

تم تحميل وعرض المادة من

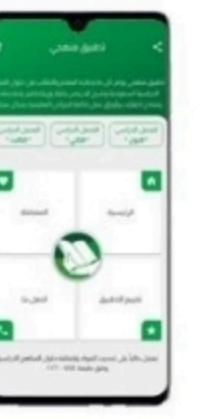
# منهجي

mnhaji.com



موقع منهجي منصة تعليمية توفر كل ما يحتاجه المعلم  
والطالب من حلول الكتب الدراسية وشرح للدروس  
بأسلوب مبسط لكافة المراحل التعليمية وتوزيع  
المناهج وتحضير وملخصات ونماذج اختبارات وأوراق  
عمل جاهزة للطباعة والتحميل بشكل مجاني

حمل تطبيق منهجي ليصلك كل جديد



قررت وزارة التعليم تدريس  
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها



وزارة التعليم  
Ministry of Education

المملكة العربية السعودية

# الرياضيات 3

التعليم الثانوي - نظام المسارات  
السنة الثالثة

قام بالتأليف والمراجعة  
فريق من المتخصصين



وزارة التعليم  
Ministry of Education  
2023 - 1445

طبعة 2023-1445

ح) وزارة التعليم ، ١٤٤٤هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر  
وزارة التعليم

الرياضيات ٣- التعليم الثانوي - نظام المسارات - السنة الثالثة./  
وزارة التعليم. - الرياض، ١٤٤٤هـ.

٤٠٤ ص؛ ٢١، ٥ X ٢٧ سم

ردمك : ٢-٤٠٤-٥١١-٦٠٣-٩٧٨

١- الرياضيات - مناهج - السعودية ٢- الرياضيات - كتب دراسية  
أ. العنوان

١٤٤٤/٧٨١٢

ديوي ٣٧٢.٧

رقم الإيداع : ١٤٤٤/٧٨١٢

ردمك : ٢-٤٠٤-٥١١-٦٠٣-٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

[www.moe.gov.sa](http://www.moe.gov.sa)

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"



[ien.edu.sa](http://ien.edu.sa)

أعضاء المعلمين والمعلمات، والطلاب والطالبات، وأولياء الأمور، وكل مهتم بالتربية والتعليم:  
يسعدنا تواصلكم؛ لتطوير الكتاب المدرسي، ومقترحاتكم محل اهتمامنا.



[fb.ien.edu.sa](http://fb.ien.edu.sa)



وزارة التعليم

Ministry of Education

2023 - 1445

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# المقدمة

الحمد لله والصلاة والسلام على نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين، وبعد:

تعد مادة الرياضيات من المواد الدراسية الأساسية التي تهيئ للطلاب فرص اكتساب مستويات عليا من الكفايات التعليمية، مما يتيح له تنمية قدرته على التفكير وحل المشكلات، ويساعده على التعامل مع مواقف الحياة وتلبية متطلباتها.

ومن منطلق الاهتمام الذي توليه حكومة خادم الحرمين الشريفين بتنمية الموارد البشرية، وعياً بأهمية دورها في تحقيق التنمية الشاملة، كان توجه وزارة التعليم نحو تطوير المناهج الدراسية وفي مقدمتها مناهج الرياضيات، بدءاً من المرحلة الابتدائية، سعياً للارتقاء بمخرجات التعليم لدى الطلاب، والوصول بهم إلى مصاف أقرانهم في الدول المتقدمة.

وتتميز هذه الكتب بأنها تتناول المادة بأساليب حديثة، تتوافر فيها عناصر الجذب والتشويق، التي تجعل الطالب يقبل على تعلمها ويتفاعل معها، من خلال ما تقدمه من تدريبات وأنشطة متنوعة، كما تؤكد هذه الكتب على جوانب مهمة في تعليم الرياضيات وتعلمها، تتمثل فيما يأتي:

- الترابط الوثيق بين محتوى الرياضيات وبين المواقف والمشكلات الحياتية.
  - تنوع طرائق عرض المحتوى بصورة جذابة مشوقة.
  - إبراز دور المتعلم في عمليات التعليم والتعلم.
  - الاهتمام بالمهارات الرياضية، والتي تعمل على ترابط المحتوى الرياضي وتجعل منه كلاً متكاملًا، ومن بينها: مهارات التواصل الرياضي، ومهارات الحس الرياضي، ومهارات جمع البيانات وتنظيمها وتفسيرها، ومهارات التفكير العليا.
  - الاهتمام بتنفيذ خطوات أسلوب حل المشكلات، وتوظيف استراتيجياته المختلفة في كيفية التفكير في المشكلات الرياضية والحياتية وحلها.
  - الاهتمام بتوظيف التقنية في المواقف الرياضية المختلفة.
  - الاهتمام بتوظيف أساليب متنوعة في تقويم الطلاب بما يتناسب مع الفروق الفردية بينهم.
- ولمواكبة التطورات العالمية في هذا المجال، فإن هذه المناهج والكتب سوف توفر للمعلم مجموعة متكاملة من المواد التعليمية المتنوعة التي تراعي الفروق الفردية بين الطلاب، بالإضافة إلى البرمجيات والمواقع التعليمية، التي توفر للطلاب فرصة توظيف التقنيات الحديثة والتواصل المبني على الممارسة، مما يؤكد دوره في عملية التعليم والتعلم.
- ونحن إذ نقدّم هذه الكتب لأعزائنا الطلاب، لنأمل أن تستحوذ على اهتمامهم، وتلبي متطلباتهم وتجعل تعلمهم لهذه المادة أكثر متعة وفائدة.



## فهرس أقسام الكتاب

6	القسم الأول
137	القسم الثاني
263	القسم الثالث



# القسم الأول



9	التهيئة للفصل الأول
10	1-1 الدوال
18	1-2 تحليل التمثيلات البيانية للدوال والعلاقات
28	1-3 الاتصال والنهيات
38	1-4 القيم القصوى ومتوسط معدل التغير
47	اختبار منتصف الفصل
48	1-5 الدوال الرئيسية (الأم) والتحويلات الهندسية
58	1-6 العمليات على الدوال وتركيب دالتين
66	1-7 العلاقات والدوال العكسية
74	دليل الدراسة والمراجعة
79	اختبار الفصل

81	التهيئة للفصل الثاني
82	2-1 الدوال الأسية
90	2-2 استكشاف معمل الحاسبة البيانية : حل المعادلات والمتباينات الأسية
92	2-2 حل المعادلات والمتباينات الأسية
97	2-3 اللوغاريتمات والدوال اللوغاريتمية
104	اختبار منتصف الفصل
105	2-4 خصائص اللوغاريتمات
112	2-5 حل المعادلات والمتباينات اللوغاريتمية
118	2-6 اللوغاريتمات العشرية
125	2-6 توسع معمل الحاسبة البيانية : حل المعادلات والمتباينات اللوغاريتمية
127	دليل الدراسة والمراجعة
133	اختبار الفصل
134	الصيغ والرموز



# تحليل الدوال Analyzing Functions

## الفصل 1

### فيما سبق:

درست الدوال وتمثيلاتها  
البيانية.

### والآن:

- أتعرف الدوال وخصائصها  
وتمثيلاتها البيانية.
- أتعرف الدوال الرئيسية،  
والتحويلات الهندسية  
عليها.
- أجد كلاً من: متوسط  
معدل تغير دالة، تركيب  
الدوال، الدالة العكسية.

### لماذا؟

🌐 **إدارة أعمال:** تُستعمل  
الدوال في عالم الأعمال  
والتجارة لتحليل التكلفة،  
والتنبؤ بالمبيعات، وحساب  
الأرباح، وتوقع التكاليف،  
وتقدير الانخفاض في القوة  
الشرائية ... إلخ.

**قراءة سابقة:** كُون قائمة  
بالأشياء التي تعرفها عن  
الدوال، ثم تنبأ بما ستتعلمه  
في هذا الفصل.





# التهيئة للفصل 1

## مراجعة المفردات

### القانون العام (quadratic formula):

تعطى حلول المعادلة التربيعية  $ax^2 + bx + c = 0$  بالصيغة:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \text{ حيث } a \neq 0$$

### الميل (slope):

يعطي الميل  $m$  لمستقيم يحوي النقطتين  $(x_1, y_1)$  و  $(x_2, y_2)$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \text{ حيث } x_2 \neq x_1$$

### كثيرة الحدود بمتغير واحد (polynomial in one variable):

هي عبارة جبرية على الصورة:

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0$$

حيث  $a_n, a_{n-1}, \dots, a_2, a_1, a_0$  أعداد حقيقية،  $a_n \neq 0$ ،  $n$  عدد كلي.

### الدالة النسبية (rational function):

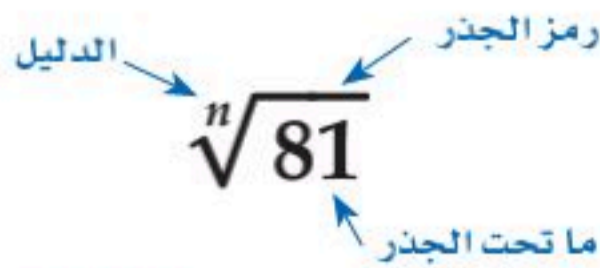
هي دالة على الصورة  $f(x) = \frac{a(x)}{b(x)}$  حيث  $a(x), b(x)$  كثيرتا حدود،

$$b(x) \neq 0$$

### الجذر النوني (nth root):

العملية العكسية لرفع عدد لقوة  $(n)$  هي إيجاد الجذر النوني للعدد.

ويشير الرمز  $\sqrt[n]{\phantom{x}}$  إلى الجذر النوني.



تشخيص الاستعداد: للتأكد من المتطلبات السابقة، أجب عن أسئلة الاختبار السريع الآتي:

### اختبار سريع

مثل كلاً من المتباينات الآتية على خط الأعداد:

$$(1) x > -3 \quad (2) x \leq -2$$

$$(3) x \leq -5 \quad (4) x > 1$$

$$(5) 7 \geq x \quad (6) -4 < x$$

حل كلاً من المعادلات الآتية بالنسبة إلى  $y$ :

$$(7) y - 3x = 2 \quad (8) y + 4x = -5$$

$$(9) 2x - y^2 = 7 \quad (10) y^2 + 5 = -3x$$

$$(11) 9 + y^3 = -x \quad (12) y^3 - 9 = 11x$$

(13) **حلوى:** يستعمل صانع حلوى المعادلة  $12D = n$  لحساب العدد الكلي المبيع من قطع الحلوى؛ حيث  $D$  عدد عبوات الحلوى، و  $n$  العدد الكلي من قطع الحلوى التي تم بيعها. كم عبوة من الحلوى تم بيعها إذا كان عدد القطع المباعة 312 قطعة؟

أوجد قيمة كل من العبارات الآتية عند القيمة المعطاة للمتغير بجانبها:

$$(14) 3y - 4, y = 2 \quad (15) 2b + 7, b = -3$$

$$(16) x^2 + 2x - 3, x = -4a \quad (17) 5z - 2z^2 + 1, z = 5x$$

$$(18) -4c^2 + 7, c = 7a^2 \quad (19) 2 + 3p^2, p = -5 + 2n$$

(20) **درجات حرارة:** تُستعمل المعادلة  $C = \frac{5}{9}(F - 32)$  للتحويل بين درجات الحرارة بالقياس الفهرنهايتي والسيليزي؛ حيث تمثل  $C$  الدرجات السيليزية، و  $F$  الدرجات الفهرنهايتية، فإذا كانت درجة الحرارة  $73^\circ\text{F}$ ، فأوجد درجة الحرارة السيليزية المقابلة لها مقربة إلى أقرب جزء من عشرة.

# الدوال

## Functions

رابط الدرس الرقمي



www.ien.edu.sa

الوقت	الموضوع	المحتوى
08:00	الدوال	مقدمة
08:30	الدوال	تعريف الدالة
09:00	الدوال	نطاق الدالة
09:30	الدوال	مدى الدالة
10:00	الدوال	الدالة العكسية
10:30	الدوال	الدالة الخطية
11:00	الدوال	الدالة التربيعية
11:30	الدوال	الدالة الكسرية
12:00	الدوال	الدالة الجذرية
12:30	الدوال	الدالة الأسية
13:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
13:30	الدوال	الدالة المثلثية
14:00	الدوال	الدالة القطعانية
14:30	الدوال	الدالة الكسرية
15:00	الدوال	الدالة الجذرية
15:30	الدوال	الدالة الأسية
16:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
16:30	الدوال	الدالة المثلثية
17:00	الدوال	الدالة القطعانية
17:30	الدوال	الدالة الكسرية
18:00	الدوال	الدالة الجذرية
18:30	الدوال	الدالة الأسية
19:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
19:30	الدوال	الدالة المثلثية
20:00	الدوال	الدالة القطعانية
20:30	الدوال	الدالة الكسرية
21:00	الدوال	الدالة الجذرية
21:30	الدوال	الدالة الأسية
22:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
22:30	الدوال	الدالة المثلثية
23:00	الدوال	الدالة القطعانية
23:30	الدوال	الدالة الكسرية
24:00	الدوال	الدالة الجذرية
24:30	الدوال	الدالة الأسية
25:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
25:30	الدوال	الدالة المثلثية
26:00	الدوال	الدالة القطعانية
26:30	الدوال	الدالة الكسرية
27:00	الدوال	الدالة الجذرية
27:30	الدوال	الدالة الأسية
28:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
28:30	الدوال	الدالة المثلثية
29:00	الدوال	الدالة القطعانية
29:30	الدوال	الدالة الكسرية
30:00	الدوال	الدالة الجذرية
30:30	الدوال	الدالة الأسية
31:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
31:30	الدوال	الدالة المثلثية
32:00	الدوال	الدالة القطعانية
32:30	الدوال	الدالة الكسرية
33:00	الدوال	الدالة الجذرية
33:30	الدوال	الدالة الأسية
34:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
34:30	الدوال	الدالة المثلثية
35:00	الدوال	الدالة القطعانية
35:30	الدوال	الدالة الكسرية
36:00	الدوال	الدالة الجذرية
36:30	الدوال	الدالة الأسية
37:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
37:30	الدوال	الدالة المثلثية
38:00	الدوال	الدالة القطعانية
38:30	الدوال	الدالة الكسرية
39:00	الدوال	الدالة الجذرية
39:30	الدوال	الدالة الأسية
40:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
40:30	الدوال	الدالة المثلثية
41:00	الدوال	الدالة القطعانية
41:30	الدوال	الدالة الكسرية
42:00	الدوال	الدالة الجذرية
42:30	الدوال	الدالة الأسية
43:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
43:30	الدوال	الدالة المثلثية
44:00	الدوال	الدالة القطعانية
44:30	الدوال	الدالة الكسرية
45:00	الدوال	الدالة الجذرية
45:30	الدوال	الدالة الأسية
46:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
46:30	الدوال	الدالة المثلثية
47:00	الدوال	الدالة القطعانية
47:30	الدوال	الدالة الكسرية
48:00	الدوال	الدالة الجذرية
48:30	الدوال	الدالة الأسية
49:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
49:30	الدوال	الدالة المثلثية
50:00	الدوال	الدالة القطعانية
50:30	الدوال	الدالة الكسرية
51:00	الدوال	الدالة الجذرية
51:30	الدوال	الدالة الأسية
52:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
52:30	الدوال	الدالة المثلثية
53:00	الدوال	الدالة القطعانية
53:30	الدوال	الدالة الكسرية
54:00	الدوال	الدالة الجذرية
54:30	الدوال	الدالة الأسية
55:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
55:30	الدوال	الدالة المثلثية
56:00	الدوال	الدالة القطعانية
56:30	الدوال	الدالة الكسرية
57:00	الدوال	الدالة الجذرية
57:30	الدوال	الدالة الأسية
58:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
58:30	الدوال	الدالة المثلثية
59:00	الدوال	الدالة القطعانية
59:30	الدوال	الدالة الكسرية
60:00	الدوال	الدالة الجذرية
60:30	الدوال	الدالة الأسية
61:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
61:30	الدوال	الدالة المثلثية
62:00	الدوال	الدالة القطعانية
62:30	الدوال	الدالة الكسرية
63:00	الدوال	الدالة الجذرية
63:30	الدوال	الدالة الأسية
64:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
64:30	الدوال	الدالة المثلثية
65:00	الدوال	الدالة القطعانية
65:30	الدوال	الدالة الكسرية
66:00	الدوال	الدالة الجذرية
66:30	الدوال	الدالة الأسية
67:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
67:30	الدوال	الدالة المثلثية
68:00	الدوال	الدالة القطعانية
68:30	الدوال	الدالة الكسرية
69:00	الدوال	الدالة الجذرية
69:30	الدوال	الدالة الأسية
70:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
70:30	الدوال	الدالة المثلثية
71:00	الدوال	الدالة القطعانية
71:30	الدوال	الدالة الكسرية
72:00	الدوال	الدالة الجذرية
72:30	الدوال	الدالة الأسية
73:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
73:30	الدوال	الدالة المثلثية
74:00	الدوال	الدالة القطعانية
74:30	الدوال	الدالة الكسرية
75:00	الدوال	الدالة الجذرية
75:30	الدوال	الدالة الأسية
76:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
76:30	الدوال	الدالة المثلثية
77:00	الدوال	الدالة القطعانية
77:30	الدوال	الدالة الكسرية
78:00	الدوال	الدالة الجذرية
78:30	الدوال	الدالة الأسية
79:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
79:30	الدوال	الدالة المثلثية
80:00	الدوال	الدالة القطعانية
80:30	الدوال	الدالة الكسرية
81:00	الدوال	الدالة الجذرية
81:30	الدوال	الدالة الأسية
82:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
82:30	الدوال	الدالة المثلثية
83:00	الدوال	الدالة القطعانية
83:30	الدوال	الدالة الكسرية
84:00	الدوال	الدالة الجذرية
84:30	الدوال	الدالة الأسية
85:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
85:30	الدوال	الدالة المثلثية
86:00	الدوال	الدالة القطعانية
86:30	الدوال	الدالة الكسرية
87:00	الدوال	الدالة الجذرية
87:30	الدوال	الدالة الأسية
88:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
88:30	الدوال	الدالة المثلثية
89:00	الدوال	الدالة القطعانية
89:30	الدوال	الدالة الكسرية
90:00	الدوال	الدالة الجذرية
90:30	الدوال	الدالة الأسية
91:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
91:30	الدوال	الدالة المثلثية
92:00	الدوال	الدالة القطعانية
92:30	الدوال	الدالة الكسرية
93:00	الدوال	الدالة الجذرية
93:30	الدوال	الدالة الأسية
94:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
94:30	الدوال	الدالة المثلثية
95:00	الدوال	الدالة القطعانية
95:30	الدوال	الدالة الكسرية
96:00	الدوال	الدالة الجذرية
96:30	الدوال	الدالة الأسية
97:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية
97:30	الدوال	الدالة المثلثية
98:00	الدوال	الدالة القطعانية
98:30	الدوال	الدالة الكسرية
99:00	الدوال	الدالة الجذرية
99:30	الدوال	الدالة الأسية
100:00	الدوال	الدالة اللوغاريتمية

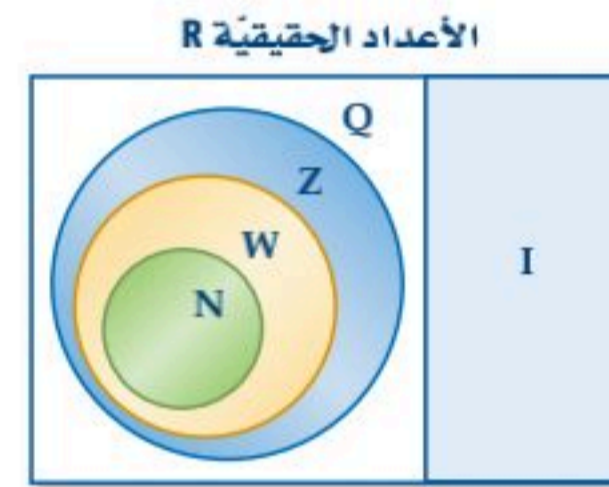
**لماذا؟** تتضمن الكثير من الأحداث في حياتنا كميتين مرتبطتين معاً؛ فقيمة فاتورة الكهرباء مثلاً تعتمد على كمية الاستهلاك؛ لذا يمكنك تخفيض قيمة فاتورة منزلكم والابتعاد عن الإسراف المنهي عنه بترشيد الاستهلاك.

**وصف مجموعات جزئية من مجموعة الأعداد الحقيقية:** تستعمل الأعداد الحقيقية لوصف كميات مثل النقود، والزمن والمسافة، وتحتوي مجموعة الأعداد الحقيقية  $R$  على المجموعات الجزئية الآتية:

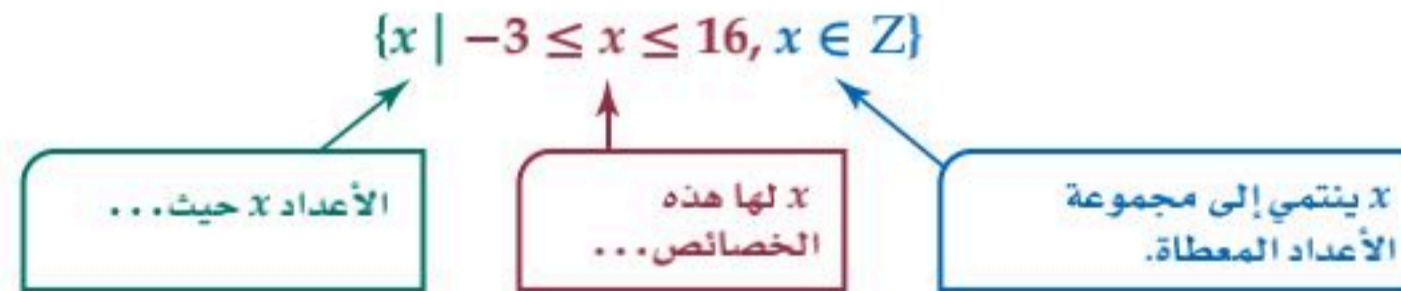
### الأعداد الحقيقية

### مفهوم أساسي

أمثلة	المجموعة	الرمز
$\pi, \sqrt{3} = 1.73205\dots$	الأعداد غير النسبية	$I$
$0.125, -7, 8, \frac{2}{3} = 0.666\dots$	الأعداد النسبية	$Q$
$-5, 17, -23, 8$	الأعداد الصحيحة	$Z$
$0, 1, 2, 3, \dots$	الأعداد الكلية	$W$
$1, 2, 3, 4, \dots$	الأعداد الطبيعية	$N$



يمكنك وصف هذه المجموعات ومجموعات جزئية أخرى من الأعداد الحقيقية باستعمال الصفة المميزة للمجموعة؛ إذ تستعمل الصفة المميزة للمجموعة خصائص الأعداد ضمن المجموعة لتعريفها. ويقرأ الرمز " $|$ " حيث، والرمز " $\in$ " ينتمي إلى أو عنصر في.



### استعمال الصفة المميزة

### مثال 1

اكتب كلاً من مجموعات الأعداد الآتية باستعمال الصفة المميزة للمجموعة:

(a)  $\{8, 9, 10, 11, \dots\}$

تتكون المجموعة من كل الأعداد الكلية الأكبر من أو تساوي 8.

وتقرأ مجموعة الأعداد  $x$ ، حيث  $x$  أكبر من أو تساوي 8،  $\{x \mid x \geq 8, x \in W\}$

و  $x$  تنتمي إلى مجموعة الأعداد الكلية.

(b)  $x < 7$

تتكون المجموعة من كل الأعداد الحقيقية التي تقل عن 7.

$\{x \mid x < 7, x \in R\}$

(c)  $-2 < x < 7$

تتكون المجموعة من كل الأعداد الحقيقية التي تزيد على -2 وتقل عن 7.

$\{x \mid -2 < x < 7, x \in R\}$

تحقق من فهمك

(1A)  $\{1, 2, 3, 4, 5, \dots\}$

(1B)  $x \leq -3$

(1C)  $-1 \leq x \leq 5$



## قراءة الرياضيات

### غير محدودة:

تسمى الفترة غير محدودة إذا كانت قيمها تزداد أو تنقص دون حدود (دون توقُّف).

تُستعمل رموز الفترات لوصف المجموعات الجزئية من مجموعة الأعداد الحقيقية، فيُستعمل الرمزان " ] " أو " [ " للدلالة على انتماء طرف الفترة إليها، بينما يُستعمل الرمزان " ( " أو " ) " للدلالة على عدم انتماء طرف الفترة إليها. أما الرمزان " $-\infty$ " أو " $\infty$ " فيُستعملان للدلالة على أن الفترة غير محدودة.

فترات غير محدودة		فترات محدودة	
رمز الفترة	المتباينة	رمز الفترة	المتباينة
$[a, \infty)$	$x \geq a$	$[a, b]$	$a \leq x \leq b$
$(-\infty, a]$	$x \leq a$	$(a, b)$	$a < x < b$
$(a, \infty)$	$x > a$	$[a, b)$	$a \leq x < b$
$(-\infty, a)$	$x < a$	$(a, b]$	$a < x \leq b$
$(-\infty, \infty)$	$-\infty < x < \infty$		

## مثال 2

### استعمال رمز الفترة

اكتب كلاً من المجموعات الآتية باستعمال رمز الفترة:

(a)  $-8 < x \leq 16$   $(-8, 16]$

(b)  $x < 11$   $(-\infty, 11)$

(c)  $x > 5$  أو  $x \leq -16$   $(-\infty, -16] \cup (5, \infty)$

### تحقق من فهمك

(2C)  $x < -2$  أو  $x > 9$

(2B)  $a \geq -3$

(2A)  $-4 \leq y < -1$

## إرشادات للدراسة

### الرمزان $\cup$ , $\cap$ :

يُقرأ الرمز "U" (اتحاد)، ويعني: جميع العناصر المنتمية إلى كلا المجموعتين. يُقرأ الرمز "∩" (تقاطع)، ويعني: جميع العناصر المشتركة بين المجموعتين.

**تمييز الدالة:** تذكر أن العلاقة هي قاعدة تربط عناصر مجموعة مثل  $A$  (المدخلات) مع عناصر من مجموعة مثل  $B$  (المخرجات)، حيث تُسمى  $A$  مجال العلاقة، وأما المجموعة  $B$  فتتضمن عناصر المدى جميعها، وهناك أربع طرق لتمثيل العلاقة بين مجموعتين من الأعداد الحقيقية هي:

(3) **بيانياً:** تحديد نقاط في المستوى الإحداثي تمثل الأزواج المرتبة.

(1) **لفظياً:** جملة تصف كيفية ارتباط عناصر المجال بعناصر المدى.

مثلاً: يرتبط كل عنصر من المجال بالعنصر الذي يزيد عليه قيمة بمقدار 2 من المدى.

(4) **جبرياً:** معادلة جبرية تربط بين الإحداثيين  $x, y$  لكل زوج من الأزواج المرتبة. مثلاً:  $y = x + 2$

(2) **عددياً:** جدول من القيم أو مخطط سهمي أو مجموعة من الأزواج المرتبة تربط عنصراً من المجال (قيمة  $x$ ) بعنصر من المدى (قيمة  $y$ ). مثلاً:  $\{(0, 2), (1, 3), (2, 4), (3, 5)\}$

أما الدالة فهي حالة خاصة من العلاقة.

## إرشادات للدراسة

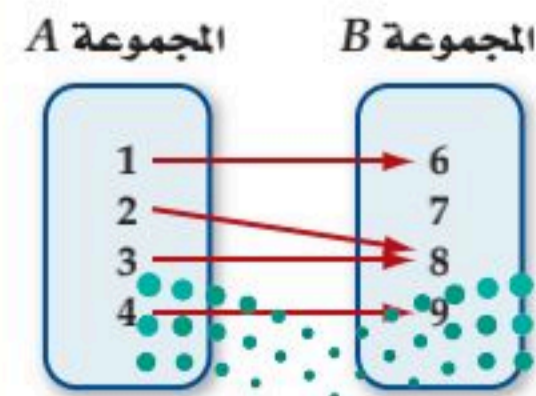
### المجال والمدى:

في هذا المفهوم الأساسي، يمكن أن يستعمل الرمز  $D$  للتعبير عن المجال، والرمز  $R$  للتعبير عن المدى، أي أن:  $D = \{1, 2, 3, 4\}$   $R = \{6, 8, 9\}$

## الدالة

### مفهوم أساسي

**التعبير اللفظي:** الدالة  $f$  من مجموعة  $A$  إلى مجموعة  $B$  هي علاقة تربط كل عنصر  $x$  من المجموعة  $A$  بعنصر واحد فقط  $y$  من المجموعة  $B$ .



مثال:

العلاقة من المجموعة  $A$  إلى المجموعة  $B$  الممثلة في المخطط المجاور تمثل دالة.

حيث تمثل المجموعة  $A$  مجال الدالة. المجال  $= \{1, 2, 3, 4\}$ .

وتتضمن المجموعة  $B$  مدى الدالة. المدى  $= \{6, 8, 9\}$ .

كما يمكن تعريف الدالة على أنها مجموعة من الأزواج المرتبة التي لا يتساوى فيها الإحداثي  $x$  لزوجين مختلفين، وهندسياً لا يمكن لنقطتين من نقاط الدالة أن تقع على مستقيم رأسي واحد في المستوى الإحداثي .

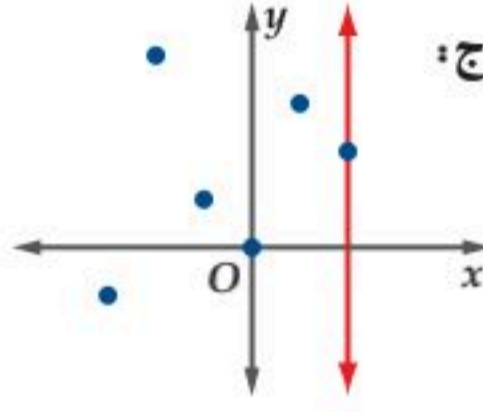
### إرشادات للدراسة

#### جدولياً:

إذا قطع الخط الرأسي التمثيل البياني في أكثر من نقطة، فإن إحدى قيم  $x$  ترتبط بأكثر من قيمة من قيم  $y$ ، كما يوضح الجدول أدناه:

$x$	$y$
-2	-4
3	-1
3	4
5	6
7	9

### مفهوم أساسي اختبار الخط الرأسي



النموذج:

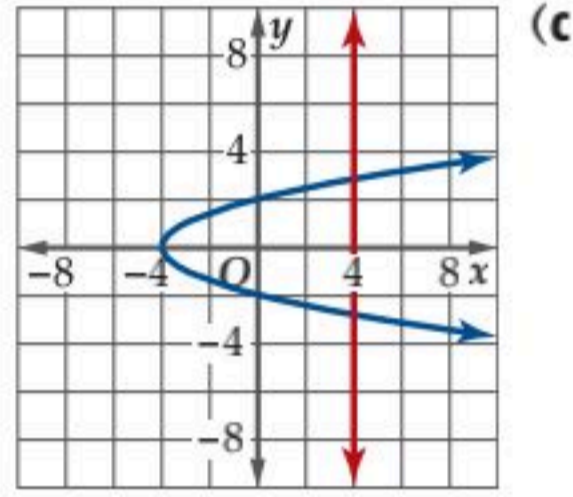
**التعبير اللفظي:** تُمَثَّل مجموعة من النقاط في المستوى الإحداثي دالة إذا لم يقطع أي خط رأسي تمثيلها البياني في أكثر من نقطة.

### مثال 3 تحديد العلاقات التي تمثل دوال

في كل علاقة مما يأتي، حدّد ما إذا كانت  $y$  تمثل دالة في  $x$  أم لا:

(a) تمثل قيم  $x$  رقم الطالب، وقيم  $y$  درجته في اختبار الفيزياء.

ترتبط كل قيمة لـ  $x$  بقيمة واحدة لـ  $y$ ؛ إذ لا يمكن للطالب الحصول على درجتين مختلفتين في اختبار واحد؛ لذا فإن  $y$  تمثل دالة في  $x$ .



(c)

بما أنه يوجد خط رأسي مثل:  $x = 4$  يقطع التمثيل البياني في أكثر من نقطة، فإن  $y$  لا تمثل دالة في  $x$ .

ترتبط كل قيمة لـ  $x$  بقيمة واحدة لـ  $y$ ، وعليه فإن  $y$  تمثل دالة في  $x$ .

(b)

$x$	$y$
-8	-5
-5	-4
0	-3
3	-2
6	-3

(d)  $y^2 - 2x = 5$

كي تحدّد ما إذا كانت  $y$  تمثل دالة في  $x$ ، حلّ المعادلة بالنسبة لـ  $y$ .

المعادلة الأصلية  $y^2 - 2x = 5$

أضف  $2x$  لكلا الطرفين  $y^2 = 5 + 2x$

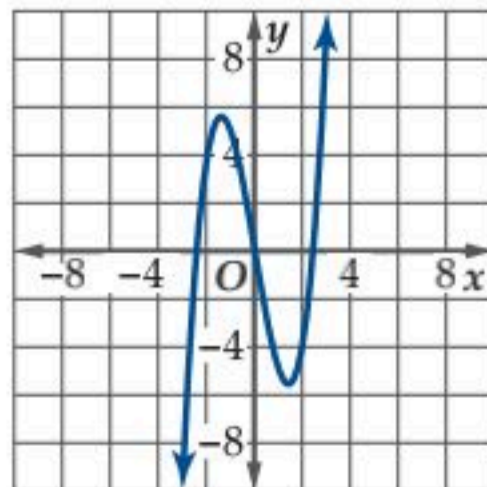
خذ الجذر التربيعي لكلا الطرفين  $y = \pm \sqrt{5 + 2x}$

$y$  لا تمثل دالة في  $x$ ؛ لأن كل قيمة من قيم  $x$  الأكبر من -2.5 ترتبط بقيمتين لـ  $y$ ، إحداهما موجبة، والأخرى سالبة.

### تحقق من فهمك

(3A) تمثل قيم  $x$  كمية الاستهلاك الشهري لأسرة من الكهرباء، أما قيم  $y$  فتمثل المبلغ المستحق مقابل الاستهلاك.

(3D)  $3y + 6x = 18$



(3C)

(3B)

$x$	$y$
-6	-7
2	3
5	8
5	9
9	22



يُستعمل  $f(x)$  رمزاً للدالة، ويُقرأ  $(f \text{ الـ } x)$  ويعني قيمة الدالة  $f$  عند  $x$ . وبما أن  $f(x)$  تمثل قيمة  $y$  التي ترتبط بقيمة  $x$ ، فإننا نكتب:  $y = f(x)$ .

الدالة المرتبطة بالمعادلة  
 $f(x) = -6x$

المعادلة  
 $y = -6x$

يمثل المتغير  $x$  قيم المجال ويسمى متغيراً مستقلاً. ويمثل المتغير  $y$  قيم المدى ويسمى متغيراً تابعاً.

#### مثال 4 إيجاد قيم الدالة

إذا كان  $f(x) = x^2 + 8x - 24$ ، فأوجد قيمة الدالة في كل مما يأتي:

(a)  $f(6)$

لإيجاد  $f(6)$ ، عوض  $6$  مكان  $x$  في الدالة  $f(x) = x^2 + 8x - 24$ .

