) = ٢ حيث $s \in [٤, ٦]$ ، لاحظ أن هـ(س) قابل للتكامل لأنه متصل وبما أن هـ(س) = ق(س) لجميع قيم $s \in [٤, ٦]$ ما عدا عند $s = ٦$ فإن الاقتران ق(س) = $\left[\frac{1}{٢} s \right]$ يكون قابلاً للتكامل على $[٤, ٦]$.

مثال ٧ : $\frac{س - ٢}{س + ١}$ قابل للتكامل في الفترة $[-٢, ٢]$ **بيّن أن الاقتراح ق(س) =**

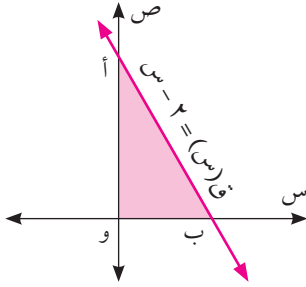
الحل : نفرض أن هـ(س) = س - ١ حيث $s \in]-2, 2[$
 لاحظ أن هـ(س) اقتران متصل؛ لأنه كثير حدود فهو قابل للتكامل في الفترة $[-2, 2]$
 وبما أن هـ(س) = ق(س) عند جميع قيم $s \in]-2, 2[$ ما عدا عند $s = -1$
 فإن الاقتران ق(س) يكون قابلاً للتكامل في $[-2, 2]$

تمارين ٥ - ٢

- ١ إذا كان $q(s) = 2 - 5s$ ، وكانت σ تجزئةً نونيةً منتظمةً للفترة $[-1, 3]$ ، فاحسب $m(\sigma, q)$ معتبراً $s_r^* = s_r$
 - ٢ إذا كان $q(s) = s^2 + 1$ وكانت σ تجزئةً نونيةً منتظمةً للفترة $[0, 1]$ ، فأثبت أن: $m(\sigma, q) = 1$ ، $m(\sigma, h) + b$ لجميع اختيارات s_r^*
 - ٣ إذا كان $q(s) = 2s$ معرفاً في الفترة $[1, b]$ ، وكان $m(\sigma, q) = 35 + \frac{2}{n}$ ، فما قيمة الثابت b ؟
 - ٤ استخدم تعريف التكامل المحدود في إيجاد قيمة كل من:
 - أ $\int_{-1}^4 \frac{1}{t^2} ds$
 - ب $\int_1^6 (4 - s^2) ds$
 - ٥ بين أن الاقتران $q(s) = \frac{1 - s^3}{1 - s}$ قابل للتكامل في الفترة $[\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$

نشاط ١ :

الشكل المجاور يمثل منحنى الاقتران ق(س) = ٢ - س،
والمار بالنقطتين أ، ب



١ مساحة المثلث أ و ب =

٢ إذا كان م(س) هو الاقتران الأصلي للاقتران ق(س)

$$\text{فإن م(س)} = \int (٢ - س) دس = ٢س - \frac{س^2}{٢} + جـ$$

٣ قيمة م(٢) - م(٠) = ماذا تلاحظ؟

تعريف:

إذا كان م(س) هو أحد الاقترانات الأصلية للاقتران المتصل ق(س) في الفترة [أ، ب]،
فإن المقدار م(ب) - م(أ) يساوي التكامل المحدود للاقتران ق(س) في الفترة [أ، ب]

ونرمز له بالرمز $\int_A^B ق(س) دس$



النظرية الأساسية للتفاضل والتكامل

١ إذا كان الاقتران ق(س) متصلاً في الفترة [أ، ب]، وكان م(س) اقتراناً أصلياً للاقتران

$$\text{ق(س) فإن م(س)} = \int_A^B ق(س) دس = م(ب) - م(أ)$$

٢ إذا كان الاقتران ق(س) قابلاً للتكامل في الفترة [أ، ب]،

$$\text{فإن ت(س)} = \int_A^B ق(ص) دص \text{ لجميع قيم } س \in [أ، ب]$$

ويسمى ت(س) الاقتران المكامل للاقتران ق(س).

ب إذا كان ق(س) اقتراناً متصلاً، فإن ت(س) = ق(س) لكل س $\in [أ، ب]$



مثال ١ :

جد قيمة كل مما يأتي:

١ $\int_{-2}^3 (4s^3 - 1) ds$

٢ $\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{3s} ds$

٣ $\int_1^2 s^2 ds$

الحل :

١ ق (س) = $4s^3 - 1$ متصل على ح ، م (س) = س^٤ - س اقتران أصلي للاقتران ق (س)

إذن $\int_{-2}^3 (4s^3 - 1) ds = \left[\frac{4}{4} s^4 - s \right]_{-2}^3 = \left[s^4 - s \right]_{-2}^3$

$= [(3^4) - (3)] - [(-2)^4 - (-2)] = 60$

٢ لاحظ أن أحد الاقترانات الأصلية للاقتران $\sqrt{3s}$ هو $\frac{2}{3}s^{\frac{3}{2}}$

$\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{3s} ds = \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{3} s^{\frac{1}{2}} ds = \sqrt{3} \left[\frac{2}{3} s^{\frac{3}{2}} \right]_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} = \dots\dots\dots$ (أكمل)

٣ $\int_1^2 s^2 ds = \left[\frac{1}{3} s^3 \right]_1^2 = \frac{8}{3} - \frac{1}{3}$ (لماذا؟)

مثال ٢ :

إذا كان م (س) اقتران أصلي للاقتران ق (س)

وكانت م (٣-) = ٤ ، م (٧) = ١٢ ، فجد $\int_{3-}^7 ق (س) ds$

الحل :

$\int_{3-}^7 ق (س) ds = \left[\frac{1}{3} s^3 \right]_{3-}^7 = \frac{1}{3} (7^3 - (3-)^3)$

$= \frac{1}{3} (343 - (-27)) = \frac{1}{3} (370) = \frac{370}{3}$

مثال ٣ :

إذا كان ق(س) = ٤س^٣ معرّفاً في الفترة $[-٢، ٤]$ ، فجدت(س)،
ثم احسب ت(٢-)، ت(١)

الحل :

$$ت(س) = \int_1^s ق(ص) دص$$

$$= \int_{2-}^s ق(ص) دص$$

$$= \int_{2-}^s ٤ص^٣ دص = ص^٤ \Big|_{2-}^s$$

$$= س^٤ - ١٦$$

$$ومنها ت(٢-) = ١٦ - ١٦ = ٠ ، ت(١) = ١ - ١٦ = -١٥$$



فكّر وناقش :



كيف يمكنك إيجاد ت(١) دون إيجاد ت(س)؟

مثال ٤ :

إذا كان ق(س) = س^٢ + جا ٢س ، س ∈ $[٠، \frac{\pi}{٢}]$ ، فجد:

- ١) الاقتران المكامل ت(س)
- ٢) ت(٠)
- ٣) $\int_0^{\frac{\pi}{٤}} ق(س) دس$

الحل :

$$١) ت(س) = \int_0^s ق(ص) دص = \int_0^s (ص^٢ + جا ٢ص) دص$$

$$= \frac{ص^٣}{٣} - \frac{جتا ٢ص}{٢} \Big|_0^s \quad (\text{لماذا؟})$$

$$٢) ت(٠) = \frac{٠^٣}{٣} - \frac{جتا(٠)}{٢} = -\frac{١}{٢}$$

$$٣) \int_0^{\frac{\pi}{٤}} ق(س) دس = \left(-\frac{\pi}{٤} \right) - \left(-\frac{١}{٢} \right) = \frac{١}{٢} - \frac{\pi}{٤} \quad (\text{لماذا؟})$$



سوف نقدم الاقتران المكامل لاقتران متعدد القاعدة في البند التالي:

نظرية:



إذا كان t (س) هو الاقتران المكامل للاقتران q (س) المعروف في الفترة $[a, b]$ فإن:

١ t (س) اقتران متصل دائماً في الفترة $[a, b]$.

٢ $t(a) = 0$

جد $\int_a^{\frac{\pi}{3}} \cos x \, dx$

مثال ٥ :

الحل : نفرض $v = \cos x$ فيكون $dv = -\sin x \, dx$ ومنها $dx = \frac{dv}{-\sin x}$

$$\int_a^{\frac{\pi}{3}} \cos x \, dx = \int_{\cos a}^{\cos \frac{\pi}{3}} \frac{dv}{-\sin x} = \int_{\cos a}^{\cos \frac{\pi}{3}} \frac{dv}{-\sqrt{1-v^2}} = \int_{\cos a}^{\cos \frac{\pi}{3}} \frac{dv}{-\sqrt{1-v^2}} + C$$

$\int_a^{\frac{\pi}{3}} \cos x \, dx = \int_{\cos a}^{\cos \frac{\pi}{3}} \frac{dv}{-\sqrt{1-v^2}} + C$ ، لاحظ أن $\frac{dv}{-\sqrt{1-v^2}}$ هو أحد الاقترانات الأصلية

ومنها $\int_a^{\frac{\pi}{3}} \cos x \, dx = \int_{\cos a}^{\cos \frac{\pi}{3}} \frac{dv}{-\sqrt{1-v^2}} + C$

$$\int_a^{\frac{\pi}{3}} \cos x \, dx = \int_{\cos a}^{\cos \frac{\pi}{3}} \frac{dv}{-\sqrt{1-v^2}} + C = \left[-\arcsin v \right]_{\cos a}^{\cos \frac{\pi}{3}} = -\arcsin(\cos \frac{\pi}{3}) + \arcsin(\cos a)$$

١ جد قيم التكاملات المحدودة الآتية:

$$\begin{aligned} \text{أ} \quad & \int_0^4 (3 + \sqrt{s})^2 ds \\ \text{ب} \quad & \int_1^2 s(s^2 - 3)^3 ds \\ \text{ج} \quad & \int_1^{\sqrt{e}} s ds \\ \text{د} \quad & \int_0^2 120 s^2 (s-1)^3 ds \end{aligned}$$

٢ إذا كان $q(s) = \frac{s}{1+s}$ ، $s \in [0, 4]$ ، أوجد $t(s)$

٣ إذا كانت $t(s) = \left\{ \begin{array}{l} 2s^2 + أ ، \quad 2^- \leq s \leq 3 \\ ب s + 1 ، \quad 3 < s \leq 5 \end{array} \right\}$ ، هو الاقتران المكامل للاقتران $q(s)$ في الفترة $[-2, 5]$ ، فجد قيم الثابتين أ، ب.

٤ إذا كان $q(s)$ اقتراناً متصلًا، وكان $\int_{\frac{1}{2}}^s q(v) dv = s + \pi s + ج$

فجد قيمة الثابت ج، ثم $q(2)$ حيث $s \leq \frac{1}{2}$

٥ إذا كانت $t(s) = \int_0^s (أ + هـ v) dv$ وكان $t(2) = 1^-$ ، احسب قيمة أ.

٦ جد $\int_0^1 (s^2 - 2s)(s-1)^0 ds$

للتكامل المحدود خصائص مهمة تسهل حساب قيمته، ومنها:

إذا كان q (س)، هـ (س) اقترانين قابلين للتكامل على $[a, b]$ فإن:

$$\int_a^b q(s) ds = - \int_b^a q(s) ds \quad (1)$$

$$\int_a^a q(s) ds = 0 \quad (2)$$

$$\int_a^b k ds = k(b-a) \text{ حيث } k \in \mathbb{R} \quad (3)$$

$$\int_a^b q(s) ds = k \int_a^b q(s) ds \text{ حيث } k \in \mathbb{R} \quad (4)$$

$$\int_a^b (q(s) \pm h(s)) ds = \int_a^b q(s) ds \pm \int_a^b h(s) ds \text{ (يمكن تعميمها على أكثر من اقترانين)} \quad (5)$$

جد قيمة ما يأتي:

مثال ١ :

$$\int_1^2 \frac{5 + 2s - 3s^2}{s^2} ds \quad (3)$$

$$\int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} 3 - \cos s ds \quad (2)$$

$$\int_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{6}} \cos s ds \quad (1)$$

الحل :

$$\int_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{6}} \cos s ds = ((\frac{\pi}{6}) - (-\frac{\pi}{4})) = 10 \quad (1)$$

$$\int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} 3 - \cos s ds = 0 \text{ (لماذا؟)} \quad (2)$$

$$\int_1^2 \frac{5 + 2s - 3s^2}{s^2} ds = \int_1^2 \left(\frac{5}{s^2} + \frac{2s}{s^2} - \frac{3s^2}{s^2} \right) ds \quad (3)$$

$$\int_1^2 (5s^{-2} + 2s^{-1} - 3) ds = \left(-5s^{-1} + 2\ln s - 3s \right) \Big|_1^2 = \dots \text{ (أكمل)}$$

مثال ٢ : إذا كان $\int_{1+3}^{5+2} 4 \, dx = 36$ ، فما قيمة / قيم الثابت أ ؟

الحل : حسب الخاصية (٣) يكون $\int_{1+3}^{5+2} 4 \, dx = 36 = ((1+3) - (5+2))4$

أي أن $18 = 4 + 36$ ومنها $4 = 4$

مثال ٣ : إذا كان ق(س) اقتراناً قابلاً للتكامل ، وكان $\int_3^6$ ق(س) دس = ١٠ ، فجد :

١ $\int_3^3$ ق(س) دس ٢ $\int_6^3$ ق(س) دس

١ $\int_3^3$ ق(س) دس = ٠

٢ $\int_6^3$ ق(س) دس = - $\int_3^6$ ق(س) دس = -١٠

نظرية:

إذا كان ق(س) اقتراناً قابلاً للتكامل في الفترة [أ ، ب] ، وكان ق(س) ≤ ٠ لكل س $\in [أ ، ب]$ فإن: $\int_أ^ب$ ق(س) دس ≤ ٠



مثال ٤ : بدون حساب التكامل يبين أن: $\int_0^5 \frac{s^3}{s^2+4} \, ds \leq ٠$

الحل : نبحث في إشارة المقدار $\frac{s^3}{s^2+4}$ في الفترة [٠ ، ٥] ، وبما أن $s^3 \leq ٠$ ، $\forall s \in [٠ ، ٥]$

وكذلك $s^2+4 \leq ٤$ ، $\forall s \in [٠ ، ٥]$

إذن $\frac{s^3}{s^2+4} \leq ٠$ ، $\forall s \in [٠ ، ٥]$ ومنها $\int_0^5 \frac{s^3}{s^2+4} \, ds \leq ٠$

إذا كان $ق(س)$ ، $هـ(س)$ اقترانين قابلين للتكامل في الفترة $[أ، ب]$ ،

وكان $ق(س) \leq هـ(س)$ لكل $س \in [أ، ب]$ ، فإن $\int_{أ}^{ب} ق(س) دس \leq \int_{أ}^{ب} هـ(س) دس$

بدون إجراء عملية التكامل بين أن: $\int_{أ}^{ب} (س^2 - 1) دس \geq \int_{أ}^{ب} (س^2 + 2) دس$

مثال ٥ :

الحل :

نفرض أن $ق(س) = (س^2 - 1)$ و $هـ(س) = (س^2 + 2)$ $س^2 - 1 - (س^2 + 2) = 3 - س^2$

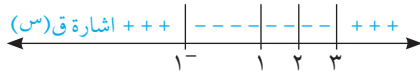
نبحث في إشارة الاقتران $ق(س) = س^2 - 1 - (س^2 + 2) = 3 - س^2$

فلاحظ أن $ق(س) \geq 0$ في الفترة $[1، 2]$ ،

أي أن $س^2 - 1 - (س^2 + 2) = 3 - س^2 \geq 0$ (انظر الشكل المجاور)

وبالتالي يكون $(س^2 - 1) \geq (س^2 + 2)$ في الفترة $[1، 2]$

أي أن $\int_{أ}^{ب} (س^2 - 1) دس \geq \int_{أ}^{ب} (س^2 + 2) دس$



إذا كان $ق(س) \geq 4$ لجميع قيم $س \in [1، 3]$ ، فما أكبر قيمة للمقدار $\int_{أ}^{ب} هـ(س) دس$ ؟

مثال ٦ :

الحل :

بما أن $ق(س) \geq 4$ لجميع قيم $س \in [1، 3]$ ،

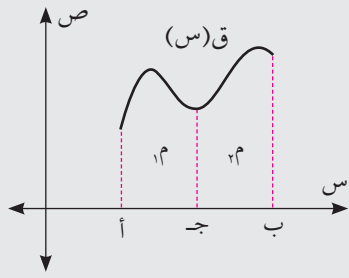
فإن $\int_{أ}^{ب} ق(س) دس \geq \int_{أ}^{ب} 4 دس$

أي أن: $\int_{أ}^{ب} ق(س) دس \geq 8$

إذن المقدار $\int_{أ}^{ب} هـ(س) دس = \int_{أ}^{ب} 5 دس \geq 8 \times 5$

أكبر قيمة للمقدار $\int_{أ}^{ب} هـ(س) دس$ هي ٤٠.

خاصية الإضافة:



إذا كان ق(س) اقتراناً قابلاً للتكامل في الفترة $ف \subseteq ح$ وكان أ، ب، ج أي ثلاثة أعداد تنتمي للفترة ف فإن:

$$\int_a^b \text{ق(س) دس} = \int_a^c \text{ق(س) دس} + \int_c^b \text{ق(س) دس}$$

مثال ٧ : عبّر بتكامل واحد عما يأتي: $\int_{-1}^4 \text{ق(س) دس} + \int_4^9 \text{ق(س) دس}$

الحل : $\int_{-1}^4 \text{ق(س) دس} + \int_4^9 \text{ق(س) دس} = \int_{-1}^9 \text{ق(س) دس}$

مثال ٨ : إذا كان $\int_2^6 \text{ق(س) دس} = ٣$ ، وكان $\int_8^6 \text{ق(س) دس} = ٥^-$ ، فجد $\int_2^8 \text{ق(س) دس}$

الحل : $\int_2^8 \text{ق(س) دس} = \int_2^6 \text{ق(س) دس} + \int_6^8 \text{ق(س) دس}$

$$= \int_2^6 \text{ق(س) دس} - \int_8^6 \text{ق(س) دس} = ٣ - (٥^-) = ٨$$

$$\text{أي أن } \int_2^8 \text{ق(س) دس} = ٨$$

مثال ٩ : إذا كان ق(س) = $\begin{cases} ٣س^٢, & ١^- \leq س \leq ٢ \\ ٤س + ٢, & ٢ < س \leq ٤ \end{cases}$ ، فجد الاقتران المكامل ت(س)

الحل : ١) عندما $١^- \leq س \leq ٢$ فإن ت(س) = $\int_{1^-}^س \text{ق(ص) دص} = \int_{1^-}^س ٣ص^٢ دص = ١ + ٣س$
٢) عندما $٢ < س \leq ٤$ فإن:

$$\text{ت(س)} = \int_{1^-}^س \text{ق(ص) دص} = \int_{1^-}^٢ \text{ق(ص) دص} + \int_٢^س \text{ق(ص) دص}$$

$$= ٩ + \int_٢^س (٤ص + ٢) دص = ٩ + ٢س^٢ + ٢س - ٣ \quad (\text{لماذا؟})$$

$$\left. \begin{array}{l} 1^- \leq s \leq 2, \\ 2s^2 + 2s - 3, \quad 2 > s \geq 4 \end{array} \right\} = \text{ومنها ت (س)}$$

لاحظ أن ت (س) متصل ، ت $(1^-) = 0$

نشاط :

$$\left. \begin{array}{l} 2 < s, \quad 7 - 2s^3 \\ 2 \geq s, \quad 2s^2 \end{array} \right\} = \text{إذا كان ق (س)}$$

فإن $\int_{2^-}^3 \text{ق (س) دس} = \int_{2^-}^2 2s^2 \text{دس} + \int_2^3 (7 - 2s^3) \text{دس} (\dots\dots\dots)$

$$= \left[\frac{2}{3}s^3 \right]_{2^-}^2 + \left[7s - \frac{1}{2}s^4 \right]_2^3 = \text{صفر} + \dots\dots\dots$$

مثال ١٠ :

جد $\int_{\frac{1}{\sqrt{s}}}^1 \frac{1}{\sqrt{s} + 1} \text{دس}$

الحل :

بإضافة وطرح $\frac{1}{\sqrt{s}}$ للبسط يصبح $\int_{\frac{1}{\sqrt{s}}}^1 \frac{1 + \frac{1}{\sqrt{s}} - \frac{1}{\sqrt{s}}}{\sqrt{s} + 1} \text{دس}$

$$= \int_{\frac{1}{\sqrt{s}}}^1 \left(\frac{\frac{1}{\sqrt{s}}}{\sqrt{s} + 1} - 1 \right) \text{دس}$$

$$= \int_{\frac{1}{\sqrt{s}}}^1 (س - لو_{\sqrt{s} + 1}) \text{دس}$$

$$= (2 - لو_{\sqrt{s} + 1}) - (1 - لو_{\sqrt{s} + 1})$$

$$= 1 + لو_{\sqrt{s} + 1} \left(\frac{1}{\sqrt{s} + 1} \right) \text{ (لماذا؟)}$$