الدالة الأصلية  $f(x) = x^2 + 8x - 24$

عوض  $6$  مكان  $x$   $f(6) = (6)^2 + 8(6) - 24$

بسّط  $= 36 + 48 - 24$

بسّط  $= 60$

(b)  $f(-4x)$

الدالة الأصلية

$f(x) = x^2 + 8x - 24$

عوض  $-4x$  مكان  $x$

$f(-4x) = (-4x)^2 + 8(-4x) - 24$

بسّط

$= 16x^2 - 32x - 24$

(c)  $f(5c + 4)$

الدالة الأصلية

$f(x) = x^2 + 8x - 24$

عوض  $(5c + 4)$  مكان  $x$

$f(5c + 4) = (5c + 4)^2 + 8(5c + 4) - 24$

فك الأقواس  $(5c + 4)^2$  و  $8(5c + 4)$

$= 25c^2 + 40c + 16 + 40c + 32 - 24$

بسّط

$= 25c^2 + 80c + 24$

تحقق من فهمك ✓

إذا كانت  $f(x) = \frac{2x + 3}{x^2 - 2x + 1}$ ، فأوجد قيمة الدالة في كل مما يأتي:

(4C)  $f(-3a + 8)$

(4B)  $f(6x)$

(4A)  $f(12)$

إذا لم يذكر مجال الدالة فإنه يكون مجموعة الأعداد الحقيقية، مع استثناء القيم التي تجعل مقام الكسر صفراً أو تجعل ما تحت الجذر عدداً سالباً إذا كان دليل الجذر زوجياً.

#### مثال 5 تحديد مجال الدالة جبرياً

حدّد مجال كل من الدوال الآتية:

(a)  $f(x) = \frac{2 + x}{x^2 - 7x}$

تكون العبارة  $\frac{2 + x}{x^2 - 7x}$  غير معرفة إذا كان المقام صفراً، وبحل المعادلة  $x^2 - 7x = 0$ ، فإن القيم المستثناة

من المجال هي  $x = 0$  و  $x = 7$ ، وعليه يكون مجال الدالة هو مجموعة الأعداد الحقيقية عدا  $x = 0$

و  $x = 7$ ، أي  $D = \{x \mid x \neq 0, x \neq 7, x \in \mathbb{R}\}$  أو  $D = (-\infty, 0) \cup (0, 7) \cup (7, \infty)$ .

(b)  $g(t) = \sqrt{t - 5}$

بما أن الجذر التربيعي للعدد السالب غير معرف، فيجب أن تكون  $t - 5 \geq 0$ ؛ أي أن مجال الدالة  $g$  هو

مجموعة الأعداد الحقيقية الأكبر من أو تساوي 5 أي  $D = \{x \mid x \geq 5, x \in \mathbb{R}\}$  أو  $D = [5, \infty)$ .

#### إرشادات للدراسة

مجال الدالة:

يمكنك كتابة مجال الدالة في المثال  $5a$  بالطريقة المختصرة بالشكل:  
 $D = \mathbb{R} - \{0, 7\}$

#### إرشادات للدراسة

تسمية الدوال:

يمكنك التعبير عن الدالة ومتغيرها المستقل برموز أخرى فمثلاً،  
 $f(x) = \sqrt{x - 5}$   
و  $g(t) = \sqrt{t - 5}$   
يعبران عن الدالة نفسها.



الربط مع تاريخ الرياضيات

ليونارد أويلر (1707م - 1783م)  
عالم رياضي سويسري كتب أكثر من 800 بحث في الرياضيات، وهو أول من استعمل رمز الدالة  $f(x)$ .

$$h(x) = \frac{1}{\sqrt{x^2 - 9}} \quad (c)$$

تكون هذه الدالة معرفة إذا كان المقام معرّفًا، وقيمتها لا تساوي صفرًا، وهذا يعني أنها معرفة عندما يكون  $x^2 - 9 > 0$ ، وعليه فإن  $x^2 > 9$  وهذا يعني أن  $|x| > 3$ ؛ لأن  $\sqrt{x^2} = |x|$ ، ويكون مجال  $h(x)$  هو  $D = \{x \mid x < -3 \text{ أو } x > 3, x \in \mathbb{R}\}$  أو  $D = (-\infty, -3) \cup (3, \infty)$ .

تحقق من فهمك

$$g(x) = \frac{8x}{\sqrt{2x+6}} \quad (5C) \quad h(a) = \sqrt{a^2 - 4} \quad (5B) \quad f(x) = \frac{5x - 2}{x^2 + 7x + 12} \quad (5A)$$

تعرّف بعض الدوال بقاعدتين أو أكثر وعلى فترات مختلفة، وتُسمّى مثل هذه الدوال الدوال المتعددة التعريف.

إيجاد قيم الدالة المتعددة التعريف

مثال 6 من واقع الحياة

**طول:** إذا كانت العلاقة بين أكبر معدل لطول الطفل  $h(x)$  بالبوصة، وأكبر طول لوالديه  $x$  بالبوصة معطاة بالدالة:

$$h(x) = \begin{cases} 1.6x - 41.6, & 63 < x < 66 \\ 3x - 132, & 66 \leq x \leq 68 \\ 2x - 66, & x > 68 \end{cases}$$

فأوجد أكبر معدل لطول الطفل في كلٍّ من الحالتين الآتيتين:

(a) أكبر طول لوالديه 67 بوصة.

بما أن 67 واقعة بين 66 و 68، فإننا نستعمل القاعدة  $h(x) = 3x - 132$  لإيجاد  $h(67)$ .

$$\begin{aligned} \text{تعريف الدالة في الفترة } 66 \leq x \leq 68 & \quad h(x) = 3x - 132 \\ \text{عوض 67 مكان } x & \quad h(67) = 3(67) - 132 \\ \text{بسّط} & \quad = 201 - 132 = 69 \end{aligned}$$

بناءً على هذه الإجابة فإن الطفل الذي يبلغ أكبر طول لوالديه 67 بوصة، يكون أكبر معدل ممكن لطوله 69 بوصة.

(b) أكبر طول لوالديه 72 بوصة.

بما أن 72 أكبر من 68، فإننا نستعمل القاعدة  $h(x) = 2x - 66$  لإيجاد  $h(72)$ .

$$\begin{aligned} \text{تعريف الدالة في الفترة } x > 68 & \quad h(x) = 2x - 66 \\ \text{عوض 72 مكان } x & \quad h(72) = 2(72) - 66 \\ \text{بسّط} & \quad = 144 - 66 = 78 \end{aligned}$$

بناءً على هذه الإجابة، فإن الطفل الذي يبلغ أكبر طول لوالديه 72 بوصة، يكون أكبر معدل ممكن لطوله 78 بوصة.

تحقق من فهمك

(6) **سرعة:** إذا كانت سرعة مركبة  $v(t)$  بالميل لكل ساعة تُعطى بالدالة المتعددة التعريف الآتية، حيث الزمن  $t$  بالثواني:

$$v(t) = \begin{cases} 4t, & 0 \leq t \leq 15 \\ 60, & 15 < t < 240 \\ -6t + 1500, & 240 \leq t \leq 250 \end{cases}$$

فأوجد كلاً مما يأتي:

$$v(245) \quad (6C)$$

$$v(15) \quad (6B)$$

$$v(5) \quad (6A)$$



وزارة التعليم

Ministry of Education

2023 - 1445

إرشادات للدراسة

سرعة السيارة:

تقاس سرعة السيارة عادة بالميل أو بالكيلومتر لكل ساعة، ويمكن أن تتغير كل ثانية ما لم يستعمل مثبت السرعة.

$$g(x) = \frac{3x^3}{x^2 + x - 4} \quad (22)$$

$$g(-2) \quad (a)$$

$$g(5x) \quad (b)$$

$$g(8 - 4b) \quad (c)$$

$$g(m) = 3 + \sqrt{m^2 - 4} \quad (23)$$

$$g(-2) \quad (a)$$

$$g(3m) \quad (b)$$

$$g(4m - 2) \quad (c)$$

$$t(x) = 5\sqrt{6x^2} \quad (24)$$

$$t(-4) \quad (a)$$

$$t(2x) \quad (b)$$

$$t(7 + n) \quad (c)$$

السنة	المبيعات بملايين الريالات
1	1
2	3
3	14
4	74
5	219

(25) مبيعات: قُدرت مبيعات شركة

للسيارات خلال خمس سنوات بالدالة:

$$f(t) = 24t^2 - 93t + 78$$

حيث  $t$  الزمن بالسنوات، وكانت المبيعات

الفعلية موضحة في الجدول المجاور.

(مثال 4)

$$(a) \text{ أوجد } f(1).$$

$$(b) \text{ أوجد } f(5).$$

(c) هل تعتقد أن القاعدة  $f(t)$  أكثر دقة في السنة الأولى، أم في

السنة الأخيرة؟ برّر إجابتك.

حدّد مجال كل دالة مما يأتي: (مثال 5)

$$g(x) = \frac{x+1}{x^2-3x-40} \quad (27)$$

$$f(x) = \frac{8x+12}{x^2+5x+4} \quad (26)$$

$$h(x) = \sqrt{6-x^2} \quad (29)$$

$$g(a) = \sqrt{1+a^2} \quad (28)$$

$$f(x) = \frac{2}{x} + \frac{4}{x+1} \quad (31)$$

$$f(a) = \frac{5a}{\sqrt{4a-1}} \quad (30)$$



(32) فيزياء: يعطى زمن الدورة  $T$  لبندول ساعة

$$\text{بالصيغة } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{9.8}}, \text{ حيث } l \text{ طول}$$

البندول، فهل تمثل  $T$  دالة في  $l$ ؟ إذا كانت

كذلك فحدّد مجالها، وإذا لم تكن دالة فيبين

السبب. (مثال 5)

اكتب كل مجموعة مما يأتي باستعمال الصفة المميزة للمجموعة،  
وباستعمال رمز الفترة إن أمكن: (المثالان 1, 2)

$$x < -13 \quad (2) \quad x > 50 \quad (1)$$

$$\{-3, -2, -1, \dots\} \quad (4) \quad x \leq -4 \quad (3)$$

$$x > 21 \text{ أو } x < -19 \quad (6) \quad -31 < x \leq 64 \quad (5)$$

$$x > 86 \text{ أو } x \leq -45 \quad (8) \quad x \geq 67 \text{ أو } x \leq 61 \quad (7)$$

$$x \geq 32 \quad (10) \quad \text{المضاعفات الموجبة للعدد 5} \quad (9)$$

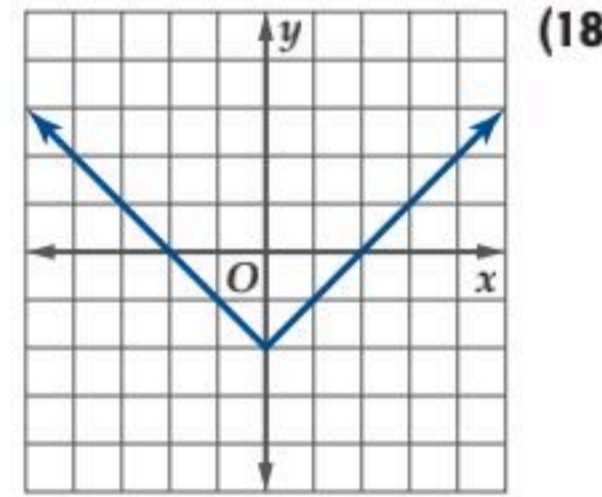
في كل علاقة مما يأتي، حدد ما إذا كانت  $y$  تمثل دالة في  $x$  أم لا: (مثال 3)

(11) المتغير المستقل  $x$  يمثل رقم الحساب في البنك، والمتغير  $y$  يمثل الرصيد في الحساب.

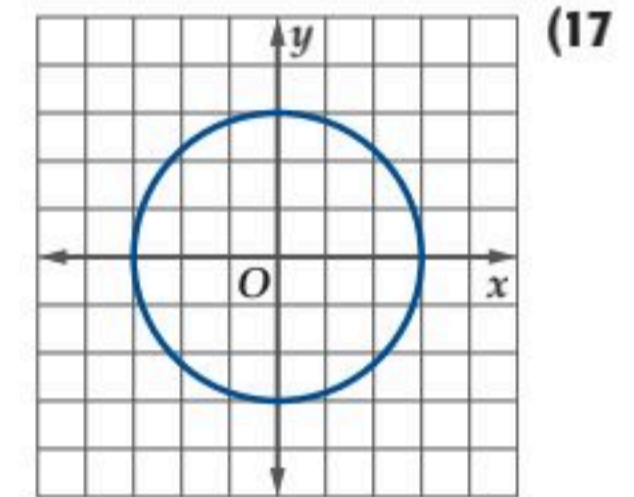
$x$	0.01	0.04	0.04	0.07	0.08	0.09
$y$	423	449	451	466	478	482

$$x^2 = y + 2 \quad (14) \quad \frac{1}{x} = y \quad (13)$$

$$\frac{x}{y} = y - 6 \quad (16) \quad \sqrt{48y} = x \quad (15)$$



(18)



(17)

أوجد قيم كل دالة من الدوال الآتية: (مثال 4)

$$g(x) = 2x^2 + 18x - 14 \quad (19)$$

$$g(9) \quad (a)$$

$$g(3x) \quad (b)$$

$$g(1 + 5m) \quad (c)$$

$$h(y) = -3y^3 - 6y + 9 \quad (20)$$

$$h(4) \quad (a)$$

$$h(-2y) \quad (b)$$

$$h(5b + 3) \quad (c)$$

$$f(t) = \frac{4t + 11}{3t^2 + 5t + 1} \quad (21)$$

$$f(-6) \quad (a)$$

$$f(4t) \quad (b)$$

$$f(3 - 2a) \quad (c)$$



أوجد  $f(-5)$  و  $f(12)$  لكل من الدالتين الآتيتين: (مثال 6)

$$f(x) = \begin{cases} -4x + 3, & x < 3 \\ -x^3, & 3 \leq x \leq 8 \\ 3x^2 + 1, & x > 8 \end{cases} \quad (33)$$

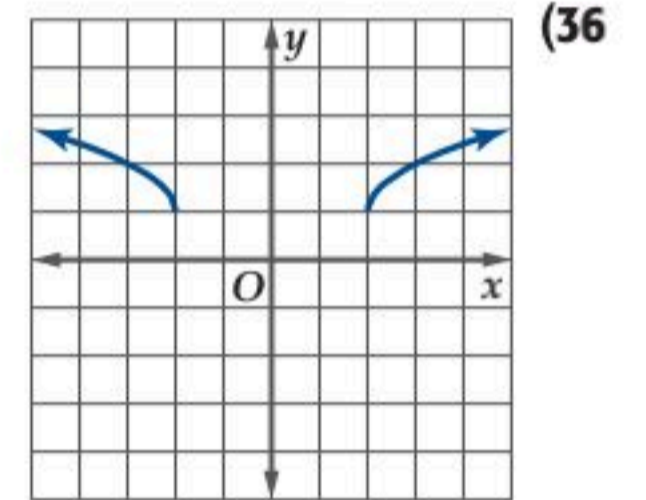
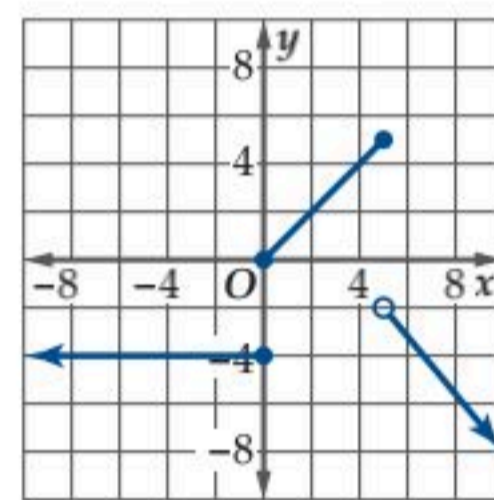
$$f(x) = \begin{cases} -15, & x < -5 \\ \sqrt{x+6}, & -5 \leq x \leq 10 \\ \frac{2}{x} + 8, & x > 10 \end{cases} \quad (34)$$

(35) **عمل:** تمثل الدالة  $T(x)$  أدناه الربح (بالريال) الذي تكسبه شركة توزيع لأجهزة هاتف:

$$T(x) = \begin{cases} 2.1x, & 0 < x \leq 7000 \\ 500 + 2.4x, & 7000 < x \leq 20000 \\ 800 + 3x, & 20000 < x \leq 80000 \end{cases}$$

حيث  $x$  تمثل عدد الأجهزة الموزعة، فأوجد:  
 $T(7000)$ ,  $T(10000)$ ,  $T(50000)$

معتمدًا على اختبار الخط الرأسي، حدّد ما إذا كان كل من التمثيلين الآتيين يمثل دالة أم لا، وبرّر إجابتك.

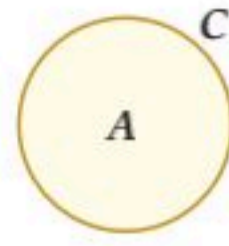


(38) **رياضة:** تتكون مسابقة رياضية من ثلاث مراحل: سباحة مسافة 0.4 mi، وقيادة دراجة هوائية مسافة 5 mi، وجري مسافة 2.6 mi. فإذا كان معدل سرعة عزام في كل مرحلة من المراحل الثلاث كما في الجدول أدناه:

المرحلة	معدل السرعة
السباحة	4 mi/h
قيادة الدراجة	20 mi/h
الجري	6 mi/h

(a) اكتب دالة متعددة التعريف تمثل المسافة  $D$  التي قطعها عزام بدلالة الزمن  $t$ .  
(b) حدّد مجال الدالة.

(39) **هندسة:** يمثل الشكل أدناه دائرة مساحتها  $A$  ومحيطها  $C$ .



- (a) اكتب المساحة كدالة في المحيط.  
(b) أوجد  $A(4)$ ,  $A(0.5)$  مقربًا إلى أقرب جزء من مئة.  
(c) ما تأثير زيادة المحيط في المساحة؟

(40) **حسابات:** تتناقص قيمة أجهزة الحاسوب بعد شرائها مع مرور الزمن. وتُستعمل الدوال الخطية لتمثيل هذا التناقص. فإذا كانت  $v(t) = 1800 - 30t$  تمثل قيمة حاسوب بالريال، بعد  $t$  شهر من شراؤه. فحدّد مجال هذه الدالة.

أوجد  $f(a)$ ,  $f(a+h)$ ,  $\frac{f(a+h) - f(a)}{h}$ ، حيث  $h \neq 0$  لكل مما يأتي:

$$f(x) = \sqrt{x} \quad (42) \quad f(x) = -5 \quad (41)$$

$$f(x) = x^2 - 6x + 8 \quad (44) \quad f(x) = \frac{1}{x+4} \quad (43)$$

$$f(x) = x^3 + 9 \quad (46) \quad f(x) = -14x + 6 \quad (45)$$

$$f(x) = x^3 \quad (48) \quad f(x) = 5x^2 \quad (47)$$

(49) **صناعة:** في أحد المعامل الوطنية يتم صنع أغلفة بريدية متفاوتة الأبعاد، بحيث تكون نسبة طول الغلاف إلى عرضه من 1.3 إلى 2.5، فإذا كانت أصغر قيمة لطول الأغلفة المنتجة 5 in، وأكبر قيمة 11½ in، فأجب عما يأتي:



- (a) اكتب مساحة الغلاف  $A$  كدالة في طوله  $l$ ، إذا كانت نسبة طول الغلاف إلى عرضه 1.8، ثم اكتب مجال الدالة.  
(b) اكتب مساحة الغلاف  $A$  كدالة في عرضه  $h$ ، إذا كانت نسبة طول الغلاف إلى عرضه 2.1، ثم اكتب مجال الدالة.  
(c) أوجد مساحة الغلاف عند أكبر طول ممكن له، وأكبر نسبة بين طوله وعرضه.

في كل من العلاقتين الآتيتين، حدّد ما إذا كانت  $y$  تمثل دالة في  $x$  أم لا. برّر إجابتك.

$$x = y^3 \quad (51)$$

$$x = |y| \quad (50)$$

## مراجعة تراكمية

بسّط كل عبارة مما يأتي: (مهارة سابقة)

$$\frac{r^2 - 7r - 30}{r^2 - 5r - 24} \quad (65) \quad \frac{2r - 4}{r - 2} \quad (64)$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{4} \quad (67) \quad \frac{y}{4} - \frac{4y}{3x} + \frac{3y}{4x} \quad (66)$$

$$\frac{6x^2 - 11x + 4}{6x^2 + x - 2} \cdot \frac{12x^2 + 11x + 2}{8x^2 + 14x + 3} \quad (68)$$

حل كلاً من المعادلتين الآتيتين: (مهارة سابقة)

$$x - \frac{1}{2} = \frac{3}{2} \quad (70) \quad \frac{8}{x} = 1 + \frac{2}{x - 2} \quad (69)$$

حل كلاً من المتباينتين الآتيتين: (مهارة سابقة)

$$\frac{6}{x} + 2 \geq 0 \quad (72) \quad \frac{x + 1}{x - 3} - 1 \leq 2 \quad (71)$$

## تدريب على اختبار

(73) أي العبارات الآتية صحيحة دائماً:

- A الدالة لا تمثل علاقة.
- B كل دالة تمثل علاقة.
- C كل علاقة تمثل دالة.
- D العلاقة لا تكون دالة.

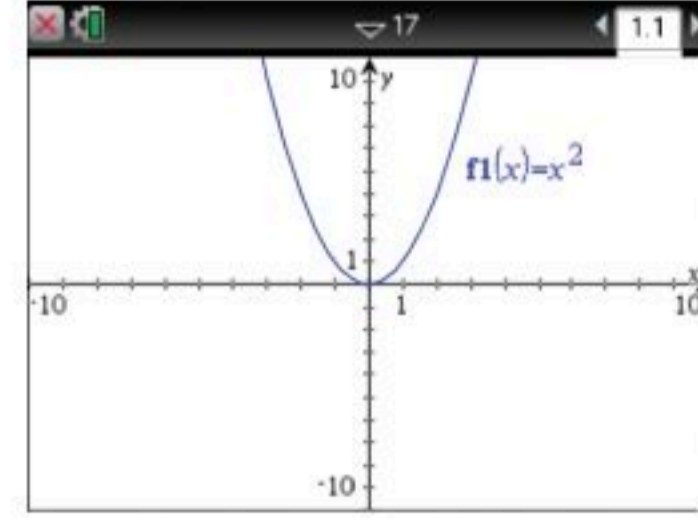
(74) أي مما يأتي يمثل مجال الدالة:

$$h(x) = \frac{\sqrt{2x - 3}}{x - 5}$$

- A  $x \neq 5$
- B  $x \geq \frac{3}{2}$
- C  $x \geq \frac{3}{2}, x \neq 5$
- D  $x \neq \frac{3}{2}$

(52) تمثيلات متعددة: سوف تستقصي في هذه المسألة مدى الدالة  $f(x) = x^n$ ، حيث  $n \in \mathbb{N}$ .

(a) بيانياً: استعمل الحاسبة البيانية لتمثل الدالة  $f(x) = x^n$  بيانياً لقيم  $n$  الصحيحة من 1 إلى 6.



- (b) جدولياً: تنبأ بمدى كل دالة من الدوال التي مثلتها في الفرع a، واعرضه في جدول يتضمن قيم  $n$ ، والمدى المرتبط بكل منها.
- (c) لفظياً: خمن مدى الدالة  $f(x)$  عندما يكون  $n$  زوجياً.
- (d) لفظياً: خمن مدى الدالة  $f(x)$  عندما يكون  $n$  فردياً.

## مسائل مهارات التفكير العليا

(53) اكتشف الخطأ: أراد كل من عبد الله وسلمان تحديد مجال الدالة  $f(x) = \frac{2}{x^2 - 4}$ . فقال عبد الله: إن المجال هو

$(-\infty, -2) \cup (2, \infty)$ . في حين قال سلمان: أن المجال هو  $\{x \mid x \neq -2, x \neq 2, x \in \mathbb{R}\}$ . فأيهما كانت إجابته صحيحة؟ برّر إجابتك.

(54) اكتب مجال الدالة  $f(x) = \frac{1}{(x + 3)(x + 1)(x - 5)}$  باستعمال كل

من رمز الفترة والصفة المميزة للمجموعة. أي الطريقتين تفضل؟ ولماذا؟

(55) تحدّ: إذا كانت  $G(x)$  دالة فيها  $G(1) = 1, G(2) = 2, G(3) = 3$  و  $G(x+1) = \frac{G(x-2)G(x-1)+1}{G(x)}$  لكل  $x \geq 3$ ، فأوجد  $G(6)$ .

تبرير: أي الجمل الآتية تصف الدالة المعرّفة من المجموعة  $X$  إلى المجموعة  $Y$  بشكل صحيح، وأيهما خاطئة، وإذا كانت خاطئة، فأعد كتابتها لتصبح صحيحة.

- (56) يرتبط كل عنصر من  $Y$  بعنصر واحد من  $X$ .
- (57) لا يرتبط عنصران أو أكثر من  $X$  بالعنصر نفسه من  $Y$ .
- (58) لا يرتبط عنصران أو أكثر من  $Y$  بالعنصر نفسه من  $X$ .

اكتب: وضح كيف يمكنك تحديد الدالة من خلال:

- (59) جملة لفظية تبيّن العلاقة بين عناصر المجال وعناصر المدى.
- (60) مجموعة أزواج مرتبة.
- (61) جدول قيم.
- (62) تمثيل بياني.
- (63) معادلة.





## تحليل التمثيلات البيانية للدوال والعلاقات

### Analyzing Graphs of Functions and Relations

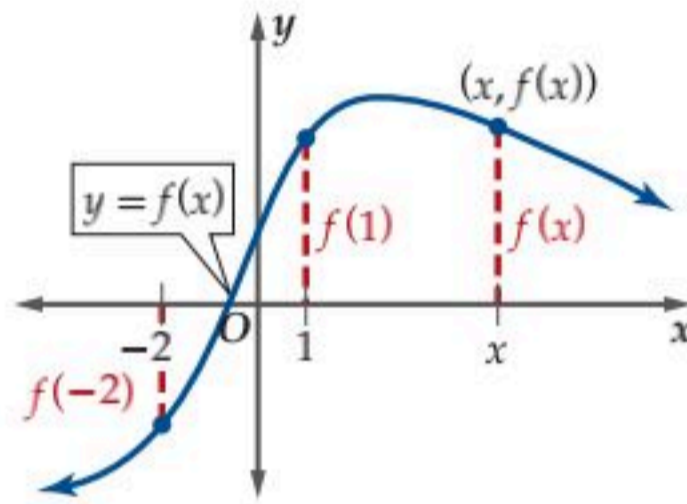


#### لماذا؟

تولي المملكة أهمية متزايدة للقطاع الصحي، وينعكس ذلك على الميزانية المخصصة له. فمثلاً يمكن تقدير مخصصات الصحة والهلال الأحمر (بمليارات الريالات) خلال الفترة من (1433 - 1440) هـ بالدالة:

$$f(x) = -0.0015x^4 + 0.0145x^3 + 0.3079x^2 - 0.5654x + 14.07, 1 \leq x \leq 8$$

حيث تمثل  $x$  رقم السنة منذ عام 1433 هـ. ويساعدك التمثيل البياني لهذه الدالة على فهم العلاقات بين المتغيرات في هذا الموقف الحياتي.



**تحليل التمثيل البياني للدالة:** التمثيل البياني للدالة  $f$  هو مجموعة الأزواج المرتبة  $(x, f(x))$ ، حيث  $x$  أحد عناصر مجال  $f$ . وبمعنى آخر فإن التمثيل البياني للدالة  $f$  هو منحنى المعادلة  $y = f(x)$ . ومن ثم تكون القيمة المطلقة لقيمة الدالة مساوية طول العمود الواصل من نقطة على المحور  $x$  إلى منحنى الدالة، كما هو موضح في الشكل المجاور.

يُستعمل التمثيل البياني للدالة في كثير من الأحيان لتقدير قيم الدالة.

#### فيما سبق:

درست الدوال وكيفية إيجاد قيمها. (الدرس 1-1)

#### والآن:

- استعمل التمثيل البياني لتقدير قيم الدالة، وإيجاد مجالها، ومداه، ومقطعها  $y$ ، وأصفارها.
- استكشف تماثل منحنيات الدوال، وأحدد الدوال الزوجية والدوال الفردية.

#### المفردات:

الأصفار

zeros

الجدور

roots

التماثل حول مستقيم

line symmetry

التماثل حول نقطة

point symmetry

الدالة الزوجية

even function

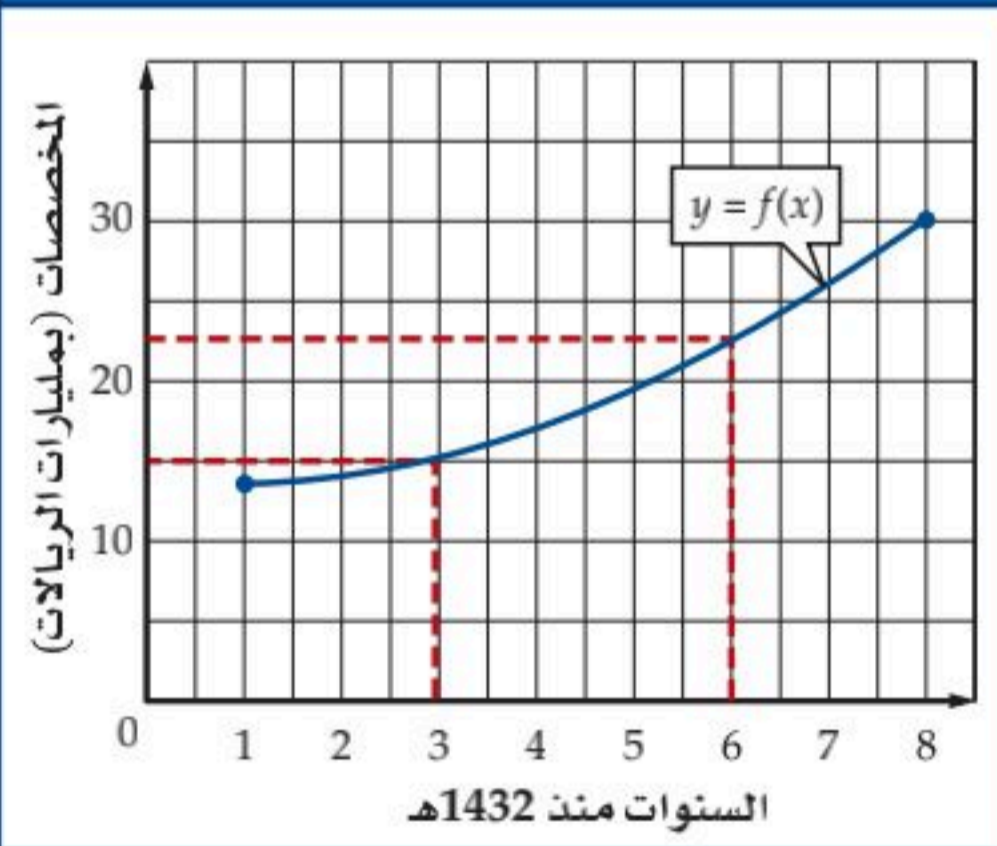
الدالة الفردية

odd function

#### تقدير قيم الدوال

#### مثال 1 من واقع الحياة

#### مخصصات الصحة والهلال الأحمر



**مخصصات:** استعمل التمثيل البياني المجاور للدالة  $f$  الواردة في فقرة "لماذا؟" للإجابة عما يأتي:

(a) قدر قيمة المخصصات سنة 1438 هـ، ثم تحقق من إجابتك جبرياً.

السنة 1438 هـ هي السنة السادسة بعد 1432 هـ، لذا تُقدَّر قيمة الدالة عند  $x = 6$  بـ 23 مليار ريال، وعليه تكون المخصصات سنة 1438 هـ هي 23 مليار ريال تقريباً.

وللتحقق من ذلك جبرياً، أوجد قيمة  $f(6)$  بالتعويض في الدالة.

$$f(6) = -0.0015(6)^4 + 0.0145(6)^3 + 0.3079(6)^2 - 0.5654(6) + 14.07 \approx 22.95$$

لذا يُعدُّ التقريب 23 مليارًا باستعمال التمثيل البياني معقولاً.

(b) قدر السنة التي كانت فيها قيمة المخصصات 15 مليار ريال، ثم تحقق من إجابتك جبرياً.

يُبين التمثيل البياني أن قيمة الدالة تكون 15 مليارًا عندما تكون قيمة  $x$  قريبة من العدد 3، لذا تكون المخصصات 15 مليارًا في سنة 1435 هـ. وللتحقق جبرياً أوجد  $f(3)$ .

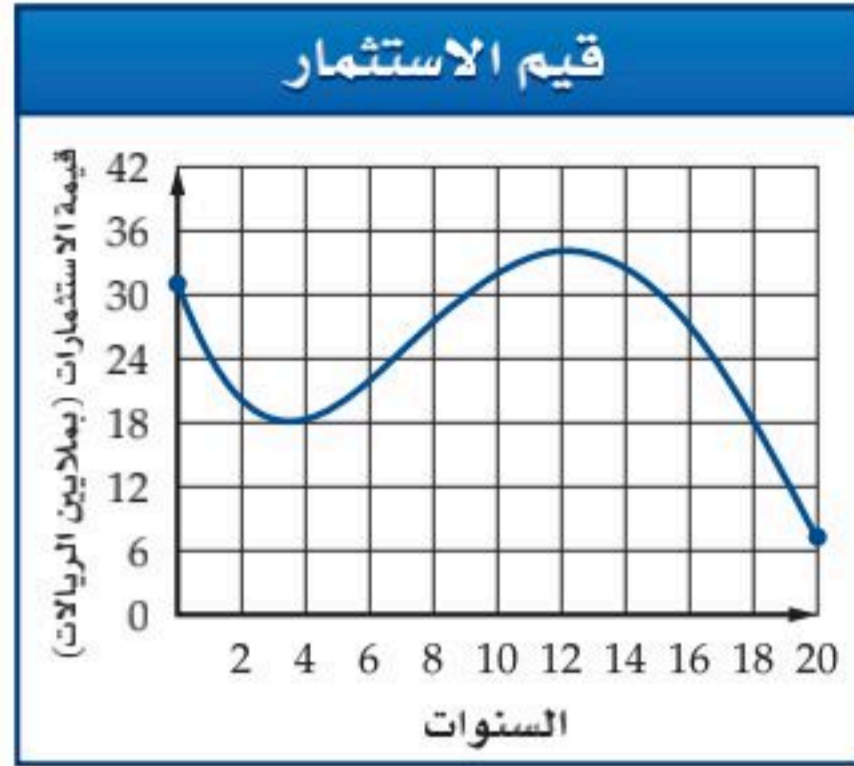
$$f(3) = -0.0015(3)^4 + 0.0145(3)^3 + 0.3079(3)^2 - 0.5654(3) + 14.07 \approx 15.4149$$

لذا تعد السنة التقريبية 1435 هـ معقولة.



## تحقق من فهمك

(1) استثمار: تمثل الدالة:  $v(d) = 0.002d^4 - 0.11d^3 + 1.77d^2 - 8.6d + 31, 0 \leq d \leq 20$  تقديرًا لاستثمارات أحد رجال الأعمال في السوق المحلية؛ حيث  $v(d)$  قيمة الاستثمارات بملايين الريالات في السنة  $d$ .



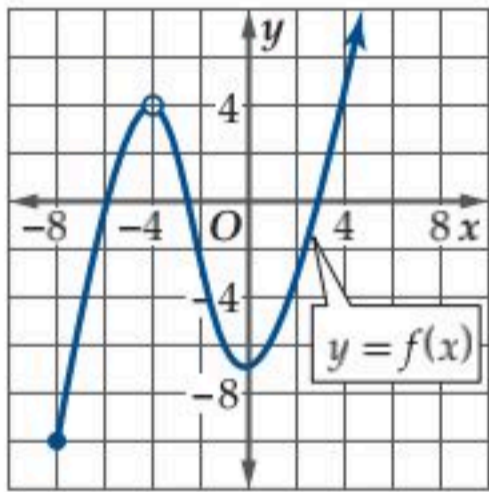
(1A) استعمل التمثيل البياني لتقدير قيمة الاستثمارات في السنة العاشرة. ثم تحقق من إجابتك جبريًا.

(1B) استعمل التمثيل البياني لتحديد السنوات التي بلغت فيها قيمة الاستثمارات 30 مليون ريال. ثم تحقق من إجابتك جبريًا.

لا يقتصر استعمال منحنى الدالة على تقدير قيمها، إذ من الممكن استعماله لإيجاد مجال الدالة ومداهما. حيث يُعدُّ منحنى الدالة ممتدًا من طرفيه إلا إذا حُدِّد بنقطة أو دائرة.

## إيجاد المجال والمدى

## مثال 2



أوجد مجال الدالة  $f$  ومداهما باستعمال التمثيل البياني المجاور .

المجال:

- تدل النقطة عند  $(-8, -10)$  على أن المجال يبدأ عند  $x = -8$ .
- تدل الدائرة عند النقطة  $(-4, 4)$  على أن  $x = -4$  ليست في مجال  $f$ .
- يدل السهم على الجهة اليمنى من المنحنى على استمرارية المنحنى من اليمين دون حدود (دون توقف).

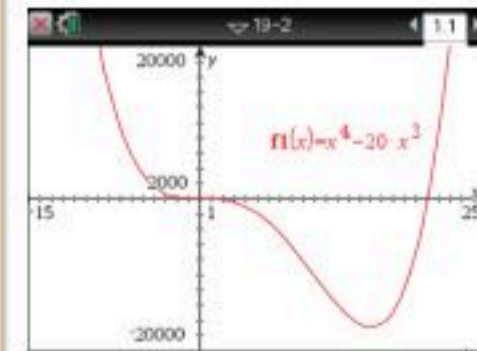
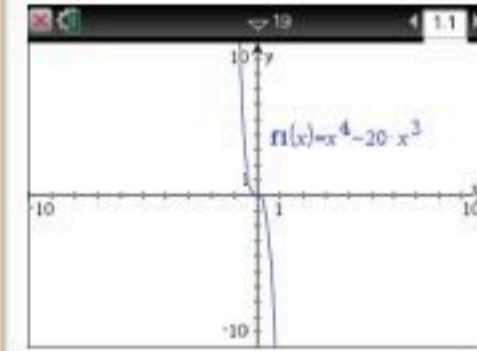
مما سبق يكون مجال الدالة  $f$  هو  $(-4, \infty) \cup [-8, -4)$ . وباستعمال الصفة المميزة للمجموعة يكون المجال هو  $\{x \mid x \geq -8, x \neq -4, x \in \mathbb{R}\}$ .

المدى:

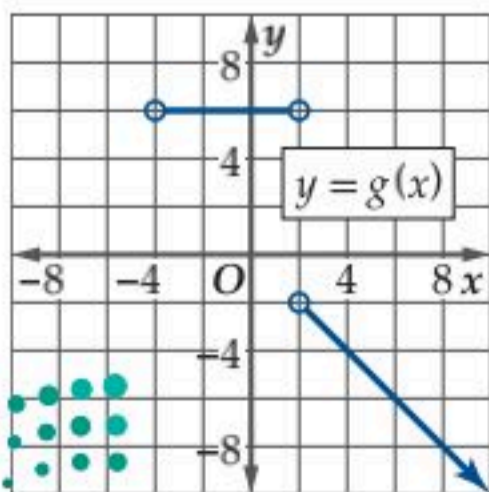
إن أقل قيمة للدالة هي  $f(-8)$  أو  $-10$ ، وتزداد قيم  $f(x)$  بلا حدود عندما تزداد قيم  $x$ ، لذا فإن مدى الدالة  $f$  هو  $[-10, \infty)$ .

## إرشادات للدراسة

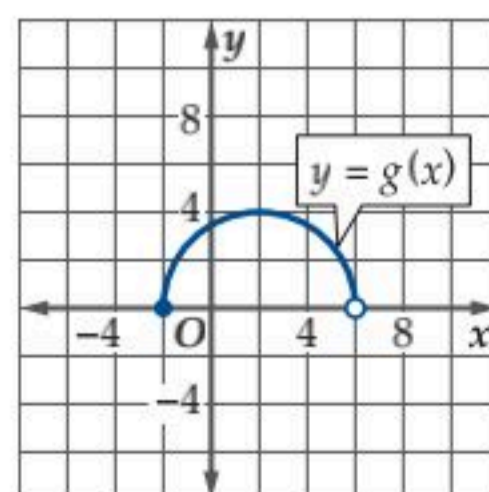
اختيار التدرج المناسب؛ اختر تدرجًا مناسبًا لكل من المحورين  $x, y$  للتمكن من رؤية منحنى الدالة بوضوح. لاحظ اختلاف التمثيل الظاهر للدالة  $f(x) = x^4 - 20x^3$  أدناه.



## تحقق من فهمك

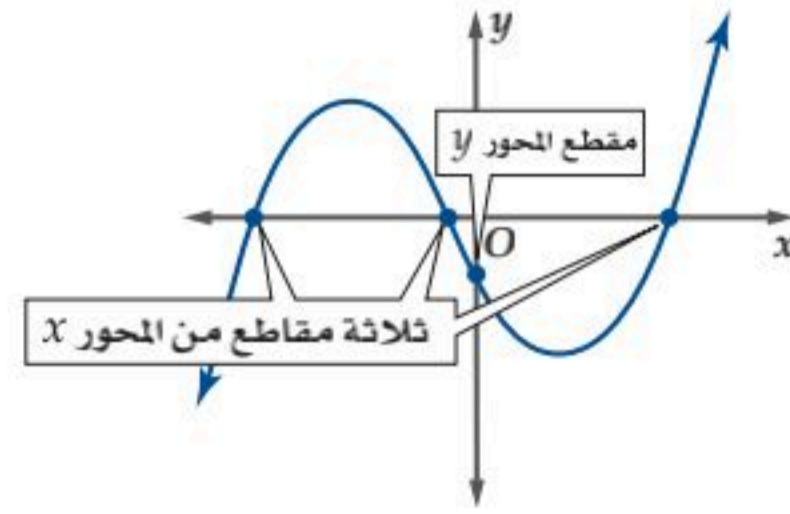


(2B)



(2A)

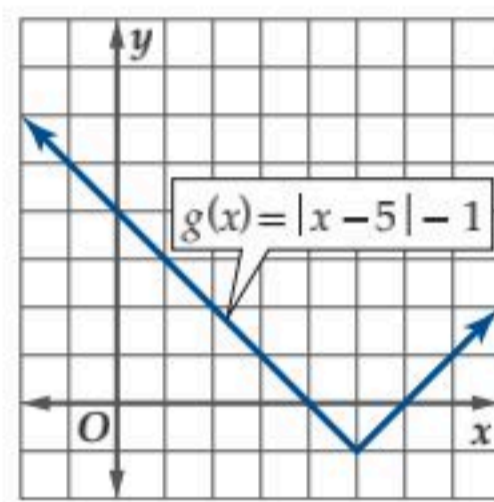
النقطة التي يتقاطع عندها المنحنى مع المحور  $x$  أو المحور  $y$  تسمى المقطع من ذلك المحور. ويمكن الحصول على المقطع  $x$  بتعويض  $y = 0$  في معادلة الدالة، كما يمكن الحصول على المقطع  $y$  بالتعويض عن  $x = 0$  في معادلة الدالة. وبشكل عام فإنه ليس من الضروري أن يكون للدالة مقطع  $x$ ، وقد يكون هناك مقطع  $x$  واحد أو أكثر، وأما بالنسبة للمقطع  $y$  فإن للدالة مقطع واحد على الأكثر.



ولإيجاد المقطع  $y$  لمنحنى الدالة  $f$  جبرياً، فإننا نوجد  $f(0)$ .

### مثال 3 إيجاد المقطع $y$

استعمل التمثيل البياني لكل من الدالتين أدناه، لإيجاد قيمة تقريبية للمقطع  $y$ ، ثم أوجد جبرياً:



التقدير من التمثيل البياني:

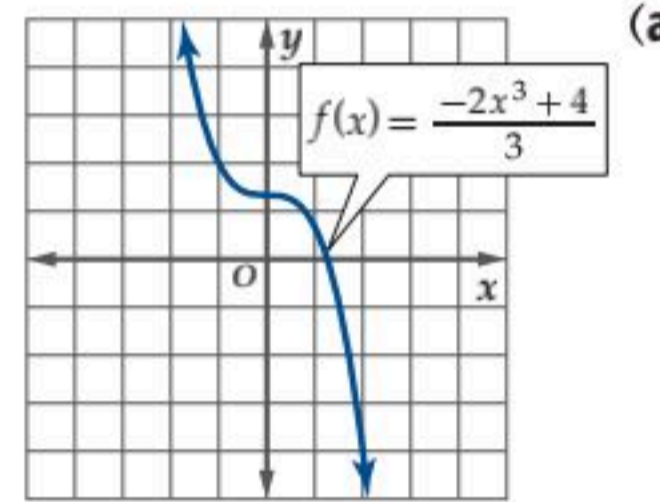
يتضح من الشكل أن  $g(x)$  يقطع المحور  $y$  عند النقطة  $(0, 4)$ ، وعليه فإن المقطع  $y$  هو 4.

الحل جبرياً:

أوجد قيمة  $g(0)$ .

$$g(0) = |0 - 5| - 1 = 4$$

أي أن المقطع  $y$  هو 4.



التقدير من التمثيل البياني:

يتضح من الشكل أن  $f(x)$  يقطع المحور  $y$  عند النقطة  $(0, 1\frac{1}{3})$  تقريباً، وعليه فإن المقطع  $y$  هو  $1\frac{1}{3}$  تقريباً.

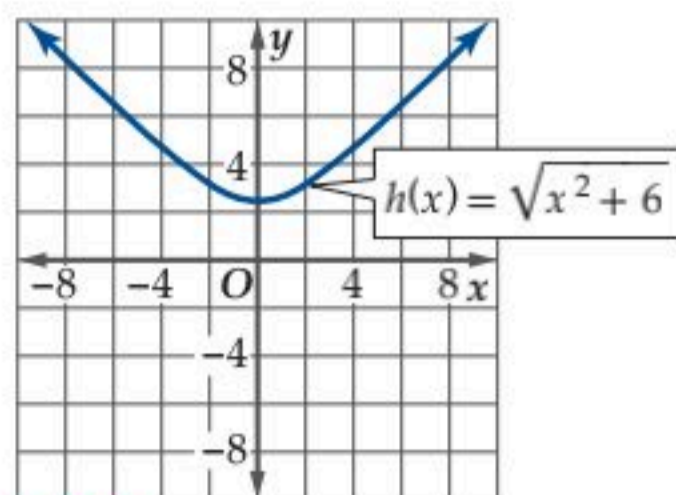
الحل جبرياً:

أوجد قيمة  $f(0)$ .

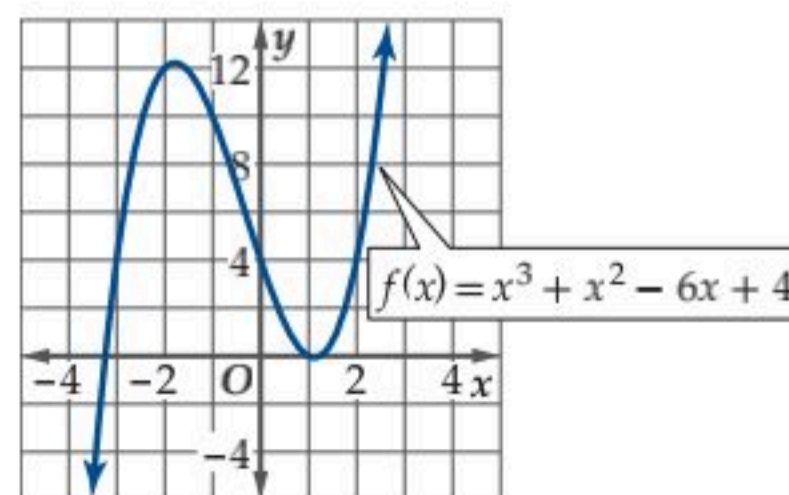
$$f(0) = \frac{-2(0)^3 + 4}{3} = \frac{4}{3} = 1\frac{1}{3}$$

أي أن المقطع  $y$  هو  $1\frac{1}{3}$  أو  $\frac{4}{3}$ .

تحقق من فهمك



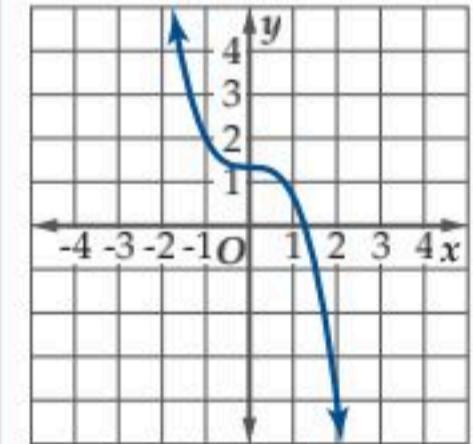
(3B)



(3A)

### إرشادات للدراسة

تدريج المحورين  $x, y$ : إذا لم يظهر التدريج على المحورين  $x, y$  في التمثيل البياني، فذلك يعني أن التدريج بالوحدات. انظر المثال 3a:



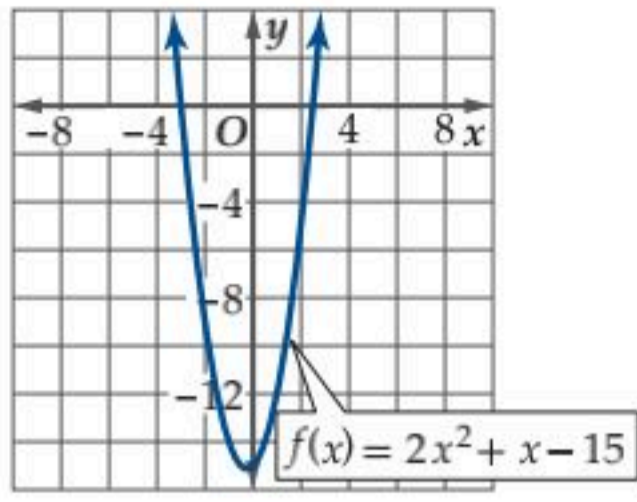
### إرشادات للدراسة

تسمية المحورين في التمثيل البياني: عندما تُسمى المحورين في التمثيل البياني، فإن المتغير الذي يدل على المجال يكون على المحور  $x$ ، والمتغير الذي يدل على المدى يكون على المحور  $y$ . ويمكن أن تستعمل متغيرات كثيرة لكل من المجال والمدى. ولكن للتسهيل نسمي عادةً المحور الأفقي  $x$  والرأسي  $y$ .



تُسمى المقاطع  $x$  لمنحنى الدالة **أصفار الدالة**، وتُسمى حلول المعادلة المرافقة للدالة **جذور المعادلة**. ولإيجاد أصفار دالة  $f$ ، فإننا نحل المعادلة  $f(x) = 0$  بالنسبة للمتغير المستقل.

## مثال 4 إيجاد الأصفار



استعمل التمثيل البياني المجاور، الذي يمثل الدالة  $f(x) = 2x^2 + x - 15$  لإيجاد قيم تقريبية لأصفارها، ثم أوجد هذه الأصفار جبرياً.

**التقدير من المنحنى:**

يتضح من التمثيل البياني أن مقطعي المحور  $x$  هما  $-3$  و  $2.5$  تقريباً. لذا فإن صفري الدالة  $f$  هما  $-3$  و  $2.5$ .

**الحل جبرياً:**

$$2x^2 + x - 15 = 0$$

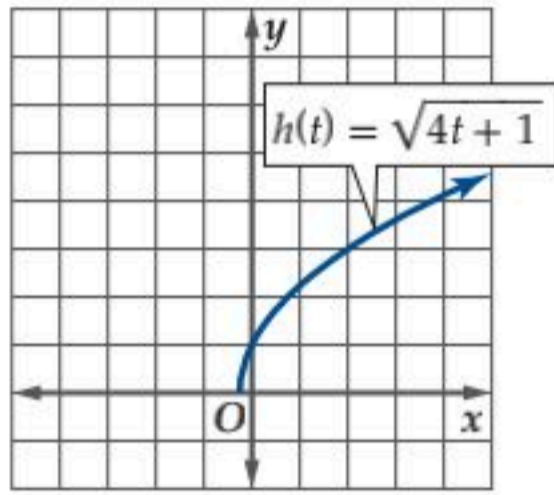
$$(2x - 5)(x + 3) = 0$$

$$2x - 5 = 0 \quad \text{أو} \quad x + 3 = 0$$

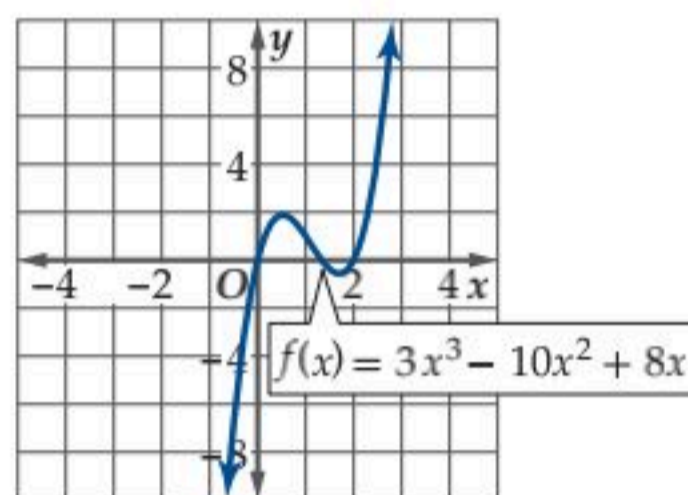
$$x = 2.5 \quad \text{أو} \quad x = -3$$

أي أن جذري المعادلة  $2x^2 + x - 15 = 0$  هما  $-3$  و  $2.5$  وهما صفرا الدالة  $f$ .

**تحقق من فهمك**



(4B)



(4A)

**التمائل:** يوجد لتمثيلات العلاقات البيانية نوعان من التماثل: التماثل حول مستقيم، حيث يمكن طي الشكل على المستقيم لينطبق نصف المنحنى تماماً، و التماثل حول نقطة أي إذا تم تدوير الشكل بزاوية قياسها  $180^\circ$  حول النقطة فإنه لا يتغير. وفيما يأتي تلخيص لأهم أنواع التماثل:

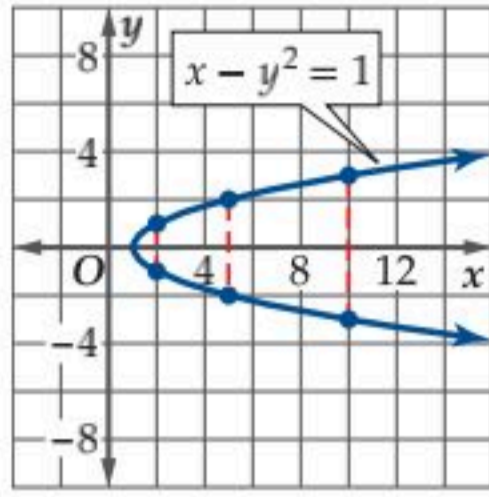
الاختبار الجبري	النموذج	اختبار التمثيل البياني
إذا كان تعويض $-y$ مكان $y$ يعطي معادلة مكافئة.		يكون تمثيل العلاقة البياني متماثلاً حول المحور $x$ ، إذا وفقط إذا تحقق الشرط التالي: إذا كانت النقطة $(x, y)$ واقعة على التمثيل البياني، فإن النقطة $(x, -y)$ تقع عليه أيضاً.
إذا كان تعويض $-x$ مكان $x$ يعطي معادلة مكافئة.		يكون تمثيل العلاقة البياني متماثلاً حول المحور $y$ ، إذا وفقط إذا تحقق الشرط التالي: إذا كانت النقطة $(x, y)$ واقعة على التمثيل البياني، فإن النقطة $(-x, y)$ تقع عليه أيضاً.
إذا كان تعويض $-x$ مكان $x$ و $-y$ مكان $y$ يعطي معادلة مكافئة.		يكون تمثيل العلاقة البياني متماثلاً حول نقطة الأصل، إذا وفقط إذا تحقق الشرط التالي: إذا كانت النقطة $(x, y)$ واقعة على التمثيل البياني، فإن النقطة $(-x, -y)$ تقع عليه أيضاً.

### إرشادات للدراسة

تماثل العلاقات والدوال: يكون التماثل حول المحور  $x$  للعلاقات فقط. أما التماثل حول المحور  $y$  ونقطة الأصل فيكون للعلاقات والدوال.

## مثال 5 اختبار التماثل

استعمل التمثيل البياني لكل من المعادلتين الآتيتين لاختبار التماثل حول المحور  $x$  والمحور  $y$  ونقطة الأصل.  
عزّز إجابتك عدديًا، ثم تحقق منها جبريًا.



$$x - y^2 = 1 \quad (a)$$

التحليل بيانيًا:

يتضح من التمثيل البياني أن المنحنى متماثل حول المحور  $x$ ؛ لأنه لكل نقطة  $(x, y)$  على المنحنى، فإن النقطة  $(x, -y)$  تقع أيضًا على المنحنى.

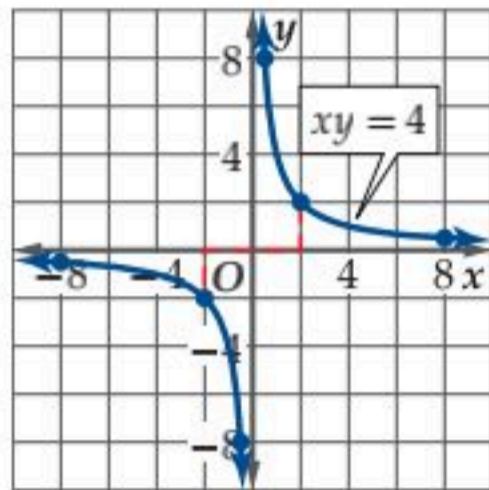
التعزيز عدديًا:

يبين الجدول أدناه وجود تماثل حول المحور  $x$ :

$x$	2	2	5	5	10	10
$y$	1	-1	2	-2	3	-3
$(x, y)$	(2, 1)	(2, -1)	(5, 2)	(5, -2)	(10, 3)	(10, -3)

التحقق جبريًا:

بما أن المعادلة  $x - (-y)^2 = 1$  تكافئ  $x - y^2 = 1$ ، فإن المنحنى متماثل حول المحور  $x$ .



$$xy = 4 \quad (b)$$

التحليل بيانيًا:

يتضح من التمثيل البياني أن المنحنى متماثل حول نقطة الأصل؛ لأنه لكل نقطة  $(x, y)$  على المنحنى، فإن النقطة  $(-x, -y)$  تقع أيضًا على المنحنى.

التعزيز عدديًا:

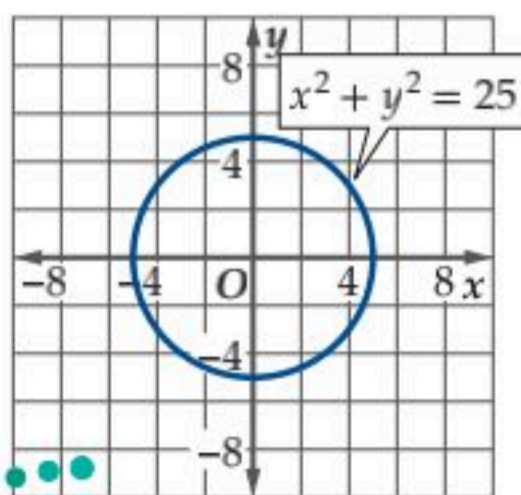
يبين الجدول الآتي وجود تماثل حول نقطة الأصل:

$x$	-8	-2	-0.5	0.5	2	8
$y$	-0.5	-2	-8	8	2	0.5
$(x, y)$	(-8, -0.5)	(-2, -2)	(-0.5, -8)	(0.5, 8)	(2, 2)	(8, 0.5)

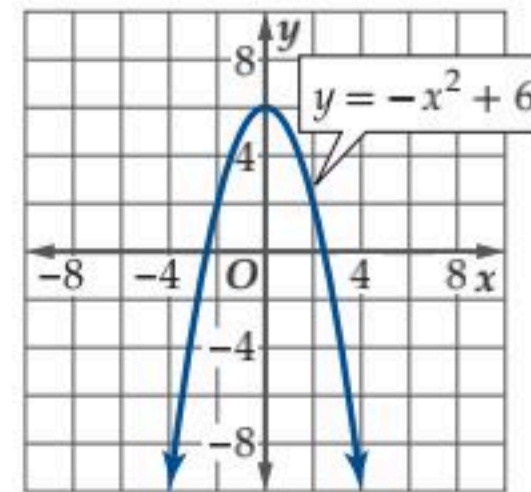
التحقق جبريًا:

بما أن المعادلة  $(-x)(-y) = 4$  تكافئ  $xy = 4$ ، فإن المنحنى متماثل حول نقطة الأصل.

تحقق من فهمك



(5B)



(5A)

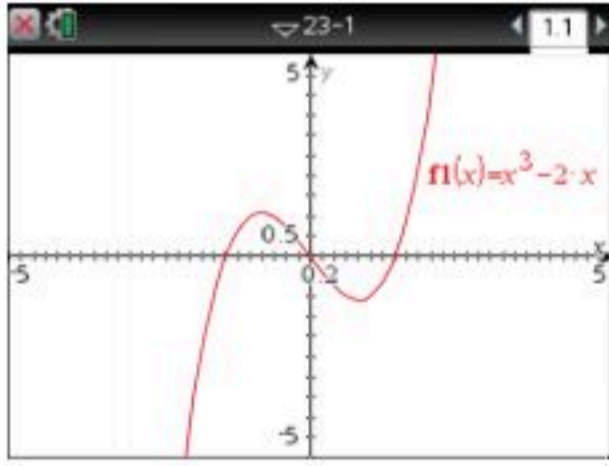
يمكن أن تتماثل منحنيات الدوال حول المحور  $y$  فقط أو حول نقطة الأصل فقط؛ ولهذين النوعين من الدوال اسمان خاصان.

مفهوم أساسي	
الدوال الزوجية والدوال الفردية	
الاختبار الجبري	نوع الدالة
لكل $x$ في مجال $f$ ، فإن $f(-x) = f(x)$ .	تُسمى الدوال المتماثلة حول المحور $y$ الدوال الزوجية.
لكل $x$ في مجال $f$ ، فإن $f(-x) = -f(x)$ .	تُسمى الدوال المتماثلة حول نقطة الأصل الدوال الفردية.

### مثال 6 تحديد الدوال الزوجية والدوال الفردية

استعمل الحاسبة البيانية لتمثيل كل دالة مما يأتي بيانياً. ثم حلل منحناها لتحديد إن كانت الدالة زوجية أم فردية أم غير ذلك. ثم تحقق من إجابتك جبرياً.

$$f(x) = x^3 - 2x \quad (a)$$



يتضح من التمثيل البياني أن الدالة متماثلة حول نقطة الأصل، لذا فهي دالة فردية، وللتحقق من ذلك جبرياً نجد:

$$f(-x) = (-x)^3 - 2(-x) \quad \text{عوّض } -x \text{ مكان } x$$

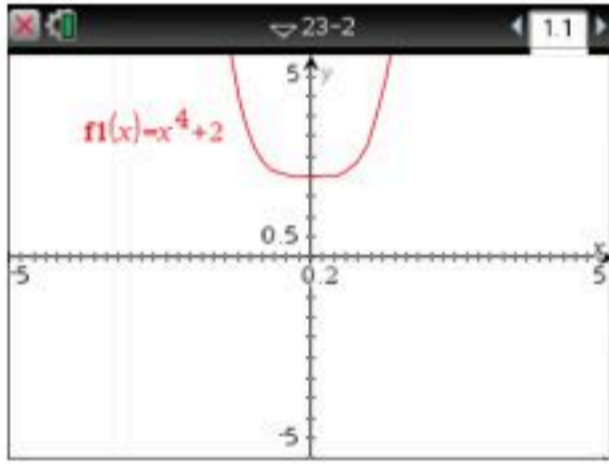
$$= -x^3 + 2x \quad \text{بسّط}$$

$$= -(x^3 - 2x) \quad \text{خاصية التوزيع}$$

$$= -f(x) \quad \text{الدالة الأصلية } f(x) = x^3 - 2x$$

أي أن الدالة فردية؛ لأن  $f(-x) = -f(x)$ .

$$f(x) = x^4 + 2 \quad (b)$$



يتضح من التمثيل البياني أن الدالة متماثلة حول المحور  $y$ ، لذا فهي دالة زوجية، وللتحقق من ذلك جبرياً نجد:

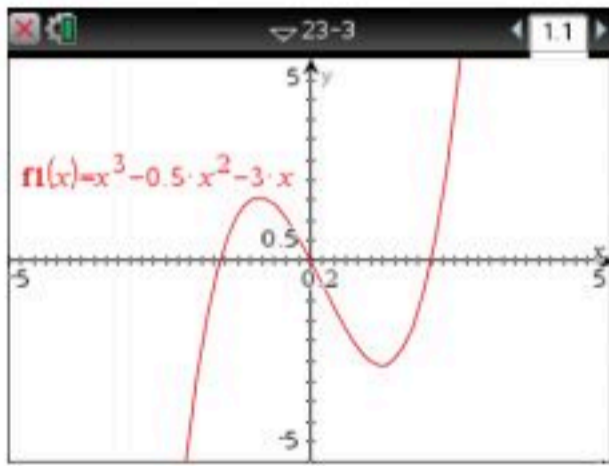
$$f(-x) = (-x)^4 + 2 \quad \text{عوّض } -x \text{ مكان } x$$

$$= x^4 + 2 \quad \text{بسّط}$$

$$= f(x) \quad \text{الدالة الأصلية } f(x) = x^4 + 2$$

أي أن الدالة زوجية؛ لأن  $f(-x) = f(x)$ .

$$f(x) = x^3 - 0.5x^2 - 3x \quad (c)$$



يتضح من التمثيل البياني أن الدالة ليست متماثلة حول المحور  $y$  وليست متماثلة حول نقطة الأصل، وللتحقق من ذلك جبرياً نجد:

$$f(-x) = (-x)^3 - 0.5(-x)^2 - 3(-x) \quad \text{عوّض } -x \text{ مكان } x$$

$$= -x^3 - 0.5x^2 + 3x \quad \text{بسّط}$$

$$\text{وبما أن } -f(x) = -x^3 + 0.5x^2 + 3x$$

$$\text{فإن } f(-x) \neq f(x) \text{، وكذلك } f(-x) \neq -f(x)$$

لذا فالدالة ليست زوجية وليست فردية.

تحقق من فهمك ✓

$$h(x) = x^5 - 2x^3 + x \quad (6C)$$

$$g(x) = 4\sqrt{x} \quad (6B)$$

$$f(x) = \frac{2}{x^2} \quad (6A)$$

#### إرشادات للدراسة

الدوال الزوجية والدوال الفردية؛

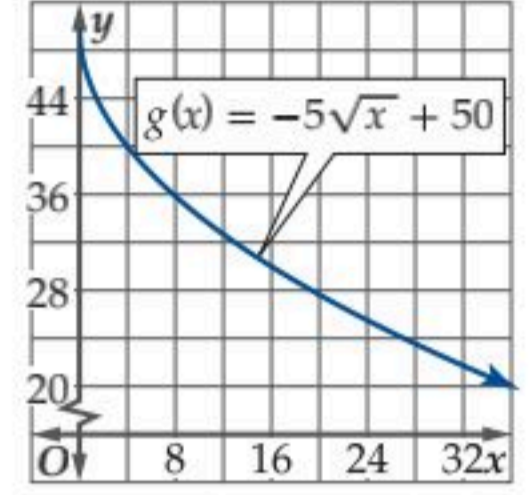
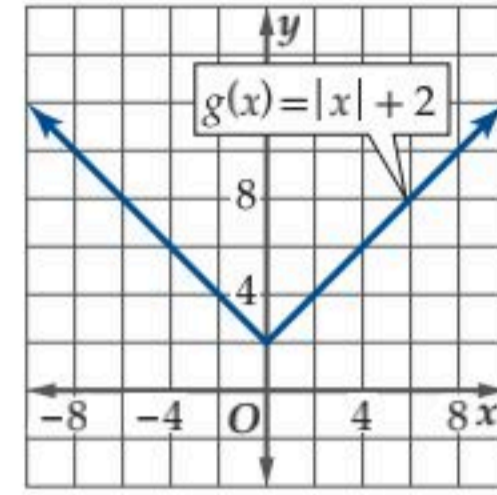
قد تُظهر لك بعض التمثيلات البيانية تماثلاً والحقيقة غير ذلك؛ لذا عليك التأكد من التماثل جبرياً في كل مرة.