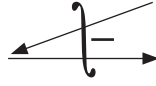
فكر وناقش:

جد التكامل السابق بالتكامل بالتعويض بفرض $ص = 1 + \sqrt{s}$



مثال ١١: إذا كان $\frac{1}{2} \text{س ق (س) دس} = ٨$ ، $\text{ق (٢)} = ٥$ ، فجد $\frac{1}{2} \text{س}^2 \text{ق (س) دس}$

الحل : نفرض أن: $\text{س} = م$ $\frac{1}{2} \text{س}^2 \text{س دس} = ٨$
 $\text{دع} = \text{ق (س) دس}$
 $\text{ع} = \text{ق (س)}$



ومنها ينتج أن: $\frac{1}{2} \text{س}^2 \text{ق (س) دس} = \text{س}^2 \text{ق (س)}$ - $\frac{1}{2} \text{س}^2 \text{س ق (س) دس}$

$$\frac{1}{2} \text{س}^2 \text{ق (س) دس} = \text{س}^2 \text{ق (س)} \quad | \quad ٢ -$$

$$٨ \times ٢ - ((٠) \times ٠ - (٢) \times ٤) =$$

$$٤ = ١٦ - ٢٠ =$$

مثال ١٢: إذا كان $\frac{1}{2} \text{س}^2 \text{س دس} = \frac{٤}{١ - ٢}$ فما قيمة الثابت أ حيث $١ < أ$ ؟

الحل : نجد $\frac{1}{2} \text{س}^2 \text{س دس}$ بطريقة الكسور الجزئية

نفرض أن $\frac{1}{2} \text{س}^2 \text{س دس} = \frac{٤}{١ - ٢} = \frac{ل}{١ - ٢} + \frac{ب}{١ + ٢}$ ، فتكون $ل = ٢$ ، $ب = -٢$ (تحقق من ذلك)

$$\frac{1}{2} \text{س}^2 \text{س دس} = \frac{٤}{١ - ٢} = \frac{ل}{١ - ٢} + \frac{ب}{١ + ٢}$$

$$= \frac{١ - ٢}{١ + ٢} - \frac{١ - أ}{١ + أ}$$

$$\text{ويكون} \frac{٣}{٢} \text{س}^2 \text{س دس} = \frac{١ - ٢}{١ + ٢} - \frac{١ - أ}{١ + أ}$$

$$\text{وبحل المعادلة} \frac{٣}{٢} \text{س}^2 \text{س دس} = \frac{١ - أ}{١ + أ} - \frac{١ - ٢}{١ + ٢}$$

$$\text{وينتج أن} \frac{٣}{٢} = \frac{١ - أ}{١ + أ} \times ٣ \quad \text{ومنها} \quad أ = ٣ \quad (\text{لماذا؟})$$

١ جد قيمة التكاملات الآتية:

أ $\int_0^{\pi} \text{جا}^2 \text{س دس}$

ب $\int_0^2 (1 + \text{هـ}^{\text{س}}) \text{دس}$

ج $\int_{\sqrt[3]{-7}}^{\sqrt[3]{7}} (\text{س} + 1)(\text{س}^2 + 4) \text{دس}$

د $\int_{-2}^1 \frac{\text{س}^3 - 27}{\text{س}^2 + 3\text{س} + 9} \text{دس}$

٢ أثبت بدون حساب قيمة التكامل فيما يأتي:

أ $\int_1^2 (\text{س}^2 + 2) \text{دس} \leq \int_1^2 (\text{س}^2 - 1) \text{دس}$

ب $\int_2^3 (\text{س}^2 + 2) \text{دس} \leq 0$

٣ عبّر عن كل مما يأتي بتكامل واحد:

أ $\int_0^7 \text{س}^3 \text{دس} + \int_1^0 \text{س}^3 \text{دس}$

ب $\int_1^2 \sqrt{\text{س} + 2} \text{دس} - \int_4^2 \sqrt{\text{س} + 2} \text{دس}$

ج $\int_1^3 \text{س}^2 \text{دس} - \int_1^4 \text{س} \text{دس} + \int_3^0 (\text{س}^2 + 4) \text{دس}$

د $\int_2^0 (\text{س} - 1) \text{دس} + \int_7^0 \frac{\text{س}^2 - 1}{1 + \text{س}} \text{دس}$

٤ إذا كان $\int_1^0 \text{ق}(\text{س}) \text{دس} = 7$

أ جد $\int_1^0 (2\text{ق}(\text{س}) - \text{س}^3 + 1) \text{دس}$

ب احسب قيمة أ علماً بأن $\int_1^0 2\text{ق}(\text{س}) \text{دس} = 1$

٥ بدون حساب قيمة التكامل أيهما أكبر

$$\int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{4}} \frac{2^{-x}}{1 - \cot x} dx \quad \text{أم} \quad \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{4}} \frac{2^{-x}}{1 - \tan x} dx \quad \text{ولماذا؟}$$

٦ إذا كان $\int_1^0 f(x) dx = 8$ فما قيمة؟

$$\text{أ} \quad \int_1^0 f(3x) dx \quad \text{ب} \quad \int_3^7 f(4x - (2 - 2x)) dx$$

٧ إذا كان $\int_2^7 f(x) dx = 9$ ، وكان $\int_4^5 f(x) dx = 10$ ، فما قيمة $\int_{\frac{1}{4}}^{\frac{1}{2}} f(2x) dx$ ؟

٨ إذا كان $f(x) = \begin{cases} x^2 + 1, & 1 \leq x \leq 2 \\ 3x^2, & 2 < x \leq 5 \end{cases}$ ، فجد قيمة الثابت A علماً بأن $\int_1^3 f(x) dx = 18$

٩ إذا كان $\int_1^4 f(x) dx = 12$ ، فما قيمة $\int_{-1}^2 f(3x) dx$ ؟

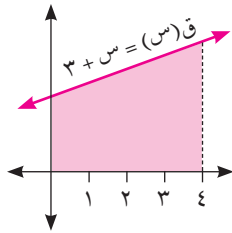
١٠ إذا كان $f(x) = |x - 2|$ ، $s \in [0, 5]$ ، أوجد الاقتران المكامل $f(s)$.

أولاً: المساحة (Area)



نشاط ١: الشكل المجاور يبين مبنى وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية، يراد طلاء المنطقة المحددة بالألوان فوق مدخل المبنى، فإذا علمت أن المنحنى الأزرق يمثل تقريباً منحنى الاقتران $ق(س) = ٦ - ٣س$ ، فكيف يمكننا تحديد المساحة المراد طلاؤها؟

نشاط ٢: إذا مثلنا منحنى الاقتران $ق(س) = ٣ + س$ بيانياً في الفترة $[٠, ٤]$ كما في الشكل المجاور، فإن:



١ المساحة المحصورة بين منحنى الاقتران $ق(س)$ ومحور السينات والمستقيمين $س = ٠$ ، $س = ٤$ هي مساحة شبه منحرف طولي قاعدتيه، وارتفاعه ٤ وحدات، وتكون قيمتها وحدة مربعة.

٢ قيمة $\int_0^4 (٣ + س) دس = \dots\dots\dots$

٣ العلاقة بين مساحة شبه المنحرف وناتج التكامل للاقتران $ق(س)$ في $[٠, ٤]$ هي، ماذا تستنتج؟

الحالة الأولى: مساحة منطقة محصورة بين منحنى اقتران ومحور السينات في الفترة $[أ, ب]$

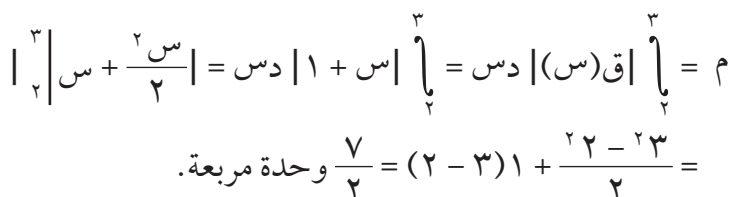
نظرية (١):

إذا كان $ق(س)$ اقتراناً قابلاً للتكامل في $[أ, ب]$ فإن مساحة المنطقة المحصورة بين منحنى الاقتران $ق(س)$ ومحور السينات في $[أ, ب]$ تعطى بالعلاقة: $\int_A^B |ق(س)| دس = م$



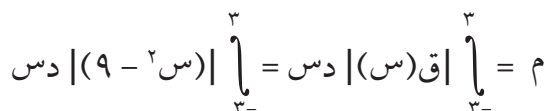
احسب مساحة المنطقة المحصورة بين منحنى الاقتران ق(س) = س + ١ ومحور السينات والمستقيمين س = ٢ ، س = ٣

نجد نقاط تقاطع منحنى الاقتران $Q(s)$ مع محور السينات
 وذلك بوضع $s + 1 = 0$ ومنها $s = -1 \notin [2, 3]$
 $s + 1 < 0, \forall s \in [2, 3]$



احسب مساحة المنطقة المحصورة بين منحني الاقتران $Q(s) = s^2 - 9$ ومحور السينات

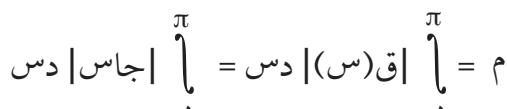
نجد نقاط التقاطع بين منحنى الاقتران ومحور السينات
بوضع $s = 9 - 2$ ومنها $s = 3 \pm$



$$٣٦ = \frac{١٠٨}{٣} = \left| \frac{١٠٨^-}{٣} \right| = \left| \frac{٣}{٣^-} \right| \left(٩^س - \frac{٣}{٣} \right) =$$

جد مساحة المنطقة المحصورة بين منحنى الاقتران $Q(s)$ = جاس ومحور السينات في $[\pi, 0]$

نجد نقاط التقاطع بين منحنى الاقتران $Q(s)$ ومحور السينات
 يوضع جاس $s = 0$ ومنها $s = \pi$



$$= -|\text{جٲاس}|^\pi = 1 + 1 = 2 \text{ وحدة مربعة}$$

الحالة الثانية: مساحة المنطقة المحصورة بين منحنين، أو أكثر:

نظرية (٢):

إذا كان ق (س)، هـ (س) اقترانين قابلين للتكامل في [أ، ب] فإن مساحة المنطقة المحصورة بين منحنى ق (س)، هـ (س) في [أ، ب] تعطى بالعلاقة:

$$M = \int_a^b |ق(س) - هـ(س)| دس$$



جد مساحة المنطقة المحصورة بين منحنى الاقترانين ق (س) = ٨ - س^٢، هـ (س) = س^٢

مثال ٤ :

نجد نقاط التقاطع بين منحنى الاقترانين ق (س)، هـ (س)

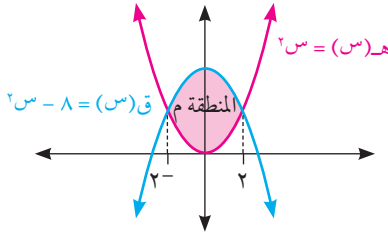
بوضع ق (س) = هـ (س) فتكون ق (س) - هـ (س) = ٠

أي أن ٨ - س^٢ = ٠ ومنها س = ±٢

$$M = \int_{-2}^2 |ق(س) - هـ(س)| دس$$

$$M = \int_{-2}^2 |(٨ - س^٢) - س^٢| دس$$

$$= \left| \int_{-2}^2 (٨ - ٢س^٢) دس \right| = \frac{٦٤}{٣} \text{ وحدة مربعة}$$



احسب مساحة المنطقة المحصورة بين منحنى الاقترانين ق (س) = |س|، هـ (س) = ٢ - س^٢

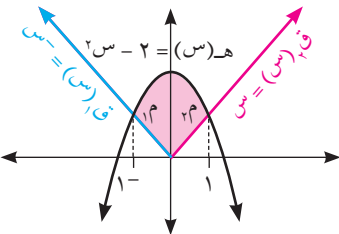
مثال ٥ :

نجد نقاط التقاطع بين منحنى الاقترانين ق (س)، هـ (س) بوضع ق (س) = هـ (س)

$$\left. \begin{aligned} &س \geq ٠, \quad س^- \\ &س < ٠, \quad س \end{aligned} \right\} = ق(س)$$

عندما س ≥ ٠، ٢ - س^٢ = س^- ومنها س = ١^- (لماذا؟)

عندما س < ٠، ٢ - س^٢ = س ومنها س = ١ (لماذا؟)



$$= \int_{-1}^1 |h(s) - q(s)| ds = \int_{-1}^1 |m + \frac{1}{2}m| ds = \frac{3}{2}m$$

$$= \int_{-1}^1 |(s^2 - 2) - (-s^2)| ds = \int_{-1}^1 |2s^2 - 2| ds = \frac{4}{3}$$

$$= \int_{-1}^1 |(s^2 - 2) - (s^2 + 2s - 2)| ds = \int_{-1}^1 |2s^2 - 2s| ds = \frac{4}{3}$$

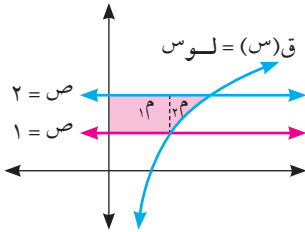
$$= \int_{-1}^1 |(s^2 - 2) - (s^2 + 2s - 2)| ds = \int_{-1}^1 |2s^2 - 2s| ds = \frac{4}{3}$$

$$= \frac{4}{3} = \frac{1}{2}m + \frac{1}{2}m = \frac{2}{3}m$$

$$\frac{2}{3}m = \frac{4}{3} \times 2 = \frac{8}{3}m$$

مثال ٦ : احسب مساحة المنطقة المحصورة بين منحنى الاقتران $q(s)$ و $l(s)$ والمستقيمين: $s = 1$ ، $s = 2$ ومحور الصادات.

الحل : نجد نقط تقاطع منحنى الاقتران مع المستقيمين $s = 1$ ، $s = 2$ ، كما يأتي:



نضع $l(s) = 1$ ومنها $s = 1$

نضع $l(s) = 2$ ومنها $s = 2$

$$= \int_{-1}^1 |(1 - 2)| ds = \int_{-1}^1 |1| ds = 2$$

$$= \int_{-1}^1 |(2 - l(s))| ds = \int_{-1}^1 |2 - (s^2 - 2s + 2)| ds = \int_{-1}^1 |2s - s^2| ds = \frac{4}{3}$$

$$= \int_{-1}^1 |(s - l(s))| ds = \int_{-1}^1 |s - (s^2 - 2s + 2)| ds = \int_{-1}^1 |3s - s^2 - 2| ds = \frac{4}{3}$$

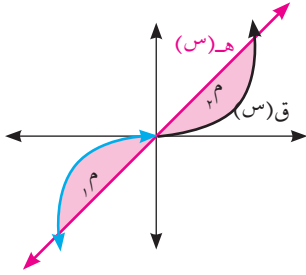
$$= \int_{-1}^1 |(3s - s^2 - 2)| ds = \int_{-1}^1 |3s - s^2 - 2| ds = \frac{4}{3}$$

$$= \int_{-1}^1 |3s - s^2 - 2| ds = \frac{4}{3}$$

مساحة المنطقة المطلوبة $= \frac{4}{3}m + \frac{1}{2}m = \frac{5}{6}m$ وحدة مربعة

مثال ٧ :

احسب مساحة المنطقة المحصورة بين منحنىي ق (س) = س^٣ ، هـ (س) = س



الحل :

نجد نقاط التقاطع بين منحنىي الاقترانين ق (س) ، هـ (س)

بوضع ق (س) = هـ (س) اذن س^٣ - س = ٠

ومنها س = ٠ ، س = ١ ، س = -١

$$م = \int_{-1}^1 |ق(س) - هـ(س)| دس = \int_{-1}^1 |س^3 - س| دس = \int_{-1}^1 (س - س^3) دس$$

$$= \int_{-1}^1 (س - س^3) دس = \left[\frac{س^2}{2} - \frac{س^4}{4} \right]_{-1}^1 = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4} \right) - \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4} \right) = 0$$

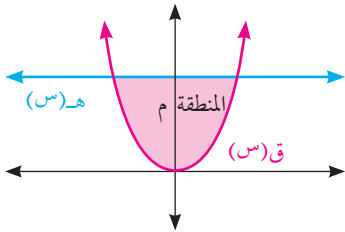
$$\frac{1}{2} = \text{وحدة مربعة (لماذا؟)}$$

• • •

مثال ٨ :

إذا علمت أن مساحة المنطقة المحصورة بين منحنىي الاقترانين ق (س) = س^٢ ، هـ (س) = جـ

جـ ∃ ح هي ٣٦ وحدة مربعة ، فجد قيمة / قيم جـ .



الحل :

نجد نقاط التقاطع بين منحنىي الاقترانين ق (س) ، هـ (س)،

بوضع ق (س) = هـ (س)

ومنها س^٢ - جـ = ٠ أي أن س = ±√جـ

$$م = \int_{-\sqrt{c}}^{\sqrt{c}} |ق(س) - هـ(س)| دس = \int_{-\sqrt{c}}^{\sqrt{c}} |س^2 - جـ| دس$$

$$= \int_{-\sqrt{c}}^{\sqrt{c}} (س^2 - جـ) دس = \left[\frac{س^3}{3} - جـ س \right]_{-\sqrt{c}}^{\sqrt{c}} = \left(\frac{(\sqrt{c})^3}{3} - جـ \sqrt{c} \right) - \left(\frac{(-\sqrt{c})^3}{3} - جـ (-\sqrt{c}) \right) = \frac{2}{3} (\sqrt{c})^3 - 2جـ \sqrt{c}$$

$$= \frac{2}{3} (\sqrt{c})^3 - 2جـ \sqrt{c} = 36$$

$$\text{ينتج } 36 = \frac{2}{3} (\sqrt{c})^3 - 2جـ \sqrt{c} \text{ ومنها جـ} = 9$$

• • •

- ١ احسب مساحة المنطقة المحصورة بين منحنى الاقتران ق(س) = جتاس ومحوري السينات والصادات والواقعة في الربع الأول.
- ٢ جد مساحة المنطقة المحصورة بين منحنى الاقتران ق(س) = $3 - s^2$ والمستقيم المار بالنقطتين أ(٠، ٠)، ب(١، ٢) ومحور الصادات والواقعة في الربع الأول.
- ٣ احسب مساحة المنطقة المحصورة بين منحنى الاقتران ق(س) = $(s^2 - 9)(s^2 - 1)$ ومحور السينات والواقعة في الربع الثالث.
- ٤ جد المساحة المحصورة بين منحنىي الاقترانين ق(س) = h_s ، ك(س) = l_{o_s} والمستقيمين ص = ١، س = 1^- ومحور السينات.
- ٥ جد مساحة المنطقة المحصورة منحنىي الاقترانين ق(س) = $\sqrt{2 - s}$ حيث $s \geq 2$ ، ك(س) = s^- ومحور السينات.
- ٦ احسب المساحة المحصورة بين منحنيات الاقترانات ق(س) = s^2 ، هـ(س) = 4 ، ك(س) = $2s$



نشاط :

تمثل الصورة المقابلة أحد المباني الغريبة في العالم، والذي يأخذ شكلاً كروياً. نلاحظ أن قاعدة الاقتران

الممثل بالمنحنى المرسوم باللون الأخضر، هي:

$$ق(س) = \sqrt{س^2 - ٢} \text{ (لماذا؟)}$$

$$١ \text{ حجم المبنى} = \text{.....}$$

$$٢ \text{ قيمة المقدار } \pi \int_{-نق}^{نق} ق^٢(س) دس = \text{.....}$$

ماذا تلاحظ؟

نظرية:



إذا كان ق(س) : [أ ، ب] ← ح ، وكان الاقتران ق^٢(س) قابلاً للتكامل على [أ ، ب] فإن حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحصورة بين منحنى الاقتران ق(س) ومحور السينات والمستقيمين س = أ ، س = ب

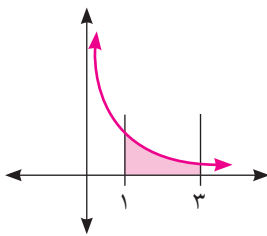
دورة كاملة حول محور السينات يعطى بالقاعدة: $\pi \int_A^B ق^٢(س) دس$

مثال ١ :

جد حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحصورة

بين منحنى الاقتران ق(س) = $\frac{٢}{س}$ ومحور السينات

والمستقيمين س = ١ ، س = ٣ دورة كاملة حول محور السينات.