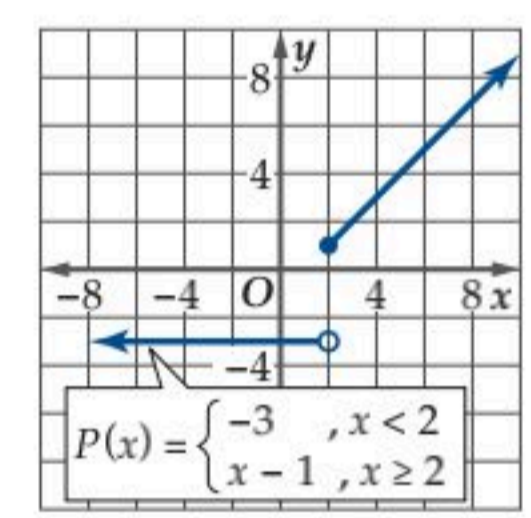
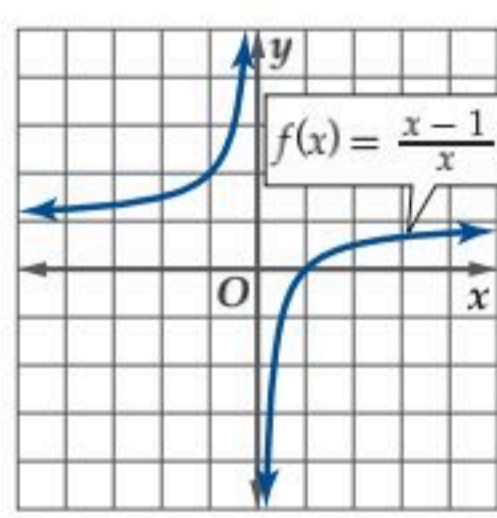


استعمل التمثيل البياني لكل دالة مما يأتي؛ لتقدير قيمها المطلوبة، ثم تحقق من إجابتك جبرياً. وقرب الناتج إلى أقرب جزء من مئة إذا لزم ذلك:

(مثال 1)

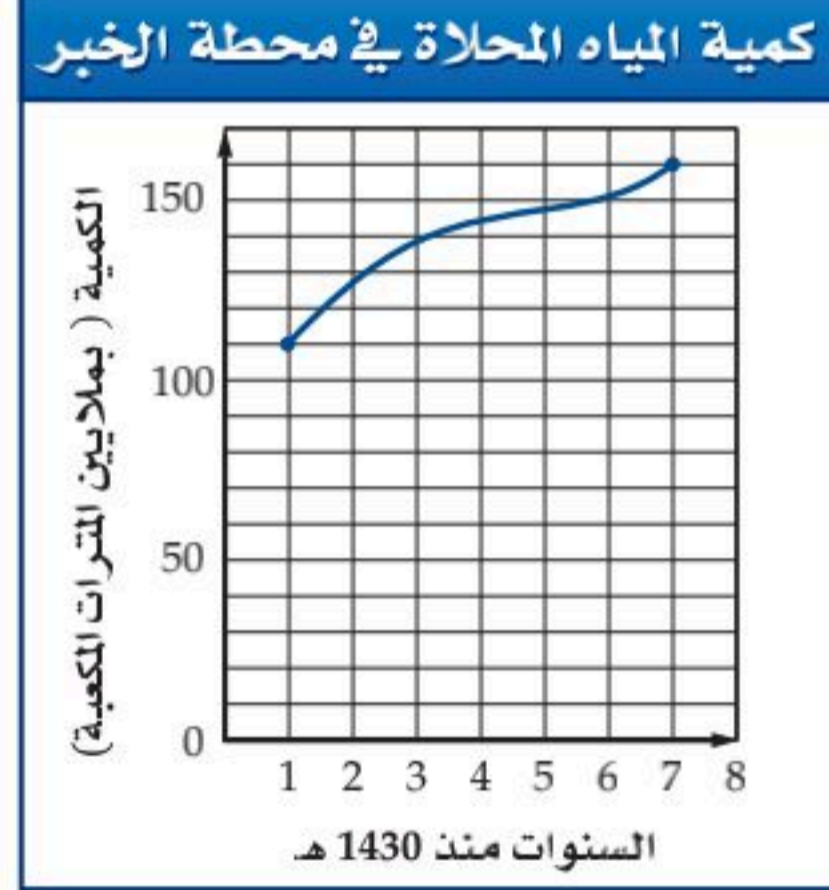


(a)  $g(6)$  (b)  $g(12)$  (c)  $g(19)$  (a)  $g(-8)$  (b)  $g(-3)$  (c)  $g(0)$



(a)  $P(-6)$  (b)  $P(2)$  (c)  $P(9)$  (a)  $f(-3)$  (b)  $f(0.5)$  (c)  $f(1)$

(5) **مياه:** إذا كانت كمية المياه المحلاة في محطة الخبر (بملايين المترات المكعبة) في الفترة (1431هـ إلى 1437هـ) معطاة بالدالة  $f(x) = 0.0509x^4 - 0.3395x^3 - 2.28x^2 + 25.35x + 88.27$  حيث تمثل  $x$  رقم السنة منذ عام 1430 هـ. (مثال 1)

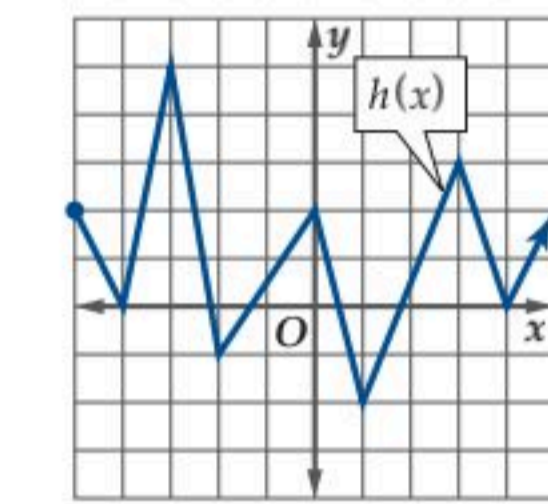
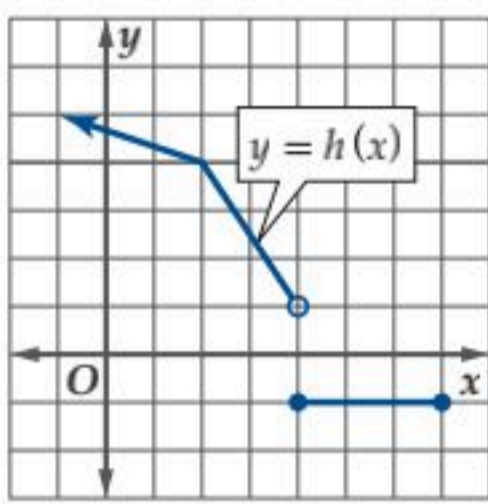
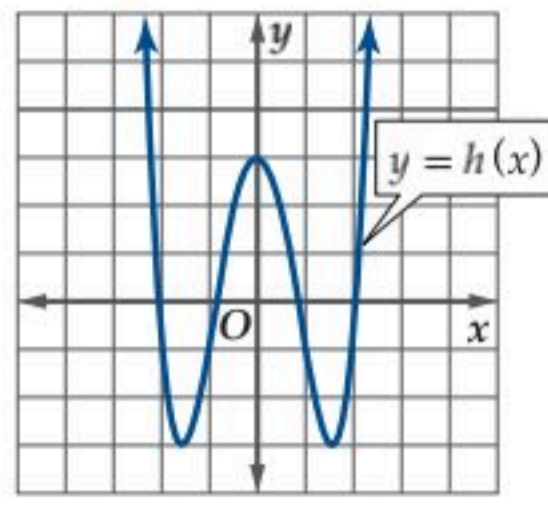
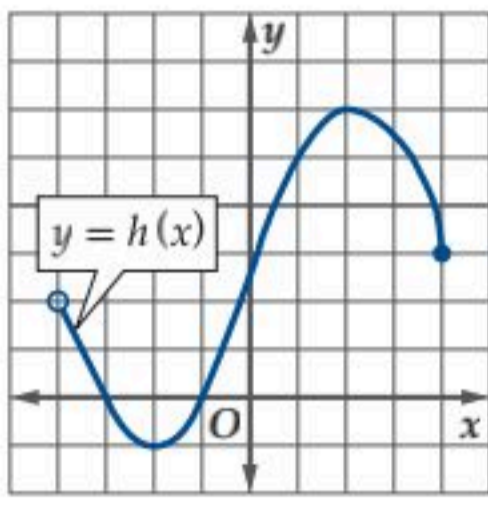


(a) قدر كمية المياه المحلاة في سنة 1435 هـ باستعمال التمثيل البياني.

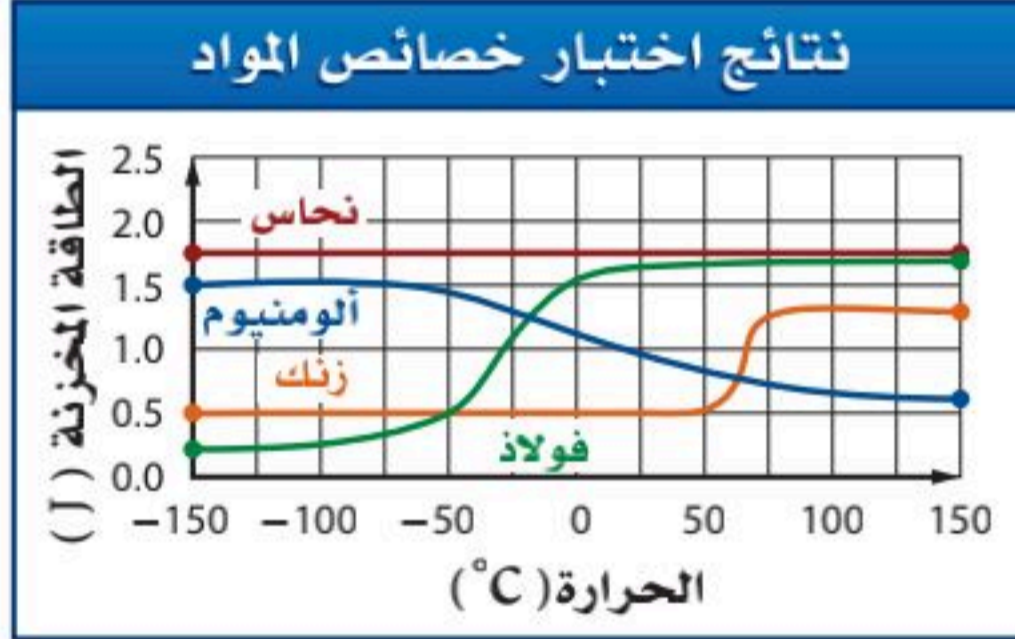
(b) أوجد كمية المياه المحلاة في سنة 1435 هـ جبرياً مقرباً إجابتك إلى أقرب جزء من عشرة.

(c) قدر السنة التي كانت كمية المياه المحلاة فيها 130 مليون متر مكعب باستعمال التمثيل البياني، وتحقق من إجابتك جبرياً.

استعمل التمثيل البياني للدالة  $h$  في كل مما يأتي لإيجاد كل من مجال الدالة ومداهما. (مثال 2)



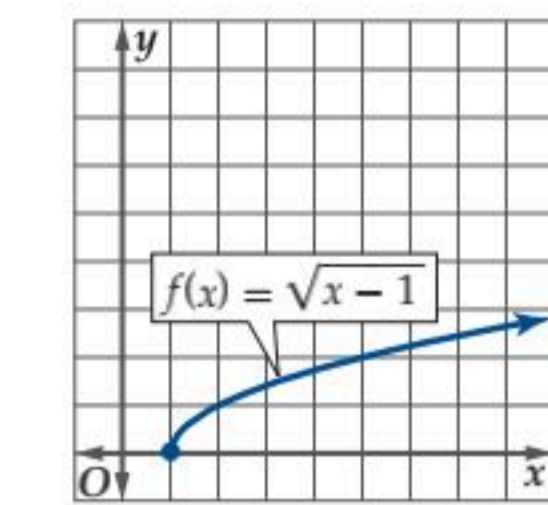
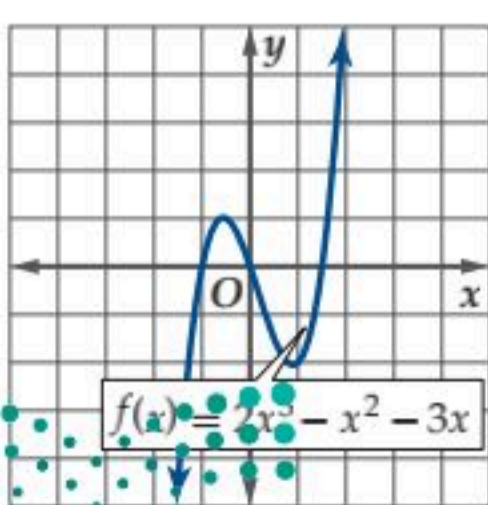
(10) **هندسة:** أجريت اختبارات على الخصائص الفيزيائية لعينات من أربع قطع معدنية، حيث أخضعت لدرجات حرارة سيليزية مختلفة. فإذا كانت الطاقة المخزنة أو الممتصة في العينة خلال الاختبار مقاسة بالجول ( $J$ ) كما هو موضح في الشكل أدناه، فأجب عما يأتي: (مثال 2)



(a) أوجد المجال والمدى لكل دالة.

(b) استعمل التمثيل البياني لتقدير الطاقة المخزنة في كل معدن عند الصفر السيليزي.

استعمل التمثيل البياني لكل دالة مما يأتي؛ لإيجاد مقطع المحور  $y$ ، وأصفار الدالة، ثم أوجد أصفار الدالة جبرياً: (المثالان 3, 4)



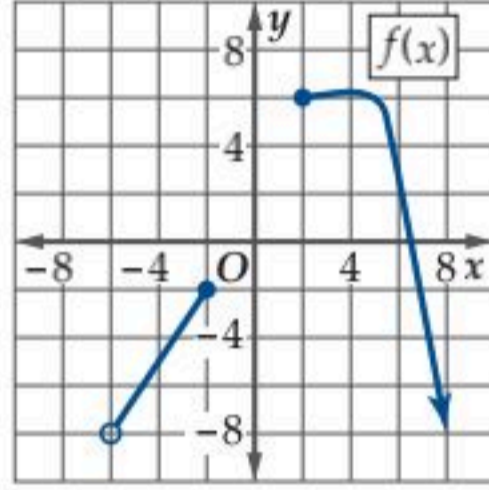
**الحاسبة البيانية:** استعمل الحاسبة البيانية لتمثل كل دالة مما يأتي بيانياً، ثم حلل منحناها لتحديد إن كانت الدالة زوجية أم فردية أم غير ذلك. ثم تحقق من إجابتك جبرياً. وإذا كانت الدالة زوجية أو فردية فصف تماثل منحناها: (مثال 6)

$f(x) = -2x^3 + 5x - 4$  (26)       $f(x) = x^2 + 6x + 10$  (25)

$h(x) = |8 - 2x|$  (28)       $g(x) = \sqrt{x + 6}$  (27)

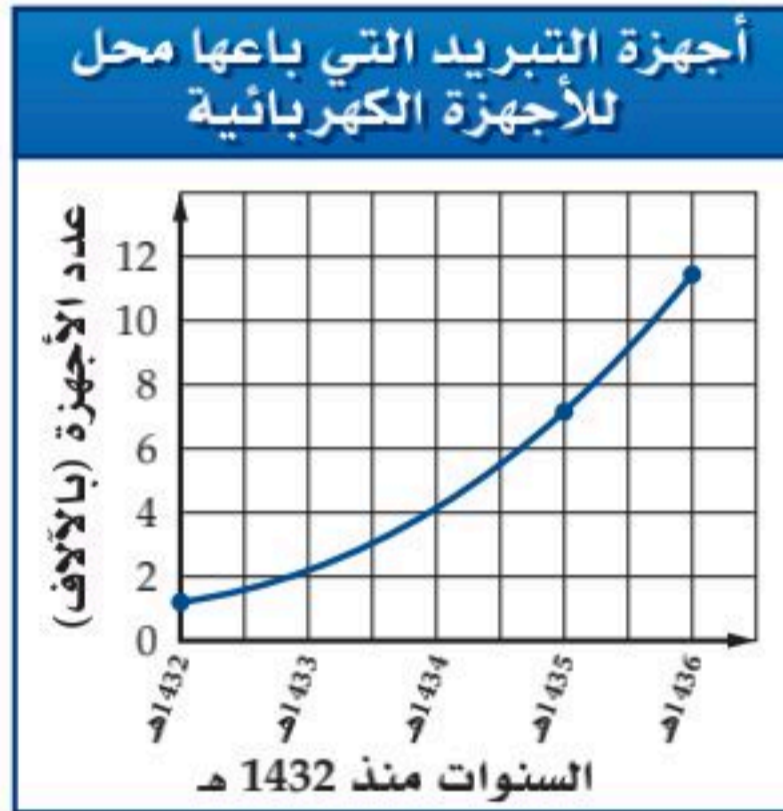
$g(x) = \frac{x^2}{x + 1}$  (30)       $f(x) = |x^3|$  (29)

(31) استعمل التمثيل البياني للدالة  $f$  لتقدير قيمها المطلوبة:

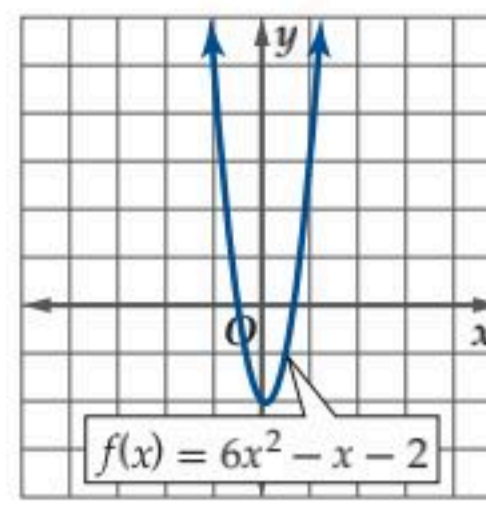


$f(-2)$  (a)       $f(-4)$  (b)       $f(2)$  (c)

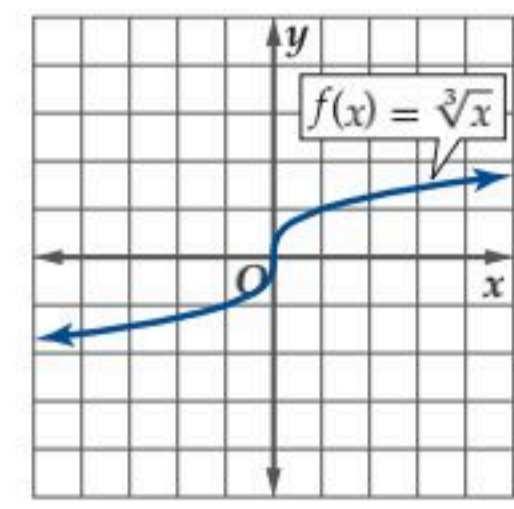
(32) **مبيعات:** إذا كان عدد أجهزة التبريد التي باعها محل للأجهزة الكهربائية مقدراً بالآلاف خلال الفترة من 1432هـ إلى 1436هـ يُعطى بالدالة  $h(x) = 0.5x^2 + 0.5x + 1.2$ ، حيث  $x$  رقم السنة منذ 1432هـ.



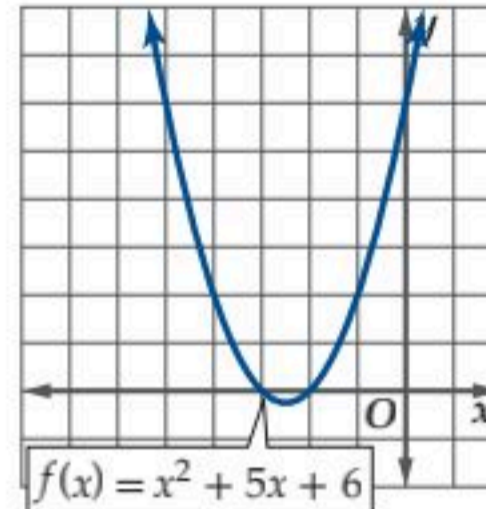
- (a) اكتب مجال الدالة، ثم قرب مداها.  
 (b) استعمل المنحنى لتقدير عدد الأجهزة المباعة سنة 1434هـ. ثم أوجد ذلك جبرياً.  
 (c) استعمل المنحنى لتقدير قيمة المقطع  $y$  للدالة ثم أوجده جبرياً. ماذا يمثل المقطع  $y$ ?  
 (d) هل لهذه الدالة أصفار؟ إذا كانت الإجابة نعم، فأوجد قيمة تقريبية لهذه الأصفار، وفسر معناها. وإذا كانت الإجابة لا، فوضح السبب.



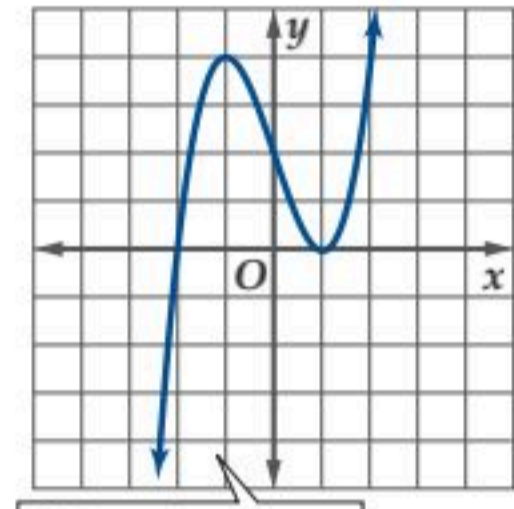
(14)



(13)

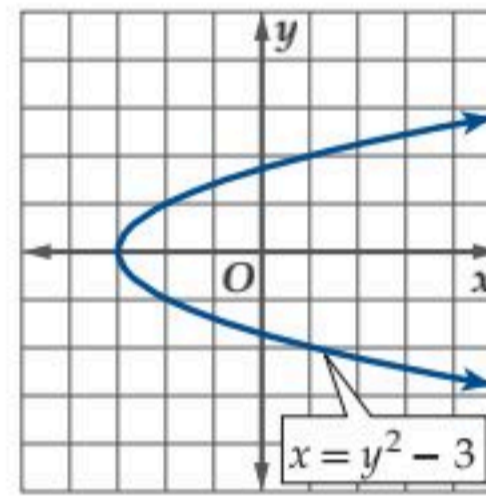


(16)

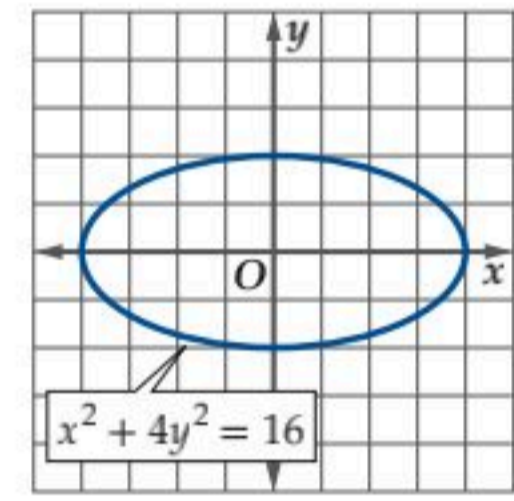


(15)

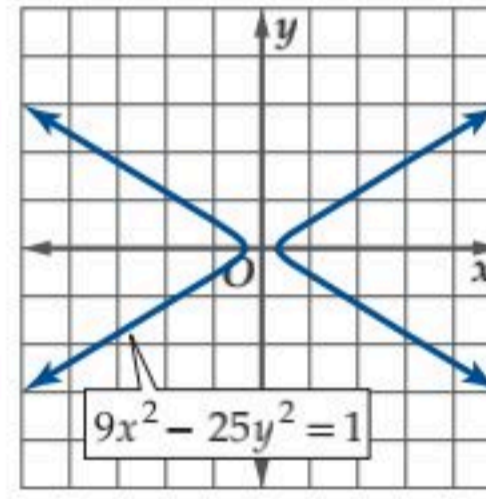
استعمل التمثيل البياني لكل معادلة مما يأتي لاختبار التماثل حول المحور  $x$ ، والمحور  $y$ ، ونقطة الأصل. عزز إجابتك عددياً، ثم تحقق منها جبرياً: (مثال 5)



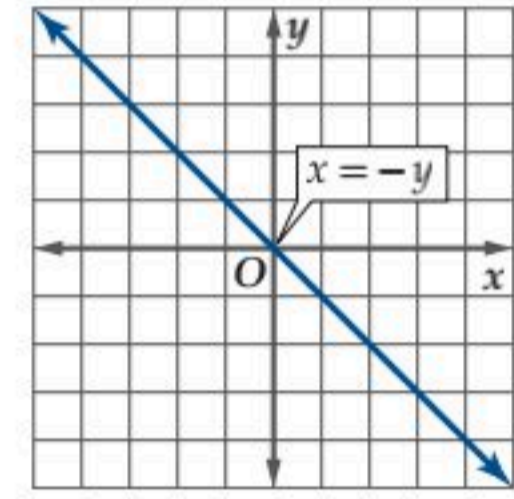
(18)



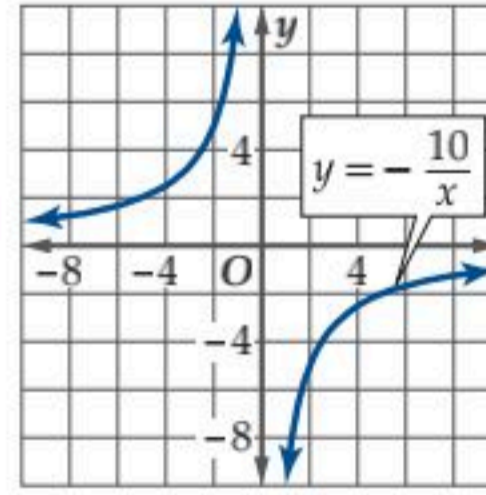
(17)



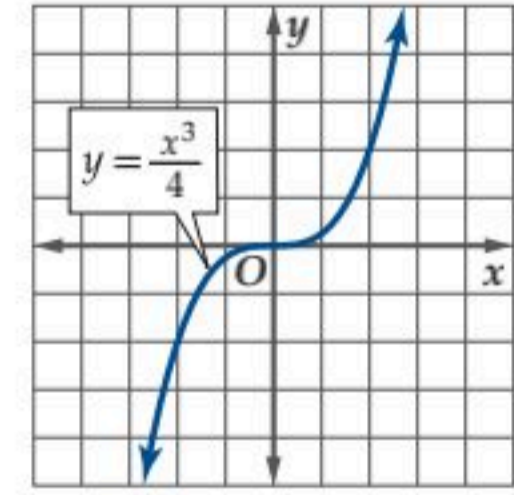
(20)



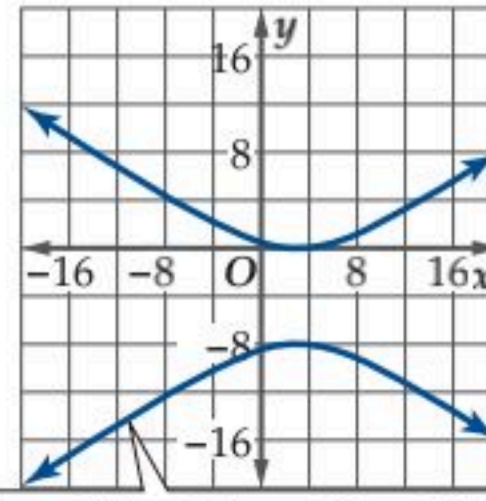
(19)



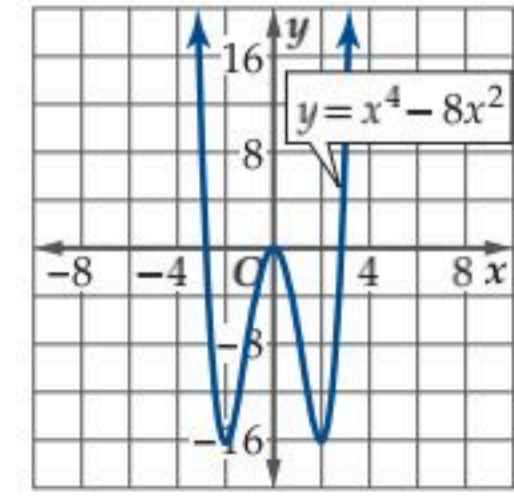
(22)



(21)



(24)



(23)

**(33) دوال:** إذا كانت  $f(x) = x^n$ ، حيث  $n \in \mathbb{N}$  فأجب عن الأسئلة الآتية:

- (a) استعمل الحاسبة البيانية لتمثل  $f(x)$  بيانياً لكل قيمة من قيم  $n$  في الفترة  $1 \leq n \leq 6$ .  
 (b) اكتب المجال والمدى لكل دالة.  
 (c) صف التماثل لكل دالة.  
 (d) تنبأ بمجال الدالة  $f(x) = x^{35}$ ، ومداه، وتماثلها، ثم برّر إجابتك.

**(34) صيدلة:** إذا كان عدد ملجرات الدواء في دم مريض بعد  $x$  ساعة من تناوله الدواء يعطى بالدالة:

$$f(x) = 0.5x^4 + 3.45x^3 - 96.65x^2 + 347.7x$$

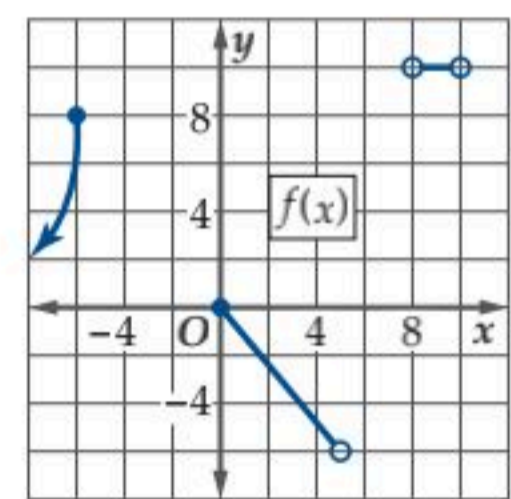
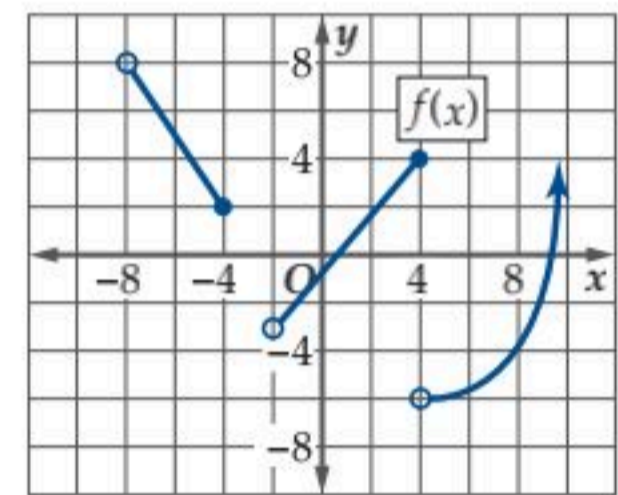
- (a) استعمل الحاسبة البيانية لتمثل الدالة بيانياً.  
 (b) اكتب المجال المناسب للدالة، وفسّر إجابتك.  
 (c) ما أكبر عدد من ملجرات الدواء يكون موجوداً في دم المريض وفق هذه الدالة؟

**الحاسبة البيانية:** مثل كلاً من الدوال الآتية بيانياً، وحدد أصفارها، ثم تحقق من أصفار الدالة جبرياً:

$$f(x) = \frac{x^2 + 9}{x + 3} \quad (36) \quad f(x) = \frac{4x - 1}{x} \quad (35)$$

$$g(x) = -12 + \frac{4}{x} \quad (38) \quad h(x) = 2\sqrt{x + 12} - 8 \quad (37)$$

استعمل التمثيل البياني للدالة  $f$  لتحديد مجالها ومداه في كل مما يأتي:



**(41) فيزياء:** إذا كان مسار أحد المذنبات حول الشمس يُعطى بالعلاقة:

$$\frac{x^2}{8} + \frac{y^2}{10} = 1$$

- (a) صف تماثل منحنى مسار المذنب.  
 (b) استعمل التماثل لتمثيل منحنى العلاقة.  
 (c) إذا مر المذنب بالنقطة  $(2, \sqrt{5})$ ، فعين ثلاث نقاط أخرى يجب أن يمر بها المذنب.

**(42) أسهم:** افترض أن النسبة المئوية للتغير في سعر سهم خلال سنة واحدة تعطى بالدالة:

$$p(x) = 0.0005x^4 - 0.0193x^3 + 0.243x^2 - 1.014x + 1.04$$

حيث  $x$  رقم الشهر بدءاً من شهر يناير.

- (a) استعمل الحاسبة البيانية لتمثل الدالة بيانياً.  
 (b) أوجد مجال الدالة، ثم قدر مداها.  
 (c) استعمل المنحنى لتقريب قيمة المقطع  $y$ ، وماذا يمثل؟  
 (d) أوجد أصفار الدالة، ووضح معناها.

**(43) تمثيلات متعددة:** سوف تستقصي في هذه المسألة مدى قيم

$$\text{الدالة } f(x) = \frac{1}{x-2}$$

- (a) **جدولياً:** انقل الجدول الآتي إلى دفترك. وأضف قيماً أخرى للمتغير  $x$  إلى يمين العدد 2 وإلى يساره. ثم أكمل الجدول.

$x$	1.99	1.999	2	2.001	2.01
$f(x)$					

(b) **تحليلياً:** معتمداً على جدولك، ما القيمة أو القيم التي تقترب منها الدالة عندما تقترب  $x$  من العدد 2؟

(c) **بيانياً:** مثل الدالة بيانياً. وهل يؤكد التمثيل البياني تخمينك في الفرع **b**؟ وضح إجابتك.

(d) **لفظياً:** خمن القيمة التي تقترب منها الدالة من خلال التمثيل البياني في الفرع **c** ووضح إجابتك.

**الحاسبة البيانية:** مثل كلاً من الدوال الآتية بيانياً، ثم حلل منحنائها لتحديد ما إذا كانت الدالة زوجية أم فردية أم غير ذلك.

$$f(x) = x^2 - x - 6 \quad (45) \quad h(x) = x^5 - 17x^3 + 16x \quad (44)$$

$$f(g) = g^9 \quad (47) \quad h(x) = x^6 + 4 \quad (46)$$

$$f(z) = z^3 - 4z^2 + 4z \quad (49) \quad g(x) = x^4 + 8x^2 + 81 \quad (48)$$

### مسائل مهارات التفكير العليا

**مسألة مفتوحة:** مثل بيانياً منحنى يحقق الشروط في كل حالة مما يأتي:

(50) منحنى يمر بالنقاط  $(-8, 1)$ ،  $(-5, 2)$ ،  $(-4, 4)$ ،  $(-3, 8)$ ، ومتماثل حول المحور  $y$ .

(51) منحنى يمر بالنقاط  $(0, 0)$ ،  $(2, 6)$ ،  $(3, 12)$ ،  $(4, 24)$ ، ومتماثل حول المحور  $x$ .

(52) منحنى يمر بالنقاط  $(-1, -3)$ ،  $(-2, -9)$ ،  $(-3, -18)$ ، ومتماثل حول نقطة الأصل.

(53) منحنى يمر بالنقاط  $(8, -8)$ ،  $(6, -12)$ ،  $(4, -16)$ ، ويمثل دالة زوجية.

(54) **اكتب:** وضح لماذا يمكن أن يكون للدالة 0 أو أكثر من المقاطع  $x$ ، بينما يوجد لها مقطع  $y$  واحد على الأكثر.

$$p(x) = \frac{2x^3 + 2}{x^2 - 2} \quad (70)$$

$$p(3) \quad (a)$$

$$p(x^2) \quad (b)$$

$$p(x + 1) \quad (c)$$

$$h(x) = 2x^2 + 4x - 7 \quad (71)$$

$$h(-9) \quad (a)$$

$$h(3x) \quad (b)$$

$$h(2 + m) \quad (c)$$

أوجد مجال كل دالة من الدوال الآتية (الدرس 1-1)

$$f(x) = x^2 - \sqrt{2} \quad (72)$$

$$f(x) = \frac{1}{x^2 - 16} \quad (73)$$

$$f(x) = \sqrt{3x + 18} \quad (74)$$

بسّط كلاً مما يأتي: (مهارة سابقة)

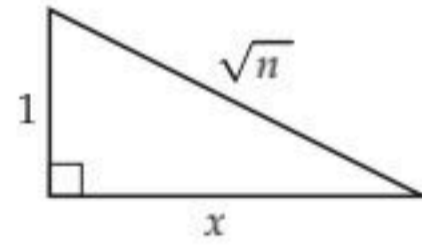
$$64^{\frac{5}{6}} \quad (76) \quad 27^{\frac{1}{3}} \quad (75)$$

$$16^{-\frac{3}{4}} \quad (78) \quad 49^{-\frac{1}{2}} \quad (77)$$

$$36^{-\frac{3}{2}} \quad (80) \quad 25^{\frac{3}{2}} \quad (79)$$

### تدريب على اختبار معياري

(81) إذا كان  $n$  عدداً حقيقياً أكبر من 1، فأوجد قيمة  $x$  بدلالة  $n$  في الشكل أدناه.



$$\sqrt{n+1} \quad C \quad \sqrt{n^2-1} \quad A$$

$$n-1 \quad D \quad \sqrt{n-1} \quad B$$

(82) ما مدى الدالة  $f(x) = x^2 + 1$ ، إذا كان مجالها  $-2 < x < 3$ ؟

$$1 < f(x) < 9 \quad C \quad 5 < f(x) < 9 \quad A$$

$$1 \leq f(x) < 10 \quad D \quad 5 < f(x) < 10 \quad B$$



(55) تحدّد: أوجد مجال الدالة  $f(x) = \frac{2x^2 + 3x - 2}{x^3 - 4x^2 - 12x}$ ، ومداهما. برّر إجابتك، ثم تحقّق منها بيانياً.

تبرير: أي العبارات الآتية صحيحة، وأيها خاطئة. برّر إجابتك.

(56) مدى الدالة  $f(x) = nx^2$ ، حيث  $n$  عدد صحيح، هو  $\{y \mid y \geq 0, y \in \mathbb{R}\}$

(57) مدى الدالة  $f(x) = \sqrt{nx}$ ، حيث  $n$  عدد صحيح، هو  $\{y \mid y \geq 0, y \in \mathbb{R}\}$

(58) جميع الدوال الفردية متماثلة حول المستقيم  $y = -x$ .

(59) إذا دارت دالة زوجية  $180^\circ$  حول نقطة الأصل، حيث  $n$  عدد صحيح، فإنها تبقى زوجية.

تبرير: إذا كانت  $a(x)$  دالة فردية، فحدّد ما إذا كانت الدالة  $b(x)$  فردية، أم زوجية، أم غير ذلك في كل مما يأتي، وبرّر إجابتك:

$$b(x) = a(-x) \quad (60)$$

$$b(x) = -a(x) \quad (61)$$

$$b(x) = [a(x)]^2 \quad (62)$$

$$b(x) = a(|x|) \quad (63)$$

$$b(x) = [a(x)]^3 \quad (64)$$

تبرير: هل يمثل المنحنى المعطى تماثله في كل مما يأتي دالة دائماً أم أحياناً أم لا يمثل دالة؟ وبرّر إجابتك.

(65) تماثل حول المستقيم  $x = 4$ .

(66) تماثل حول المستقيم  $y = 2$ .

(67) تماثل حول كل من المحورين  $x, y$ .

(68) اكتب: وضح لماذا لا تكون العلاقة المتماثلة حول المحور  $x$  دالة.

### مراجعة تراكمية

أوجد القيم المطلوبة لكل دالة مما يأتي: (الدرس 1-1)

$$g(x) = x^2 - 10x + 3 \quad (69)$$

$$g(2) \quad (a)$$

$$g(-4x) \quad (b)$$

$$g(1 + 3n) \quad (c)$$

# الاتصال والنهايات

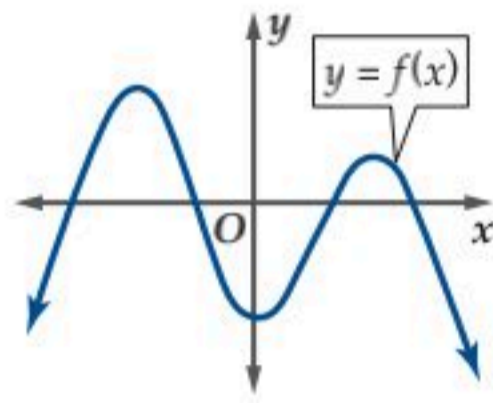
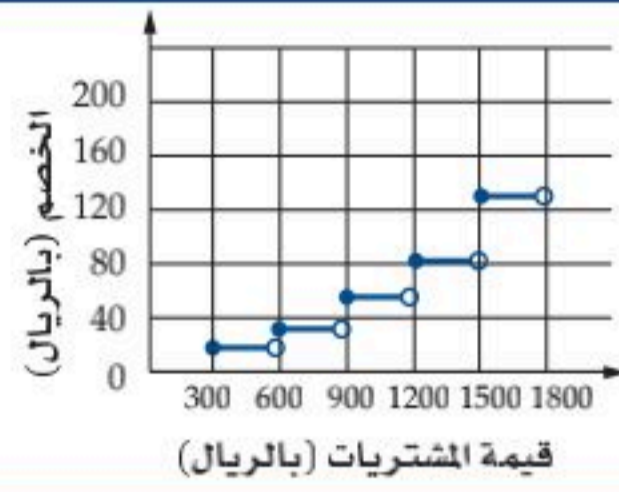
## Continuity and Limits

رابط الدرس الرقمي



www.ien.edu.sa

### الخصم في مركز الترميمات



$f(x)$  متصلة لجميع قيم  $x$ .

**الاتصال:** تكون الدالة متصلة إذا لم يكن في تمثيلها البياني أي انقطاع أو قفزة. وعليه يمكنك تتبع مسار المنحنى دون أن ترفع القلم عنه.

إن أحد شروط اتصال دالة مثل  $f(x)$  عند  $x = c$  هو أن تقترب قيم الدالة من قيمة واحدة عندما تقترب قيم  $x$  من  $c$  من جهتي اليمين واليسار. إن مفهوم اقتراب قيم الدالة من قيمة دون الحاجة إلى الوصول إلى تلك القيمة يُسمى **النهاية**.

### لماذا؟

بمناسبة الافتتاح، قدم مركز الترميمات بطاقات خصم للمتسوقين وفقاً لقيمة مشترياتهم كما هو مبين في التمثيل البياني المجاور. يتضح من التمثيل البياني أن هناك نقاط انقطاع (قفزات) عند بعض القيم كما هو الحال عند  $x=600$ ،  $x=900$ .

### فيما سبق:

درست إيجاد مجال الدالة ومداهما باستعمال تمثيلها البياني. (الدرس 2-1)

### والآن:

- استعمل النهايات للتحقق من اتصال دالة، وأطبق نظرية القيمة المتوسطة على الدوال المتصلة.
- استعمل النهايات لوصف سلوك طرفي التمثيل البياني لدالة.

### المفردات:

الدالة المتصلة

continuous function

النهاية

limit

الدالة غير المتصلة

discontinuous function

عدم الاتصال اللانهائي

infinite discontinuity

عدم الاتصال القفزي

jump discontinuity

عدم الاتصال القابل للإزالة

removable discontinuity

عدم الاتصال غير القابل للإزالة

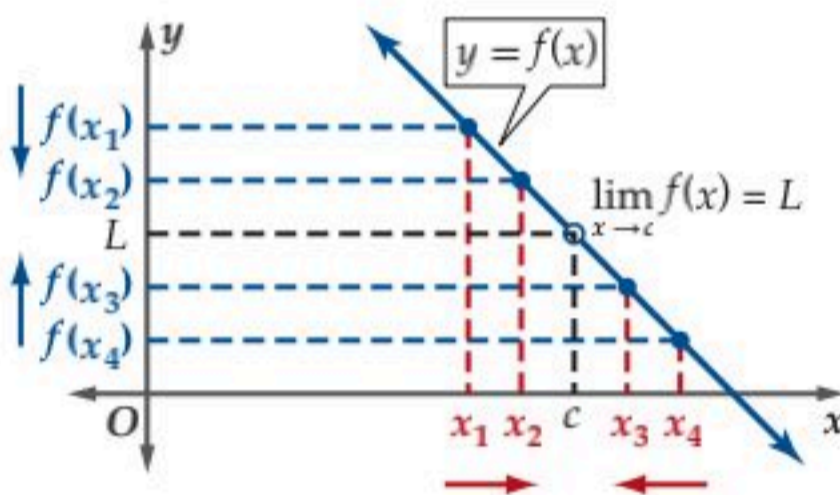
nonremovable discontinuity

سلوك طرفي التمثيل

البياني

end behavior

### مفهوم أساسي النهايات



**التعبير اللفظي:** إذا كانت قيمة الدالة  $f(x)$  تقترب من قيمة واحدة  $L$  عندما تقترب  $x$  من  $c$  من الجهتين، فإن نهاية  $f(x)$  عندما تقترب  $x$  من  $c$  هي  $L$ .

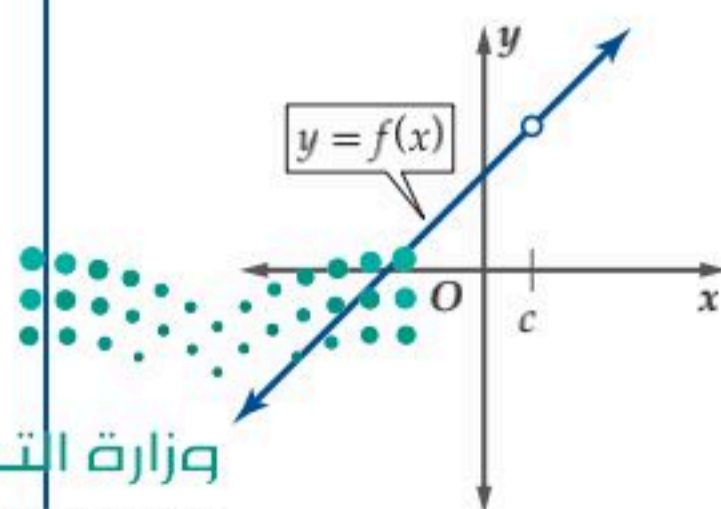
**الرموز:** نقول: إن  $\lim_{x \rightarrow c} f(x) = L$ ، وتقرأ نهاية الدالة  $f(x)$  عندما تقترب  $x$  من  $c$  هي  $L$ .

إن التمثيل البياني للدالة غير المتصلة يساعدك على فهم المعنى الجبري للاتصال. وفيما يأتي ملخص لأهم حالات عدم اتصال الدالة:

### مفهوم أساسي أنواع عدم الاتصال

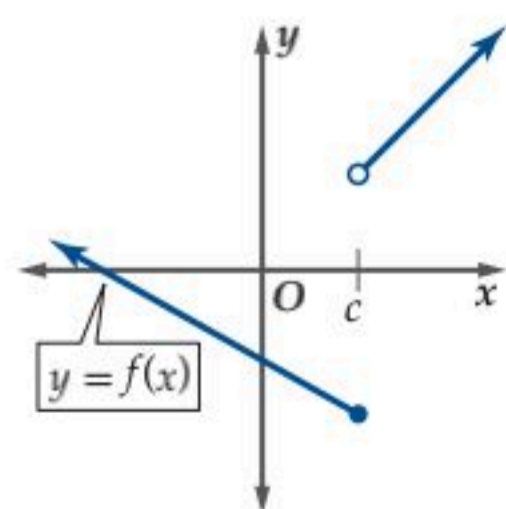
للدالة عدم اتصال قابل للإزالة عند  $x = c$  إذا كانت نهاية الدالة عندما تقترب  $x$  من  $c$  موجودة، ولا تساوي قيمة الدالة عند  $x = c$ ، ويشار إليها بدائرة صغيرة (o) غير مظلمة؛ لتعبر عن عدم اتصال عند هذه النقطة.

مثال:

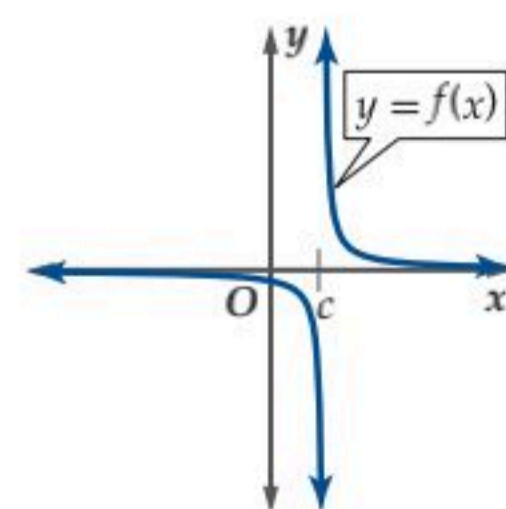


للدالة عدم اتصال قفزي عند  $x = c$  إذا كانت نهايتا الدالة عندما تقترب  $x$  من  $c$  من اليمين ومن اليسار موجودتين، ولكنهما غير متساويتين.

مثال:



مثال:



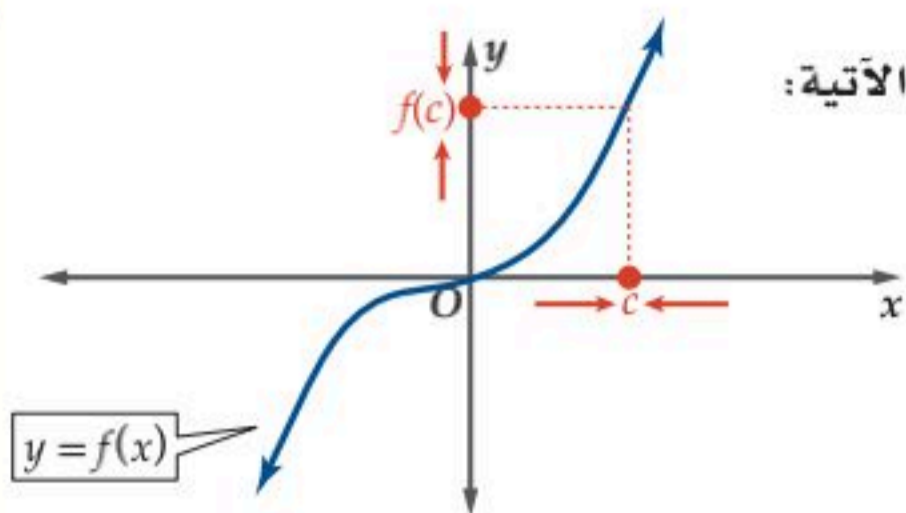
تقودنا الملاحظات السابقة إلى اختبار الاتصال الآتي:

### إرشادات للدراسة

#### النهايات:

إن وجود قيمة للدالة  $f(x)$  عند  $x = c$  أو عدم وجودها، لا يؤثر في وجود نهاية للدالة  $f(x)$  عندما تقترب  $x$  من  $c$ .

### ملخص المفهوم اختبار الاتصال



يقال: إن الدالة  $f(x)$  متصلة عند  $x = c$  إذا حققت الشروط الآتية:

- $f(x)$  معرفة عند  $c$ ، أي أن  $f(c)$  موجودة.
- $f(x)$  تقترب من القيمة نفسها عندما تقترب  $x$  من  $c$  من الجهتين. أي أن  $\lim_{x \rightarrow c} f(x)$  موجودة.
- $\lim_{x \rightarrow c} f(x) = f(c)$ .

### مثال 1 التحقق من الاتصال عند نقطة

حدد ما إذا كانت الدالة  $f(x) = 2x^2 - 3x - 1$  متصلة عند  $x = 2$ . برّر إجابتك باستعمال اختبار الاتصال. تحقق من شروط الاتصال الثلاثة.

(1) هل  $f(2)$  موجودة؟

$f(2) = 1$ ، أي أن الدالة معرفة عند  $x = 2$ .

(2) هل  $\lim_{x \rightarrow 2} f(x)$  موجودة؟

كوّن جدولاً يبين قيم  $f(x)$  عندما تقترب  $x$  من 2 من اليسار واليمين.

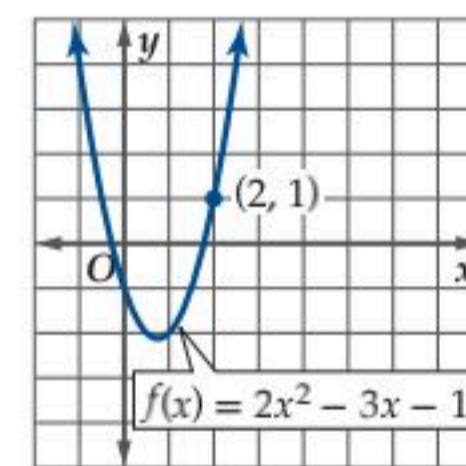
$x$	1.9	1.99	1.999	2.0	2.001	2.01	2.1
$f(x)$	0.52	0.95	0.995		1.005	1.05	1.52

يُبين الجدول أنه عندما تقترب قيم  $x$  من 2 من اليسار ومن اليمين، فإن قيمة  $f(x)$  تقترب من 1، أي أن  $\lim_{x \rightarrow 2} f(x) = 1$ .

(3) هل  $\lim_{x \rightarrow 2} f(x) = f(2)$ ؟

بما أن  $\lim_{x \rightarrow 2} f(x) = 1$ ،  $f(2) = 1$ ، نستنتج أن  $\lim_{x \rightarrow 2} f(x) = f(2)$ ، إذن الدالة متصلة عند  $x = 2$ . ويوضح منحنى الدالة  $f(x)$  في الشكل 1.3.1 اتصال الدالة عند  $x = 2$ .

الشكل 1.3.1



### تحقق من فهمك

حدد ما إذا كانت كل من الدالتين الآتيتين متصلتين عند  $x = 0$ . برّر إجابتك باستعمال اختبار الاتصال:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{x} & , x < 0 \\ x & , x \geq 0 \end{cases} \quad (1B)$$

$$f(x) = x^3 \quad (1A)$$



إذا لم يتحقق أي من شروط الاتصال عند نقطة معينة تكون الدالة غير متصلة عند تلك النقطة، فاختبار اتصال الدالة يساعدك على تحديد نوع عدم الاتصال عند تلك نقطة.

## مثال 2 تحديد نوع عدم الاتصال عند نقطة

حدد ما إذا كانت كل من الدالتين الآتيتين متصلتين عند قيم  $x$  المعطاة. برر إجابتك باستعمال اختبار الاتصال، وإذا كانت الدالة غير متصلة، فحدد نوع عدم الاتصال: لانهاضي، قفزي، قابل للإزالة.

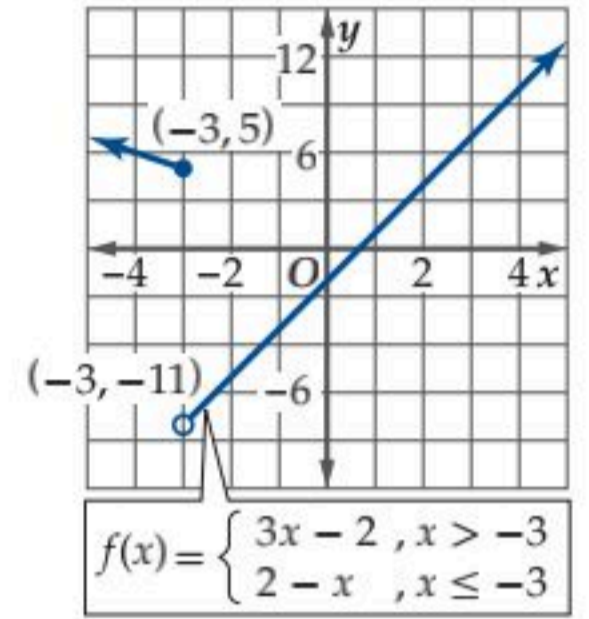
$$(a) \quad f(x) = \begin{cases} 3x - 2, & x > -3 \\ 2 - x, & x \leq -3 \end{cases} \text{ عند } x = -3$$

$$(1) \quad f(-3) \text{ موجودة؛ لأن } f(-3) = 5$$

(2) ابحث في قيم الدالة عندما تقترب  $x$  من  $-3$ .

$x$	-3.1	-3.01	-3.001	-3.0	-2.999	-2.99	-2.9
$f(x)$	5.1	5.01	5.001		-10.997	-10.97	-10.7

يُظهر الجدول أن قيم  $f(x)$  تقترب من 5 عندما تقترب  $x$  من  $-3$  من اليسار، في حين تقترب قيم  $f(x)$  من  $-11$  عندما تقترب  $x$  من  $-3$  من اليمين. وبما أن قيم  $f(x)$  تقترب من قيمتين مختلفتين عندما تقترب  $x$  من  $-3$  فإن للدالة  $f(x)$  عدم اتصال قفزي عند  $x = -3$ . ويوضح منحنى الدالة  $f(x)$  في الشكل 1.3.2 عدم اتصال الدالة عند  $x = -3$ .



الشكل 1.3.2

$$(b) \quad f(x) = \frac{x+3}{x^2-9} \text{ عند } x = 3, x = -3$$

عند  $x = 3$

$$(1) \quad f(3) = \frac{6}{0}$$

(2) ابحث في قيم الدالة عندما تقترب  $x$  من 3.

$x$	2.9	2.99	2.999	3.0	3.001	3.01	3.1
$f(x)$	-10	-100	-1000		1000	100	10

يُظهر الجدول أن قيم  $f(x)$  تتناقص بلا حدود عندما تقترب  $x$  من 3 من اليسار، وأن قيم  $f(x)$  تتزايد بلا حدود عندما تقترب  $x$  من 3 من اليمين، وعليه، فإن  $\lim_{x \rightarrow 3} f(x)$  غير موجودة.

(3) للدالة  $f(x)$  عدم اتصال لانهاضي عند  $x = 3$ ؛ لأن قيم  $f(x)$  تتناقص دون توقف عندما تقترب  $x$  من 3 من اليسار، وتتزايد بلا توقف عندما تقترب  $x$  من 3 من اليمين. ويوضح المنحنى في الشكل 1.3.3 هذا السلوك.

عند  $x = -3$

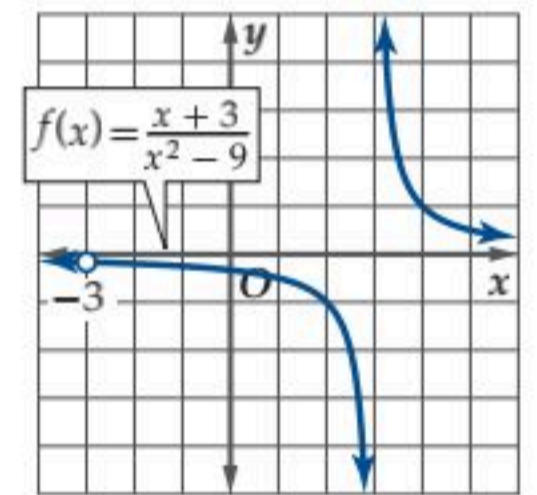
$$(1) \quad f(-3) = \frac{0}{0}$$

(2) ابحث في قيم الدالة عندما تقترب  $x$  من  $-3$ .

$x$	-3.1	-3.01	-3.001	-3.0	-2.999	-2.99	-2.9
$f(x)$	-0.164	-0.166	-0.167		-0.167	-0.167	-0.169

يُظهر الجدول أن قيم الدالة  $f(x)$  تقترب من  $-0.167$  عندما تقترب  $x$  من  $-3$  من الجهتين، أي أن  $\lim_{x \rightarrow -3} f(x) \approx -0.167$ .

(3)  $f(x)$  غير متصلة عند  $x = -3$ ؛ لأن  $f(-3)$  غير موجودة، وبما أن  $\lim_{x \rightarrow -3} f(x)$  موجودة، فإن عدم الاتصال قابل للإزالة عند  $x = -3$ . ويوضح المنحنى في الشكل 1.3.3 هذا السلوك.

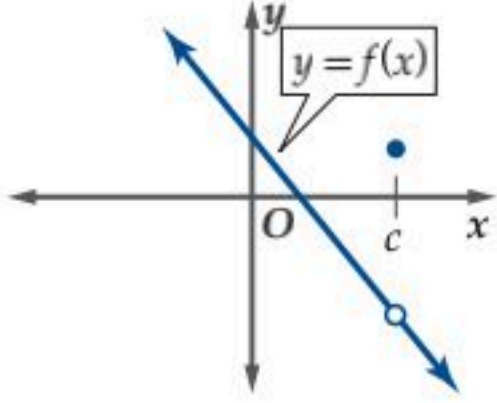


الشكل 1.3.3

تحقق من فهمك

$$(2A) \quad f(x) = \frac{1}{x^2} \text{ عند } x = 0$$

$$(2B) \quad f(x) = \begin{cases} 5x + 4, & x > 2 \\ 2 - x, & x \leq 2 \end{cases} \text{ عند } x = 2$$



لاحظ أنه في حالة عدم الاتصال القابل للإزالة؛ يمكن إعادة تعريف الدالة لتصبح متصلة عند تلك النقطة. وفي هذه الحالة تكون النهاية عند  $x = c$  موجودة، ولكن الدالة غير معرفة عند  $x = c$  أو أن  $f(c)$  لا تساوي قيمة نهاية الدالة عند  $x = c$ . كما في الشكل المجاور.

يصنّف كل من عدم الاتصال اللانهائي وعدم الاتصال القفزي على أنهما عدم اتصال غير قابل للإزالة؛ لأنه لا يمكن إعادة تعريف الدالة لتصبح متصلة عند تلك النقطة، حيث إن قيم الدالة تقترب من قيم مختلفة إلى يمين نقطة عدم الاتصال وإلى يسارها، أو أن قيم الدالة لا تقترب من قيمة محددة عند هذه النقطة، أي تزداد قيم الدالة أو تتناقص بلا حدود.

### مثال 3 إزالة عدم الاتصال

أعد تعريف الدالة  $f(x) = \frac{x^2 - 16}{x - 4}$ ؛ لتصبح متصلة عند  $x = 4$ .

$$(1) \quad f(4) = \frac{0}{0} \text{ أي أن } f(4) \text{ غير موجودة.}$$

(2) ابحث في قيم الدالة عندما تقترب  $x$  من 4.

$x$	3.9	3.99	3.999	4.0	4.001	4.01	4.1
$f(x)$	7.9	7.99	7.999		8.001	8.01	8.1

يظهر الجدول أعلاه أن قيم  $f(x)$  تقترب من 8 عندما تقترب  $x$  من 4 من الجهتين، أي أن  $\lim_{x \rightarrow 4} f(x) = 8$ .  
 (3)  $f(x)$  غير متصلة عند  $x = 4$ ؛ لأن  $f(4)$  غير موجودة، وبما أن  $\lim_{x \rightarrow 4} f(x)$  موجودة، فإن عدم الاتصال قابل للإزالة عند  $x = 4$ .

(4) بما أن عدم الاتصال قابل للإزالة عند  $x = 4$ ، لذا أعد تعريف الدالة لتصبح

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^2 - 16}{x - 4}, & x \neq 4 \\ 8, & x = 4 \end{cases}$$

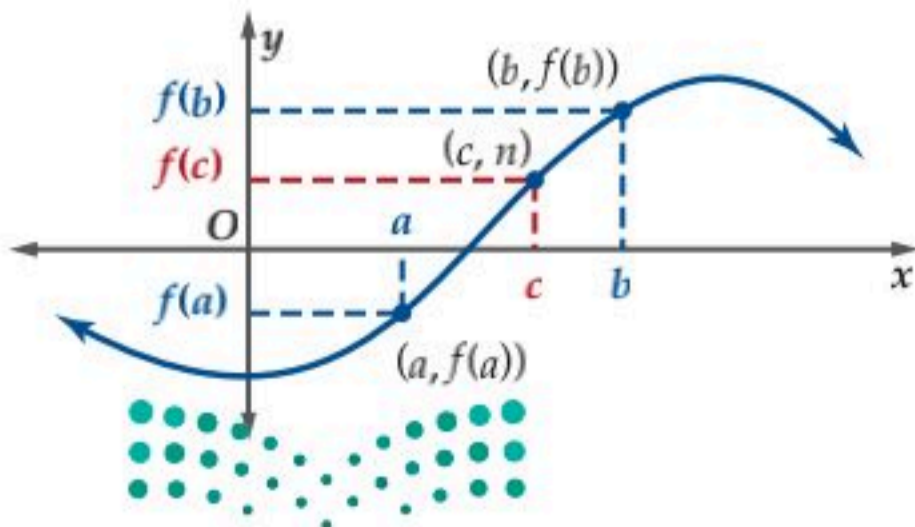
لاحظ أن هذه الدالة أصبحت متصلة عند  $x = 4$ ؛ لأن  $f(4)$  موجودة وتساوي 8

### تحقق من فهمك

(3) أعد تعريف الدالة  $f(x) = \frac{x^2 - 1}{x - 1}$ ؛ لتصبح متصلة عند  $x = 1$ .

تستعمل نظرية القيمة المتوسطة ونتيجتها لتقريب أصفار الدوال المتصلة على فترة مغلقة، حيث تكون الدالة  $f$  متصلة على  $(a, b)$ ، إذا كانت متصلة عند كل نقطة تنتمي إلى هذه الفترة، وتكون متصلة على  $[a, b]$  إذا كانت متصلة عند كل نقطة من نقاطها، وكانت متصلة من اليمين عند  $a$  ( $\lim_{x \rightarrow a^+} f(x) = f(a)$ )، ومتصلة من اليسار عند  $b$  ( $\lim_{x \rightarrow b^-} f(x) = f(b)$ ). ومن الجدير بالذكر أن الدوال الكثيرة الحدود والجذرية والنسبية، تكون متصلة على مجالها دائماً.

### نظرية نظرية القيمة المتوسطة



إذا كانت  $f(x)$  دالة متصلة على  $[a, b]$ ، وكانت  $a < b$ ، ووجدت قيمة  $n$  بين  $f(a)$  و  $f(b)$  فإنه يوجد عدد  $c$  بين  $a$  و  $b$ ، بحيث  $f(c) = n$ .

نتيجة (موقع صفر الدالة): إذا كانت  $f(x)$  دالة متصلة وكان  $f(a)$  و  $f(b)$  مختلفين في الإشارة، فإنه يوجد عدد واحد على الأقل  $c$  بين  $a$  و  $b$ ، بحيث  $f(c) = 0$ . أي يوجد صفر للدالة بين  $a$  و  $b$ .



## مثال 4 تقريب الأصفار عند تغيير الإشارة

حدّد الأعداد الصحيحة المتتالية التي تنحصر بينها الأصفار الحقيقية للدالة  $f(x) = x^3 - 4x + 2$  في الفترة  $[-4, 4]$ .

x	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
f(x)	-46	-13	2	5	2	-1	2	17	50

تعلم أن الدالة  $f$  متصلة على  $[-4, 4]$ ؛ لأنها كثيرة حدود، وبما أن  $f(-3)$  سالبة و  $f(-2)$  موجبة، وبحسب النتيجة السابقة، فإنه يوجد صفر للدالة  $f(x)$  بين  $-3$  و  $-2$ . لاحظ أن قيم الدالة تتغير إشاراتهما أيضًا في الفترة  $0 < x < 1$  وفي الفترة  $1 < x < 2$ . وهذا يدل على أن الأصفار الحقيقية للدالة تنحصر بين العددين  $-3$  و  $-2$ ، والعددين  $0$  و  $1$  والعددين  $1$  و  $2$ . ويوضح منحنى الدالة  $f(x)$  في الشكل 1.3.4 هذه النتيجة.

تحقق من فهمك

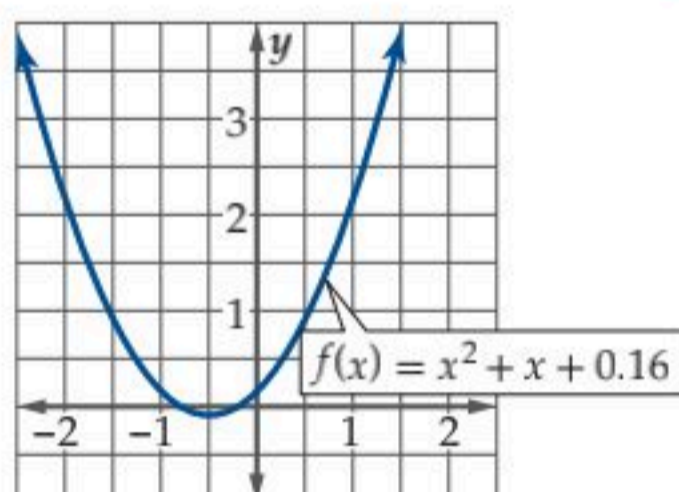
$$[-3, 4], f(x) = \frac{x^2 - 6}{x + 4} \quad (4B) \quad [-6, 4], f(x) = x^3 + 2x^2 - 8x + 3 \quad (4A)$$

إن تغير إشارات قيم الدالة في فترة ما يحدّد موقعًا تقريبيًا لصفر الدالة الحقيقي. أمّا الفترات التي لا تتغير فيها الإشارة فإنها لا تنفي وجود أصفار للدالة، ويُعدُّ تمثيل الدالة من أفضل طرق التحقق من ذلك.

## مثال 5 تقريب الأصفار دون تغيير الإشارة

حدّد الأعداد الصحيحة المتتالية التي تنحصر بينها الأصفار الحقيقية للدالة  $f(x) = x^2 + x + 0.16$  في الفترة  $[-3, 3]$ .

x	-3	-2	-1	0	1	2	3
f(x)	6.16	2.16	0.16	0.16	2.16	6.16	12.16



تعلم أن الدالة  $f$  متصلة على  $[-3, 3]$ ؛ لأنها كثيرة حدود، وأن قيمها لا تغير إشارتها عند قيم  $x$  المعطاة، ولكن  $f(x)$  تتناقص عندما تقترب قيم  $x$  من العدد  $-1$  من اليسار، وتبدأ  $f(x)$  بالتزايد عن يمين  $x = 0$ ؛ لذا فإن من المحتمل وجود صفر حقيقي للدالة بين العددين المتتاليين  $-1$  و  $0$ . مثل الدالة بيانًا للتحقق من ذلك.

يقطع منحنى الدالة المحور  $x$  مرتين في الفترة  $[-1, 0]$ ؛ لذا فإنه يوجد صفرين حقيقيين للدالة في هذه الفترة.

تحقق من فهمك

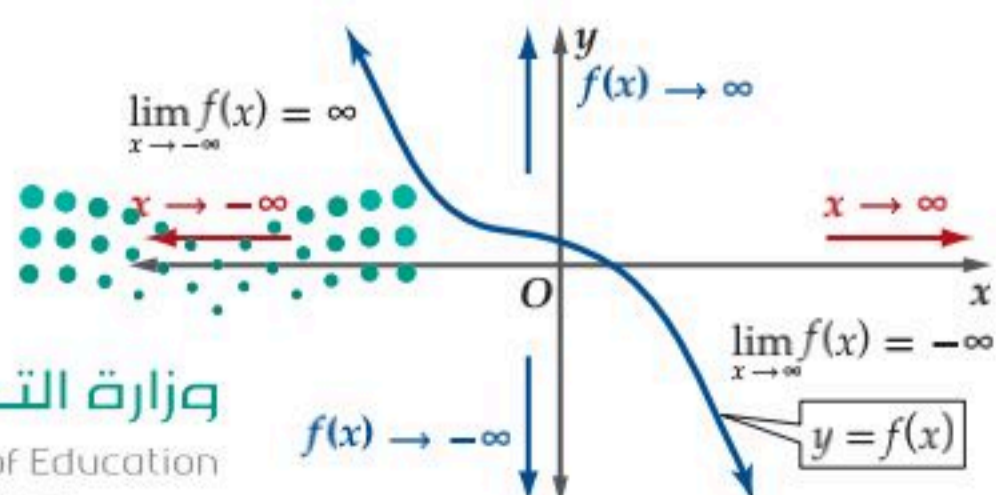
$$[0, 4], f(x) = x^3 - 7x^2 + 18x - 14 \quad (5B) \quad [-5, 5], f(x) = 8x^3 - 2x^2 - 5x - 1 \quad (5A)$$

إرشاد: استعمل الآلة الحاسبة البيانية (إذا لزم الأمر)

**سلوك طرفي التمثيل البياني:** يصف سلوك طرفي التمثيل البياني شكل الدالة عند طرفي منحناها، أي أنه يصف قيم  $f(x)$  عندما تزداد قيم  $x$  أو تنقص بلا حدود، أي عندما تقترب  $x$  من  $\infty$  أو  $-\infty$ . ولوصف سلوك طرفي التمثيل البياني يمكنك استعمال مفهوم النهاية.