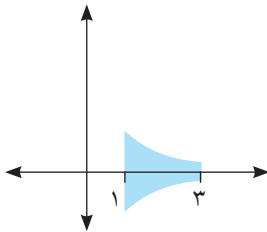


الحل :

$$ح = \pi \int_1^3 ق^٢(س) دس$$

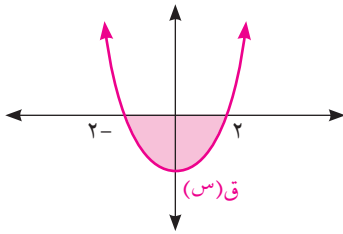
$$ح = \pi \int_1^3 \left(\frac{٢}{س}\right)^٢ دس = \pi \int_1^3 \frac{٤}{س^٢} دس$$

$$= \pi \left[-\frac{٤}{س} \right]_1^3 = \pi \left(-\frac{٤}{٣} + \frac{٤}{١} \right) = \frac{٨\pi}{٣}$$



مثال ٢ :

جد حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحصورة بين منحنى الاقتران ق(س) = $4 - s^2$ ومحور السينات دورة كاملة حول محور السينات.



الحل :

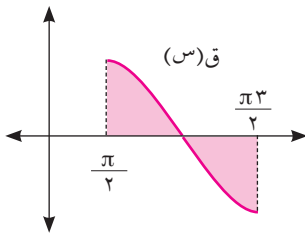
نجد نقاط تقاطع منحنى الاقتران ق(س) مع محور السينات بوضع ق(س) = ٠ فيكون $s^2 - 4 = 0$ ومنها $s = \pm 2$

$$ح = \int_{-2}^2 \pi (4 - s^2) ds = \pi \int_{-2}^2 (4 - s^2) ds$$

$$= \pi \left[4s - \frac{s^3}{3} \right]_{-2}^2 = \pi \left(8 - \frac{8}{3} - (-8 + \frac{8}{3}) \right) = \pi \left(16 - \frac{16}{3} \right) = \frac{32\pi}{3}$$

مثال ٣ :

جد حجم الجسم الناتج عن دوران المنطقة المحصورة بين منحنى الاقتران ق(س) = جاس ومحور السينات في $\left[\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2} \right]$ دورة كاملة حول محور السينات.



الحل :

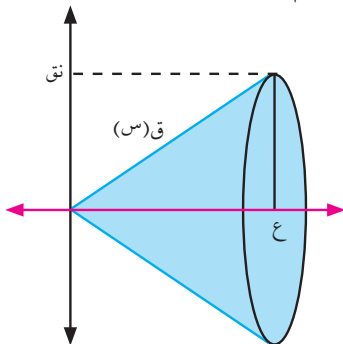
$$ح = \int_{\pi/2}^{3\pi/2} \pi (\sin s)^2 ds$$

$$= \pi \int_{\pi/2}^{3\pi/2} \sin^2 s ds = \pi \int_{\pi/2}^{3\pi/2} \frac{1 - \cos(2s)}{2} ds$$

$$= \frac{\pi}{2} \left[s - \frac{\sin(2s)}{2} \right]_{\pi/2}^{3\pi/2} = \frac{\pi}{2} \left(\frac{3\pi}{2} - \frac{\sin(3\pi)}{2} - \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\sin(\pi)}{2} \right) \right) = \frac{\pi}{2} (\pi) = \frac{\pi^2}{2}$$

مثال ٤ :

استخدم التكامل المحدود لإثبات أن حجم المخروط الدائري القائم الذي نصف قطر قاعدته نق وارتفاعه ع يساوي $\frac{\pi}{3} ع^2$



الحل :

ينتج المخروط من دوران مثلث قائم الزاوية دورة كاملة حول أحد ضلعي القائمة. نفرض أن طول أحد ضلعي القائمة يساوي (نق) والآخر (ع) كما في الشكل المجاور، فيكون وتر المثلث هو الراسم للمخروط.

نجد أولاً معادلة وتر المثلث (المستقيم المار بالنقطتين $(٠, ٠)$ ، $(ع, نق)$)

$$\frac{\text{ص}}{\text{س}} = \frac{\text{نق}}{\text{ع}} = \text{إذن ص} = \frac{\text{نق}}{\text{ع}} \text{ س}$$

$$ح = \pi \int_0^{\epsilon} v^2 dv$$

$$= \frac{\pi^2_{\text{نق}^2}}{24} \cdot \text{س}^2 \text{دس} = \frac{\pi^2_{\text{نق}^2}}{24} \cdot \frac{\text{س}^3}{3} \cdot \frac{4}{\cdot} = \frac{\pi^2_{\text{نق}^2}}{3} \cdot \text{نق}^2 \text{ وحدة حجم}.$$

نظرية:

إذا كان $Q^2(س)$ ، $H^2(س)$ اقتراين قابلين للتكامل في $[أ ، ب]$ وكان منحني الاقتران $H(س)$ ، ومنحني الاقتران $Q(س)$ يقعان على جهة واحدة من محور السينات، فإن حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحصورة بينهما دورة كاملة حول محور السينات هو



$$|h(s) - q(s)| \leq \pi$$

جد حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحدودة بمنحنيي الاقترانين
 ق(س) = هـ^س ، ك(س) = هـ ومحور الصادات دورة كاملة حول محور السينات.

مثال ۵ :

نجد نقاط التقاطع بين منحنىي الاقترانين ق(س) ، ك(س)

الحل :

بوضع ق(س) = ك(س) ينتج أن ه^س = هـ ومنها س = ١

$$|((s)^2 - q(s)^2)| \int_0^1 \pi = \text{ح دس}$$

$$\left| \frac{1}{4} (h^2 - h^2) \right| \pi = \text{دس} \left| (h^2 - h^2) \right| \pi = \text{ح}$$

$$= \frac{\pi(1 + \sqrt{2})}{2} \text{ وحدة حجم.}$$

مثال ٦ :

جد حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحدودة بمنحنيات الاقترانات
ق(س) = س^٢ - ٤س ، هـ(س) = -س⁻ دورة كاملة حول محور السينات.

الحل :

نجد نقاط التقاطع بين منحنىي الاقترانين ق(س) ، هـ(س) بوضع

$$ق(س) = هـ(س) \text{ ومنها } س^٢ - ٤س = -س^-$$

$$\text{أي أن } س^٢ - ٣س = ٠ \leftarrow س = ٠ , س = ٣$$

$$\text{ومنها ح } \int_0^3 \pi = |ق(س)^٢ - هـ(س)^٢| دس = |س^٢(س - ٤) - (-س)^٢| دس$$

$$\int_0^3 \pi = |س^٢(س - ٤) - س^٢| دس =$$

$$= \left| \left(س^٥ - ٤س^٣ - س^٣ \right) \right| دس = \left| س^٥ - ٥س^٣ \right| دس = \frac{\pi}{٥} ١٠٨ \text{ وحدة حجم}$$

مثال ٧ :

جد حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحصورة بين منحنىي الاقترانين
ق(س) = جاس ، هـ(س) = جتاس والمستقيمين س = ٠ ، س = $\frac{\pi}{٢}$
دورة كاملة حول محور السينات.

الحل :

نجد نقاط التقاطع بين منحنىي الاقترانين هـ(س) ، ق(س)

$$\text{بوضع جاس = جتاس ومنها } س = \frac{\pi}{٤}$$

$$\text{ح } ١ \int_0^{\frac{\pi}{٤}} \pi = |هـ(س)^٢ - ق(س)^٢| دس = |جتاس^٢ - جاس^٢| دس$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{٤}} \pi = |جتاس^٢ - جاس^٢| دس = \frac{\pi}{٢} |جتاس^٢ - جاس^٢| دس = \frac{\pi}{٢} \text{ وحدة حجم.}$$

$$\text{ح } ٢ \int_{\frac{\pi}{٤}}^{\frac{\pi}{٢}} \pi = |ق(س)^٢ - هـ(س)^٢| دس = |جاس^٢ - جتاس^٢| دس$$

$$\int_{\frac{\pi}{٤}}^{\frac{\pi}{٢}} \pi = |جتاس^٢ - جاس^٢| دس = \frac{\pi}{٢} |جتاس^٢ - جاس^٢| دس = \frac{\pi}{٢} \text{ وحدة حجم.}$$

$$\text{ح } = \text{ح } ١ + \text{ح } ٢ = \frac{\pi}{٢} + \frac{\pi}{٢} = \pi \text{ وحدة حجم.}$$

- ١ احسب حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحدودة بمنحنى الاقتران ق(س) = ٤ ومحوري السينات والصادات والمستقيم س = ٥ دورة كاملة حول محور السينات.
- ٢ جد حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحدودة بمنحنى الاقتران ق(س) = $\frac{4}{\sqrt{s}}$ ومحوري السينات والمستقيمين س = ١ ، س = ٢ دورة كاملة حول محور السينات.
- ٣ استخدم التكامل المحدود لإيجاد حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحدودة بشبه المنحرف أ ب ج د حيث أ (٠ ، ٠) ، ب (٣ ، ٠) ، ج (٣ ، ١) ، د (٠ ، ٤) دورة كاملة حول محور السينات.
- ٤ احسب حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحدودة بمنحني الاقترانين ق(س) = س^٢ + ٦ ، هـ(س) = ٥ س دورة كاملة حول محور السينات.
- ٥ جد حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحدودة بمنحنى الاقتران ق(س) = لو^٢ س ومحور السينات والمستقيم س = هـ دورة كاملة حول محور السينات.
- ٦ استخدم التكامل المحدود لإثبات أن حجم الاسطوانة الدائرية القائمة التي نصف قطرها (نق) وارتفاعها (ع) يساوي π نق^٢ع.
- ٧ جد حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحصورة بين منحنى الاقتران ق(س) = $\frac{4}{\sqrt{s^2 - 1}}$ ومحور السينات والمستقيمين س = ٢ ، س = ٣ دورة كاملة حول محور السينات.

١ ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

١ إذا كانت $\sigma_n = \{1, 2, \dots, n\}$ تجزئة منتظمة للفترة $[1, n]$ ، فما قيمة σ_n ؟

أ) صفر (ب) ١- (ج) ٢- (د) ٣-

٢ إذا كان $Q(s) = 5$ معرفاً في الفترة $[1, 2]$ وكانت σ_n تجزئة منتظمة للفترة $[1, 2]$ فما قيمة $M(\sigma_n, Q)$ ؟

أ) ٥ (ب) ١٠ (ج) ٢٠ (د) ٥٠

٣ إذا كان $Q(s) = s^2 + 1$ معرفاً في الفترة $[1, 2]$ وكانت σ_n تجزئة منتظمة للفترة $[1, 2]$ فما قيمة نهاية $M(\sigma_n, Q)$ ؟

أ) ١ (ب) ٢ (ج) ٤ (د) غير موجودة

٤ إذا كان $\int_1^2 Q(s) ds = 6$ ، $\int_1^2 (Q(s) + 4) ds = 30$ ، فما قيمة $\int_1^2 Q(s) ds$ ؟

أ) ٨ (ب) ١٦ (ج) ٦٠ (د) ١٢

٥ إذا كان $Q(s)$ اقتراناً متصلاً على مجاله وكان $\int_1^2 Q(s) ds = 5$ ، $\int_1^2 s^2 ds = 2$ ، $\int_1^2 s ds = 1$ ،

فما قيمة $\int_1^2 Q(s) ds$ ؟

أ) ٢ (ب) ٣ (ج) ٤ (د) ٦

٦ ما قيمة $\int_1^2 \sqrt{s^2 - 2s + 1} ds$ ؟

أ) $\frac{1}{6}$ (ب) $\frac{1}{3}$ (ج) $\frac{1}{2}$ (د) ١

٧ إذا كان $\int_1^2 \frac{s^2 + 2s + 1}{s + 2} ds = A$ ، $\int_1^2 \frac{s + 1}{s + 2} ds = B$ ، فما قيمة $A + B$ ؟

أ) $\frac{11}{2}$ (ب) $\frac{5}{2}$ (ج) ١ (د) $\frac{1}{2}$

٨ إذا كان $Q(s) = \int_1^s \frac{v}{1+v^2} dv + \int_1^4 s^2 ds$ فما قيمة $Q(4)$ ؟

(أ) $\frac{4}{5}$ (ب) $\frac{4}{17}$ (ج) $\frac{8}{17}$ (د) $\frac{16}{65}$

٩ إذا كان $Q(s)$ كثير حدود بحيث $Q(s) = 3s - 2$ ، فما قيمة $Q(3) - Q(-1)$ ؟

(أ) ٠ (ب) ٢ (ج) ٤ (د) ٨

١٠ إذا كان $Q(s) = s \log s$ ، فما قيمة $\int_{\frac{1}{2}}^{\frac{2}{3}} Q(s) ds$ ؟

(أ) $1 - \frac{1}{2}$ (ب) ٠ (ج) ١ (د) $\frac{1}{2}$

أجب عن الأسئلة الآتية :

٢ إذا كانت σ تجزئة منتظمة للفترة $[a, b]$ ، وكان العنصر السابع فيها يساوي ١٢، والعنصر الرابع فيها يساوي ٧، فما قيم الثابتين a, b ؟

٣ إذا كان Q ، هـ اقترانين معرفين في الفترة $[2, 10]$ وكان هـ $Q(s) = 3Q(s) + s$ بحيث $Q(s) = 6$ ، جد $Q(s)$ ، هـ معتبراً $s^* = s$ علماً بأن σ تجزئة منتظمة للفترة $[2, 10]$

٤ استخدم تعريف التكامل المحدود لإيجاد $\int_1^3 s^3 ds$

٥ أثبت أن : $\int_1^2 \sqrt{4x - x^2} dx \geq 8$

٦ إذا كان $Q(s)$ متصلاً على مجاله وكان $\int_1^4 Q(s) ds = s^2 - \sqrt{s}$ ، فجد $Q(4)$ ، $Q(4)$.

٧ إذا كان $T(s) = \left\{ \begin{array}{l} 2s^2 + 2s - 3 \\ 3 \geq s \geq 2 \end{array} \right.$ ، هو الاقتران المكامل، $5 \geq s > 3$ ، $A_s - B$

للاقتران المتصل $Q(s)$ في الفترة $[2, 5]$. جد:

(أ) قيم A, B ، جـ (ب) $\int_1^4 Q(s) ds$

٨ جد التكاملات الآتية:

أ $\int_1^2 56(2-s)^2(1-s)^0 ds$ ب $\int_{-2}^2 \sqrt{s} ds$

ج $\int_1^0 \frac{s+5}{s^2-s} ds$ د $\int_1^2 \sqrt{s^2+s^4} ds$

هـ $\int_1^2 \frac{1}{s^2\sqrt{1+s^2}} ds$

٩ إذا كان ق(س)، هـ(س) اقترانين قابلين للتكامل على [٥، ١] وكان ق(س) ≤ هـ(س) (س)

لكل س ∈ [٥، ١]، أثبت أن: $\int_1^3 \text{ق}(س) ds \geq \int_1^3 \text{هـ}(س) ds$

١٠ احسب مساحة المنطقة المحصورة بين منحنىي الاقترانين ق(س)، هـ(س) فيما يأتي :

أ $\left. \begin{array}{l} \text{ق}(س) = 2 + س \\ \text{هـ}(س) = \begin{cases} ٤ - س^2, س \geq ٠ \\ ٤ - س, س < ٠ \end{cases} \end{array} \right\}$

ب $\text{ق}(س) = 2 + س$ ، $\text{هـ}(س) = ١$ في الفترة [٠، π]

١١ إذا كان $\int_1^3 (\text{جا}^2 س + \text{هـ}^2 س) ds = أ$ ، $\int_1^3 (\text{جتا}^2 س) ds = ب$ ، فجد قيمة أ + ب.

١٢ جد مساحة المنطقة المحصورة بين منحنى الاقتران ق(س) = $\frac{1}{4}س^2$ والمماس المرسوم له عند النقطة (٤، ٤) ومحور السينات.

١٣ جد مساحة المنطقة المحصورة بين منحنى الاقتران ق(س) = جتاس، والمستقيم ص = ٣ - س والمحورين الإحداثيين.

١٤ انطلق جسيم في خط مستقيم من نقطة ثابتة (و) بحيث تعطى سرعته ع وفق العلاقة:

$$ع(ن) = \left. \begin{array}{l} ٥ن^٢ ، ٠ \leq ن \leq ٢ \\ ٢٤ - ٢ن ، ٢ < ن \leq ١٢ \end{array} \right\}$$

أ : فجد : بعد الجسيم عن النقطة (و) عندما $ن = ٥$ ثوان.

ب متى يتوقف الجسم عن الحركة، وما المسافة المقطوعة عندئذ؟

١٥ إذا كان $ق(س) = ق(س)$ ، $ق(س) \neq ٠$ ، جد:

أ $\int ق(س) دس$ ب قاعدة الاقتران $ق(س)$

١٦ إذا كان $\int_٠^{\frac{\pi}{2}} \frac{٢س}{(١+س)} دس = أ$ ، فما قيمة $\int_٠^{\pi} \frac{جتاس}{٢(٢+س)} دس$ بدلالة أ ؟

١٧ إذا كان $ك(٣) = ٣ك(١) = ٦$ ، فما قيمة $\int_١^٣ \frac{سك(س) - ك(س)}{س^٢} دس$ ؟

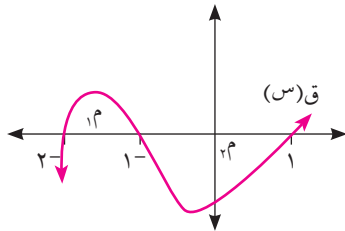
١٨ جد حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحصورة بين منحنى $س = ٤ + س^٢$ ومحور السينات والمستقيمين $س = ١$ ، $س = ٤$ دورة كاملة حول محور السينات.

١٩ جد حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحصورة بين منحنى $ص = ١$ ، $ظاس$ ومنحنى $ص = قاس$ والمستقيمين $س = \frac{\pi}{٦}$ ، $س = \frac{\pi}{٣}$ دورة كاملة حول محور السينات.

٢٠ جد حجم الجسم الناتج من دوران المنطقة المحصورة بين منحنىي الاقترانين $ق(س) = س^٣$ ، $هـ(س) = س$ دورة كاملة حول محور السينات.

٢١ في الشكل المجاور، احسب $\int_{-١}^٢ س ق(س-٣) دس$

علماً بأن $١م = ٤$ وحدات مربعة ، $٢م = ١٢$ وحدة مربعة



الوحدة

٦

Complex Numbers

الأعداد المركبة

طلبت شركة للاتصالات من مكتب للإعلانات تصميم لوحة إعلانية مستطيلة الشكل محيطها ٨ م ومساحتها ٨ م^٢، رفض المكتب ذلك؟

مجموعات الأعداد كثيرة وتتوسع حسب الحاجة ومن ضمنها الأعداد المركبة، وسوف نتناول في هذه الوحدة مفهوم العدد المركب، ومجموعة الأعداد المركبة والعمليات عليها ومفاهيم مقياس العدد المركب، مرافقة والتمثيل القطبي للعدد المركب، وكيفية حل المعادلات في ك، وإيجاد الجذور التربيعية للعدد المركب، ليكون طلبتنا قادرين على توظيف ما تعلموه في هذه الوحدة في الحياة العلمية، ويتوقع من الطالب أن يحقق الأهداف الآتية:

- ١ التعرف إلى مجموعة الأعداد المركبة.
- ٢ إيجاد ناتج: الجمع، والطرح، والضرب على الأعداد المركبة.
- ٣ التعرف إلى خصائص العمليات على الأعداد المركبة.
- ٤ التعرف إلى مقياس العدد المركب، ومرافقه، وخصائصهما.
- ٥ إيجاد ناتج قسمة عددين مركبين.
- ٦ حل المعادلات التربيعية في مجموعة الأعداد المركبة.
- ٧ تمثيل العدد المركب بيانياً (بنقطة ومنتجه).
- ٨ كتابة العدد المركب بالصورة القطبية.
- ٩ إيجاد الجذور التربيعية للأعداد المركبة.

نشاط ١: أراد أبو محمود شراء قطعة أرض مستطيلة الشكل مساحتها $(س^2 - ٥س + ٨)م^2$ وأحد أبعادها $(س + ٣)م$. لم يقبل محمود فكرة أبيه وقال له إن هذه القطعة ليست مستطيلة الشكل، كيف عرف محمود ذلك؟

درست في السنوات السابقة مجموعة الأعداد الطبيعية، ثم الأعداد الصحيحة، إلى أن تعرفت أخيراً إلى مجموعة الأعداد الحقيقية، وقد لاحظت وجود قصور في نظام الأعداد الحقيقية، حيث إننا لا نستطيع إيجاد حلول للمعادلات كافة باستخدام هذا النظام، وخاصةً المعادلة التربيعية التي مميزها سالب، فمن أجل وجود حلول للمعادلة التربيعية في نظام الأعداد الحقيقية، لا بد أن يكون المميز غير سالب؛ لأن الجذر التربيعي للعدد السالب غير معرف في هذا النظام.