سلوك طرف التمثيل البياني من اليمين

$$\lim_{x \rightarrow \infty} f(x)$$



سلوك طرف التمثيل البياني من اليسار

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x)$$

أحد إمكانات سلوك طرفي التمثيل البياني هو زيادة قيم  $f(x)$  أو نقصانها دون حدود. ويمكن وصف هذا السلوك بأن  $f(x)$  تقترب من موجب ما لانهاية أو من سالب ما لانهاية على الترتيب.

## إرشاد تقني

قد يُظهر التمثيل البياني للدالة صفرًا واحدًا؛ لذا اختر التدرج المناسب لترى جميع أصفار الدالة بوضوح.

## قراءة الرياضيات

النهايات:

تقرأ العبارة  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x)$  نهاية  $f(x)$  عندما تقترب  $x$  من موجب ما لانهاية. وتقرأ العبارة  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x)$  نهاية  $f(x)$  عندما تقترب  $x$  من سالب ما لانهاية.

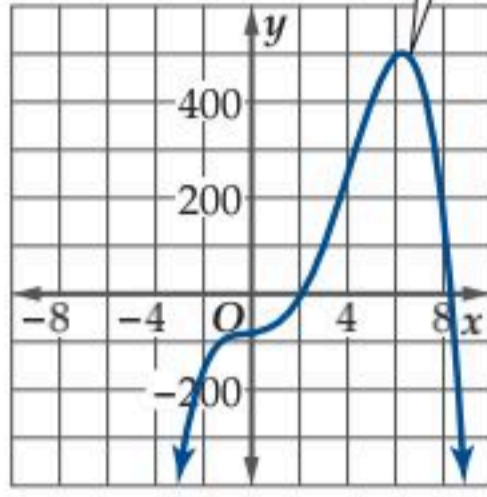
## إرشادات للدراسة

في المثال 6، أوجدت قيم تقريبية لـ  $f(x)$  لأن ما يهمنا هو استقصاء نهاية الدالة  $f(x)$  عندما تزداد  $|x|$  بلا حدود، وليس حساب القيم الدقيقة لـ  $f(x)$ . وكذلك في المثال 7.

## مثال 6

### المنحنيات التي تقترب من ما لانهاية

$$f(x) = -x^4 + 8x^3 + 3x^2 + 6x - 80$$



استعمل التمثيل البياني للدالة  $f(x) = -x^4 + 8x^3 + 3x^2 + 6x - 80$  لوصف سلوك طرفي التمثيل البياني، ثم عزز إجابتك عددياً.

### التحليل بيانياً:

يتضح من التمثيل البياني أن  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = -\infty$  وأن  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = -\infty$ .

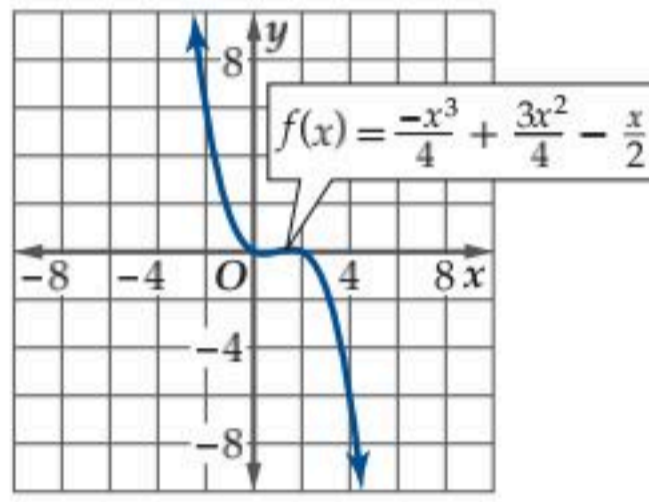
### التعزيز عددياً:

كۆن جدولاً لاستقصاء قيم  $f(x)$  عندما تزداد  $|x|$ ، أي استقص قيم  $f(x)$  عندما تزداد قيم  $x$  بلا حدود أو تتناقص بلا حدود.

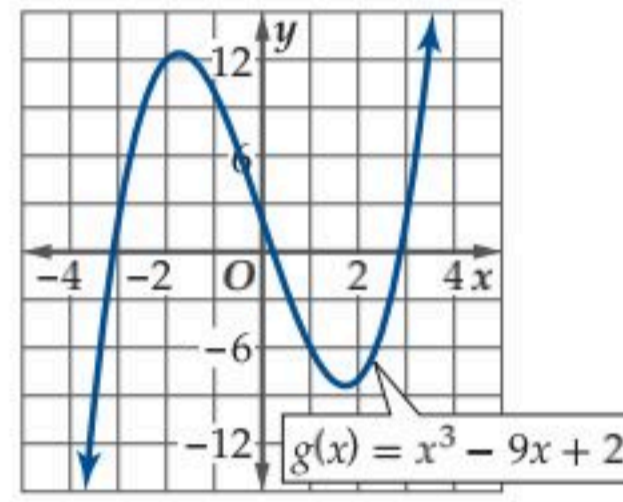
$x$	-10000	-1000	-100	0	100	1000	10000
$f(x)$	$-1 \cdot 10^{16}$	$-1 \cdot 10^{12}$	$-1 \cdot 10^8$	-80	$-1 \cdot 10^8$	$-1 \cdot 10^{12}$	$-1 \cdot 10^{16}$

لاحظ أنه عندما  $x \rightarrow -\infty$ ، فإن  $f(x) \rightarrow -\infty$ ، وبالمثل عندما  $x \rightarrow \infty$ ، فإن  $f(x) \rightarrow -\infty$ . وهذا يعزز ما توصلنا إليه من التمثيل البياني.

## تحقق من فهمك



(6B)

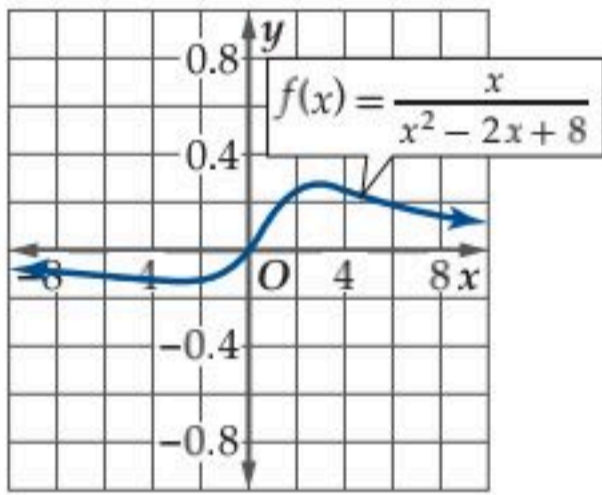


(6A)

لاحظ أن بعض الدوال تقترب قيمها من  $\infty$  أو  $-\infty$  عندما تزداد  $|x|$  بلا حدود، في حين تقترب قيم بعض الدوال من أعداد حقيقية دون أن تصل إليها بالضرورة.

## مثال 7

### منحنيات دوال تقترب من قيمة محددة



استعمل التمثيل البياني للدالة  $f(x) = \frac{x}{x^2 - 2x + 8}$  لوصف سلوك طرفي تمثيلها البياني. ثم عزز إجابتك عددياً.

### التحليل بيانياً:

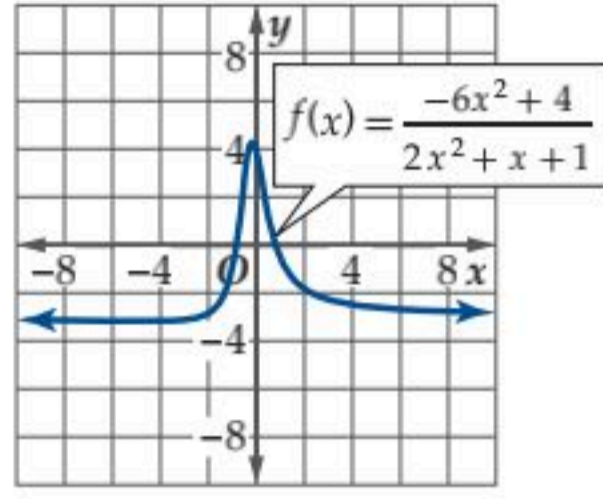
يتضح من التمثيل البياني أن  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = 0$  وأن  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = 0$ .

### التعزيز عددياً:

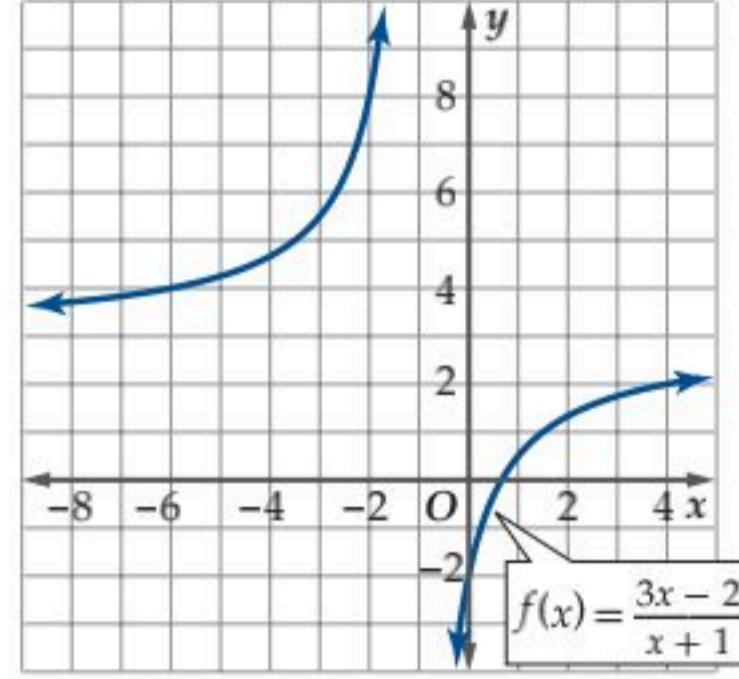
$x$	-10000	-1000	-100	0	100	1000	10000
$f(x)$	$-1 \cdot 10^{-4}$	-0.001	-0.01	0	0.01	0.001	$1 \cdot 10^{-4}$

لاحظ أنه عندما  $x \rightarrow -\infty$ ، فإن  $f(x) \rightarrow 0$ ، وعندما  $x \rightarrow \infty$ ، فإن  $f(x) \rightarrow 0$ . وهذا يعزز ما توصلنا إليه من التمثيل البياني.

### تحقق من فهمك



(7B)



(7A)

إن معرفة سلوك طرفي التمثيل البياني يساعد على حل بعض المسائل الحياتية.

### تطبيقات سلوك طرفي التمثيل البياني

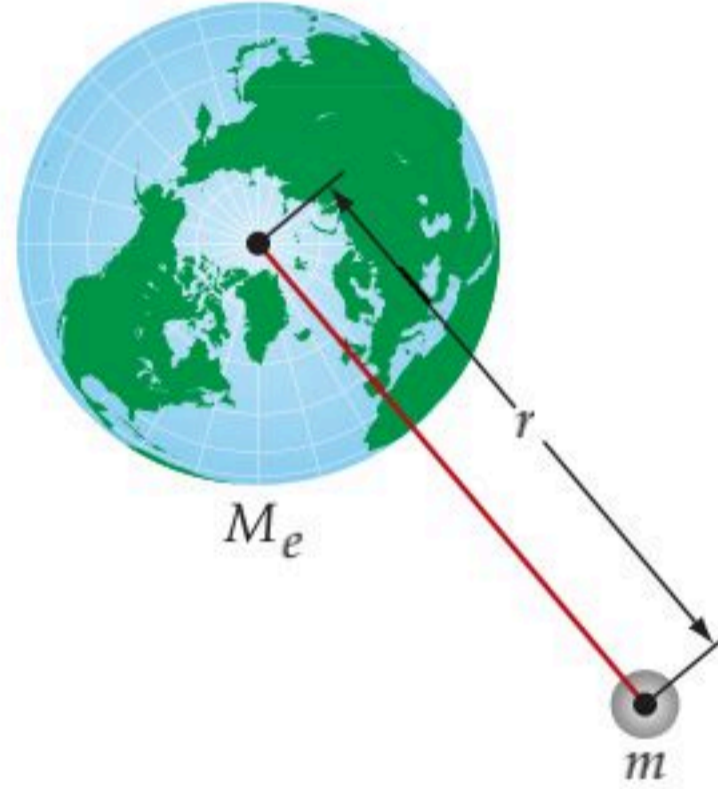
### مثال 8 من واقع الحياة

**فيزياء:** تُعطي قيمة طاقة الوضع الناتجة عن الجاذبية الأرضية لجسم بالقاعدة

$$U(r) = -\frac{GmM_e}{r}$$

و  $M_e$  كتلة الأرض، و  $r$  المسافة بين الجسم ومركز الأرض كما في الشكل المجاور. ماذا يحدث لطاقة الوضع

الناتجة عن الجاذبية الأرضية لجسم عندما يتحرك مبتعدًا عن الأرض مسافة كبيرة جدًا؟



### الرابط مع الحياة

غالبًا ما تُستعمل العلاقة

$$U(r) = -\frac{GmM_e}{r}$$

الوضع الناتجة عن الجاذبية الأرضية

لقياس السرعة المطلوبة للتخلص من

الجاذبية الأرضية وهي 25000 mi/h.

المطلوب من المسألة وصف سلوك طرف التمثيل البياني لـ  $U(r)$  عندما تزداد قيم  $r$  كثيرًا، أي إيجاد  $\lim_{r \rightarrow \infty} U(r)$ .

وبما أن كلاً من  $G$ ،  $m$ ،  $M_e$  ثوابت، فإن ناتج الضرب  $GmM_e$  عدد ثابت أيضًا. وعندما تزداد قيم  $r$  فإن قيمة

الكسر  $-\frac{GmM_e}{r}$  تقترب من الصفر؛ لذا فإن  $\lim_{r \rightarrow \infty} U(r) = 0$ ، ومن ثم إذا تحرك جسم مبتعدًا عن الأرض بصورة

كبيرة، فإن طاقة الوضع الناتجة عن الجاذبية الأرضية لهذا الجسم تقترب من الصفر.

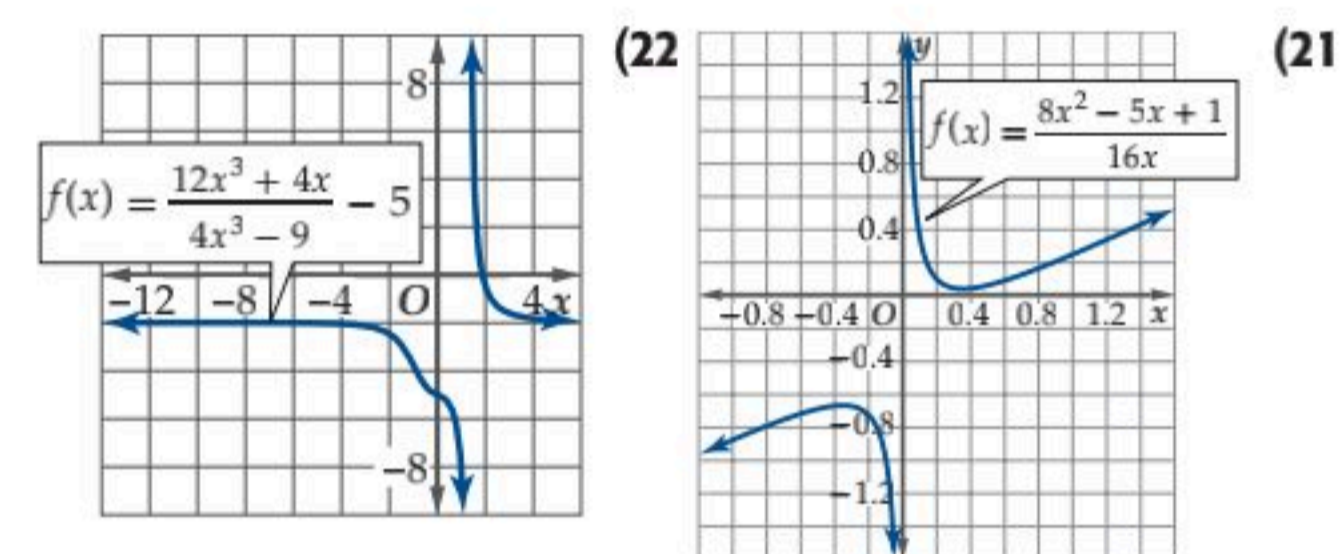
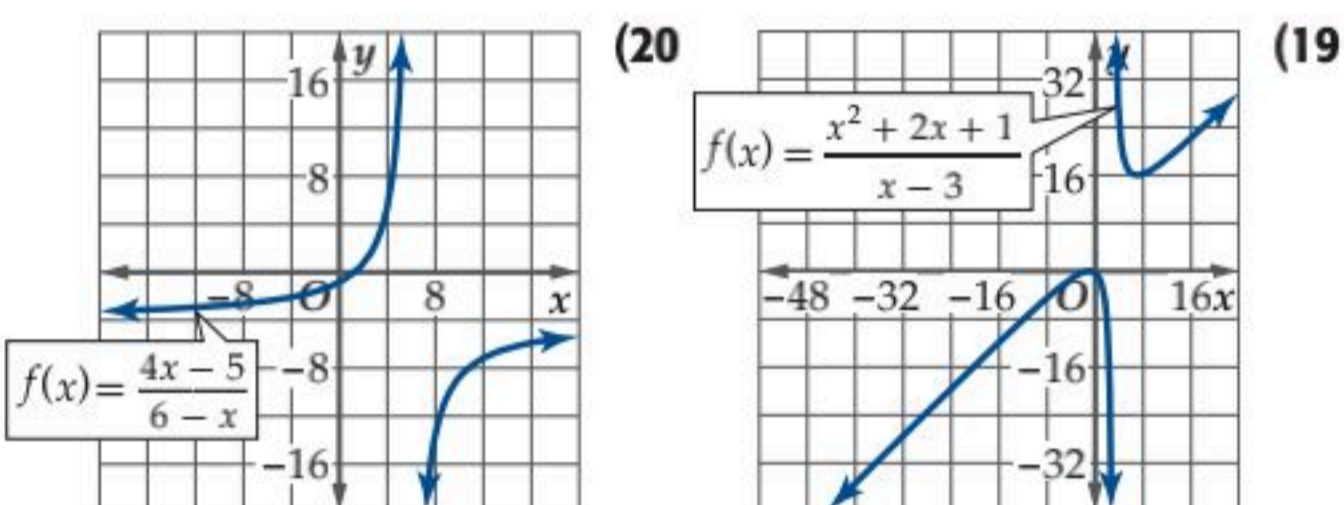
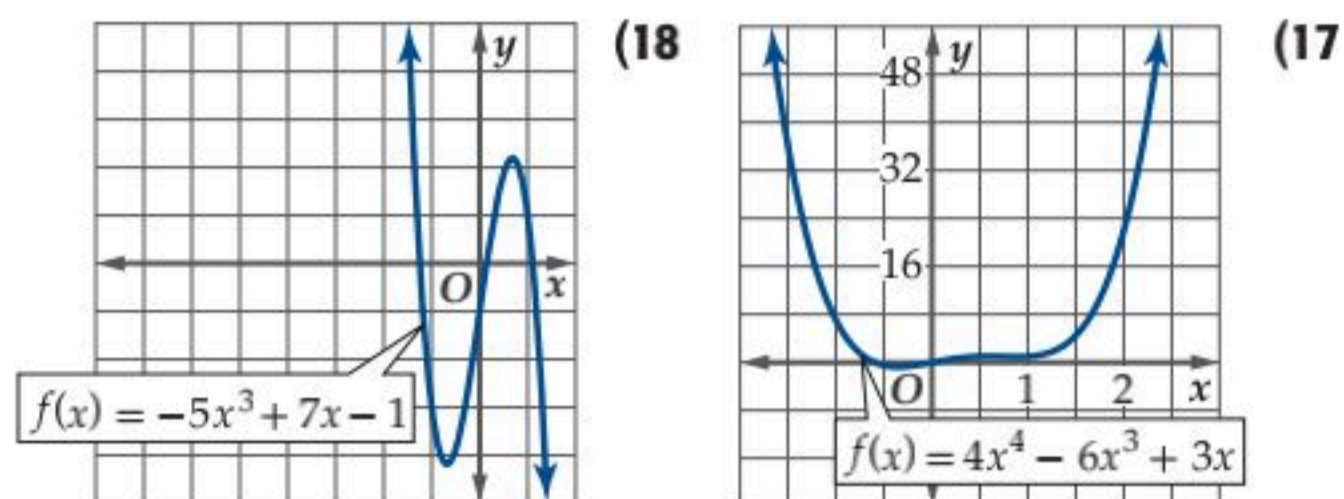
### تحقق من فهمك

**(8) فيزياء:** الضغط الديناميكي هو قياس الضغط الناتج عن حركة جزيئات الغاز ويعطى بالقاعدة  $q(v) = \frac{\rho v^2}{2}$ ،

حيث  $\rho$  (ويقرأ روه) كثافة الغاز، و  $v$  السرعة التي يتحرك بها الجزيء. ماذا يحدث للضغط الديناميكي

لجزيئات الغاز عندما تستمر سرعة الجزيئات في التزايد؟

استعمل التمثيل البياني لكل من الدوال الآتية لوصف سلوك طرفي تمثيلها البياني، ثم عزز إجابتك عددياً. (المثالان 6, 7)



(23) **كيمياء:** يعطى معدل التفاعل  $R$  في تجربة كيميائية بالدالة  $R(x) = \frac{0.5x}{x + 12}$ ، حيث  $x$  تركيز المحلول بالملجم لكل لتر. (مثال 7)

(a) مثل الدالة بيانياً باستعمال الحاسبة البيانية.

(b) صف سلوك طرفي التمثيل البياني، وماذا يعني في التجربة؟ عزز إجابتك عددياً.

استعمل التبرير المنطقي لتحديد سلوك طرف التمثيل البياني لكل دالة مما يأتي، عندما يقترب المتغير من  $\infty$ . برّر إجابتك. (مثال 8)

(24)  $f(u) = \frac{12}{u}$  (25)  $q(x) = -\frac{24}{x}$

(26)  $f(x) = \frac{0.8}{x^2}$  (27)  $h(r) = \frac{-1}{r^2 + 1}$

(28) **فيزياء:** تُعطى طاقة الحركة لجسم متحرك بالدالة  $E(m) = \frac{p^2}{2m}$ ، حيث  $p$  الزخم (حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته المتجهة)،  $m$  كتلة الجسم. إذا وضع رمل في شاحنة متحركة، فماذا يحدث إذا استمرت  $m$  في الازدياد؟ (مثال 8)

حدّد ما إذا كانت كل دالة مما يأتي متصلة عند قيمة  $x$  المعطاة. وبرّر إجابتك باستعمال اختبار الاتصال. وإذا كانت الدالة غير متصلة فحدّد نوع عدم الاتصال: لانهاضي، قفزي، قابل للإزالة. (المثالان 1, 2)

(1) عند  $x = -5$ ،  $f(x) = \sqrt{x^2 - 4}$

(2) عند  $x = 8$ ،  $f(x) = \sqrt{x + 5}$

(3) عند  $x = 6$ ،  $x = -6$ ،  $h(x) = \frac{x^2 - 36}{x + 6}$

(4) عند  $x = 1$ ،  $g(x) = \frac{x}{x - 1}$

(5) عند  $x = 4$ ،  $x = 1$ ،  $h(x) = \frac{x - 4}{x^2 - 5x + 4}$

(6) عند  $x = 6$ ،  $x = 0$ ،  $h(x) = \frac{x^2 - 6x}{x^3}$

(7) عند  $x = -6$ ،  $f(x) = \begin{cases} 4x - 1, & x \leq -6 \\ -x + 2, & x > -6 \end{cases}$



(8) **فيزياء:** غرفتان درجتا حرارتهما

مختلفتان يفصل بينهما حائط. تنتقل

الحرارة بين الغرفتين عبر الحائط بحسب

العلاقة  $f(w) = \frac{7.4}{w}$ ، حيث تمثل

$f(w)$  المعدل الزمني لانتقال الحرارة بالواط، و  $w$  سمك الحائط

بالمتر. (المثالان 1, 2)

(a) حدّد ما إذا كانت الدالة متصلة عند  $w = 0.4$ . وبرّر إجابتك باستعمال اختبار الاتصال.

(b) حدّد نقاط عدم الاتصال للدالة (إن وجدت)، وما نوعه؟

(c) مثل الدالة بيانياً للتحقق مما توصلت إليه في الفرع b.

أعد تعريف كل دالة مما يأتي عند قيمة  $x$  المعطاة؛ لتصبح الدالة متصلة عندها: (المثال 3)

(9)  $x = -3$ ،  $f(x) = \frac{x^2 - 9}{x + 3}$

(10)  $x = 5$ ،  $f(x) = \frac{x^2 - 25}{x - 5}$

(11)  $x = \sqrt{2}$ ،  $f(x) = \frac{x^2 - 2}{x - \sqrt{2}}$

حدّد الأعداد الصحيحة المتتالية التي تنحصر بينها الأصفار الحقيقية لكل دالة مما يأتي في الفترة المعطاة: (المثالان 4, 5)

(12)  $f(x) = x^3 - x^2 - 3$ ،  $[-2, 4]$

(13)  $g(x) = -x^3 + 6x + 2$ ،  $[-4, 4]$

(14)  $f(x) = 2x^4 - 3x^3 + x^2 - 3$ ،  $[-3, 3]$

(15)  $h(x) = \frac{x^2 + 4}{x - 5}$ ،  $[-2, 4]$

(16)  $g(x) = \sqrt{x^3 + 1} - 5$ ،  $[0, 5]$

**الحاسبة البيانية:** مثل بيانياً كلاً من الدوال الآتية و صف سلوك طرفي التمثيل البياني، وعزز إجابتك عددياً.

$$g(x) = x^5 - 20x^4 + 2x^3 - 5 \quad (35)$$

$$f(x) = \frac{16x^2}{x^2 + 15x} \quad (36)$$

**(37) أعمال:** بدأ حمد مشروعاً تجارياً صغيراً بالطباعة على القمصان وبيعها. إذا كانت تكلفة الطباعة على القميص الواحد 9 ريالات وتكلفة المعدات اللازمة 12000 ريال. فأجب عما يأتي:

(a) اكتب دالة تبيّن معدّل تكلفة الطباعة على القميص الواحد على صورة دالة في عدد القمصان المنتجة  $n$ .

(b) استعمل الحاسبة البيانية لتمثيل الدالة.

(c) إذا استمر ازدياد عدد القمصان المنتجة بشكل كبير، فكم سيصبح معدّل تكلفة الطباعة على القميص الواحد؟

**(38) تمثيلات متعددة:** سوف تستقصي في هذه المسألة النهايات.

افترض أن  $f(x) = \frac{ax^3 + b}{cx^3 + d}$ ، حيث  $a$  و  $c$  عددان صحيحان لا يساويان الصفر، و  $b$  و  $d$  عددان صحيحان.

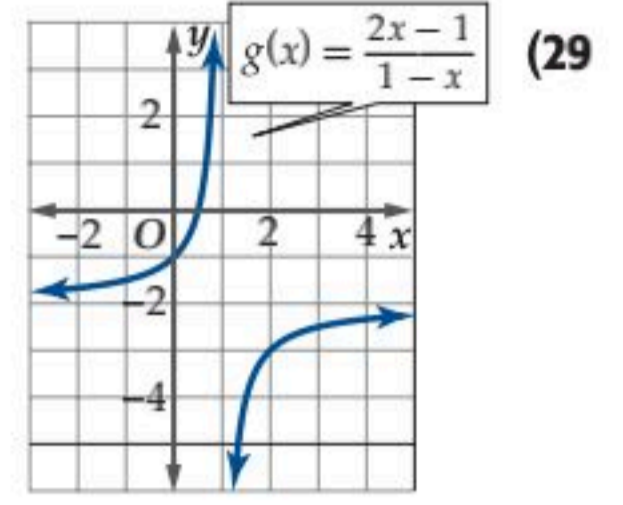
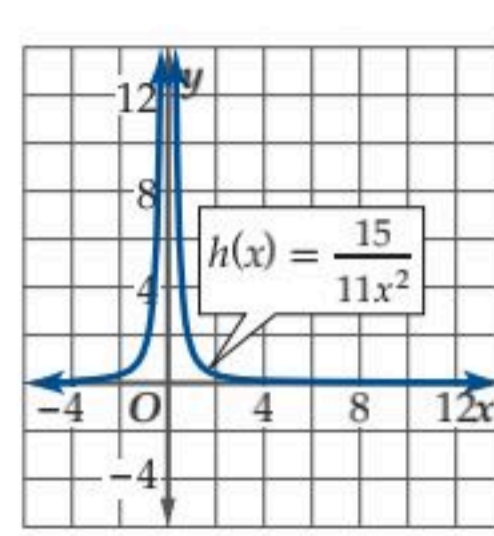
(a) **جدولياً:** افترض أن  $c = 1$  و اختر ثلاث مجموعات مختلفة لقيم  $a, b, d$ . ثم اكتب الدالة في كل حالة وأكمل الجدول أدناه:

$c = 1$				
$a$	$b$	$d$	$\lim_{x \rightarrow \infty} f(x)$	$\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x)$

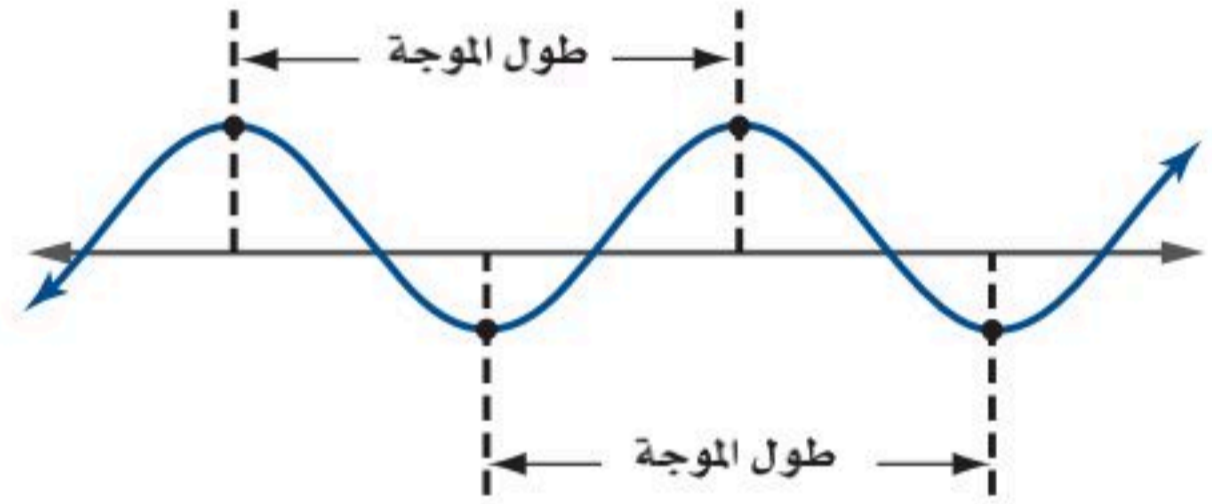
(b) **جدولياً:** اختر ثلاث مجموعات مختلفة من القيم لكل متغير، مجموعة فيها  $a > c$ ، ومجموعة فيها  $a < c$ ، ومجموعة فيها  $a = c$ . ثم اكتب كل دالة، وكون جدولاً كما في الفرع a.

(c) **تحليلياً:** خمن قيمة نهاية الدالة  $f(x) = \frac{ax^3 + b}{cx^3 + d}$  عندما تقترب  $x$  من  $-\infty$  و  $+\infty$ .

استعمل كلاً من التمثيل البياني الآتين لتحديد قيمة أو قيم  $x$  التي تكون الدالة غير متصلة عندها، وحدد نوع عدم الاتصال، ثم استعمل المنحنى لوصف سلوك طرفي التمثيل البياني. برّر إجابتك.



**(31) فيزياء:** تُسمّى المسافة بين نقطتين متناظرتين على موجتي ضوء متتاليتين بطول الموجه  $\lambda$  (ويقرأ لامدا)، ويُسمى عدد الموجات الكاملة التي تمر بنقطة خلال مدة زمنية محددة بالتردد  $f$ .



وتصف الدالة  $f(\lambda) = \frac{c}{\lambda}$  العلاقة بين طول الموجة والتردد، حيث  $c$  سرعة الضوء ومقدارها  $2.99 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

(a) مثل الدالة بيانياً باستعمال الحاسبة البيانية.

(b) استعمل المنحنى لوصف سلوك طرفي التمثيل البياني. وعزز إجابتك عددياً.

(c) هل الدالة متصلة؟ إذا كان الجواب لا، فعين نقاط عدم الاتصال.

**الحاسبة البيانية:** مثل كلاً من الدوال الآتية بيانياً، ثم حدد ما إذا كانت متصلة أم لا. وإذا كانت غير متصلة، فحدد نوع عدم الاتصال، وحدد نقاطه. ثم صف سلوك طرفي التمثيل البياني، وعين أصفار الدالة إن وجدت.

$$f(x) = \frac{x^2}{x^3 - 4x^2 + x + 6} \quad (32)$$

$$h(x) = \frac{4x^2 + 11x - 3}{x^2 + 3x - 18} \quad (33)$$

$$h(x) = \frac{x^3 - 5x^2 - 26x + 120}{x^2 + x - 12} \quad (34)$$



إذا كانت  $f(x) = \frac{2x - 5}{x^2 - 3x + 1}$  فأوجد قيمة الدالة في كل

مما يأتي: (الدرس 1-1)

(53)  $f(9)$

(54)  $f(3b)$

(55)  $f(2a - 3)$

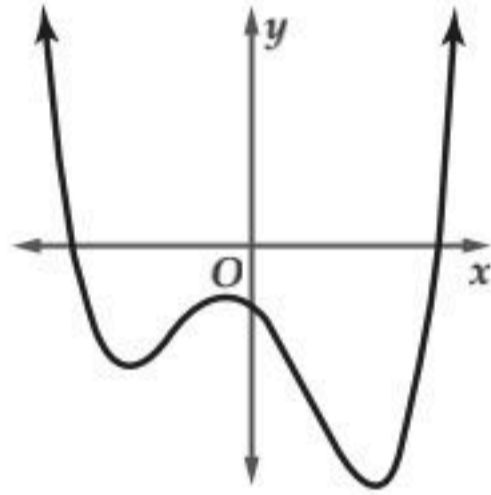
مثل بيانياً كل من الدوال الآتية باستعمال الحاسبة البيانية، ثم حلل منحناها لتحديد إن كانت الدالة زوجية أم فردية أم غير ذلك. ثم تحقق من إجابتك جبرياً. وإن كانت زوجية أو فردية فصف تماثل منحناها. (الدرس 1-2)

(56)  $h(x) = \sqrt{x^2 - 9}$

(57)  $f(x) = \frac{x+4}{x-2}$

### تدريب على اختبار

(58) بين التمثيل البياني أدناه منحنى دالة كثيرة الحدود  $f(x)$ . أي الأعداد الآتية يمكن أن يكون درجة للدالة  $f(x)$ ؟



1 A

2 B

3 C

4 D

(59) في أي الفترات الآتية يقع صفر الدالة  $f(x) = \sqrt{x^2 - 6} - 6$ ؟

[6, 7] A

[7, 8] B

[8, 9] C

[9, 10] D



وزارة التعليم

Ministry of Education

الدرس 1-3 الاتصال والنهاية 144 - 37 2023

### مسائل مهارات التفكير العليا

**تبرير:** بين إذا كان لكل من الدالتين الآتيتين عدم اتصال لانهاضي، أم قفزي، أم قابل للإزالة عند  $x = 0$ . برر إجابتك.

(39)  $f(x) = \frac{x^5 + x^6}{x^5}$  (40)  $f(x) = \frac{x^4}{x^5}$

(41) **تحذ:** أوجد قيمة كل من  $a, b$  التي تجعل الدالة  $f$  متصلة.

$$f(x) = \begin{cases} x^2 + a, & x \geq 3 \\ bx + a, & -3 < x < 3 \\ -b - x, & x \leq -3 \end{cases}$$

**تبرير:** أوجد  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x)$  في كل من الحالات الآتية، وبرر إجابتك.

(42)  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = -\infty$  حيث  $f$  دالة زوجية.

(43)  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = -\infty$  حيث  $f$  دالة فردية.

(44)  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = \infty$  حيث  $f$  دالة متماثلة حول نقطة الأصل.

(45)  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = \infty$  حيث  $f$  دالة متماثلة حول المحور  $y$ .

(46) **اكتب:** أعط مثالاً على دالة لها عدم اتصال قابل للإزالة، ثم بين كيف يمكن إزالته. وكيف تؤثر إزالة عدم الاتصال في الدالة؟

### مراجعة تراكمية

استعمل الحاسبة البيانية لتمثيل كل من الدوال الآتية بيانياً، وتحديد أصفارها. ثم تحقق من إجابتك جبرياً: (الدرس 1-2)

(47)  $f(x) = \frac{2x+1}{x}$

(48)  $g(x) = \frac{x^2-3}{x+1}$

(49)  $h(x) = \sqrt{x^2 + 4x + 5}$

حدد مجال كل من الدوال الآتية: (الدرس 1-1)

(50)  $f(x) = \frac{4x+6}{x^2+3x+2}$

(51)  $g(x) = \frac{x+3}{x^2-2x-10}$

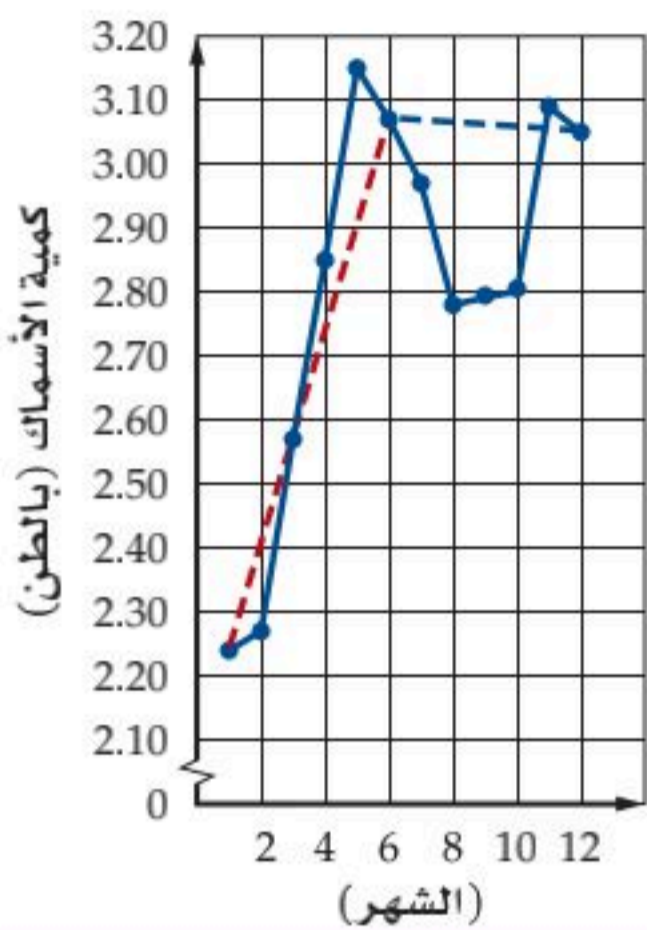
(52)  $g(a) = \sqrt{2-a^2}$



# القيم القصوى ومتوسط معدل التغير

## Extrema and Average Rates of Change

### معدل كميات الأسماك



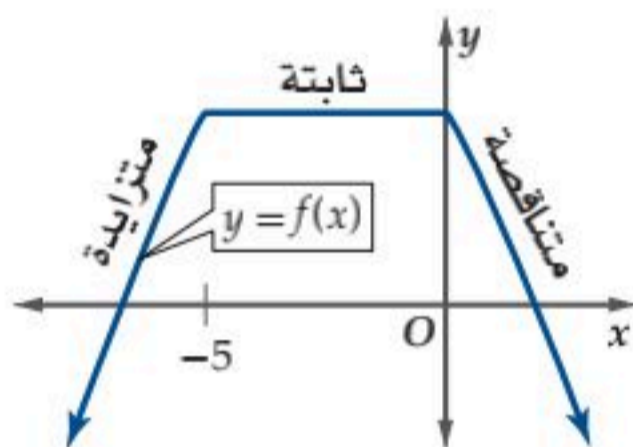
### لماذا؟

يبين التمثيل البياني المجاور معدل كميات الأسماك التي اصطادها أحد الصيادين في المملكة خلال أشهر عام 1431 هـ.

يتضح من التمثيل أن المعدل أخذ في التزايد من شهر محرم وحتى جمادى الأولى، ثم تناقص حتى شعبان، وبقي ثابتاً تقريباً حتى شوال، ثم تزايد مرة أخرى حتى ذي القعدة، وأخيراً تناقص قليلاً بين شهري ذي القعدة وذو الحجة.

كما يتضح أن أعلى معدل للصيد بلغ 3.15 أطنان، وذلك في شهر جمادى الأولى، ويلاحظ من ميلي الخططين المنقطين بالأحمر والأزرق أن معدل التغير في النصف الأول من عام 1431 هـ أكثر منه في النصف الثاني.

**التزايد والتناقص:** خاصية من خصائص الدوال التي تساعد على دراسة الدالة، حيث تحدد الفترات التي تزايد أو تناقص الدالة فيها أو تبقى ثابتة.



ففي الشكل المجاور، إذا تتبعنا منحنى الدالة  $f(x)$ ، من اليسار إلى اليمين فإنك تلاحظ أن:

- $f(x)$  متزايدة في الفترة  $(-\infty, -5)$
- ثابتة في الفترة  $(-5, 0)$
- متناقصة في الفترة  $(0, \infty)$

يمكن التعبير عن خصائص الدالة من حيث كونها متزايدة أو متناقصة أو ثابتة جبرياً على النحو الذي يلخصه المفهوم الآتي:

مفهوم أساسي		الدوال المتزايدة، المتناقصة، الثابتة
	<b>التعبير اللفظي:</b> تكون الدالة $f$ متزايدة على فترة ما إذا وفقط إذا زادت قيم $f(x)$ كلما زادت قيم $x$ في الفترة.	<b>النموذج:</b>
	<b>التعبير اللفظي:</b> تكون الدالة $f$ متناقصة على فترة ما إذا وفقط إذا تناقصت قيم $f(x)$ كلما زادت قيم $x$ في الفترة.	<b>النموذج:</b>
	<b>التعبير اللفظي:</b> تكون الدالة $f$ ثابتة على فترة ما إذا وفقط إذا لم تتغير قيم $f(x)$ لأي قيم $x$ في الفترة.	<b>النموذج:</b>
<b>الرموز:</b>	لكل $x_1$ و $x_2$ في الفترة، فإن $f(x_1) < f(x_2)$ عندما تكون $x_1 < x_2$ .	<b>الرموز:</b>
<b>الرموز:</b>	لكل $x_1$ و $x_2$ في الفترة، فإن $f(x_1) > f(x_2)$ عندما تكون $x_1 < x_2$ .	<b>الرموز:</b>
<b>الرموز:</b>	لكل $x_1$ و $x_2$ في الفترة، فإن $f(x_1) = f(x_2)$ عندما تكون $x_1 < x_2$ .	<b>الرموز:</b>

### فيما سبق:

درست كيفية إيجاد قيم الدوال. (الدرس 1-1)

### والآن:

- أستعمل التمثيل البياني لدالة: لأحدد الفترات التي تكون فيها الدالة: متزايدة، ثابتة، متناقصة. وأحدد القيم العظمى والصغرى لها.
- أجد متوسط معدل التغير للدالة.

### المفردات:

المتزايدة

increasing

المتناقصة

decreasing

الثابتة

constant

النقطة الحرجة

critical point

العظمى

maximum

الصغرى

minimum

القصوى

extrema

متوسط معدل التغير

average rate of change

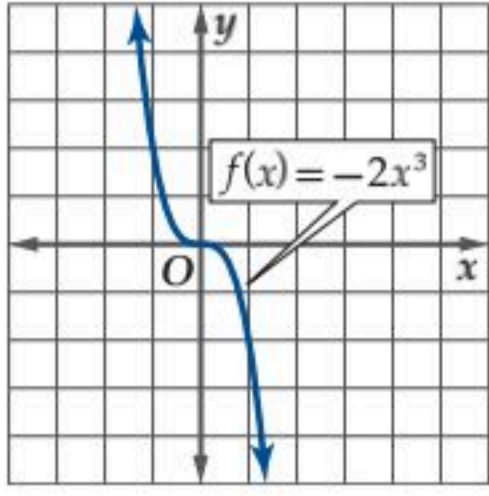
القاطع

secant line

## تحديد التزايد والتناقص

### مثال 1

استعمل التمثيل البياني لكل من الدالتين الآتيتين لتقدير الفترات التي تكون فيها الدالة متزايدة، أو متناقصة، أو ثابتة مقربةً إلى أقرب 0.5 وحدة، ثم عزز إجابتك عددياً.



$$f(x) = -2x^3 \quad (a)$$

التحليل بيانياً:

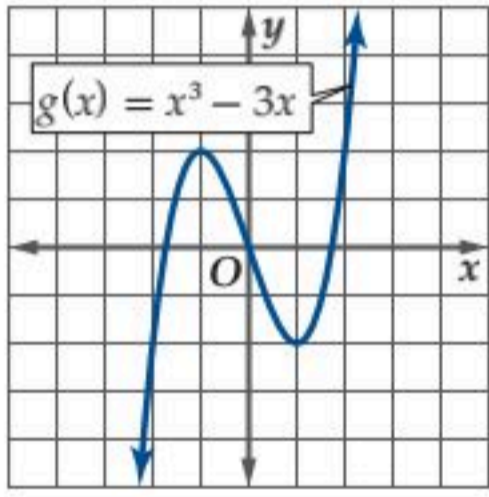
يبين التمثيل البياني أن قيم  $f(x)$  تتناقص كلما ازدادت قيم  $x$ ؛ لذا فإن الدالة متناقصة في الفترة  $(-\infty, \infty)$ .

التعزيز عددياً:

كوّن جدولاً يتضمن قيمًا للمتغير  $x$  في الفترة.

$x$	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8
$f(x)$	1024	432	128	16	0	-16	-128	-432	-1024

يوضح الجدول أنه عندما تزايدت قيم  $x$ ، تتناقص قيم  $f(x)$ ؛ وهذا يعزّز ما توصلنا إليه من التمثيل البياني.



$$g(x) = x^3 - 3x \quad (b)$$

التحليل بيانياً:

يبين التمثيل البياني أن  $g$  متزايدة في الفترة  $(-\infty, -1)$ ، ومتناقصة في الفترة  $(-1, 1)$ ، ومتزايدة في الفترة  $(1, \infty)$ .

التعزيز عددياً:

كوّن جدولاً يتضمن قيمًا للمتغير  $x$  في كل فترة من الفترات الثلاث السابقة.

$x$	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$g(x)$	-1298	-702	-322	-110	-18	2

$(-\infty, -1)$ :

$x$	-1	-0.5	0	0.5	1
$g(x)$	2	1.375	0	-1.375	-2

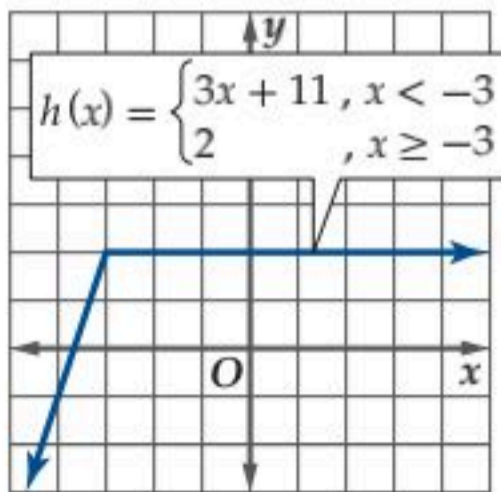
$(-1, 1)$ :

$x$	1	3	5	7	9	11
$g(x)$	-2	18	110	322	702	1298

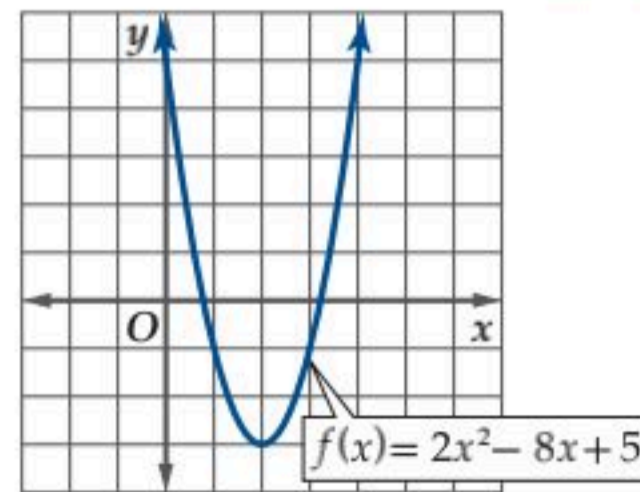
$(1, \infty)$ :

توضح الجداول السابقة أنه عندما تزداد  $x$  إلى  $-1$ ، فإن  $g(x)$  تزداد، وعندما تزداد  $x$  من  $-1$  إلى  $1$ ، فإن  $g(x)$  تتناقص، أما عندما تزداد  $x$  ابتداءً من  $1$ ، فإن  $g(x)$  تزداد. وهذا يعزّز ما توصلنا إليه من التمثيل البياني.

تحقق من فهمك



(1B)



(1A)

بينما يستعمل التمثيل البياني لإيجاد الفترات التي تكون فيها الدالة متزايدة أو متناقصة أو ثابتة ويمكن تعزيز ذلك عددياً، إلا أننا نحتاج إلى حساب التفاضل لإثبات صحة هذه الخصائص.

### تنبيه!

فترات:

لا يمكن وصف دالة بأنها متناقصة أو متزايدة عند نقطة؛ لذلك يستعمل القوسين ( ) عند تحديد الفترات التي تكون فيها الدالة متزايدة أو متناقصة.

### إرشادات للدراسة

الدوال المتزايدة،

المتناقصة، الثابتة؛

إذا كانت الدالة متزايدة أو

متناقصة أو ثابتة لكل قيم

$x$  في مجالها تسمى دالة

متزايدة أو متناقصة أو ثابتة

على الترتيب. فالدالة في

المثال 1a متناقصة، بينما

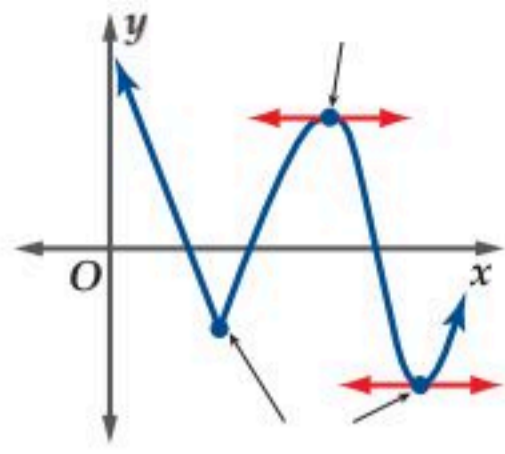
الدالة في المثال 1b لا يمكن

تصنيفها على أنها متزايدة أو

متناقصة؛ لأنها متزايدة على

فترة ومتناقصة على أخرى.





لاحظ أن النقاط التي تغير الدالة عندها سلوك تزايدها أو تناقصها تكون قمة أو قاعاً في منحنى الدالة وتُسمى نقاطاً حرجية. ويكون المماس المرسوم للمنحنى عند هذه النقاط إما أفقياً أو عمودياً (أي أن ميله صفر أو غير معرف)، أو أنه لا يوجد عندها مماس، وقد يدل ذلك على وجود قيمة عظمى أو صغرى للدالة.

يمكن أن يكون للدالة أشكال مختلفة من القيم العظمى والقيم الصغرى (القيم القصوى).

### إرشادات للدراسة

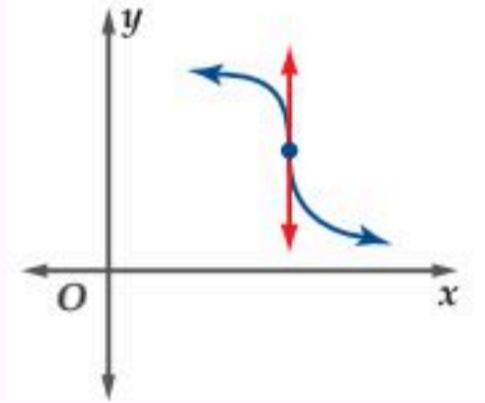
#### القيم القصوى:

ليس من الضروري أن توجد قيمة قصوى عند كل نقطة حرجية.

### إرشادات للدراسة

#### القيم القصوى:

إذا كان ميل المماس لمنحنى الدالة عند النقطة الحرجية غير معرف كما في الشكل أدناه؛ فإنه لا توجد للدالة عند هذه النقطة قيمة عظمى أو صغرى.



### إرشادات للدراسة

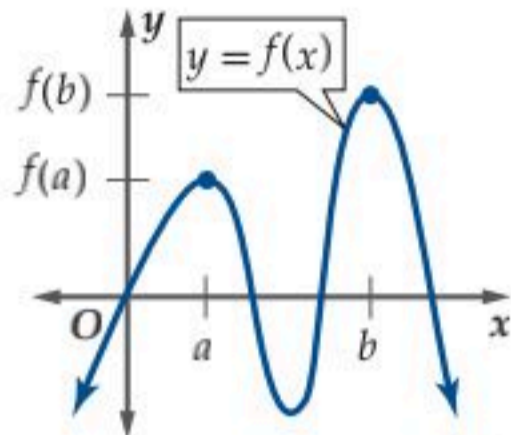
#### قيمة قصوى محلية:

يُستعمل مصطلح قيمة قصوى محلية بدلاً من قيمة عظمى محلية أو صغرى محلية.

### مفهوم أساسي

#### القيم القصوى المحلية والمطلقة

#### النموذج:



$f(a)$  قيمة عظمى محلية للدالة  $f$   
 $f(b)$  قيمة عظمى مطلقة للدالة  $f$

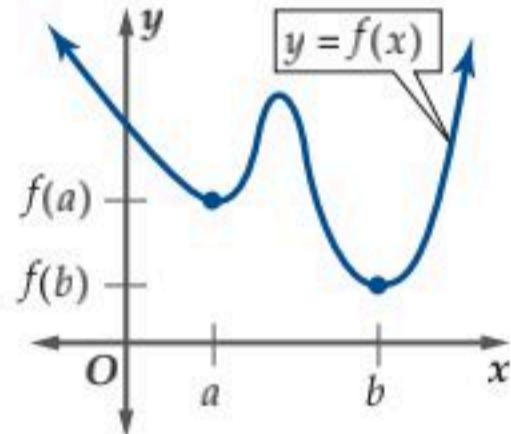
**التعبير اللفظي:** إذا وجدت قيمة للدالة وكانت أكبر من جميع القيم الأخرى في فترة من مجال الدالة سُميت قيمة عظمى محلية.

**الرموز:** تكون  $f(a)$  قيمة عظمى محلية للدالة  $f$  إذا وجدت فترة  $(x_1, x_2)$  تحتوي  $a$  على أن يكون لكل قيم  $x$  في الفترة  $(x_1, x_2)$ ،  $f(a) \geq f(x)$ .

**التعبير اللفظي:** إذا وجدت قيمة عظمى محلية للدالة، وكانت أكبر قيمة للدالة في مجالها، سُميت قيمة عظمى مطلقة.

**الرموز:** تكون  $f(b)$  قيمة عظمى مطلقة للدالة  $f$  إذا كان لكل قيم  $x$  في مجالها،  $f(b) \geq f(x)$ .

#### النموذج:



$f(a)$  قيمة صغرى محلية للدالة  $f$   
 $f(b)$  قيمة صغرى مطلقة للدالة  $f$

**التعبير اللفظي:** إذا وجدت قيمة للدالة، وكانت أصغر من جميع القيم الأخرى في فترة من مجال الدالة، سُميت قيمة صغرى محلية.

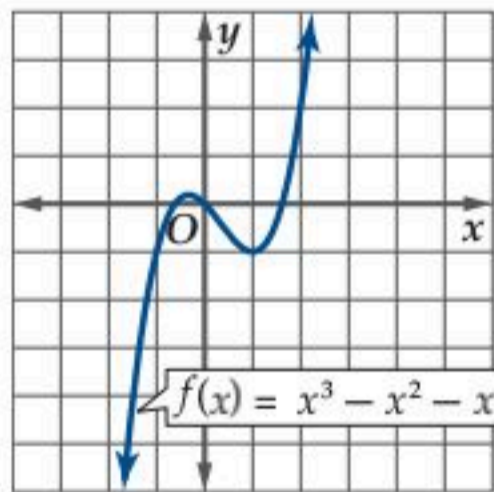
**الرموز:** تكون  $f(a)$  قيمة صغرى محلية للدالة  $f$  إذا وجدت فترة  $(x_1, x_2)$  تحتوي  $a$  على أن يكون لكل قيم  $x$  في الفترة  $(x_1, x_2)$ ،  $f(a) \leq f(x)$ .

**التعبير اللفظي:** إذا وجدت قيمة صغرى محلية للدالة وكانت أصغر قيمة للدالة في مجالها سُميت قيمة صغرى مطلقة.

**الرموز:** تكون  $f(b)$  قيمة صغرى مطلقة للدالة  $f$  إذا كان لكل قيم  $x$  في مجالها  $f(b) \leq f(x)$ .

### مثال 2

#### تقدير القيم القصوى للدالة وتحديدتها



استعمل التمثيل البياني لتقدير قيم  $x$  التي يكون للدالة  $f(x)$  عندها قيم قصوى مقربة إلى أقرب 0.5 وحدة، وأوجد قيم الدالة عندها، وبين نوع القيم القصوى، ثم عزّز إجابتك عددياً.

#### التحليل بيانياً:

يوضح التمثيل البياني أن للدالة قيمة عظمى محلية عند  $x = -0.5$ ، ومقدارها صفر تقريباً. كما يوجد للدالة قيمة صغرى محلية عند  $x = 1$ ، ومقدارها  $-1$ . لاحظ كذلك أن  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = -\infty$  و  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = \infty$ ، وعليه لا يوجد قيم قصوى مطلقة للدالة.

#### التعزيز عددياً:

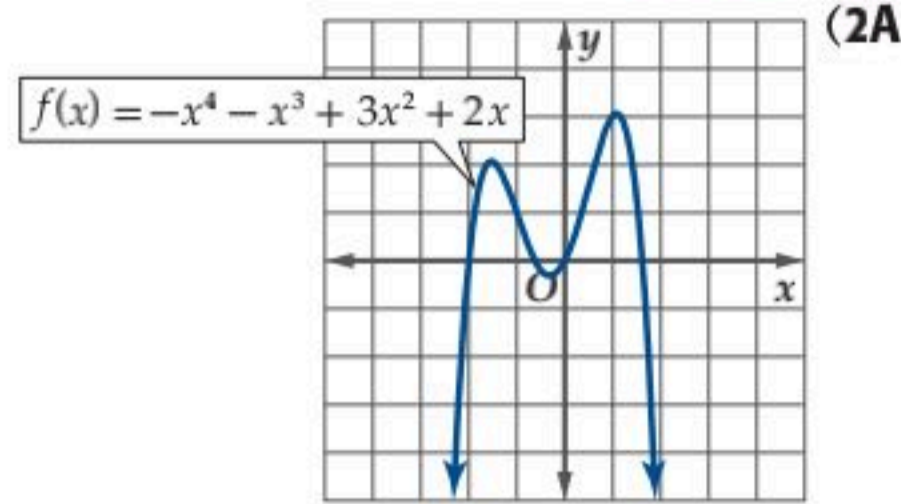
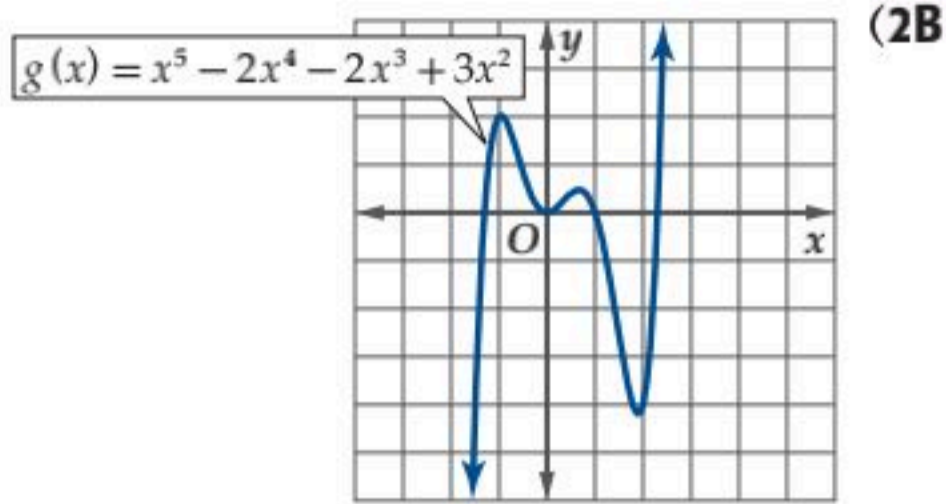
اختر قيمًا للمتغير  $x$  على طرفي قيمة  $x$  المتوقع أن يكون عندها قيمة قصوى محلية، ثم اختر قيمتين إحداهما كبيرة جداً، والأخرى صغيرة جداً.

$x$	-100	-1	-0.5	0	0.5	1	1.5	100
$f(x)$	$-1.0 \cdot 10^6$	-1.00	0.13	0	-0.63	-1	-0.38	$9.9 \cdot 10^5$

بما أن  $f(-0.5) > f(0)$  و  $f(-0.5) > f(-1)$ ، فيوجد للدالة قيمة عظمى محلية عند إحدى قيم  $x$  القريبة من  $-0.5$  في الفترة  $(-1, 0)$ . وبما أن  $f(-0.5) \approx 0.13$  فإن تقدير القيمة العظمى المحلية بالقيمة 0 يعد معقولاً.

بالطريقة نفسها، بما أن  $f(1) < f(0.5), f(1) < f(1.5)$ ، فتوجد قيمة صغرى محلية عند إحدى قيم  $x$  القريبة من العدد 1 في الفترة (0.5, 1.5) و بما أن  $f(1) = -1$ ، فإن تقدير القيمة الصغرى بالقيمة -1 يعد معقولاً. وبما أن  $f(100) > f(-0.5), f(-100) < f(1)$ ، فهذا يعزز تخميننا بأنه لا توجد قيم قصوى مطلقة.

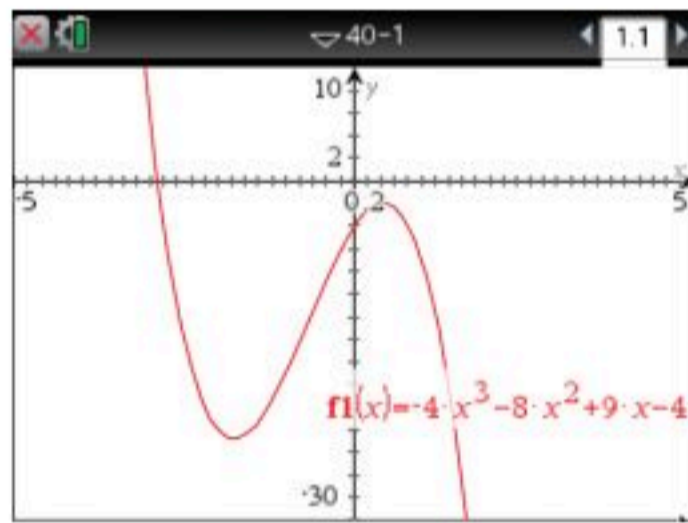
تحقق من فهمك



نحتاج إلى حساب التفاضل لاختبار تزايد الدالة وتناقصها، ونحتاج إليه أيضاً لتحديد القيم القصوى المحلية والمطلقة للدالة والذي ستم دراستها في الفصل الثامن (النهايات والاشتقاق). كما يمكن استعمال الحاسبة البيانية لتحديد مواقع القيم القصوى، وإيجاد قيمها.

### مثال 3 استعمال الحاسبة البيانية لتقدير القيم القصوى

**الحاسبة البيانية:** استعمال الحاسبة البيانية لتجد القيم القصوى المحلية والمطلقة للدالة  $f(x) = -4x^3 - 8x^2 + 9x - 4$  مقربة إلى أقرب جزء من مئة، وحدد قيم  $x$  التي تكون عندها هذه القيم.

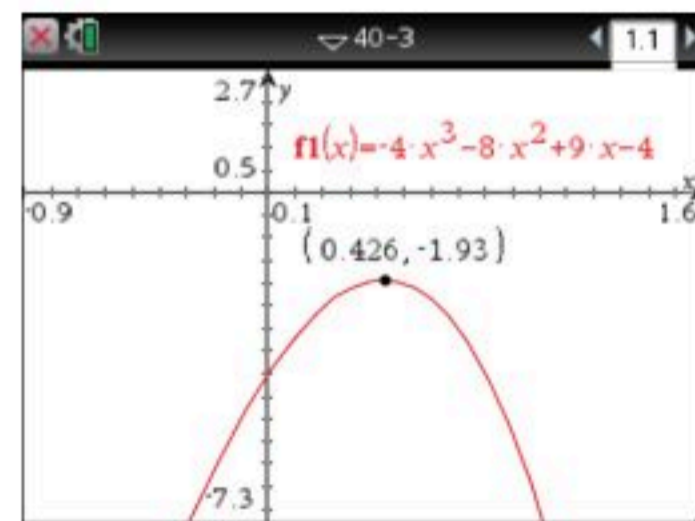
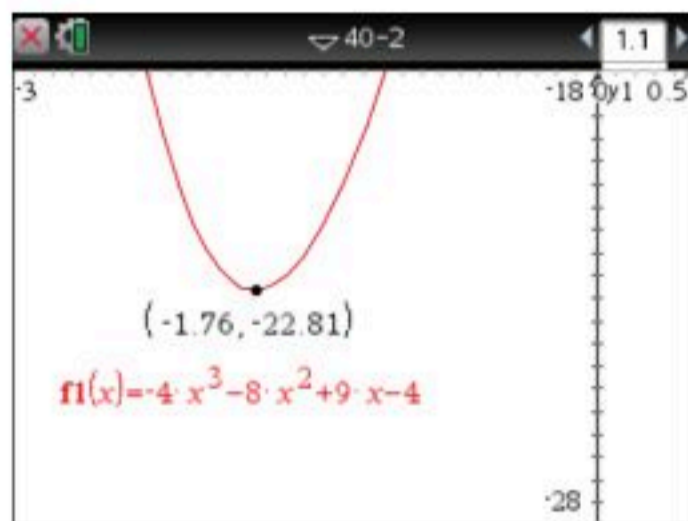


مثل الدالة بيانياً، واختر التدرج المناسب بحسب الحاجة لتتمكن من رؤية خصائص الدالة.

بالضغط على المفاتيح:  $\left[ \text{on} \right]$ ، ثم اكتب الدالة واضغط  $\left[ \text{enter} \right]$

يوضح التمثيل البياني أن للدالة قيمة صغرى محلية واحدة في الفترة (-2, -1)، وقيمة عظمى محلية واحدة في الفترة (0, 1)، أما سلوك طرفي التمثيل البياني فيدل على عدم وجود قيم قصوى مطلقة للدالة.

اضغط على مفتاح  $\left[ \text{menu} \right]$ ، ثم على  $\left[ \text{6} \right]$ : تحليل الرسم البياني، واختر منها  $\left[ \text{3} \right]$ : القيمة العظمى أو  $\left[ \text{2} \right]$ : القيمة الصغرى، ثم مرر المؤشر أفقياً على الشاشة من اليسار إلى اليمين فتظهر نقطة القيمة الصغرى المحلية تقدر بـ -22.81 وتكون عند  $x = -1.76$ ، وتقدر القيمة العظمى المحلية بـ -1.93 وتكون عند  $x = 0.43$



تحقق من فهمك

(3B)  $g(x) = 2x^3 - 4x^2 - x + 5$

(3A)  $h(x) = 7 - 5x - 6x^2$

إن البحث عن الحل الأمثل هو أحد التطبيقات الحياتية على القيم القصوى في الرياضيات، حيث يتم التعبير عن المسائل الحياتية بدوال توضع عليها بعض الشروط الخاصة ثم تُحسب القيمة الأمثل.



#### الربط مع الحياة

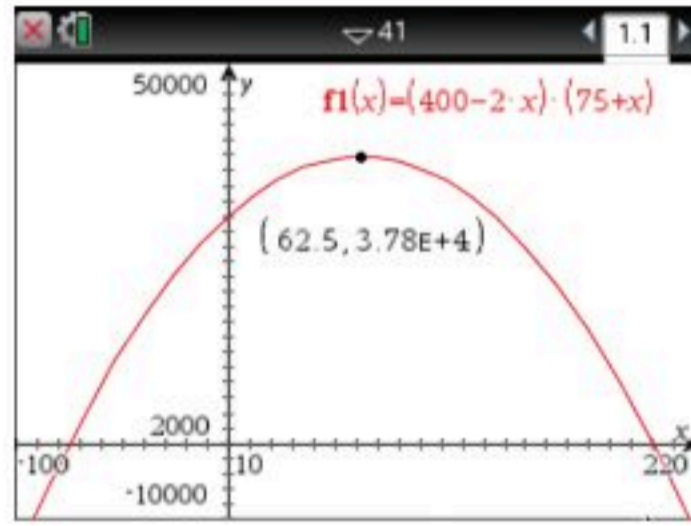
تشير بعض الدراسات الحديثة إلى أن شرب عصير البرتقال يساعد في الوقاية من أمراض القلب.

### مثال 4 من واقع الحياة تطبيقات القيم القصوى

**زراعة:** يتم قطف 400 حبة برتقال من كل شجرة في الموسم الواحد عندما يكون عدد أشجار البرتقال في الحقل 75 شجرة. فإذا علمت أنه عند زراعة كل شجرة جديدة ينقص إنتاج كل شجرة في البستان بمقدار حبتين. فكم شجرة إضافية يجب زراعتها للحصول على أكبر إنتاج ممكن؟

اكتب الدالة  $f(x)$  لتصف الإنتاج الكلي للبستان، بحيث تمثل  $x$  عدد أشجار البرتقال الجديدة التي سيتم زراعتها.

$$\begin{array}{l} \text{الإنتاج الكلي} = \text{عدد الأشجار في البستان} \times \text{إنتاج الشجرة الواحدة} \\ \text{للبيستان} = (75 + x) \times \text{من البرتقال} \\ f(x) = (75 + x) \times (400 - 2x) \end{array}$$



المطلوب هو إيجاد أكبر إنتاج ممكن للبستان أو القيمة العظمى للدالة  $f(x)$ . لذا مثل الدالة بيانياً باستعمال الحاسبة البيانية، ثم اضغط على مفتاح **menu**، ثم **6: تحليل الرسم البياني**، واختر منها **3: القيمة العظمى**، ثم مرر المؤشر أفقياً على الشاشة من اليسار إلى اليمين فتظهر نقطة القيمة العظمى، تقدر بـ 37812.5 وتكون عند  $x \approx 62.5$ .