في القرن السادس عشر قام العالم كاردانو (Gerolamo Cardano) بتعريف نظام جديد في محاولته لإيجاد حلول للمعادلة التربيعية بشكل عام، فقام بتعريف عدد جديد هو $\sqrt{-1}$ ثم قام بتعريف نظام جديد للأعداد أسماه الأعداد المركبة (ك) والتي لها تطبيقات مهمة في مختلف العلوم، مثل: الهندسة، والفيزياء وغيرها...

نشاط ٢: لإيجاد مجموعة حل المعادلة $س^3 + س = ٠$ في ك، فإننا نضع $س^3 + س = ٠$ ومنها $س(س^2 + ١) = ٠$ وينتج أن: $س = ٠$ ، $س^2 + ١ = ٠$ فتكون: $س^2 = -١$ ،، $س = \pm \sqrt{-١}$ ومنها $س = \pm \sqrt{-١}$ مجموعة الحل = $\{٠، \sqrt{-١}، -\sqrt{-١}\}$

تعريف:

- ١ العدد المركب هو مقدار جبري على الشكل $ع = س + ص ت$ حيث $س، ص \in \mathbb{R}$ ، $ت = \sqrt{-١}$ ويسمى $س$ الجزء الحقيقي للعدد المركب، ويسمى $ص$ الجزء التخيلي له.
- ٢ مجموعة الأعداد المركبة = $\{س + ص ت، س، ص \in \mathbb{R}، ت = \sqrt{-١}\}$ ويرمز لها بالرمز ك.



مثال ١ :

جد الجزء الحقيقي، والجزء التخيلي لكل من:

١ $ع = ٤ - ت$

٢ $ع = \frac{ت + \sqrt{٢}٢}{٢}$

الحل :

١ الجزء الحقيقي للعدد $ع = ٤ - ت$ هو ٤ ، بينما الجزء التخيلي هو -١

٢ الجزء الحقيقي للعدد $ع = \frac{ت + \sqrt{٢}٢}{٢}$ هو $\frac{\sqrt{٢}}{٢}$

بينما الجزء التخيلي هو $\frac{١}{٢}$

ملاحظة:



يكون العدد المركب $ع = س + ص ت$

• عدداً حقيقياً إذا كانت $ص = ٠$

• عدداً تخيلياً إذا كانت $س = ٠$

• صفراً إذا كانت $ص = ٠$ ، $س = ٠$

أكمل بناء الجدول الآتي:

نشاط ٣:

الجزء التخيلي	الجزء الحقيقي	العدد المركب
٠		$\frac{١}{٢}$
		٢ت
	١	$\frac{٢ - ٣ت}{٢}$
		$\sqrt{١٢ - \sqrt{٢}}$
	٣	٣ + ت٧

نشاط ٤: أوجد كل من أشرف وخالد قيمة المقدار $\sqrt{9-x} \times \sqrt{4-x}$

أما إجابة خالد فكانت كما يلي:

$$\sqrt{9-x} \times \sqrt{3-x}$$

$$\sqrt{1-x^2} \sqrt{1-x^2} =$$

$$\sqrt{1-v} \times \sqrt{9v} \times \sqrt{1-v} \times \sqrt{4v} =$$

$$٦^- = ٦^٢ \times ٦^٣ =$$

أيهما كانت إجابته صحيحة؟ ولماذا؟

إذا كان s ، $v \exists$ فإن $\sqrt{v} \times \sqrt{s} \neq \sqrt{v \times s}$ دائماً. ولماذا؟

تعلم من التعريف أن $t = \sqrt{1-t^2}$ ومنها $t^2 \times t = \sqrt{1-t^2} \times \sqrt{1-t^2} = 1 - t^2$ (لماذا؟)
وكذلك فإن $(t) = -t$ ، $t^4 = 1$ (لماذا؟)

وبشكل عام إذا كانت $n \in \mathbb{N}$ فإن $t^n = t^m$ حيث m هي باقي قسمة n على ϕ ، $0 \leq m < \phi$

جد قيمة: ١ ت ٩٩

۳ ت - ۴ن + ۲

١ لاحظ أن باقي قسمة ٩٩ على ٤ يساوي ٣، ومنها فإن $٩٩ = ٣ \times ٣٣$ -

(لماذا؟) $1 - \frac{1}{2_t} = \frac{1}{2_t}$ (٢)

$$1^- = 1^- \times \overset{\text{ن}^-}{(ت)} = \overset{2}{ت} \times \overset{\text{ن}^+}{ت} = \overset{2+\text{ن}^+}{ت} \quad \text{٣}$$

مثال ٣: جد قيمة ١ + ت + ت^٢ + ت^٣

الحل: بالتبسيط والاختصار فإن:

$$١ + ت + ت^٢ + ت^٣ = ١ + ت + ١ + ت = ٢ + ٢ت = ٢(١ + ت)$$

طريقة أخرى: باستخدام التحليل للعوامل:

$$(١ + ت + ت^٢ + ت^٣) = (١ + ت)(١ + ت + ت^٢)$$

$$(١ + ت)(١ + ت + ت^٢) = ٠ \text{ (لماذا؟)}$$

تمارين ٦ - ١

١ اكتب ما يلي على الصورة س + ص ت:

ج $\sqrt{٢} \times \sqrt{٨}$

ب $\sqrt{٢} + \sqrt{٣٢}$

أ $\sqrt{٢} + ٢$

٢ حدد الجزء الحقيقي، والجزء التخيلي لكل مما يأتي:

ج $\sqrt{١} - ١$

ب $\sqrt{٩}$

أ $\frac{٢}{٥} - ٣$

و $\frac{١}{٣}$

هـ $٢ - ت$

د $\sqrt{٩ \times ٤}$

٣ بين أن: $(١ + ت + ت^٢)(١ - ت + ت^٢) = ١$

٤ اكتب كلاً مما يأتي بأبسط صورة:

ج $ت^{٢٧} + \frac{١}{ت^{٢٧}}$

ب $\frac{١}{ت^{٦٥}}$

أ $ت^{٤٣}$

٥ أثبت أن: $١ - \frac{١ + ت^٢ + ت^٣ + ت^٢}{ت^٣ + ت^٤} = ١$

نشاط ١:

يستخدم الفيزيائيون الأعداد المركبة في الدارات الكهربائية ذات التيار المتردد لحساب الجهد حيث أن: فرق الجهد يعرف بالقانون $J = M \times S$ حيث M : المقاومة، S : شدة التيار ولايجاد فرق الجهد في دائرة كهربائية ذات تيار متردد عندما تكون: شدة التيار 3 أمبير، المقاومة 7 أوم، فإن $J = M \times S = 3 \times 7 = 21$ فولت والآن إذا كانت شدة التيار $2 + 2$ ت أمبير، المقاومة $9 - 3$ ت أوم. فإن $J = M \times S = (2 + 2) \times (9 - 3) = \dots$ أكمل

بما أن العدد المركب هو مقدار جبري يُكتب على الصورة $S + jT$ فإنه يمكن تعريف الجمع والضرب على الأعداد المركبة، من خلال عملية جمع وضرب مقدارين جبريين، ويكون لهما نفس خصائص عمليتي الجمع والضرب للمقادير الجبرية، مع مراعاة خصائص قوى j .

تساوي عددين مركبين:

تعريف:

يتساوى العددين المركبان $S_1 + jT_1$ و $S_2 + jT_2$ إذا وفقط إذا كان لهما الجزء الحقيقي نفسه، والجزء التخيلي نفسه، أي أن $S_1 = S_2$ ، $T_1 = T_2$



إذا كان $S_2 + jT_2 = (S_1 + jT_1) + (S_3 + jT_3)$ ، جد كلاً من S_3 ، T_3 في ح

مثال ١:

بما أن العددين متساويان، فإن $S_2 = S_1 + S_3$ و $T_2 = T_1 + T_3$ (١)

الحل:

$3 = S_1 + S_3$ (٢)

بالتعويض في (١) ينتج أن: $3 = S_3$

جمع الأعداد المركبة، وطرحها:



تعريف:

إذا كان $ع_1 = ص_1 + س_1$ ، $ع_2 = ص_2 + س_2$
فإن $ع_1 \pm ع_2 = (ص_1 \pm ص_2) + (س_1 \pm س_2)$

جد ناتج $(2 - 3) + (4 - 3)$

مثال ٢:

الحل: $(2 - 3) + (4 - 3) = (3 + 2) + (4 - 3)$

$$= 7 - 5$$

إذا كان $ع_1 = 3 - 2$ ، $ع_2 = 1 + 2$ ، $ع_3 = 5 -$ ، جد:

مثال ٣:

$$① (ع_1 - ع_2) \quad ② (ع_1 + ع_2) - ع_3$$

الحل: $① ع_1 - ع_2 = (3 - 2) - (1 + 2) = (3 - 2) - (2 + 1) = 3 - 2 - 2 - 1 = -2$

$$② (ع_1 + ع_2) - ع_3 = (3 - 2) + (1 + 2) - (5 -) = 3 - 2 + 1 + 2 - 5 = 0$$

$$= 4 + 6$$

خصائص عملية الجمع على الأعداد المركبة:

١ عملية الجمع عملية مغلقة: أي أنه $\forall ع_1، ع_2 \exists ع_3$ فإن $ع_1 + ع_2 = ع_3$

٢ عملية الجمع عملية تجميعية:

أي أنه $\forall ع_1، ع_2، ع_3 \exists ك$ فإن $(ع_1 + ع_2) + ع_3 = ع_1 + (ع_2 + ع_3)$

٣ العنصر المحايد بالنسبة لعملية الجمع على الأعداد المركبة هو الصفر

حيث $\forall ع \exists ك$ ، $ع + 0 = ع$ ، $0 + ع = ع$

٤ لكل عنصر نظير جمعي: إذا كان $ع \exists ك$ فإن $ع - ع = ك$

ويكون $ع + (-ع) = 0$ ويسمى $-ع$ النظير الجمعي للعدد $ع$.

٥ عملية الجمع عملية تبديلية: $\forall ع_1، ع_2 \exists ك$ ، $ع_1 + ع_2 = ع_2 + ع_1$

ضرب الأعداد المركبة:

تعريف:



إذا كان $ع_1 = ص_1 + س_1 ت$ ، $ع_2 = ص_2 + س_2 ت$ ، $ص_1$ ، $ص_2$ ، $س_1$ ، $س_2$ ، $ت$ $\exists$ ح
فإن $ع_1 ع_2 = (ص_1 ص_2 - س_1 س_2 ت) + (ص_1 س_2 + س_1 ص_2 ت) ت$

نتيجة:



إذا كانت $ج \exists$ ح فإن $ج = (ص + س ت)$ = $ج ص + ج س ت$

مثال ٤ :

جد ناتج: ١ $(٣ + ت)(٥ - ٢)$ ٢ $ت(٥ + ت)(٣ - ت)$

الحل :

١ $(٣ + ت)(٥ - ٢)$

$$= (٣ \times ٥ - ٢ \times ٣) + (٣ \times ت - ٢ \times ٥ ت)$$

$$= ١٥ - ٦ + ٣ ت - ١٠ ت$$

(من تعريف عملية الضرب)

٢ $ت(٥ + ت)(٣ - ت)$

$$= ت(٥ + ت)(٣ - ت)$$

$$= ١٥ ت + ٣ ت^٢ - ٥ ت^٢ - ٣ ت = ١٥ ت + ٢ ت^٢$$

(لماذا؟)

مثال ٥ :

ليكن $ع_1 = ٣ + ٥ ت$ ، $ع_2 = ٦ - ٥ ت$ فجد قيمة كل مما يأتي:

١ $ع_١$ ٢ $٣ ع_٢ + ٥ ع_١ - ٢$

٣ $م$ حيث $٤ - ت ع_١ = م(٣ - ت)$ ، $م \exists$ ح

الحل :

١ $ع_١ = ٣ + ٥ ت$

$$= ١٥ + ٢٥ ت$$

٢ $٣ ع_٢ + ٥ ع_١ - ٢$

$$= ٣(٦ - ٥ ت) + ٥(٣ + ٥ ت) - ٢$$

$$= ١٨ + ٣٣ ت$$

$$٣ \quad ٤ - ت = ٤ - (٣ + ٥) ت$$

$$٤ - ٣ ت - ٥ ت =$$

$$٩ - ٣ ت = م (٣ - ت)$$

$$٩ - ٣ ت = ٣ - م$$

$$٣ - م = ٣$$

خصائص عملية الضرب على الأعداد المركبة:

- ١ عملية الضرب مغلقة: $\forall ع, ع, ع \exists ك$ ، $ع \times ع = ك$
- ٢ عملية الضرب تجميعية: $\forall ع, ع, ع \exists ك$ ، $(ع \times ع) \times ع = ع \times (ع \times ع)$
- ٣ العنصر المحايد لعملية الضرب هو العدد ١ ، حيث $\forall ع \exists ك$
يكون $١ \times ع = ع \times ١ = ع$
- ٤ النظير الضربي: $\forall ع \exists ك$ ، $ع \neq ٠$ يوجد $\frac{١}{ع} \exists ك$ بحيث $\frac{١}{ع} \times ع = ع \times \frac{١}{ع} = ١$
ويسمى $\frac{١}{ع}$ النظير الضربي للعدد ع ونرمز له بالرمز $ع^{-١}$
- ٥ عملية الضرب تبديلية: $\forall ع, ع \exists ك$ ، $ع \times ع = ع \times ع$

نشاط ٢: لإيجاد النظير الضربي $ع^{-١}$ للعدد المركب $ع = ٣ + ٤ ت$ باستخدام التعريف

$$\text{نفرض } ع^{-١} = س + ص ت \text{ فيكون } ع^{-١} \times ع = ١$$

$$\text{أي أن } (س + ص ت)(٣ + ٤ ت) = ١$$

$$\text{ومنها } ٣س - ٤ص = ١ ، ٤س + ٣ص = \dots\dots\dots$$

$$\text{وبحل المعادلتين، ينتج أن } س = \dots\dots\dots ، ص = \dots\dots\dots$$

$$\text{ومنها النظير الضربي } ع^{-١} = \dots\dots\dots$$

ملاحظة:

$$\text{النظير الضربي للعدد المركب } (س + ص ت) \text{ هو } \frac{س}{س^٢ + ص^٢} - \frac{ص}{س^٢ + ص^٢} ت$$



مثال ٦ : جد النظير الضربي للعدد $ع = ١ + ٢\sqrt{٢}$ ت

الحل : باستخدام القاعدة السابقة، حيث $س = ١$ ، $ص = ٢\sqrt{٢}$ ، وينتج أن:

$$ع^{-١} = \frac{س}{س^٢ + ص^٢} + \frac{-ص}{س^٢ + ص^٢} ت$$

$$= \frac{١}{٩} - \frac{٢\sqrt{٢}}{٩} ت \quad (\text{تحقق من ذلك})$$

تمارين ٦ - ٢

١ اكتب كلاً مما يأتي على الصورة $أ + ب ت$

أ $٤(٢ + ٤ ت) + ٥(٣ - ٢ ت)$ ب $(٣ + ٤ ت)(٥ - ٣ ت)$

ج $٣(٤ + ٣ ت)$ د $٤ ت(٥ - ١ ت)$

هـ $(١ - ت)^٦$

٢ إذا كانت $س = أ + ب ت$ ، فما قيم $س$ التي تحقق المعادلة $س + ٢ س ت = ٥(س - ٤ ت)؟$

٣ جد قيم $س$ ، $ص \exists ح$ والتي تحقق المعادلة $س - ص - ٢ = ص^٢ ت - س ت$

٤ بيّن أن: $ع = ت$ تحقق المعادلة $ع^٥ + ع^٢ = ١ - ع$

٥ بيّن أن: $ع = ١ - ت$ تحقق المعادلة $ع^٢ + ٢ ع + ٢ = ٠$

٦ إذا كان $\frac{ت}{٣ + ت} = \frac{١ + ٣ ت}{أ}$ ، جد قيمة الثابت $أ$ حيث $أ \exists ح$.

٧ جد $ع^{-١}$ لكل مما يأتي، واكتبه على الصورة $أ + ب ت$:

أ $٢ + \sqrt{١٢} ت$ ب $\frac{ت}{٣ - ت}$ ج $(١ + ت)^{١٣}$

٨ حل النظام الآتي:

$$١ ع + ٣ ع^٢ = \sqrt[٢]{٨} ت$$

$$٢ ع - ٣ ع^٢ = \sqrt[٢]{٥٠} ت \quad \text{حيث } ع، ت \exists$$

٣ - ٦ قسمة الأعداد المركبة (Division Of Complex Numbers)

نشاط ١: رسم محمد لوحة مستطيلة الشكل مستخدماً الألوان الزيتية أبعادها $(28 + 14\sqrt{5})$ سم، $\frac{14}{2 - 5\sqrt{5}}$ سم. وعندما رآها معلم الرياضيات قال إنها مربعة الشكل. ما رأيك؟

نشاط ٢: لإنتاج المقام للمقدار $\frac{1}{2\sqrt{5} - 1}$ نعلم أن مرافق العدد $2\sqrt{5} - 1$ هو $2\sqrt{5} + 1$ نضرب كلا من البسط والمقام بمرافق المقام أي أن $\frac{1}{2\sqrt{5} - 1} = \frac{1}{2\sqrt{5} - 1} \times \frac{2\sqrt{5} + 1}{2\sqrt{5} + 1} = \frac{2\sqrt{5} + 1}{20 - 1}$ (أكمل)

تعتبر عملية القسمة في الأعداد المركبة مشابهة إلى حد كبير لعملية إنتاج المقام، وذلك بكتابة $\frac{1}{2\sqrt{5} - 1}$ على الصورة $\frac{1}{2\sqrt{5} - 1} = \frac{2\sqrt{5} + 1}{20 - 1}$

تعريف:



إذا كان $z = s + jt$

١ نسمي المقدار $\sqrt{s^2 + t^2}$ مقياس العدد المركب z ويرمز له $|z|$

أي أن: $|z| = \sqrt{s^2 + t^2}$

٢ ونسمي العدد $s - jt$ مرافق (conjugate) العدد المركب $z = s + jt$

ويرمز له $\bar{z}$ أي أن: $\bar{z} = s - jt$

٣ $|z|$

٢ $|z|$

١ $\bar{z}$ إذا كان $z = 3 + 4jt$ ، جد:

مثال ١:

١ $\bar{z} = 4 - 3jt$

الحل:

٢ $|z| = |3 + 4jt| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$

٣ $|z| = |4 - 3jt| = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5$ ماذا تلاحظ؟

نشاط ٣:

إذا كان $\sqrt{2} = 1,41$ ، $\sqrt{3} = 1,73$ ، $\sqrt{5} = 2,24$ ، $\sqrt{7} = 2,65$ ، $\sqrt{11} = 3,32$ ، $\sqrt{13} = 3,61$ ، $\sqrt{17} = 4,12$ ، $\sqrt{19} = 4,36$ ، $\sqrt{23} = 4,80$ ، $\sqrt{29} = 5,39$ ، $\sqrt{37} = 6,08$ ، $\sqrt{41} = 6,40$ ، $\sqrt{43} = 6,58$ ، $\sqrt{47} = 6,86$ ، $\sqrt{53} = 7,28$ ، $\sqrt{59} = 7,68$ ، $\sqrt{67} = 8,17$ ، $\sqrt{71} = 8,43$ ، $\sqrt{73} = 8,54$ ، $\sqrt{79} = 8,90$ ، $\sqrt{83} = 9,11$ ، $\sqrt{89} = 9,43$ ، $\sqrt{97} = 9,85$ ، $\sqrt{101} = 10,10$ ، $\sqrt{103} = 10,15$ ، $\sqrt{107} = 10,34$ ، $\sqrt{113} = 10,63$ ، $\sqrt{127} = 11,27$ ، $\sqrt{131} = 11,45$ ، $\sqrt{137} = 11,70$ ، $\sqrt{143} = 11,96$ ، $\sqrt{149} = 12,21$ ، $\sqrt{157} = 12,53$ ، $\sqrt{163} = 12,75$ ، $\sqrt{167} = 12,91$ ، $\sqrt{173} = 13,15$ ، $\sqrt{179} = 13,38$ ، $\sqrt{181} = 13,45$ ، $\sqrt{187} = 13,68$ ، $\sqrt{191} = 13,81$ ، $\sqrt{193} = 13,89$ ، $\sqrt{197} = 13,99$ ، $\sqrt{199} = 14,07$ ، $\sqrt{211} = 14,53$ ، $\sqrt{223} = 14,93$ ، $\sqrt{227} = 15,06$ ، $\sqrt{229} = 15,13$ ، $\sqrt{233} = 15,26$ ، $\sqrt{239} = 15,46$ ، $\sqrt{241} = 15,52$ ، $\sqrt{247} = 15,71$ ، $\sqrt{251} = 15,84$ ، $\sqrt{257} = 16,03$ ، $\sqrt{263} = 16,21$ ، $\sqrt{269} = 16,40$ ، $\sqrt{271} = 16,46$ ، $\sqrt{277} = 16,64$ ، $\sqrt{281} = 16,76$ ، $\sqrt{283} = 16,82$ ، $\sqrt{287} = 16,94$ ، $\sqrt{293} = 17,12$ ، $\sqrt{299} = 17,29$ ، $\sqrt{307} = 17,51$ ، $\sqrt{311} = 17,64$ ، $\sqrt{313} = 17,69$ ، $\sqrt{317} = 17,78$ ، $\sqrt{323} = 17,89$ ، $\sqrt{329} = 18,08$ ، $\sqrt{331} = 18,16$ ، $\sqrt{337} = 18,36$ ، $\sqrt{343} = 18,52$ ، $\sqrt{347} = 18,63$ ، $\sqrt{349} = 18,68$ ، $\sqrt{353} = 18,79$ ، $\sqrt{359} = 18,95$ ، $\sqrt{367} = 19,16$ ، $\sqrt{371} = 19,26$ ، $\sqrt{373} = 19,31$ ، $\sqrt{377} = 19,42$ ، $\sqrt{383} = 19,57$ ، $\sqrt{389} = 19,73$ ، $\sqrt{391} = 19,78$ ، $\sqrt{397} = 19,90$ ، $\sqrt{401} = 20,00$ ، $\sqrt{403} = 20,07$ ، $\sqrt{407} = 20,17$ ، $\sqrt{413} = 20,32$ ، $\sqrt{419} = 20,47$ ، $\sqrt{421} = 20,52$ ، $\sqrt{427} = 20,64$ ، $\sqrt{431} = 20,76$ ، $\sqrt{433} = 20,81$ ، $\sqrt{437} = 20,90$ ، $\sqrt{443} = 21,05$ ، $\sqrt{449} = 21,20$ ، $\sqrt{451} = 21,25$ ، $\sqrt{457} = 21,38$ ، $\sqrt{463} = 21,52$ ، $\sqrt{467} = 21,61$ ، $\sqrt{471} = 21,71$ ، $\sqrt{473} = 21,76$ ، $\sqrt{477} = 21,86$ ، $\sqrt{481} = 21,96$ ، $\sqrt{483} = 22,01$ ، $\sqrt{487} = 22,11$ ، $\sqrt{491} = 22,21$ ، $\sqrt{493} = 22,26$ ، $\sqrt{497} = 22,34$ ، $\sqrt{499} = 22,39$ ، $\sqrt{503} = 22,47$ ، $\sqrt{509} = 22,60$ ، $\sqrt{511} = 22,65$ ، $\sqrt{513} = 22,70$ ، $\sqrt{517} = 22,79$ ، $\sqrt{523} = 22,92$ ، $\sqrt{529} = 23,07$ ، $\sqrt{531} = 23,12$ ، $\sqrt{533} = 23,17$ ، $\sqrt{537} = 23,26$ ، $\sqrt{541} = 23,36$ ، $\sqrt{543} = 23,41$ ، $\sqrt{547} = 23,50$ ، $\sqrt{551} = 23,60$ ، $\sqrt{553} = 23,65$ ، $\sqrt{557} = 23,74$ ، $\sqrt{563} = 23,88$ ، $\sqrt{569} = 24,03$ ، $\sqrt{571} = 24,08$ ، $\sqrt{573} = 24,13$ ، $\sqrt{577} = 24,22$ ، $\sqrt{581} = 24,32$ ، $\sqrt{583} = 24,37$ ، $\sqrt{587} = 24,46$ ، $\sqrt{591} = 24,56$ ، $\sqrt{593} = 24,61$ ، $\sqrt{597} = 24,70$ ، $\sqrt{599} = 24,75$ ، $\sqrt{603} = 24,83$ ، $\sqrt{607} = 24,93$ ، $\sqrt{611} = 25,03$ ، $\sqrt{613} = 25,08$ ، $\sqrt{617} = 25,17$ ، $\sqrt{623} = 25,31$ ، $\sqrt{629} = 25,46$ ، $\sqrt{631} = 25,51$ ، $\sqrt{633} = 25,56$ ، $\sqrt{637} = 25,65$ ، $\sqrt{641} = 25,75$ ، $\sqrt{643} = 25,80$ ، $\sqrt{647} = 25,89$ ، $\sqrt{651} = 25,99$ ، $\sqrt{653} = 26,04$ ، $\sqrt{657} = 26,13$ ، $\sqrt{659} = 26,18$ ، $\sqrt{661} = 26,23$ ، $\sqrt{663} = 26,28$ ، $\sqrt{667} = 26,37$ ، $\sqrt{671} = 26,47$ ، $\sqrt{673} = 26,52$ ، $\sqrt{677} = 26,61$ ، $\sqrt{681} = 26,71$ ، $\sqrt{683} = 26,76$ ، $\sqrt{687} = 26,85$ ، $\sqrt{691} = 26,95$ ، $\sqrt{693} = 27,00$ ، $\sqrt{697} = 27,09$ ، $\sqrt{699} = 27,14$ ، $\sqrt{703} = 27,22$ ، $\sqrt{707} = 27,32$ ، $\sqrt{711} = 27,42$ ، $\sqrt{713} = 27,47$ ، $\sqrt{717} = 27,56$ ، $\sqrt{723} = 27,70$ ، $\sqrt{729} = 27,85$ ، $\sqrt{731} = 27,90$ ، $\sqrt{733} = 27,95$ ، $\sqrt{737} = 28,04$ ، $\sqrt{741} = 28,14$ ، $\sqrt{743} = 28,19$ ، $\sqrt{747} = 28,28$ ، $\sqrt{751} = 28,38$ ، $\sqrt{753} = 28,43$ ، $\sqrt{757} = 28,52$ ، $\sqrt{761} = 28,62$ ، $\sqrt{763} = 28,67$ ، $\sqrt{767} = 28,76$ ، $\sqrt{771} = 28,86$ ، $\sqrt{773} = 28,91$ ، $\sqrt{777} = 29,00$ ، $\sqrt{781} = 29,10$ ، $\sqrt{783} = 29,15$ ، $\sqrt{787} = 29,19$ ، $\sqrt{791} = 29,29$ ، $\sqrt{793} = 29,34$ ، $\sqrt{797} = 29,43$ ، $\sqrt{799} = 29,48$ ، $\sqrt{803} = 29,56$ ، $\sqrt{807} = 29,66$ ، $\sqrt{811} = 29,76$ ، $\sqrt{813} = 29,81$ ، $\sqrt{817} = 29,90$ ، $\sqrt{823} = 30,04$ ، $\sqrt{829} = 30,19$ ، $\sqrt{831} = 30,24$ ، $\sqrt{833} = 30,29$ ، $\sqrt{837} = 30,38$ ، $\sqrt{841} = 30,48$ ، $\sqrt{843} = 30,53$ ، $\sqrt{847} = 30,62$ ، $\sqrt{851} = 30,72$ ، $\sqrt{853} = 30,77$ ، $\sqrt{857} = 30,86$ ، $\sqrt{861} = 30,96$ ، $\sqrt{863} = 31,01$ ، $\sqrt{867} = 31,10$ ، $\sqrt{871} = 31,20$ ، $\sqrt{873} = 31,25$ ، $\sqrt{877} = 31,34$ ، $\sqrt{881} = 31,44$ ، $\sqrt{883} = 31,49$ ، $\sqrt{887} = 31,53$ ، $\sqrt{891} = 31,63$ ، $\sqrt{893} = 31,68$ ، $\sqrt{897} = 31,77$ ، $\sqrt{899} = 31,82$ ، $\sqrt{903} = 31,90$ ، $\sqrt{907} = 32,00$ ، $\sqrt{911} = 32,10$ ، $\sqrt{913} = 32,15$ ، $\sqrt{917} = 32,24$ ، $\sqrt{923} = 32,38$ ، $\sqrt{929} = 32,53$ ، $\sqrt{931} = 32,58$ ، $\sqrt{933} = 32,63$ ، $\sqrt{937} = 32,72$ ، $\sqrt{941} = 32,82$ ، $\sqrt{943} = 32,87$ ، $\sqrt{947} = 32,96$ ، $\sqrt{951} = 33,06$ ، $\sqrt{953} = 33,11$ ، $\sqrt{957} = 33,20$ ، $\sqrt{961} = 33,30$ ، $\sqrt{963} = 33,35$ ، $\sqrt{967} = 33,44$ ، $\sqrt{971} = 33,54$ ، $\sqrt{973} = 33,59$ ، $\sqrt{977} = 33,68$ ، $\sqrt{981} = 33,78$ ، $\sqrt{983} = 33,83$ ، $\sqrt{987} = 33,92$ ، $\sqrt{991} = 34,02$ ، $\sqrt{993} = 34,07$ ، $\sqrt{997} = 34,16$ ، $\sqrt{999} = 34,21$ ، $\sqrt{1003} = 34,29$ ، $\sqrt{1007} = 34,39$ ، $\sqrt{1011} = 34,49$ ، $\sqrt{1013} = 34,54$ ، $\sqrt{1017} = 34,63$ ، $\sqrt{1023} = 34,77$ ، $\sqrt{1029} = 34,92$ ، $\sqrt{1031} = 34,97$ ، $\sqrt{1033} = 35,02$ ، $\sqrt{1037} = 35,11$ ، $\sqrt{1041} = 35,21$ ، $\sqrt{1043} = 35,26$ ، $\sqrt{1047} = 35,35$ ، $\sqrt{1051} = 35,45$ ، $\sqrt{1053} = 35,50$ ، $\sqrt{1057} = 35,59$ ، $\sqrt{1061} = 35,69$ ، $\sqrt{1063} = 35,74$ ، $\sqrt{1067} = 35,83$ ، $\sqrt{1071} = 35,93$ ، $\sqrt{1073} = 35,98$ ، $\sqrt{1077} = 36,07$ ، $\sqrt{1081} = 36,17$ ، $\sqrt{1083} = 36,22$ ، $\sqrt{1087} = 36,31$ ، $\sqrt{1091} = 36,41$ ، $\sqrt{1093} = 36,46$ ، $\sqrt{1097} = 36,55$ ، $\sqrt{1101} = 36,65$ ، $\sqrt{1103} = 36,70$ ، $\sqrt{1107} = 36,79$ ، $\sqrt{1111} = 36,89$ ، $\sqrt{1113} = 36,94$ ، $\sqrt{1117} = 37,03$ ، $\sqrt{1123} = 37,17$ ، $\sqrt{1129} = 37,32$ ، $\sqrt{1131} = 37,37$ ، $\sqrt{1133} = 37,42$ ، $\sqrt{1137} = 37,51$ ، $\sqrt{1141} = 37,61$ ، $\sqrt{1143} = 37,66$ ، $\sqrt{1147} = 37,75$ ، $\sqrt{1151} = 37,85$ ، $\sqrt{1153} = 37,90$ ، $\sqrt{1157} = 38,00$ ، $\sqrt{1161} = 38,10$ ، $\sqrt{1163} = 38,15$ ، $\sqrt{1167} = 38,24$ ، $\sqrt{1171} = 38,34$ ، $\sqrt{1173} = 38,39$ ، $\sqrt{1177} = 38,48$ ، $\sqrt{1181} = 38,58$ ، $\sqrt{1183} = 38,63$ ، $\sqrt{1187} = 38,72$ ، $\sqrt{1191} = 38,82$ ، $\sqrt{1193} = 38,87$ ، $\sqrt{1197} = 38,96$ ، $\sqrt{1201} = 39,06$ ، $\sqrt{1203} = 39,11$ ، $\sqrt{1207} = 39,20$ ، $\sqrt{1211} = 39,30$ ، $\sqrt{1213} = 39,35$ ، $\sqrt{1217} = 39,44$ ، $\sqrt{1223} = 39,58$ ، $\sqrt{1229} = 39,73$ ، $\sqrt{1231} = 39,78$ ، $\sqrt{1233} = 39,83$ ، $\sqrt{1237} = 39,92$ ، $\sqrt{1241} = 40,02$ ، $\sqrt{1243} = 40,07$ ، $\sqrt{1247} = 40,16$ ، $\sqrt{1251} = 40,26$ ، $\sqrt{1253} = 40,31$ ، $\sqrt{1257} = 40,40$ ، $\sqrt{1261} = 40,50$ ، $\sqrt{1263} = 40,55$ ، $\sqrt{1267} = 40,64$ ، $\sqrt{1271} = 40,74$ ، $\sqrt{1273} = 40,79$ ، $\sqrt{1277} = 40,88$ ، $\sqrt{1281} = 40,98$ ، $\sqrt{1283} = 41,03$ ، $\sqrt{1287} = 41,12$ ، $\sqrt{1291} = 41,22$ ، $\sqrt{1293} = 41,27$ ، $\sqrt{1297} = 41,36$ ، $\sqrt{1301} = 41,46$ ، $\sqrt{1303} = 41,51$ ، $\sqrt{1307} = 41,60$ ، $\sqrt{1311} = 41,70$ ، $\sqrt{1313} = 41,75$ ، $\sqrt{1317} = 41,84$ ، $\sqrt{1323} = 41,98$ ، $\sqrt{1329} = 42,13$ ، $\sqrt{1331} = 42,18$ ، $\sqrt{1333} = 42,23$ ، $\sqrt{1337} = 42,32$ ، $\sqrt{1341} = 42,42$ ، $\sqrt{1343} = 42,47$ ، $\sqrt{1347} = 42,56$ ، $\sqrt{1351} = 42,66$ ، $\sqrt{1353} = 42,71$ ، $\sqrt{1357} = 42,80$ ، $\sqrt{1361} = 42,90$ ، $\sqrt{1363} = 42,95$ ، $\sqrt{1367} = 43,04$ ، $\sqrt{1371} = 43,14$ ، $\sqrt{1373} = 43,19$ ، $\sqrt{1377} = 43,28$ ، $\sqrt{1381} = 43,38$ ، $\sqrt{1383} = 43,43$ ، $\sqrt{1387} = 43,52$ ، $\sqrt{1391} = 43,62$ ، $\sqrt{1393} = 43,67$ ، $\sqrt{1397} = 43,76$ ، $\sqrt{1401} = 43,86$ ، $\sqrt{1403} = 43,91$ ، $\sqrt{1407} = 44,00$ ، $\sqrt{1411} = 44,10$ ، $\sqrt{1413} = 44,15$ ، $\sqrt{1417} = 44,24$ ، $\sqrt{1423} = 44,38$ ، $\sqrt{1429} = 44,53$ ، $\sqrt{1431} = 44,58$ ، $\sqrt{1433} = 44,63$ ، $\sqrt{1437} = 44,72$ ، $\sqrt{1441} = 44,82$ ، $\sqrt{1443} = 44,87$ ، $\sqrt{1447} = 44,96$ ، $\sqrt{1451} = 45,06$ ، $\sqrt{1453} = 45,11$ ، $\sqrt{1457} = 45,20$ ، $\sqrt{1461} = 45,30$ ، $\sqrt{1463} = 45,35$ ، $\sqrt{1467} = 45,44$ ، $\sqrt{1471} = 45,54$ ، $\sqrt{1473} = 45,59$ ، $\sqrt{1477} = 45,68$ ، $\sqrt{1481} = 45,78$ ، $\sqrt{1483} = 45,83$ ، $\sqrt{1487} = 45,92$ ، $\sqrt{1491} = 46,02$ ، $\sqrt{1493} = 46,07$ ، $\sqrt{1497} = 46,16$ ، $\sqrt{1501} = 46,26$ ، $\sqrt{1503} = 46,31$ ، $\sqrt{1507} = 46,40$ ، $\sqrt{1511} = 46,50$ ، $\sqrt{1513} = 46,55$ ، $\sqrt{1517} = 46,64$ ، $\sqrt{1523} = 46,78$ ، $\sqrt{1529} = 46,93$ ، $\sqrt{1531} = 46,98$ ، $\sqrt{1533} = 47,03$ ، $\sqrt{1537} = 47,12$ ، $\sqrt{1541} = 47,22$ ، $\sqrt{1543} = 47,27$ ، $\sqrt{1547} = 47,36$ ، $\sqrt{1551} = 47,46$ ، $\sqrt{1553} = 47,51$ ، $\sqrt{1557} = 47,60$ ، $\sqrt{1561} = 47,70$ ، $\sqrt{1563} = 47,75$ ، $\sqrt{1567} = 47,84$ ، $\sqrt{1571} = 47,94$ ، $\sqrt{1573} = 47,99$ ، $\sqrt{1577} = 48,08$ ، $\sqrt{1581} = 48,18$ ، $\sqrt{1583} = 48,23$ ، $\sqrt{1587} = 48,32$ ، $\sqrt{1591} = 48,42$ ، $\sqrt{1593} = 48,47$ ، $\sqrt{1597} = 48,56$ ، $\sqrt{1601} = 48,66$ ، $\sqrt{1603} = 48,71$ ، $\sqrt{1607} = 48,80$ ، $\sqrt{1611} = 48,90$ ، $\sqrt{1613} = 48,95$ ، $\sqrt{1617} = 49,04$ ، $\sqrt{1623} = 49,18$ ، $\sqrt{1629} = 49,33$ ، $\sqrt{1631} = 49,38$ ، $\sqrt{1633} = 49,43$ ، $\sqrt{1637} = 49,52$ ، $\sqrt{1641} = 49,62$ ، $\sqrt{1643} = 49,67$ ، $\sqrt{1647} = 49,76$ ، $\sqrt{1651} = 49,86$ ، $\sqrt{1653} = 49,91$ ، $\sqrt{1657} = 50,00$ ، $\sqrt{1661} = 50,10$ ، $\sqrt{1663} = 50,15$ ، $\sqrt{1667} = 50,24$ ، $\sqrt{1671} = 50,34$ ، $\sqrt{1673} = 50,39$ ، $\sqrt{1677} = 50,48$ ، $\sqrt{1681} = 50,58$ ، $\sqrt{1683} = 50,63$ ، $\sqrt{1687} = 50,72$ ، $\sqrt{1691} = 50,82$ ، $\sqrt{1693} = 50,87$ ، $\sqrt{1697} = 50,96$ ، $\sqrt{1701} = 51,06$ ، $\sqrt{1703} = 51,11$ ، $\sqrt{1707} = 51,20$ ، $\sqrt{1711} = 51,30$ ، $\sqrt{1713} = 51,35$ ، $\sqrt{1717} = 51,44$ ، $\sqrt{1723} = 51,58$ ، $\sqrt{1729} = 51,73$ ، $\sqrt{1731} = 51,78$ ، $\sqrt{1733} = 51,83$ ، $\sqrt{1737} = 51,92$ ، $\sqrt{1741} = 52,02$ ، $\sqrt{1743} = 52,07$ ، $\sqrt{1747} = 52,16$ ، $\sqrt{1751} = 52,26$ ، $\sqrt{1753} = 52,31$ ، $\sqrt{1757} = 52,40$ ، $\sqrt{1761} = 52,50$ ، $\sqrt{1763} = 52,55$ ، $\sqrt{1767} = 52,64$ ، $\sqrt{1771} = 52,74$ ، $\sqrt{1773} = 52,79$ ، $\sqrt{1777} = 52,88$ ، $\sqrt{1781} = 52,98$ ، $\sqrt{1783} = 53,03$ ، $\sqrt{1787} = 53,12$ ، $\sqrt{1791} = 53,22$ ، $\sqrt{1793} = 53,27$ ، $\sqrt{1797} = 53,36$ ، $\sqrt{1801} = 53,46$ ، $\sqrt{1803} = 53,51$ ، $\sqrt{1807} = 53,60$ ، $\sqrt{1811} = 53,70$ ، $\sqrt{1813} = 53,75$ ، $\sqrt{1817} = 53,84$ ، $\sqrt{1823} = 53,98$ ، $\sqrt{1829} = 54,13$ ، $\sqrt{1831} = 54,18$ ، $\sqrt{1833} = 54,23$ ، $\sqrt{1837} = 54,32$ ، $\sqrt{1841} = 54,42$ ، $\sqrt{1843} = 54,47$ ، $\sqrt{1847} = 54,56$ ، $\sqrt{1851} = 54,66$ ، $\sqrt{1853} = 54,71$ ، $\sqrt{1857} = 54,80$ ، $\sqrt{1861} = 54,90$ ، $\sqrt{1863} = 54,95$ ، $\sqrt{1867} = 55,04$ ، $\sqrt{1871} = 55,14$ ، $\sqrt{1873} = 55,19$ ، $\sqrt{1877} = 55,28$ ، $\sqrt{1881} = 55,38$ ، $\sqrt{1883} = 55,43$ ، $\sqrt{1887} = 55,52$ ، $\sqrt{1891} = 55,62$ ، $\sqrt{1893} = 55,67$ ، $\sqrt{1897} = 55,76$ ، $\sqrt{1901} = 55,86$ ، $\sqrt{1903} = 55,91$ ، $\sqrt{1907} = 56,00$ ، $\sqrt{1911} = 56,10$ ، $\sqrt{1913} = 56,15$ ، $\sqrt{1917} = 56,24$ ، $\sqrt{1923} = 56,38$ ، $\sqrt{1929} = 56,53$ ، $\sqrt{1931} = 56,58$ ، $\sqrt{1933} = 56,63$ ، $\sqrt{1937} = 56,72$ ، $\sqrt{1941} = 56,82$ ، $\sqrt{1943} = 56,87$ ، $\sqrt{1947} = 56,96$ ، $\sqrt{1951} = 57,06$ ، $\sqrt{1953} = 57,11$ ، $\sqrt{1957} = 57,20$ ، $\sqrt{1961} = 57,30$ ، $\sqrt{1963} = 57,35$ ، $\sqrt{1967} = 57,44$ ، $\sqrt{1971} = 57,54$ ، $\sqrt{1973} = 57,59$ ، $\sqrt{1977} = 57,68$ ، $\sqrt{1981} = 57,78$ ، $\sqrt{1983} = 57,83$ ، $\sqrt{1987} = 57,92$ ، $\sqrt{1991} = 58,02$ ، $\sqrt{1993} = 58,07$ ، $\sqrt{1997} = 58,16$ ، $\sqrt{1999} = 58,21$ ، $\sqrt{2003} = 58,29$ ، $\sqrt{2007} = 58,39$ ، $\sqrt{2011} = 58,49$ ، $\sqrt{2013} = 58,54$ ، $\sqrt{2017} = 58,63$ ، $\sqrt{2023} = 58,77$ ، $\sqrt{2029} = 58,92$ ، $\sqrt{2031} = 58,97$ ، $\sqrt{2033} = 59,02$ ، $\sqrt{2037} = 59,11$ ، $\sqrt{2041} = 59,21$ ، $\sqrt{2043} = 59,26$ ، $\sqrt{2047} = 59,35$ ، $\sqrt{2051} = 59,45$ ، $\sqrt{2053} = 59,50$ ، $\sqrt{2057} = 59,59$ ، $\sqrt{2061} = 59,69$ ، $\sqrt{2063} = 59,74$ ، $\sqrt{2067} = 59,83$ ، $\sqrt{2071} = 59,93$ ، $\sqrt{2073} = 59,98$ ، $\sqrt{2077} = 60,07$ ، $\sqrt{2081} = 60,17$ ، $\sqrt{2083} = 60,22$ ، $\sqrt{2087} = 60,31$ ، $\sqrt{2091} = 60,41$ ، $\sqrt{2093} = 60,46$ ، $\sqrt{2097} = 60,55$ ، $\sqrt{2101} = 60,65$ ، $\sqrt{2103} = 60,70$ ، $\sqrt{2107} = 60,79$ ، $\sqrt{2111} = 60,89$ ، $\sqrt{2113} = 60,94$ ، $\sqrt{2117} = 61,03$ ، $\sqrt{2123} = 61,17$ ، $\sqrt{2129} = 61,32$ ، $\sqrt{2131} = 61,37$ ، $\sqrt{2133} = 61,42$ ، $\sqrt{2137} = 61,51$ ، $\sqrt{2141} = 61,61$ ، $\sqrt{2143} = 61,66$ ، $\sqrt{2147} = 61,75$ ، $\sqrt{2151} = 61,85$ ، $\sqrt{2153} = 61,90$ ، $\sqrt{2157} = 62,00$ ، $\sqrt{2161} = 62,10$ ، $\sqrt{2163} = 62,15$ ، $\sqrt{2167} = 62,24$ ، $\sqrt{2171} = 62,34$ ، $\sqrt{2173} = 62,39$ ، $\sqrt{2177} = 62,48$ ، $\sqrt{2181} = 62,58$ ، $\sqrt{2183} = 62,63$ ، $\sqrt{2187} = 62,72$ ، $\sqrt{2191} = 62,82$ ، $\sqrt{2193} = 62,87$ ، $\sqrt{2197} = 62,$

نشاط ٥:

أكمل الجدول الآتي:

العدد المركب ع	المرافق ع	المقياس ع	النظير الضربي ع ^{-١}
٢ + ت		$\sqrt{٥}$	
٣ - ت	$\sqrt{٣} + ت$		
٢ت			$\frac{١}{٢} ت$

تعريف:

$$\frac{\overline{١ع}}{\overline{١|ع|}} = \frac{\overline{٢ع}}{\overline{٢|ع|}} = \frac{١ع}{٢ع} = \frac{١}{٢} \text{ فإن } ١ع \div ٢ع = \frac{١}{٢} \text{ إذا كان } ١ع \neq ٠$$



ملاحظة:

$$\frac{\overline{ع}}{\overline{١|ع|}} = \frac{\overline{ع}}{\overline{ع}} = \frac{١}{ع} = \frac{١}{ع} \text{ فإن } ١ع \neq ٠$$



مثال ٢:

اكتب المقدار $\frac{٣-٢}{٤+٣} ت$ على الصورة س + ص ت:
 ١ باستخدام الضرب بالمرافق ٢ باستخدام النظير الضربي

الحل:

١ باستخدام الضرب بالمرافق:

$$\frac{(١٢ - ت٩ - ت٨ - ٦)}{(١٦ + ٩)} = \frac{(ت٤ - ٣)(ت٣ - ٢)}{(ت٤ - ٣)(ت٤ + ٣)} = \frac{ت٣ - ٢}{ت٤ + ٣}$$

$$ت \frac{١٧-}{٢٥} + \frac{٦-}{٢٥} = \frac{ت١٧ - ٦-}{٢٥}$$

٢ باستخدام النظير الضربي:

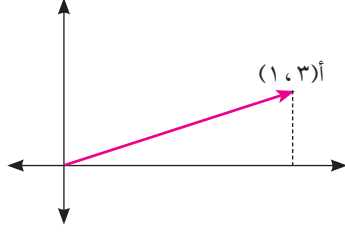
النظير الضربي للعدد $٤ + ٣$ ت هو $\frac{٤}{٢٥} - \frac{٣}{٢٥} ت$

$$\text{إذن: } \frac{ت٣ - ٢}{ت٤ + ٣} = (ت \frac{٤}{٢٥} - \frac{٣}{٢٥}) (ت٣ - ٢)$$

$$= ت \frac{١٧-}{٢٥} + \frac{٦-}{٢٥} \text{ (ماذا تلاحظ؟)}$$

التمثيل البياني والتمثيل القطبي للأعداد المركبة Cartesian and Polar Representation

أولاً: التمثيل البياني للأعداد المركبة:



يمكن تمثيل العدد المركب $ع = ص + ت$ بيانياً في المستوى الديكارتي بالنقطة، أ (س، ص)، فالعدد المركب $٣ + ت$ يمثل بالنقطة أ(٣، ١) في المستوى كما في الشكل المجاور. يسمى هذا المستوى الإحداثي بالمستوى المركب (مستوى أرجاند).

فكر وناقش:

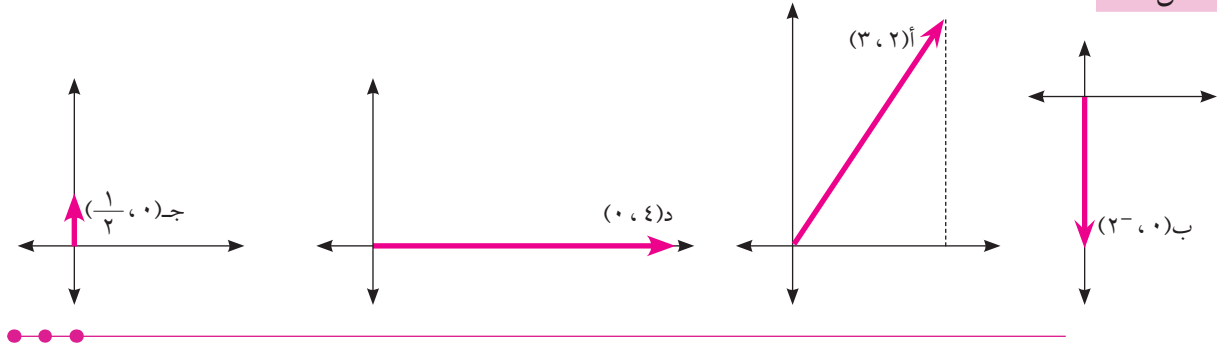


ماذا يمثل كل من المحور الأفقي والمحور الرأس في المستوى المركب؟

مثال ٣: مثل بيانياً كلا من الأعداد الآتية في المستوى المركب:

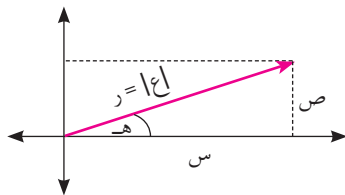
$$٢-ت، ٣+ت، ٤، \sqrt{\frac{1}{4}}$$

الحل :



ثانياً: التمثيل القطبي للأعداد المركبة (Complex Plane and Polar Representation)

كما أشرنا أعلاه، بأنه يمكن تمثيل العدد المركب $ع = ص + ت$ بيانياً في مستوى الأعداد المركبة بالنقطة، أو الزوج المرتب (س، ص) وتذكر أيضاً أن كل زوج مرتب، يمكن تمثيله بمتجه قياسي بدايته النقطة (٠، ٠) ونهايته النقطة (س، ص) ويصنع زاوية $هـ$ مع الاتجاه الموجب لمحور السينات (المحور الأفقي) وتسمى $هـ$ السعة الأساسية للعدد المركب،



* يعتبر الزوج المرتب في الأعداد المركبة متجهاً قياسياً.

حيث $\frac{ص}{س} = \frac{هـ}{هـ} \geq 0$ ، كما في الشكل ويكون طول المتجه $ر$ ، ويساوي مقياس العدد المركب $ع = س + ص ت$ حيث $ر = |ع| = \sqrt{س^2 + ص^2}$.
 نلاحظ من الشكل أعلاه أن $س = رجتاه$ ، $ص = رجاه$ وبذلك فإن العدد $ع = س + ص ت$ يمكن كتابته على الصورة $ع = ر(جتاه + ت جاه)$ ويسمى هذا التمثيل بالتمثيل القطبي للعدد المركب.

تعريف:



الصورة القطبية للعدد المركب $ع = س + ص ت$ ، $ع \neq 0$ هو $ع = ر(جتاه + ت جاه)$ حيث $ر = |ع| = \sqrt{س^2 + ص^2}$ ، $\frac{ص}{س} = \frac{هـ}{هـ}$

مثال ٤ : اكتب العدد $ع = ١ + ٣\sqrt{٢} ت$ بالصورة القطبية.

الحل : $ر = |ع| = \sqrt{١^2 + (٣\sqrt{٢})^2} = ٢$ ، $جاه = \frac{ص}{ر} = \frac{٣\sqrt{٢}}{٢}$ ، $جتاه = \frac{س}{ر} = \frac{١}{٢}$ ومنها $\frac{\pi}{٣}$

الصورة القطبية للعدد $ع = ٢(جتا \frac{\pi}{٣} + ت جا \frac{\pi}{٣})$

مثال ٥ : حوّل العدد المركب $ع = \sqrt{٢} ت(جتا \frac{\pi}{٤} + ت جا \frac{\pi}{٤})$ إلى الصورة $أ + ب ت$

الحل : $ع = \sqrt{٢} ت(جتا \frac{\pi}{٤} + ت جا \frac{\pi}{٤}) = (\frac{١}{\sqrt{٢}} + \frac{ت}{\sqrt{٢}}) \sqrt{٢} ت = ١ + ت$

نشاط ٦ : إذا كان $ع = ٤ - ٣ ت$ ، فإن $\overline{ع} = \dots\dots\dots$
 مثّل كلا من $ع$ ، $\overline{ع}$ هندسياً في المستوى المركب، ماذا تلاحظ؟

١ جد $|\sqrt{4} + 1|$

٢ إذا كان $ع = 1 + ت$ ، $ع = 1 - ت$ ، جد ما يلي:

أ $|-ع٣|$ ب $|\frac{1}{ع} - ع|$ ج $|\frac{ع}{ع}|$ د $|ع٢ - ع٢|$

٣ إذا كان $ع = \frac{٣}{٥} + \frac{٤}{٥} ت$ ، جد:

أ $|(ع)|$ ب $|(ع٣)|$ ج $|(ع)|$ د $|\frac{ع}{٥}|$

٤ اكتب المقادير الآتية على صورة $أ + ب ت$:

أ $\frac{1 - \sqrt{2} ت}{ت + 2}$ ب $\frac{3 + 4 ت}{ت - 3} + \frac{2 + 3 ت}{ت - 2}$

٥ أثبت أن: $|ع - 1| = |ع - 1|$ حيث $ع \in \mathbb{K}$

٦ مثل الأعداد الآتية في المستوى المركب:

أ $٣٥ ت$ ب $٢ - \sqrt{2}$ ج $\sqrt{4} - \sqrt{9}$ د $\frac{1}{ت٥٢}$

٧ إذا كان $ع = \sqrt{ع}$ فأثبت أن $ع$ إما أن تكون عدداً حقيقياً، أو أنها عدد تخيلي.

٨ اكتب ما يأتي على الصورة القطبية $ع = ر(جتا هـ + ت جاهـ)$:

أ $ع = 1 + ت$ ب $ع = \frac{1}{٢}$ ج $ع = \frac{1 - \sqrt{3} ت}{٢}$

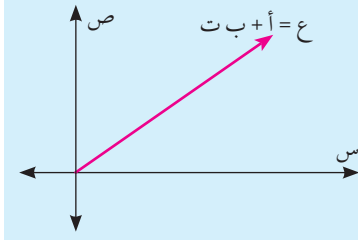
٩ اكتب ما يأتي على الصورة $أ + ب ت$:

أ $ع = ٧(جتا \frac{\pi}{٤} ت + جتا \frac{\pi}{٤})$ ب $ع = ٣(جتا \frac{\pi}{٦} ت + جتا \frac{\pi}{٦})$ ج $ع = ٢(جتا \frac{\pi}{٤} ت - جتا \frac{\pi}{٤})$ د $ع = ٣، هـ = \frac{\pi}{٣}$

نشاط ١:

تتكون البطارية من عدة أجزاء، ويمكن أن نمثل العمود الجاف فيها بصورة عدد مركب $E = A + Bt$ ، وهذا العدد هو متجه قياسي على مستوى أرجاند.

فكر وناقش:



- ١ إنعكاس المتجه الذي يمثل E في محور السينات هو $\overline{E} = A - Bt$
- ٢ إنعكاس المتجه E في محور الصادات هو:
- ٣ دوران المتجه E بزاوية 180° هو:

سبق أن أشرنا أن كثيراً من المعادلات من الدرجة الثانية أو أكثر، لا يوجد لها حل في مجموعة الأعداد الحقيقية ح ولكن لها حلول في مجموعة الأعداد المركبة ك.

* حل المعادلة التربيعية في ك

حل المعادلة $٢E^2 + ٤E + ٣ = ٠$

مثال ١:

نجد المميز $B^2 - ٤A = ٤ - ٨ = -٤ > ٠$

الحل:

وهذا يعني أنه لا يوجد حل للمعادلة في مجموعة الأعداد الحقيقية؛ لأن مميزها سالب، بينما لها حلان في مجموعة الأعداد المركبة، هما:

$$E = \frac{-2 \pm \sqrt{2}i}{2} = \frac{-2 \pm \sqrt{2}i}{2}$$

ومنها يكون جذرا المعادلة، هما: $\frac{-2 + \sqrt{2}i}{2}$ ، $\frac{-2 - \sqrt{2}i}{2}$

* سوف نكتفي في حل المعادلات التربيعية في ك بالحالة التي يكون فيها المميز إما عدداً حقيقياً أو تخيلياً فقط.

مثال ٢ : حل المعادلة $٠ = ١ - ٣ع$

الحل : $٠ = ١ - ٣ع = (١ - ع)(١ + ع + ٢ع)$

إما $٠ = (١ - ع)$ ومنها $١ = ع$

أو $٠ = ١ + ع + ٢ع$ ولحل هذه المعادلة التربيعية، بالقانون العام، تكون الحلول هي :

$$ع = \frac{-١ \pm \sqrt{١ - ٨}}{٢} ، ع = \frac{-١ \pm \sqrt{١ - ٨}}{٢}$$

وبذلك فإن للمعادلة $٠ = ١ - ٣ع$ ثلاثة حلول في مجموعة الأعداد المركبة،

$$ع = \frac{-١ \pm \sqrt{١ - ٨}}{٢} ، ع = \frac{-١ \pm \sqrt{١ - ٨}}{٢} ، ع = ١$$

(تسمى هذه الجذور بالجذور التكعيبية للواحد الصحيح)

نشاط ٢ : حل المعادلة $٠ = ١ + ع + ٢ع$

نستخدم القانون العام لحل المعادلة التربيعية فتكون قيم ع هي :

$$ع = \frac{-١ \pm \sqrt{١ - ٨}}{٢} = \dots\dots\dots$$

هل الحلول أعداد مترافقة وماذا تستنتج؟ (لماذا؟)

ملاحظة :

تكون حلول المعادلة التربيعية التي مميزها سالب ومعاملاتها أعداد حقيقية أعداداً مترافقة.



نشاط ٣ :

لإيجاد س ، ص $\exists$ حيث (س + ص ت) $٢ = ٢$ فإنه بفك التربيع

والإفادة من تساوي عددين مركبين نستنتج أن: س $٢ - ص ٢ = ٠$ ، س ص = ١

وبحل نظام المعادلات نجد أن س $١ \pm =$ ، ص $\dots\dots\dots =$

لاحظ أن: (١ + ت) $٢ = ٢$ ت و (١ - ت) $٢ = ٢$ ت

ماذا نسمي كلاً من ١ + ت ، ١ - ت بالنسبة للعدد ٢ ت؟

الجذور التربيعية للعدد المركب:

تعرفت سابقاً أنه إذا كان $أ$ عدداً حقيقياً موجباً، فإنه يوجد حلان للمعادلة $س^2 = أ$ وهما $±\sqrt{أ}$ ونرمز للجذر الموجب بالرمز $\sqrt{أ}$.

نشاط ٤:

لاحظ أن الجذور التربيعية للعدد ٢٥ هما $±٥$ وأيضاً الجذور التربيعية للعدد $٩-٥$ هما $±\sqrt{٩-٥}$. والآن كيف نجد الجذور التربيعية للعدد $٣+٤$ ت
نفرض أن $س+ص$ ت، س، ص $\exists$ ح هو أحد الجذرين التربيعيين للعدد $٣+٤$ ت
فيكون $(س+ص)^2 = ٣+٤$ ت (أكمل)
ومنها $س = \dots\dots\dots$ ، $ص = \dots\dots\dots$ والجذران هما $±\dots\dots\dots$

تمارين ٦ - ٤

١ حل المعادلات الآتية في ك

أ $٣ع + ١ = ٠$ ب $ع(١+٢) = ٢$ ج $ع(٣-٤) = ٢$ ع

٢ كَوّن المعادلة التربيعية التي جذراها ١ + ٣ ت، ٢ - ت

٣ جد الجذور التربيعية لكل مما يأتي:

أ $\frac{١}{٤}$ ب -٩٤ ج $٢١ - ٢٠$ ت

٤ يَبَيّن أن: $ع^٢ + ١ = (١ + \sqrt{٢}ع)(١ - \sqrt{٢}ع)$ واعتمد على ذلك في حل المعادلة $ع^٢ + ١ = ٠$ صفر في ك.

١ اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

١ ما قيمة (ت)؟

- (أ) ١ (ب) ١- (ج) ت (د) -ت

٢ ما قيمة $(\sqrt{2} - ت) - (ت - \sqrt{2})$ ؟

- (أ) ٢- (ب) ٢ (ج) ٢- (د) ت

٣ ما حل المعادلة $ع^2 = ع - ١$ في ك؟

- (أ) $\frac{\sqrt{3} \pm ١ - ت}{٢}$ (ب) $\frac{\sqrt{3} \pm ١ - ت}{٢}$ (ج) $\frac{\sqrt{3} \pm ١ - ت}{٢}$ (د) ليس لها حل

٤ ما قيمة $\frac{ت + ٤}{ت^3 - ٢}$ ؟

- (أ) $\frac{١٤ - ٥}{١٣}$ (ب) $\frac{١٤ - ٥}{٣}$ (ج) $\frac{١٤ - ٥}{٥}$ (د) $\frac{١٤ + ٥}{١٣}$

٥ ما قيمة $\frac{ت - ٢}{ت^٥} + \frac{ت^٢ + ١}{ت^٤ - ٣}$ ؟

- (أ) $\frac{٢}{٥}$ (ب) $\frac{ت^٢}{٥}$ (ج) $\frac{ت^٢ - ٢}{٥}$ (د) $\frac{٢}{٥}$

٦ ما قيمة $\overline{ع + ت}$ ؟

- (أ) ع + ت (ب) ع - ت (ج) ع- + ت (د) ع- - ت

٧ ما الصورة القطبية للعدد $ع = ٢ + ٢$ ؟

- (أ) $\sqrt{٢} \sqrt{٢} (\text{جتا } -\frac{\pi}{٤} - \text{ت جا } \frac{\pi}{٤})$ (ب) $\sqrt{٢} \sqrt{٢} (\text{جتا } \frac{\pi}{٤} + \text{ت جا } \frac{\pi}{٤})$

- (ج) $\sqrt{٢} \sqrt{٢} (\text{جتا } -\frac{\pi}{٤} - \text{ت جا } \frac{\pi}{٤})$ (د) $\sqrt{٢} \sqrt{٢} (\text{جتا } \frac{\pi}{٤} + \text{ت جا } \frac{\pi}{٤})$

٨ أي من الآتية هو جذر تربيعي للعدد ت ؟

- (أ) $\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} ت$ (ب) $\frac{\sqrt{2}}{3} + \frac{\sqrt{2}}{3} ت$ (ج) $\frac{\sqrt{2}}{2} - ت$ (د) $\frac{\sqrt{2}}{2} + ١ ت$

٩ ما سعة العدد المركب $(٢ + ٢ت)٢$ ؟

- (أ) ٠ (ب) $\frac{\pi}{3}$ (ج) $\frac{\pi}{4}$ (د) $\frac{\pi}{2}$

٢ إذا كان $١ + ٢ = ع$ ، $٢ - ت = ع$ ، جد ناتج ما يلي :

- (أ) $|١ع|$ (ب) $|١ع|$ (ج) $|١ع + ١ع|$ (د) $|١ع| + |١ع|$ (ماذا تلاحظ؟)

٣ حل المعادلات الآتية في ك :

- (أ) $ع + ٣ت = ع$ (ب) $٠ = ١ + ع + ٢ع + ٣ع$ (ج) $٠ = ٤ + ٢ع + ٤ع$

٤ جد الجذور التربيعية للعدد المركب $١٢ + ٥$.

٥ جد س ، ص $\exists$ بحيث $س٢ + س + (ص - ١)ت = -س٢ ت$

٦ إذا كان $ل = \frac{٥(ت - ٣)}{ت + ٣}$ ، $م = \frac{١١ - ت}{٢ + ١}$

- (أ) يبين أن : ل ، م مترافقان. (ب) احسب ل + م ، ل م ، ثم جد قيمة ل + م٢

٧ احسب قيمة $\sqrt[٧]{\left(\frac{ت - ٣}{ت + ١}\right)}$

إجابات تمارين الكتاب

حلول الوحدة الأولى: حساب التفاضل

تمارين ١ - ١

- ١ أ $\frac{78}{5}$ ٢ $\frac{4}{\pi}$ ٦ $2 = \text{ب}$
- ٣ $\frac{17}{4}$ ٤ 16 ٨ $1 + 1 - 2 = \text{أ}$
- ٥ 1 ٦ $2 - \text{ب}$

تمارين ٢ - ١

- ١ 2 ٢ 9 ٣ $\text{ق} (س) = \left. \begin{array}{l} \sqrt[3]{\frac{1}{3 + س}} , س \in]1, 1[\\ \frac{4 - س}{2} , س \in]4, 1[\end{array} \right\}$
- ٤ $36 \text{ سم}^2 / \text{سم}$ ٥ 2 ٦ $14 - \text{هـ}$
- ١ $\frac{1}{9}$ ٢ 9 ٣ $\text{ق} (س) = \left. \begin{array}{l} \sqrt[3]{\frac{1}{3 + س}} , س \in]1, 1[\\ \frac{4 - س}{2} , س \in]4, 1[\end{array} \right\}$
- ٤ $36 \text{ سم}^2 / \text{سم}$ ٥ 2 ٦ $14 - \text{هـ}$

تمارين ٣ - ١

- ١ أ 7 ٢ أ 9 ٣ $\frac{1}{3\sqrt{2}}$ ٦ أولاً: أ $\text{ق} (٠) = ٠$ ب $\text{هـ} (٠)$ غير موجودة
- ٤ $20 - \text{ج}$ ٥ $16 -$ ٦ $2 - \text{ب}$ ٧ $431 - \text{ب}$
- ٨ $24 = \text{أ}$ ٩ 10 ١٠ $5 - = \text{أ}$
- ١١ $2 - \text{ب}$ ١٢ $16 -$ ١٣ $\frac{1}{3\sqrt{2}}$ ١٤ أولاً: أ $\text{ق} (٠) = ٠$ ب $\text{هـ} (٠)$ غير موجودة
- ١٥ $20 - \text{ج}$ ١٦ $16 -$ ١٧ $2 - \text{ب}$ ١٨ $431 - \text{ب}$
- ١٩ $24 = \text{أ}$ ٢٠ 10 ٢١ $5 - = \text{أ}$

ثانياً: نستنتج أنه لا يمكن الحكم على وجود أو عدم وجود المشتقة لذلك نعود إلى إيجاد قاعدة الاقتران الأصلي ثم نحدد قيمة المشتقة وهذا لا يتناقض مع القاعدة المذكورة.

تمارين ١ - ٤

- ١ أ ٢- جاس - ٢ قاس^٢س ب $\frac{٢- قاس ظاس}{٢(قاس + ١)}$
- ج $\frac{(١ + س قتاس)}{(قتاس + ظتاس)}$ د س قاس (٢ + س ظاس)
- ٤ س = π ، س = π^-
- ٥ قاس^٢ ظاس^٢

تمارين ١ - ٥

- ١ أ ٠ ب ٤ ج $\frac{١}{٦}$ د ٢ هـ^٢س
- ٢ أ ٢- جاس هـ^س + هـ^س جتاس ب $\frac{١}{٢س}$ ج $\frac{٥-}{٢س}$
- ٣ أ = ٢ ٤ س = ١ ٦ ٣

تمارين ١ - ٦

- ١ (١، ٢) ٢ ص = -٤س + π + ٢ ٣ ١ وحدة مساحة
- ٤ أ أ = ٣٢ ، ٨ ٥ -٢٠ م/ث
- ٦ أ أقصى ارتفاع = ٤٥ م ب السرعة = -١٠ م/ث

تمارين ١ - ٧

- ١ أ $\frac{١-}{٩}$ ب ٢- ج $\frac{٥-}{٢}$ د π^- هـ ٠
- ٢ هـ $١ - \frac{١}{هـ}$ ٣ أ (١ + س^٢) هـ^٢س^٢ ب $\frac{٣س٣ - ٢س٦}{س٣ - ٣س}$
- ٤ ق(١) = ٤ ٥ -٣٠
- ٦ ص = -١⁻س + $\frac{\pi}{٨}$ + ٣ ٧ ١٤
- ١٠ قاس^٢س

تمارين ١ - ٨

ب $\frac{2-}{5}$ سے $(1 - 2)$ سے $\frac{4-}{5}$

جے جتا (س + ص) $\times \frac{1}{(جتا (س + ص) - 1)}$

$$\left(\sqrt[3]{x}, \frac{1}{y}\right), \left(\sqrt[3]{x}, \frac{1}{y}\right) \quad 5 \quad x=1 \quad 3$$

٦ صَ = ١- ٧ صَ = هـ

تمارين عامة: الوحدة الأولى

١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	رقم الفقرة
د	ب	ب	أ	ج	د	د	ج	د	ج	أ	ب	أ	د	رمز الاجابة

$\frac{1}{2}$ د ٤ ١- ب ٤ ٢- ٣ ١ ٢
 $٢ \pm = ١$ ٩ ٢٥ م/ث ٨ ٩ ٧ ٥ ٦ ٢ ب ٢ ١ ٥

١٠ ق(س) =
$$\left. \begin{array}{l} \text{س}^2 \\ \text{س}^2 \\ \frac{2-}{2(1+\text{س})} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 1 > \text{س} > 0 , \\ 2 > \text{س} > 1 , \\ \text{س} < 2 , \end{array}$$
 عند س = 0، 1، 2 غير موجودة .

١٢. ، ١٣. أ س = ٢، ١/٢ ب $\frac{\pi}{3}$

$$\frac{(ه^6 + 6س^5 ه - 15س^4 ه^2 + 20س^3 ه^3 - 15س^2 ه^4 + 6س ه^5 - ه^6) جتاس}{حاس^2}$$

$$\frac{(1 + \text{لوہس}) \text{جتاس} + \text{س جاس لوہس}}{\text{جتاس}^2}$$

۱۵- ۱۲-م/ث^۲ ۱۶- $\sqrt{2} \pm$

حل الوحدة الثانية: تطبيقات التفاضل

تمارين ١ - ٢

- ١ أ ج = ٢
- ب ج = ١
- ج ج = ١
- د ج = $\frac{\pi}{3}$ لا يحقق
- ٢ أ ج = ١
- ب ج = صفر
- ج ج = $\frac{25}{4}$
- ٣ أ = ١ ، ب = ٦ ، ج = $\frac{5}{4}$ (ترفض) ، ج = $\sqrt{\frac{13}{3}}$ (تقبل)
- ٥ قيمة ج = $\frac{\pi}{4}$ ، $\frac{3\pi}{4}$ ومنها نقط التماس هي $(\frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4})$ ، $(-\frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4})$

تمارين ٢ - ٢

- ١ أ ق(س) متناقص في $[-2, 0]$ ، ومتزايد في $[0, 2]$
- ب ق(س) متزايد في $[\pi, 0]$
- ج ق(س) متناقص في $[-\infty, 1]$ ، ومتزايد في $[1, \infty]$
- د ق(س) متناقص في $[-9, 0]$ ، ومتزايد في $[0, 9]$
- ٢ ق(س) متزايد على ح
- ٣ ق(س) متزايد في $[0, 1]$ ، كذلك ق(س) متزايد في $[1, 2]$
- ٤ ق(س) متزايد في $[0, \infty]$ ، كذلك ق(س) متناقص في $[-\infty, 0]$
- ٥ ل(س) متزايد في $[2, \infty]$ ، متناقص في $[-\infty, 2]$
- ٧ ق(س) متناقص في $[0, \frac{\pi}{3}]$

تمارين ٢ - ٣

- ١ أ $(-2, \frac{19}{3})$ ، $(3, \frac{1}{3})$ ، $(0, \frac{1}{3})$ ، $(2, -1)$ ب $(0, 0)$ ، $(-8, 4)$ ، $(8, 4)$
- ٢ أ $20 = (2)$ قيمة عظمى محلية ، $16 = (4)$ قيمة صغرى محلية ب $2 = (-2) = (2)$ = صفر قيمة صغرى محلية ، $2 = (0)$ = قيمة عظمى محلية ج $6 = (3) = (-3)$ = قيمة عظمى محلية ، $2 = (1)$ = قيمة صغرى محلية د $3 = (-\frac{1}{4}) = (\frac{1}{4})$ = قيمة صغرى محلية هـ $1 = (0)$ = قيمة عظمى محلية ، $1 = (\pi)$ = قيمة عظمى محلية ، $1 = (-\frac{\pi}{4})$ = قيمة صغرى محلية و $1 = (2)$ = قيمة عظمى محلية
- ٣ أ $0 = (0)$ = صفر قيمة صغرى مطلقة (اصغر قيمة) ، $13 = (3)$ = قيمة عظمى مطلقة (أكبر قيمة) ب $1 = (1)$ = صفر قيمة صغرى مطلقة (اصغر قيمة) ج $3 = (3)$ = $3 - 3$ = قيمة عظمى مطلقة (أكبر قيمة) د $2 = (\pi) = \frac{2}{3}$ = قيمة صغرى مطلقة ، $0 = (-\frac{\pi}{4})$ = قيمة عظمى مطلقة
- ٤ أ $1 = 6$ ، ب $6 = 1$
- ٥ أ $2 = (3)$ = قيمة عظمى محلية وهي مطلقة لأنها وحيدة إذن $2 \geq 2$ ، $\forall s \in \mathbb{R} \Rightarrow s \leq 2$ (س) سالب دائماً

تمارين ٢ - ٤

- ١ أ (s) مقعر إلى أعلى في $[-2, 1]$ كذلك في $[4, \infty]$ ، ومقعر إلى أسفل في $[-\infty, -2]$ كذلك في $[-1, 4]$ ب (s) مقعر إلى أسفل في $[\frac{\pi}{4}, 0]$ كذلك في $[0, \frac{\pi}{4}]$ ج (s) مقعر إلى أسفل في $[2, 4]$ ومقعر إلى أعلى في $[0, 2]$ د (s) مقعر إلى أعلى في $[3, \infty]$ هـ (s) مقعر إلى أسفل في $[0, \pi]$ و (s) مقعر إلى أسفل في $[0, \pi]$ و (s) مقعر إلى أعلى في $[\pi, 2\pi]$ ز (s) اقتران ثابت $[1, 3]$ ، ومقعر إلى أعلى في $[3, 5]$

- ٢ أ $(٠, ٠) = ((٠) ق, ٠)$ نقطة انعطاف
- ب $(٠, \frac{\pi}{٢})$ ، $(٠, \frac{\pi}{٢})$ نقط انعطاف
- ج- يوجد نقطة انعطاف هي $(٠, ٥)$
- ٣ أ $٠ = (٠) ق$ قيمة صغرى محلية ، $٣٢ = (٤-) ق$ قيمة عظمى محلية
- ب يفشل اختبار المشتقة الثانية ، $٠ = (٦-) ق$ قيمة صغرى محلية وهي صغرى مطلقة
- ٤ $٣ = أ$
- ٥ أ $ق(س)$ مقعر إلى أعلى في $[٣, \infty]$ ومقعر إلى أسفل في $[-٣, \infty]$
- ب $ق(٠)$ قيمة عظمى محلية ، $ق(٦)$ قيمة صغرى محلية
- ج- $ق(س)$ متزايد في $[-٠, \infty]$ كذلك في $[٦, \infty]$ ومتناقص في $[٠, ٦]$
- ٦ $ق(س) = -٣س^٣ + ٦س^٢ - ١٥س + ١٥$
- ٧ $٢٤٨ = ع(١)$
- ٨ أ قيم $س$ التي يكون للاقتان عندها قيمة قصوى هي $س = ١$ ، $س = -٢$
- ب نقطة الانعطاف هي $(٠, ٠)$
- ج- $ق(س)$ متزايد في $[-٣, -٢]$ كذلك في $[١, ٢]$ ومتناقص في $[-٢, ١]$

تمارين ٢ - ٥

- ١ $س = ٢٠ م$ ، $ص = ٢٠ م$ ، أكبر مساحة = $٤٠٠ م^٢$
- ٢ نق $٤ سم$ ، $ع = ١٢ سم$
- ٣ $و = (\sqrt{٣}, ٢)$
- ٤ ب $١٠ = أ$ ، $١٠ = ب$
- ٥ الساعة الواحدة و ١٢ دقيقة
- ٦ نق $\frac{٨}{٣}$ ، $ح = \frac{\pi ٢٥٦}{٩} سم^٣$
- ٧ أكبر مساحة ممكنة لشبه المنحرف هي $\sqrt[٣]{٢٧} سم^٢$
- ٨ $س = ٤$

١

١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	رقم الفقرة
أ	ج	ج	د	ب	أ	د	ج	ج	ج	أ	ب	ب	ج	رمز الاجابة

٣ ق(س) متناقص في $[-\infty, -3]$ ، $[1, \infty]$

ق(س) متزايد في $[-3, 1]$

ق $(-3) = \frac{1}{4}$ قيمة صغرى محلية

ق $(1) = \frac{1}{4}$ قيمة عظمى محلية

٤ أ -1 أو ٤

٥ أ س $-2, -1, 3, 6$

ق $(3) = -22$ صغرى مطلقة، ق $(6) = 59$ عظمى مطلقة

ب ق مقعر إلى أسفل في $[-2, 1]$ ومقعر إلى أعلى في $[1, 6]$

ج $(1, -6)$ نقطة انعطاف، ظل زاوية الانعطاف $= \text{ق}(1) = -12$

٦ أ منحنى ق(س) مقعر إلى أعلى في $[-\infty, -2]$ كذلك في $[1, \infty]$ ومقعر إلى أسفل في $[-2, 1]$

ب س $-2 =$ ، س $1 =$

٨ ع $\frac{40}{3}$ سم، نق $= \frac{2\sqrt{20}}{3} 40$

١١ ق(س) $= \frac{1}{4} \text{س}^3 - 3\text{س} + 3$

١٢ طول المستطيل $= 100$ م، وعرض المستطيل $= \frac{200}{\pi}$ م

١٣ طول ضلع المثلث الأول ٣ سم، طول ضلع المثلث الثاني ٣ سم

حل الوحدة الثالثة: المصفوفات

تمارين ٣ - ١

- ١ أ $\begin{bmatrix} 750 & 600 & 800 \\ 650 & 450 & 900 \end{bmatrix}$ من الرتبة 3×2 ب انتاج فرع طولكرم
- ٢ أ 3×4 ب ٢ ج ٣- ٥ ب $\begin{bmatrix} 6 & 2- \\ 3- & 5 \end{bmatrix}$ ٤ $\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 1 \\ 2 & 2 \end{bmatrix}$ ٣ س = ٣

تدريبات:

- ١ $\begin{bmatrix} 16 & 5- & 0 \\ 12 & 17 & 4 \end{bmatrix}$ ، $\begin{bmatrix} 3 & 11- & 14 \\ 10- & 8 & 1- \end{bmatrix}$
- ٢ س = $\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 10- & 1 \\ 3 & 10 \end{bmatrix}$ ٣ أ $\begin{bmatrix} \frac{5}{2} & 1- \\ \frac{3-}{2} & \frac{1-}{2} \end{bmatrix}$ ٤ س = ٦- ، ص = ٣
- ٥ س = $\begin{bmatrix} 1- & 1 \\ 3- & 2 \end{bmatrix}$ ، ص = $\begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 4- & 2- \end{bmatrix}$

تمارين ٣ - ٢

- ١ أ ب 4×5 ب 5×3
- ٢ أ $\begin{bmatrix} 27 & 24 & 40 \\ 11 & 12- & 6- \end{bmatrix}$ ب $\begin{bmatrix} 30- & 6 & 11- \\ 29 & 18 & 35 \\ 10 & 12 & 18 \end{bmatrix}$ ج $\begin{bmatrix} 25 & 6 \\ 9- & 10- \end{bmatrix}$
- ٣ س = ٢- ، ص = ٣- ٦ مجموعة الحل = $\emptyset$ ٧ أ $\begin{bmatrix} 1- \\ 2 \end{bmatrix}$

تمارين ٣ - ٣

- ١ أ صفر ب ٣٢ ج ١٢٥
- ٢ س = ٦، س = ٣- ٣- ٢٦- ٤ س = ٣±
- ٥ - ٥س + ٢ص = ١١ = ٠
- ٦ أ - ٢ص + ١ص = ٢
- ب إخراج عامل مشترك من كل من الصفين الأول والثاني فتتساوى المدخلات المتناظرة في الصفين فتصبح قيمته صفراً.
- ج تبديل عمود مكان عمود فإن قيمة المحدد تضرب بـ (١-)

تمارين ٤ - ٣

- ١ أ لها نظير ضربي ب لها نظير ضربي ج، د ليس لها نظير ضربي.
- ٢ في المصفوفة أ تكون قيم ك = ٠، ٢، وفي المصفوفة ب تكون قيم ك = ٢، ٢-
- ٣ أ $\frac{1}{2} \begin{bmatrix} ٥- & ٣ \\ ٤ & ٢- \end{bmatrix}$ ب $A = \begin{bmatrix} ٥ & ٤ \\ ٣ & ٢ \end{bmatrix}$
- ٤ س = ٥ ٥ س = ٢-، ٤- ٦ $\begin{bmatrix} ٦- & ٨ \\ ٥ & ٥- \end{bmatrix}$

تمارين ٥ - ٣

- ١ أ س = ٣، ص = ٠ ب س = ١، ص = ١
- ٢ أ س = ٤، ص = ١- ب س = ٤-، ص = ١
- ٣ س = ٤، ص = ١
- ٤ أ س = ١، ص = ٢ ب ع = ٣، ص = ١-، س = ٢

١

١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	رقم الفقرة
أ	د	ب	د	ب	أ	د	جـ	جـ	جـ	رمز الإجابة

٢ س = ٥ ، ص = ٣

$$\begin{bmatrix} \frac{٥^-}{٤} & ١ \\ \frac{٣^-}{٤} & \frac{١}{٢} \end{bmatrix} \quad \text{جـ}$$

بـ ١٨-

$$\begin{bmatrix} ٥^- & ٤ \\ ٣^- & ٢ \end{bmatrix} \quad \text{أ} \quad \text{٣}$$

٤ س أي عدد حقيقي. ٥ أ س = ٥- ، ص = ٤ ب س = ١ ، ص = ١-
٦ س = ٤ ، ص = ٣- ٨ أ ن = ٦ ، ك = ٢ ب س = ١ ، ص = ١
٩ (٢أ)⁻ = (١-أ)^٢ ١٠ س = ٢- ، ص = ١
١١ ع = ١ ، ص = ٢- ، س = ٣ ١٢ س = ٥ ±

حلول الوحدة الرابعة: التكامل غير المحدود، وتطبيقاته

تمارين ومسائل ٤ - ١

- ١ أ اقتران أصلي ب ليس اقترانا أصلياً ج اقتران أصلي
- ٢ هـ (١) = ٤
- ٣ (٣ - م) - هـ (٤) = ١٤
- ٤ أ = ٢
- ٥ أ = ٢ ، ج = ٢ -

تمارين ومسائل ٤ - ٢

- ١ أ ٨س + ج ب $\frac{7}{3}س - ٢س - \frac{1}{3}س + ج$
- ج $٢س + \frac{٢}{٥}س + ج$ د $\frac{٢}{٥}س + ٢س + قاس + ج$
- هـ $\frac{٣}{٥}س - \frac{٣}{٤}س + س + ج$ و $٥س + \frac{1}{س} + ج$
- ز ظاس + ج ح $٥س + ٢لوس + ج$
- ٢ ق (س) = جاس - هـ
- ٤ ق (١-) = $\frac{١٥-}{٢}$

تمارين ومسائل ٤ - ٣

- ١ ص = ق (س) = $٣س - ٢س + ١$ ٢ ق (س) = $٣س - ٢س + ٣$
- ٣ ق (س) = $٢س$ ٤ ق (س) = $٢س + جتاس - \pi$
- ٥ ع (٥) = $\frac{٣١}{٢}م / ث$ ، ف (٥) = $\frac{٢١٥}{٢}م$ ٦ ن = ٢٠ ثانية
- ٧ ص = $\frac{٢}{٣}س + \frac{٢}{٢}س - ٢$ ٨ ن = ٩ ثانية
- ٩ ص + $\frac{٢}{٢}ص = لوس + ٤$

تمارين ٤ - ٤ أ

- ١ أ $-(س + ٢) - ٤ + ج$ ب $\frac{١}{٢} جتا (س^٢ - ٢س) + ج$
- ج $\frac{(لو س)^٢}{٢} + ج$ د $\frac{٢}{٧} (س + ١) - \frac{٤}{٥} (س + ١) + \frac{٣}{٢} (س + ١) + ج$
- هـ $\frac{(س - ١)^٩}{٩} + \frac{٦(س - ١)^٨}{٨} + \frac{٩(س - ١)^٧}{٧} + ج$
- و $\frac{٣}{٨} س + \frac{١}{٤} جا س + \frac{١}{٣٢} جا٤ س + ج$
- ز ظاس - قاس + ج ح $لو س + ١ + ه س + ج$
- ٢ أ $\frac{٢-}{٣} (١ + \frac{١}{س}) + ج$ ب $جتا \frac{١}{س} + ج$
- ج $\frac{٥}{٢} س - \frac{١}{٤} جا٢ س - ظتاس + ج$ د $\frac{١-}{١٢} (١ + \frac{٢}{س}) + ج$
- هـ $\frac{٣}{١٦} (س + ١) + ج$ و $\frac{ظاس}{٢} + لو س |جتاس| + ج$

تمارين ٤ - ٤ ب

- ١ أ $\frac{س^٢}{٢} لو س - \frac{س^٢}{٤} + ج$ ب $س ظاس + لو س جتاس + ج$
- ج $٣س لو (س + ٢) - ٣س + ٦ لو (س + ٢) + ج$
- د $\frac{١-}{٢} جتا٢ س + \frac{١}{٤} جا٢ س + ج$ هـ $\frac{١}{٢} س^٢ ه س^٢ - \frac{١}{٢} ه س^٢ + ج$
- و $\sqrt{٢-س + ١} جتا \sqrt{س + ١} + ٢ جا \sqrt{س + ١} + ج$
- ز $\frac{٢-س ه س}{١ + س} + ٢ ه س + ج$
- ح $\frac{٢-س ه س}{٥} جتا٢ س + \frac{١}{٥} ه س جا٢ س + ج$
- ط $ه س قتاس + ج$ ي $\frac{١-س}{س} جا \frac{١}{س} - جتا \frac{١}{س} + ج$

١ أ $\frac{5}{4} \text{ لو } |س - ٣| + \frac{1}{4} \text{ لو } |س + ١| + ج$

ب $س + \frac{11}{5} \text{ لو } |س + ٣| + \frac{6}{5} \text{ لو } |س - ٢| + ج$

ج $٢\sqrt{س} + \frac{8}{3} \text{ لو } (\sqrt{س} - ٢) - \frac{2}{3} \text{ لو } (\sqrt{س} + ١) + ج$

د $-٢ \text{ لو } |س| + \frac{3}{2} \text{ لو } |س - ١| + \frac{1}{2} \text{ لو } |س + ١| + ج$

هـ $- \text{لو } |قتاس + ظتاس| + ج$

و $\frac{1}{4} \text{ لو } |١ - س| + \frac{1}{4} \text{ لو } |١ + س| + ج$

ز $٢ \text{ لو } |س - ١| - ٣ \text{ لو } |س + ٢| + ج$

ح $\frac{1}{8} \text{ لو } |٤ - جتاس| + \frac{1}{8} \text{ لو } |٤ + جتاس| + ج$

ط $\frac{1}{4} \text{ لو } |ظتاس - ١| - \frac{1}{4} \text{ لو } |ظتاس + ١| + ج$

ي $\frac{1}{3} (\text{لو } |س|^٣ + \text{لو } |س|^٣ + ١) + ج$

٢ $\frac{1}{6} ص = ٢(\sqrt{س} + ١) - ٢ \text{ لو } |١ + \sqrt{س}| - \frac{5}{3}$

١

٥	٤	٣	٢	١	رقم الفقرة
ب	ب	جـ	د	جـ	رمز الإجابة

٣ ق (س) = $\frac{س^٤}{١٢} - ٣$ جاس + ٦ س + ٢

٤ ف (٣) = $٢٢ + ٣$ لوهـ ٤ متراً

٥ ص = $\frac{١-}{٦(٢س٣ - ٤س)٣} + جـ$

٦ ١ $\frac{١}{٣} (س - ٢) (٣ - ٢) + جـ$

٢ $\frac{١}{٩} (لوهـ |س| - لوهـ |س| + ١) + جـ$

٣ $\sqrt{٢} س \sqrt{ظا} + ٢ لوهـ |جتا| \sqrt{س} + جـ$

٤ $\frac{١}{٣} قا (٣س + ١) + جـ$

٥ $(س^٢ + ١) جاس + ٢ س جتاس - ٢ جاس + جـ$

٦ $س لوهـ (س^٢ - ١) - ٢ س + لوهـ |س| + ١ - لوهـ |س - ١| + جـ$

٧ $لوهـ |س| + جـ$

٨ $- ظاس + لوهـ |١ + ظاس| - لوهـ |ظاس - ١| + جـ$

٩ $\frac{١}{٢} جا ٢ س + جـ$

١٠ $\frac{١-}{٨} (قتاس + ظتاس) + جـ$

١١ $\frac{١}{٤٩} (س^٧ - ٦) + جـ$

٩ ق (س) = $\frac{جاس}{س}$

٨ ص = $\frac{لوهـ س}{س} - \frac{١}{س} + \frac{٢}{هـ}$

٧ أ = ١

حل الوحدة الخامسة: التكامل المحدود، وتطبيقاته

تمارين ١ - ٥

- ١ أ صفر ب $[1, \frac{1}{2}]$ ٢ ٢ ٣ 30^- ٤ $7 + هـ + \frac{1}{هـ}$ ٥ $2 = أ$ ٦ $4^- = أ$ ، $20 = ب$ ٧ $(\sqrt[3]{2} + \sqrt{2} + 1) \frac{\pi}{24}$

تمارين ٢ - ٥

- ١ $40^- - 12 - ن$ ٢ $6 = ب$ ٣ $\frac{5}{2}$ ٤ أ ٥ 5^- ب

تمارين ٣ - ٥

- ١ أ ٧٦ ب $\frac{15^-}{8}$ ج ١ د ٩٦ ٢ ت (س) = س - لو (س + ١) ٣ $8^- = أ$ ، $3 = ب$ ٤ $\frac{3^-}{2} = ج$ ، $ق (2) = \pi + 1$ ٥ $1 - هـ^- = أ$ ٦ $\frac{1}{24}$

تمارين ٤ - ٥

- ١ أ $\frac{\pi}{2}$ ب $\frac{1}{2} - هـ^2 + \frac{هـ^4}{2}$ ج $\sqrt[3]{10}$ د $\frac{21^-}{2}$ ٢ أ $\int_1^{\sqrt[3]{س}}$ ب $\int_1^{\sqrt[4]{س+2}}$ ٣ أ $\int_1^{\sqrt[7]{س}}$ ب $\int_1^{\sqrt[7]{س+2}}$ ٤ أ 18^- ب $\frac{1}{14} = أ$ ٥ $\int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{4}} \frac{2^-}{1 - جاس} دس \leq \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{4}} \frac{2^-}{1 - جتاس} دس$ ٦ أ ١٦ ب 8^- ٧ ٢ ٨ $\frac{4^-}{3}$ ٩ ب $\frac{1^-}{2} = ب$ ، ٥ ١٠ ت (س) = $\left. \begin{aligned} & 2س - \frac{1}{2}س^2 ، س \in [0, 2] \\ & \frac{1}{2}س^2 - 2س + 4 ، س \in [2, 4] \end{aligned} \right\}$

تمارين ٥ - ٥ أ

- ١ وحدة مساحة ١ ٢ $\frac{5}{3}$ وحدة مساحة ٣ $\frac{304}{15}$ وحدة مساحة
٤ هـ - $\frac{1}{5}$ وحدة مساحة ٥ $\frac{10}{3}$ وحدة مساحة ٦ $\frac{28}{3}$ وحدة مساحة

تمارين ٥ - ٥ ب

- ١ $\pi 80$ وحدة حجم ٢ $\pi 32$ وحدة حجم ٣ $\pi 21$ وحدة حجم
٤ $\frac{62}{15} \pi$ وحدة حجم ٥ $\pi = \text{ح} (2 - \text{هـ})$ وحدة حجم ٦ $\pi 8$ لو $\frac{3}{2}$ وحدة حجم

تمارين عامة: الوحدة الخامسة

١

الرقم	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
رمز الاجابة	ب	أ	ج	أ	د	ج	ب	ب	ج	ج

- ٢ $2 = \text{أ} , 22 = \text{ب}$ ٣ ٧٤ ٦ $\frac{3}{4} = \text{ق} (4) , 7 = \frac{3}{4} = \text{ق} (4) = \frac{75}{32}$
٧ $\text{أ} = \text{ج} = 2 , \text{أ} = 8 , \text{ب} = 18$ ٨ $\frac{1}{3}$ ٩ $\frac{1}{3}$ ١٠ $\frac{1}{3}$ وحدة مساحة ١١ $\text{أ} + \text{ب} = 2 + 2 - 2 = 2$ ١٢ $\frac{4}{3}$ وحدة مساحة ١٣ $\frac{7}{2}$ وحدة مساحة
١٤ $\frac{193}{3} = \text{ف} (5) = \text{م}$ ١٥ $\frac{1}{\text{ن}} = \text{ق} (س) + \text{ج}$ ١٦ $\frac{1}{2} + \frac{1}{2 + \pi} - \text{أ}$ ١٧ صفر ١٨ $\pi 57$ وحدة حجم ١٩ $\frac{2\pi}{6}$ وحدة حجم ٢٠ $\frac{\pi 8}{21}$ وحدة حجم ٢١ $4 -$

حلل الوحدة السادسة: الأعداد المركبة

تمارين ١ - ٦

ج $-٤ + ٠$ ت

ب $\sqrt[٢]{٥٠}$ ت

أ $\sqrt[٢]{٢} + ٢$ ت

٢

$\frac{١}{٣}$	٠	٠	١	٠	٣-	الجزء الحقيقي
٠	٢-	٦	١-	٣	$\frac{٢}{٥}$	الجزء التخيلي

ج ٠

ب $-$ ت

أ $-$ ت

٤

تمارين ٢ - ٦

ج $-١١٧ + ٤٤٤$ ت

ب $٢٩ - ٣$ ت

أ $٢٣ + ٦$ ت

١

هـ $٠ + ٨$ ت

د $٩٦ - ٤٠$ ت

٢

س $٣ + ١ =$ ت

٣

(١، ١)، (٢، ٤)

٤

أ $١٠ =$

٦

ج $\frac{١}{١٢٨} + \frac{١-}{١٢٨}$ ت

ب $٣ + ١$ ت

أ $\frac{\sqrt[٣]{٨}}{٨} - \frac{١}{٨}$ ت

٧

أ $\sqrt[٢]{٢} -$ ، $\sqrt[٢]{٢} -$ ت

٨

تمارين ٣ - ٦

أ $\sqrt[٥]{٥}$

١

أ $\sqrt[١٨]{١٨}$

٢

د ٤

ج ١

ب ١

د $\frac{١}{٥}$

ج ١

ب $\frac{٤}{١٥} + \frac{٣}{١٥}$ ت

أ $\frac{٤}{٥} + \frac{٣}{٥}$ ت

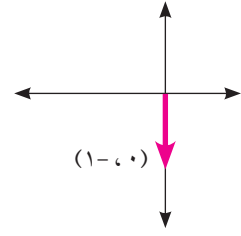
٣

ب $\frac{٧٥٩}{٤٤٢} + \frac{٣١٣-}{٤٤٢}$ ت

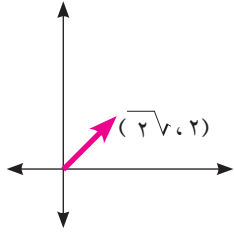
أ $\frac{\sqrt[٢]{٢} + ١}{٥} + \frac{\sqrt[٢]{٢} + ٢-}{٥}$ ت

٤

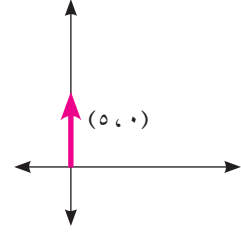
٦ تمثيله في مستوى الأعداد المركبة



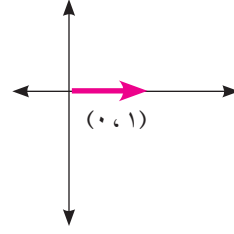
أ



ب



ج



د

٨ أ $\varepsilon = \sqrt{2} (\text{جتا } \frac{\pi\sqrt{2}}{4} + \text{ت جا } \frac{\pi\sqrt{2}}{4})$

ب $\varepsilon = \frac{1}{2} (\pi \text{جتا} + \pi \text{ت جا})$

ج $\varepsilon = 1 (\text{جتا } \frac{\pi^2}{3} + \text{ت جا } \frac{\pi^2}{3})$

ب $\text{ت} \frac{3}{2} - \frac{\sqrt{3}\sqrt{3}}{2}$

٩ أ $\text{ت} \frac{\sqrt{2}}{2\sqrt{2}} + \frac{\sqrt{2}}{2\sqrt{2}}$

د $\text{ت} \frac{\sqrt{2}\sqrt{3}}{2} + \frac{3}{2}$

ج $\sqrt{2}\sqrt{2} - \sqrt{2}\sqrt{2}$

١ أ $\{ -1, \frac{1}{2} + \sqrt[3]{t}, \frac{1}{2} - \sqrt[3]{t} \}$

ب $\{ \frac{\sqrt[3]{t} - 1}{2}, \frac{\sqrt[3]{t} + 1}{2} \}$

ج $\{ \frac{t^3 + 4}{25}, 0 \}$

٢ س $0 = (5 + 5) - (3 + 2) - 5$

٣ أ $\{ (0 + \frac{1}{2}), (0 + \frac{1}{2}) \}$

ب $\{ (7 + 0), (7 - 0) \}$

ج $\{ (2 + 5), (2 - 5) \}$

٤ $\{ \frac{\sqrt{2t} \pm \sqrt{2t}}{2}, \frac{\sqrt{2t} \pm \sqrt{2t}}{2} \}$

تمارين عامة: الوحدة السادسة

١

رقم الفقرة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
الإجابة	ج	ج	أ	د	أ	ب	ب	أ	د

٢ أ $\sqrt{5}$ ب $\sqrt{5}$ ج $\sqrt{10}$ د $\sqrt{20}$

٣ أ $\frac{1}{10} + \frac{3}{10}$ ب $\{ -1, t, -t \}$ ج $ع = \pm 2t, \pm t$

٤ $\{ 3 + 2t, 3 - 2t \}$

٥ $(0, 1), (1, 0)$

٦ $ل + م = ٨, ل = ٢٥, م = ٢٤$

٧ ت

لجنة المناهج الوزارية:

د. صبري صيدم	أ. ثروت زيد	د. شهناز الفار
د. بصري صالح	أ. عزام أبو بكر	د. سمية النخالة
م. فواز مجاهد	أ. عبد الحكيم أبو جاموس	م. جهاد دريدي

اللجنة الوطنية لوثيقة الرياضيات:

أ. ثروت زيد	د. عطا أبو هاني	أ. حنان أبو سكران
د. محمد صالح (منسقاً)	د. سعيد عساف	أ. كوثر عطية
د. معين جبر	د. محمد مطر	د. وجيه ضاهر
د. علي عبد المحسن	د. علا الخليلي	أ. فتحي أبو عودة
د. تحسين المغربي	د. شهناز الفار	د. سمية النخالة
د. عادل فوارعة	د. علي نصار	أ. أحمد سياعرة
أ. وهيب جبر	د. أيمن الأشقر	أ. قيس شبانة
د. عبد الكريم ناجي	أ. ارواح كرم	أ. مبارك مبارك

المشاركون في ورشات عمل كتاب الرياضيات للثاني عشر العلمي والصناعي:

خليل محيسن	لبنى ابو باشا	أروى مشاركة	محمد مسلم	عزيزة عيطة
نادية عباسي	يوسف الحروب	آسيا العلامي	محمد الفرا	صلاح الترك
أحمد العملة	رهام مصلح	صفية النجار	فلاح الترك	باسم المدهون
فداء أبو عرة	عريب الزبون	سناء أبو حماد	رائد عبد العال	سمير عمران
جوني مصلح	فهيمي بشارات	محمد ابو سليم	رفيق الصيفي	مصطفى قنيص
توفيق السعدة	خالد طقاطقة	سهيلة بدر	حسين عرفات	نادر الرواشدة
رائد ملاك	صهيب عكر	هيثم مسالة	سميرة حنيف	مريم الخوامدة
أشعجان جبر	ماهر أبو بدر	عبير لعسوس	مؤيد الخنجوري	وهيب جبر
علي زايد	خوله الشاعر	محمد عليان	سرين أبو عيشة	عبد الحافظ الخطيب
ابتسام بعباع	فادي زيدان	مطبعة صوافطه	ابتسام اسليم	كفاية مضية
جميل معالي	عبد الرحمن عزام	سوزان عبد الحميد	منال الصباغ	محمد دراوشة
سميه سلامه	خالد الدشت	محمد موسى	د. رحمة عودة	عماد النابلسي
ايناس سباعنة	هاشم عبيد	أيمن ابو زياد	هانم النخالة	

تم مناقشة الكتاب بورشات عمل على مستوى مديريات الوطن

تَمَّ بِحَمْدِ اللَّهِ