لذا يكون إنتاج البستان أكبر ما يمكن عند زراعة 62 أو 63 شجرة جديدة، ويكون مقدار الإنتاج 37812 حبة برتقال تقريباً.

#### تحقق من فهمك

**4 صناعة:** يرغب صاحب مصنع زجاج في إنتاج كأس أسطوانية الشكل مفتوحة من أعلى مساحتها الكلية  $10\pi \text{ in}^2$ . أوجد طول نصف قطر الكأس وارتفاعه اللذين يجعلان حجمها أكبر ما يمكن.

**متوسط معدل التغير:** تعلمت في دراستك السابقة أن الميل بين أي نقطتين واقعتين على دالة خطية يمثل مقداراً ثابتاً. إلا أنه يتغير عند التعامل مع دوال غير خطية، إذ يختلف الميل باختلاف النقاط؛ لذا فإننا نتحدث عن متوسط معدل تغير الدالة بين أي نقطتين.

### مفهوم أساسي متوسط معدل التغير

**التعبير اللفظي:** متوسط معدل التغير بين أي نقطتين على منحنى الدالة  $f$  هو ميل المستقيم المار بهاتين النقطتين.

**هندسياً:** يُسمى المستقيم المار بنقطتين على منحنى الدالة قاطعاً، ويرمز لميل القاطع بالرمز  $m_{\text{sec}}$ .

**الرموز:** متوسط معدل تغير الدالة  $f(x)$  في الفترة  $[x_1, x_2]$  هو  $m_{\text{sec}} = \frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1}$

## إيجاد متوسط معدل التغير

### مثال 5

أوجد متوسط معدل التغير للدالة  $f(x) = -x^3 + 3x$  الممثلة في الشكل (1.4.1) في كلٍّ من الفترتين الآتيتين:

(a)  $[-2, -1]$

استعمل قاعدة حساب متوسط معدل التغير للدالة  $f$  في الفترة  $[-2, -1]$ .

$$\begin{aligned} \text{عوض } -1 \text{ مكان } x_2, -2 \text{ مكان } x_1 & \quad \frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1} = \frac{f(-1) - f(-2)}{-1 - (-2)} \\ & = \frac{[-(-1)^3 + 3(-1)] - [-( -2)^3 + 3(-2)]}{-1 - (-2)} \\ \text{عوض } f(-2), f(-1) & \quad = \frac{-2 - 2}{-1 - (-2)} = -4 \\ \text{بسّط} & \end{aligned}$$

أي أن متوسط معدل التغير للدالة  $f$  في الفترة  $[-2, -1]$  هو  $-4$ .

(b)  $[0, 1]$

$$\begin{aligned} \text{عوض } 1 \text{ مكان } x_2, 0 \text{ مكان } x_1 & \quad \frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1} = \frac{f(1) - f(0)}{1 - 0} \\ & = \frac{2 - 0}{1 - 0} = 2 \\ \text{عوض } f(0), f(1) \text{ وبسّط} & \end{aligned}$$

أي أن متوسط معدل التغير للدالة  $f$  في الفترة  $[0, 1]$  هو  $2$ .

تحقق من فهمك

$$f(x) = x^4 - 6x^2 + 4x, [-5, -3] \quad (5B) \quad f(x) = x^3 - 2x^2 - 3x + 2, [2, 3] \quad (5A)$$

يُستعمل متوسط معدل التغير في تطبيقات حياتية كثيرة، ومنها السرعة المتوسطة  $r$  لجسم يقطع مسافة  $d$  في زمن مقداره  $t$ .

## إيجاد السرعة المتوسطة

### مثال 6 من واقع الحياة

**فيزياء:** إذا كانت المسافة التي يقطعها جسم ساقط من مكان مرتفع تعطى بالدالة  $d(t) = 16t^2$ ، حيث  $t$  الزمن بالثواني بعد سقوط الجسم،  $d(t)$  المسافة المقطوعة بالأقدام. إذا أهملت مقاومة الهواء، فأوجد السرعة المتوسطة في كلٍّ من الفترتين الآتيتين.

(a) من 0 إلى 2 ثانية

$$\begin{aligned} \text{عوض } 2 \text{ مكان } t_2, 0 \text{ مكان } t_1 & \quad \frac{d(t_2) - d(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{d(2) - d(0)}{2 - 0} \\ & = \frac{64 - 0}{2} = 32 \\ \text{عوض } d(0), d(2) \text{ وبسّط} & \end{aligned}$$

متوسط تغير الدالة في الفترة المعطاة يساوي  $32 \text{ ft/s}$ . وهذا يعني أن سرعة الجسم المتوسطة في أول ثانيتين من السقوط هو  $32 \text{ ft/s}$ .

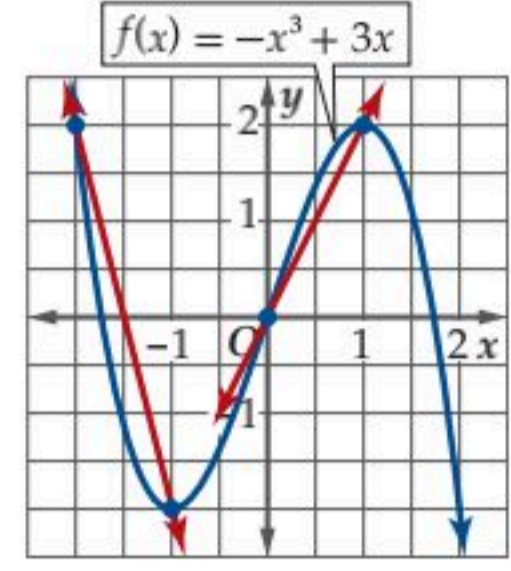
(b) من 2 إلى 4 ثوانٍ

$$\begin{aligned} \text{عوض } 4 \text{ مكان } t_2, 2 \text{ مكان } t_1 & \quad \frac{d(t_2) - d(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{d(4) - d(2)}{4 - 2} \\ & = \frac{256 - 64}{2} = 96 \text{ ft/sec} \\ \text{عوض } d(2), d(4) \text{ وبسّط} & \end{aligned}$$

متوسط معدل تغير الدالة في الفترة المعطاة يساوي  $96 \text{ ft/s}$ ، وهذا يعني أن سرعة الجسم المتوسطة في الثانيةين التاليتين هو  $96 \text{ ft/s}$ .

تحقق من فهمك

(6) **فيزياء:** قُدِّفَ جسم إلى أعلى من ارتفاع  $4 \text{ ft}$  عن سطح الأرض، فإذا كان ارتفاعه عن سطح الأرض يُعطى بالدالة  $d(t) = -16t^2 + 20t + 4$ ، حيث  $t$  الزمن بالثواني بعد قذفه و  $d(t)$  المسافة التي يقطعها، إذا أهملت مقاومة الهواء، فأوجد السرعة المتوسطة للجسم في الفترة من  $0.5$  إلى  $1$  ثانية.



الشكل 1.4.1

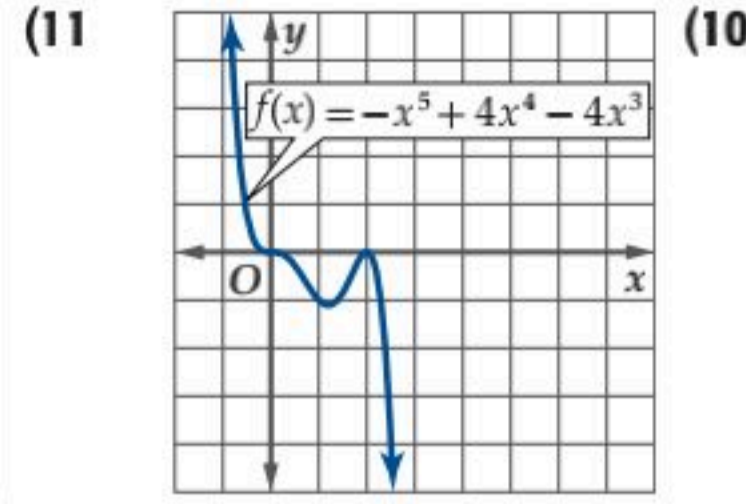
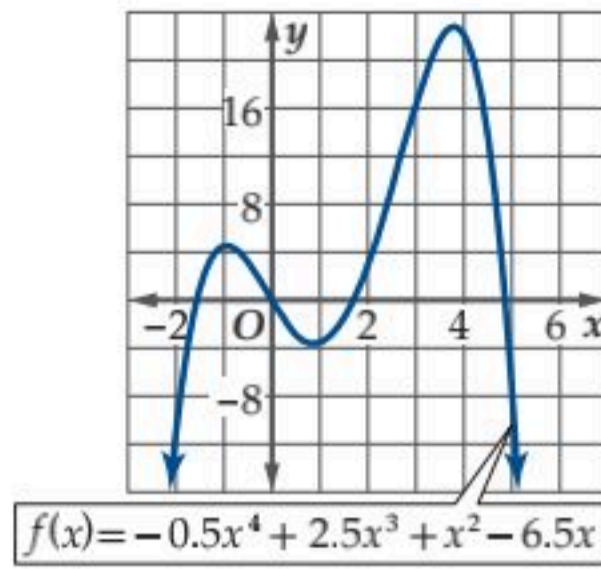


### الربط مع الحياة

إن الأجسام الساقطة تصل أخيرًا إلى سرعة ثابتة تُسمى السرعة الحدية. ويصل المظلي إلى السرعة الحدية (120-150 mi/h) عندما تكون مظلته مغلقة.

### تنبيه

**السرعة المتوسطة:** يوجد فرق بين مفهوم السرعة المتوسطة والسرعة المتوسطة المتجهة؛ فالسرعة المتوسطة تعني المقدار فقط (كمية قياسية)، بينما السرعة المتوسطة المتجهة تعني المقدار والاتجاه (كمية متجهة).



**الحاسبة البيانية:** أوجد القيم القصوى المحلية والمطلقة مقربة إلى أقرب جزء من مئة لكل دالة فيما يأتي، وحدد قيم  $x$  التي تكون عندها هذه القيم: (مثال 3)

$$g(x) = -2x^3 + 7x - 5 \quad (12)$$

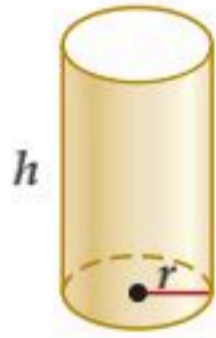
$$f(x) = x^4 - 2x^2 + 5x \quad (13)$$

$$f(x) = -x^5 + 3x^2 + x - 1 \quad (14)$$

$$g(x) = x^6 - 4x^4 + x \quad (15)$$

$$f(x) = 0.008x^5 - 0.05x^4 - 0.2x^3 + 1.2x^2 - 0.7x \quad (16)$$

$$f(x) = 0.025x^5 - 0.1x^4 + 0.57x^3 + 1.2x^2 - 3.5x - 2 \quad (17)$$



المساحة الجانبية + مساحة القاعدة  
تساوي  $20.5\pi$  بوصة مربعة

**هندسة:** أوجد كلاً من طول نصف قطر الأسطوانة وارتفاعها في الشكل المجاور؛ ليكون حجمها أكبر ما يمكن (قرب إلى أقرب جزء من عشرة). (مثال 4)

أوجد متوسط معدل التغير لكل دالة فيما يأتي في الفترة المعطاة. (مثال 5)

$$g(x) = 3x^2 - 8x + 2, [4, 8] \quad (19)$$

$$f(x) = 3x^4 - 2x^2 + 6x - 1, [5, 9] \quad (20)$$

$$f(x) = -2x^4 - 5x^3 + 4x - 6, [-1, 5] \quad (21)$$

$$h(x) = -x^5 - 5x^2 + 6x - 9, [3, 6] \quad (22)$$

$$f(x) = \frac{x-3}{x}, [5, 12] \quad (23)$$

$$f(x) = \sqrt{x+8}, [-4, 4] \quad (24)$$

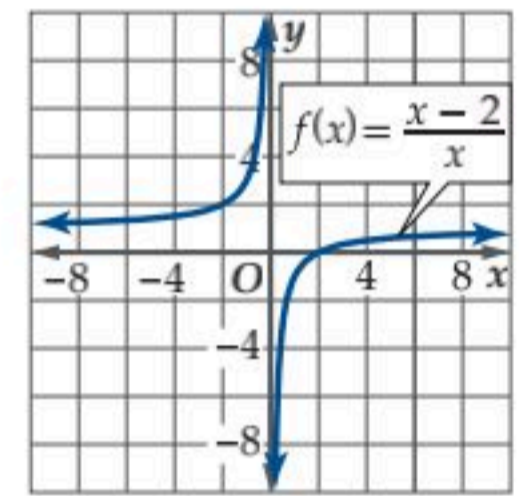
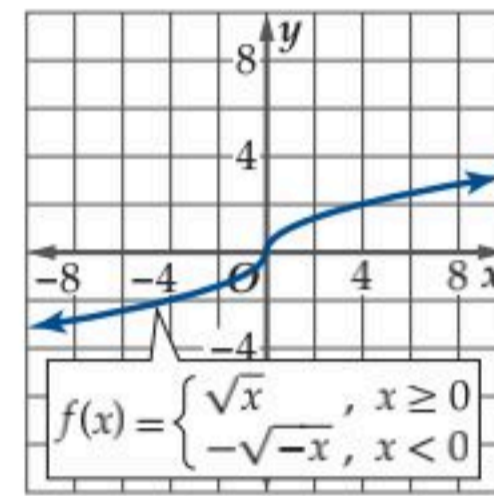
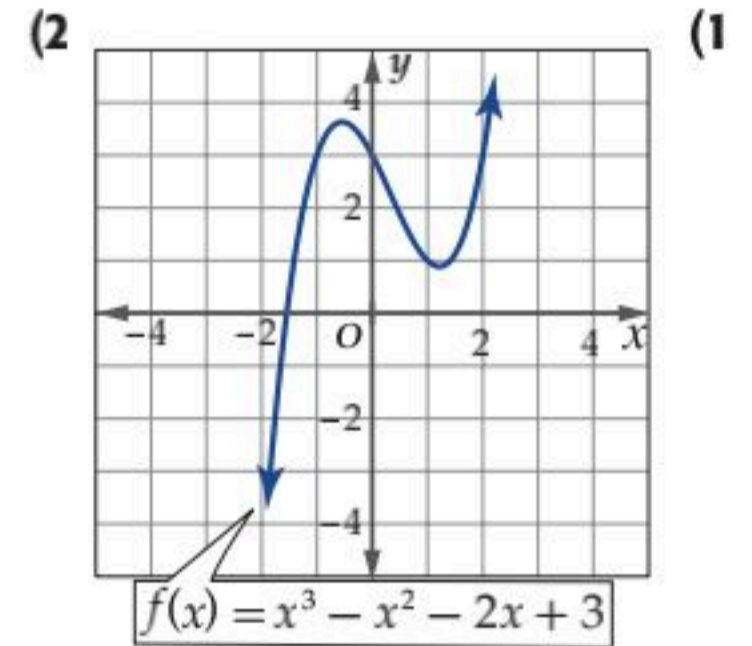
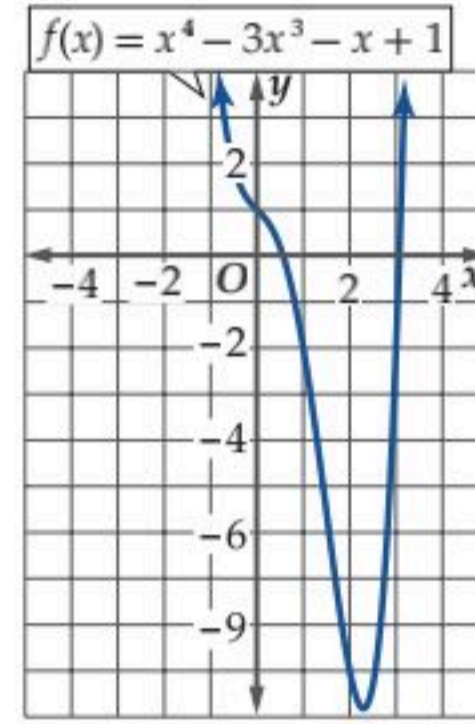
**طقس:** إذا كان متوسط درجات الحرارة السيليزية لكل شهر في المدينة المنورة في سنة ما معطى بالدالة:

$$f(x) = -0.5455x^2 + 7.09x + 21.45$$

حيث  $x$  تمثل رقم الشهر، فمثلاً  $x = 1$  تمثل شهر محرم، فأوجد متوسط معدل التغير في كل من الفترتين الآتيتين: وبرر إجابتك. (معاينة)

(a) من ربيع الثاني إلى جمادى الأول. (b) من رجب إلى شوال

استعمل التمثيل البياني لكل دالة مما يأتي لتقدير الفترات التي تكون فيها الدالة متزايدة، أو متناقصة، أو ثابتة مقربة إلى أقرب 0.5 وحدة. ثم عزز إجابتك عددياً: (مثال 1)

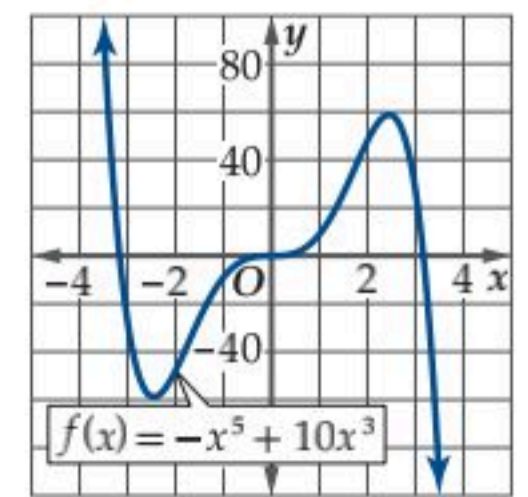
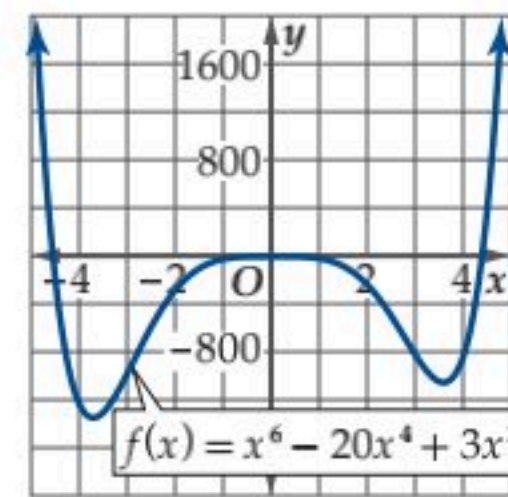
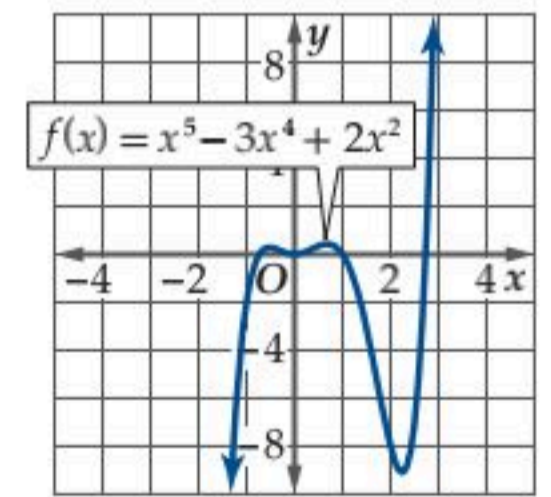
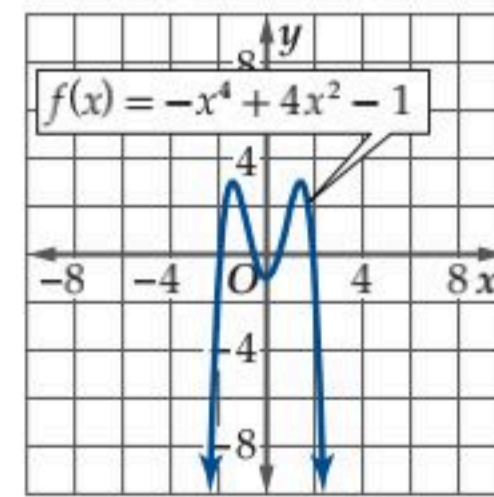


**5 كرة سلة:** يعطى ارتفاع كرة سلة  $f(t)$  عن سطح الأرض في الرمية الحرة بالدالة  $f(t) = -64.4t^2 + 48.3t + 5$ ، حيث  $t$  الزمن بالثواني، و  $f(t)$  الارتفاع بالأقدام. (مثال 2)

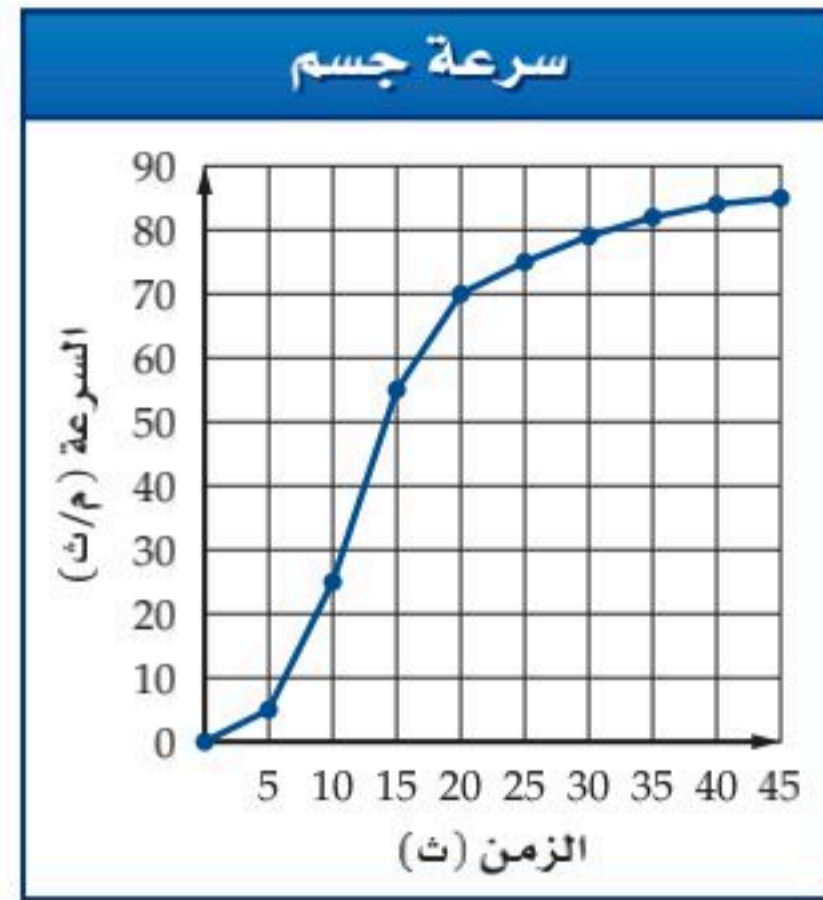
(a) مَثِّل الدالة بيانياً.

(b) أوجد قيمة تقريبية لأعلى ارتفاع تصل إليه الكرة. ثم عزز إجابتك عددياً.

قدّر قيم  $x$  التي يكون لكل من الدوال الآتية عندها قيم قصوى مقربة إلى أقرب 0.5 وحدة، وأوجد قيم الدالة عندها، وبيّن نوع القيم القصوى، ثم عزز إجابتك عددياً. (مثال 2)



(26) استعمل التمثيل البياني أدناه للإجابة عما يأتي:



(a) أوجد متوسط معدل التغير في كلٍّ من الفترات  $[5, 15]$ ,  $[15, 20]$ ,  $[25, 45]$ .

(b) قارن بين سرعات الجسم في هذه الفترات الزمنية.

(27) **تكنولوجيا:** تبين لفريق بحث في إحدى شركات الحاسوب أن الربح الذي تكسبه الشركة من بيع منتج جديد من الشرائح الإلكترونية يعطى بالدالة  $P(x) = -x^3 + 5x^2 + 8x$ ، حيث  $x$  ثمن بيع الشريحة الواحدة بمئات الريالات،  $0 \leq x \leq 6$ .

(a) مثل الدالة بيانياً.

(b) أوجد أفضل سعر للشريحة الواحدة والذي يعطي أكبر ربح.

(c) أوجد ربح الشريحة الواحدة عند بيعها بالسعر الأفضل.

(28) **دخل:** افترض أن الدخل السنوي (بالريال) لشخص منذ عام 1430 هـ وحتى عام 1440 هـ يعطى بالدالة:

$$I(x) = -1.465x^5 + 35.51x^4 - 277.99x^3 + 741.06x^2 + 847.8x + 25362, 0 \leq x \leq 10$$

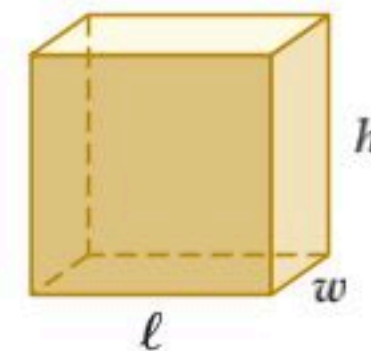
حيث  $x$  رقم السنة.

(a) مثل الدالة بيانياً.

(b) أوجد متوسط معدل تغير الدخل من عام 1433 إلى عام 1440 هـ. وماذا تعني قيمة متوسط معدل التغير في هذه الفترة؟

(c) حدّد السنوات الأربع التي يكون فيها متوسط معدل التغير أكبر ما يمكن، والسنوات الأربع التي يكون فيها أقل ما يمكن.

(29) **صندوق:** يرغب سالم في عمل صندوق مغلق من الكرتون حجمه 3024 قدمًا مكعبة. إذا كانت قاعدة الصندوق مربعة الشكل، فأوجد أبعاده التي تجعل مساحة سطحه أقل ما يمكن. وضح إجابتك.



مثل بيانياً الدالة  $f(x)$  في كل حالة مما يأتي:

(30)  $f(x)$  متصلة و متزايدة.

(31)  $f(x)$  متصلة و متناقصة.

(32)  $f(x)$  متصلة و متزايدة،  $f(x) > 0$  لجميع قيم  $x$ .

(33)  $f(x)$  متصلة و متناقصة،  $f(x) > 0$  لجميع قيم  $x$ .

(34)  $f(x)$  متصلة، و متزايدة لجميع قيم  $x < -2$ ، و متناقصة لجميع قيم  $x > -2$ .

(35)  $f(x)$  متصلة، و متناقصة لجميع قيم  $x < 0$ ، و متزايدة لجميع قيم  $x > 0$ .

**الحاسبة البيانية:** حدّد إحداثي النقطة التي يكون عندها لكل دالة مما يأتي قيمة قصوى مطلقة إن وجدت، وبيّن نوعها:

$$(36) f(x) = 2(x - 3)^2 + 5$$

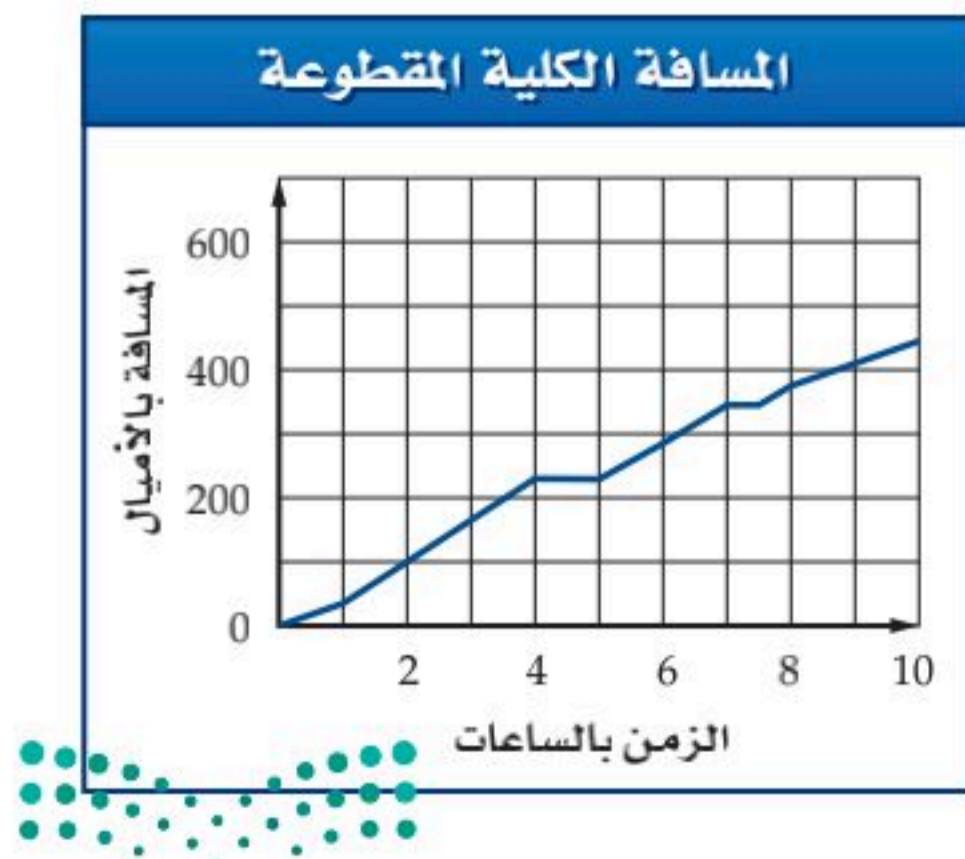
$$(37) f(x) = -0.5(x + 5)^2 - 1$$

$$(38) f(x) = -4|x - 22| + 65$$

$$(39) f(x) = (36 - x^2)^{0.5}$$

$$(40) f(x) = x^3 + x$$

(41) **سفر:** قام عبد الله بتسجيل المسافة الكلية التي قطعها في إحدى الرحلات ومثلها بيانياً. أعط أسباباً توضح اختلاف متوسط معدل التغير، ولماذا يكون ثابتاً في فترتين؟



**مسألة مفتوحة:** مثل بياناً الدالة  $f(x)$  في كل من السؤالين الآتيين.

(42) متصلة

متزايدة على  $(-\infty, 4)$

ثابتة على  $[4, 8]$

متناقصة على  $(8, \infty)$

$f(5) = 3$

(43) لها نقطة عدم اتصال لانهاائي عند  $x = -2$

متزايدة على  $(-\infty, -2)$

متزايدة على  $(-2, \infty)$

$f(-6) = -6$

(44) **تبرير:**  $f$  دالة متصلة لها قيمة صغرى محلية عند  $x = c$  و متزايدة

عندما  $x > c$ . صف سلوك الدالة عندما تزداد  $x$  لتقترب من  $c$ .

وضّح إجابتك.

(45) **تحّد:** إذا كانت  $g$  دالة متصلة، وكان  $g(a) = 8$  و  $g(b) = -4$ ،

فأعطِ وصفاً لقيمة  $g(c)$  حيث  $a < c < b$ . وبرّر إجابتك.

(46) **تحّد:** استعمل الحاسبة البيانية لتمثيل الدالة  $f(x) = \sin x$  بياناً،

ثم صف القيم القصوى المحلية للدالة.

(47) **تبرير:** أوجد ميل القاطع المار بالنقطتين  $(a, f(a))$ ،  $(b, f(b))$  إذا

كانت  $f(x)$  ثابتة في الفترة  $(a, b)$ . وضّح إجابتك.

(48) **اكتب:** صف متوسط معدل تغير الدالة إذا كانت متزايدة أو متناقصة

أو ثابتة في فترة معينة.

### مراجعة تراكمية

حدد ما إذا كانت كل دالة مما يأتي متصلة عند قيمة أو قيم  $x$  المعطاة معتمداً

على اختبار الاتصال. وإذا كانت الدالة غير متصلة، فبيّن نوع عدم الاتصال:

لانهاائي، قفزي، قابل للإزالة. (الدرس 1-3)

$$f(x) = \sqrt{x^2 - 2}, x = -3 \quad (49)$$

$$f(x) = \sqrt{x + 1}, x = 3 \quad (50)$$

$$h(x) = \frac{x^2 - 25}{x + 5}; x = -5, x = 5 \quad (51)$$

مثل كل دالة مما يأتي بياناً مستعملاً الحاسبة البيانية، ثم حدّد ما إذا كانت

الدالة زوجية أم فردية أم غير ذلك. وتحقق من إجابتك جبرياً، وإذا كانت

الدالة زوجية أو فردية فصف تماثل منحنى الدالة. (الدرس 1-2)

$$f(x) = |x^5| \quad (52)$$

$$f(x) = \frac{x + 8}{x - 4} \quad (53)$$

$$g(x) = \frac{x^2}{x + 3} \quad (54)$$

أوجد مجال كل دالة مما يأتي: (الدرس 1-1)

$$f(x) = \frac{3x}{x^2 - 5} \quad (55)$$

$$g(x) = \sqrt{x^2 - 9} \quad (56)$$

$$h(x) = \frac{x + 2}{\sqrt{x^2 - 7}} \quad (57)$$

صف سلوك طرفي التمثيل البياني لكل دالة مما يأتي: (الدرس 1-3)

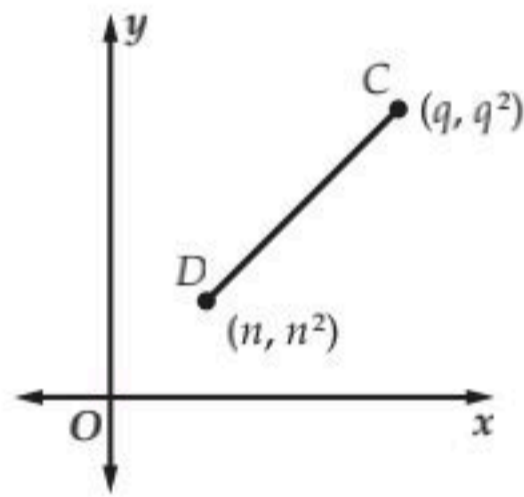
$$f(x) = x^{10} - x^9 + 5x^8 \quad (58)$$

$$g(x) = \frac{x^2 + 5}{7 - 2x^2} \quad (59)$$

$$h(x) = |(x - 3)^2 - 1| \quad (60)$$

### تدريب على اختبار

(61) في الشكل أدناه، إذا كان  $q \neq n$ ، فأوجد ميل القطعة المستقيمة  $CD$ .



$$\frac{q^2 + q}{n^2 - n} \quad \text{C} \quad q + n \quad \text{A}$$

$$\frac{1}{q + n} \quad \text{D} \quad q - n \quad \text{B}$$

(62) يوجد للدالة  $y = x^3 + 2x^2 - 4x - 6$  قيمة عظمى محلية، وقيمة

صغرى محلية. أوجد قيم  $x$  التي تكون عندها هذه القيم.

A عظمى محلية عند  $x \approx -0.7$

صغرى محلية عند  $x \approx 2$

B عظمى محلية عند  $x \approx -0.7$

صغرى محلية عند  $x \approx -2$

C عظمى محلية عند  $x \approx -2$

صغرى محلية عند  $x \approx 0.7$

D عظمى محلية عند  $x \approx 2$

صغرى محلية عند  $x \approx 0.7$

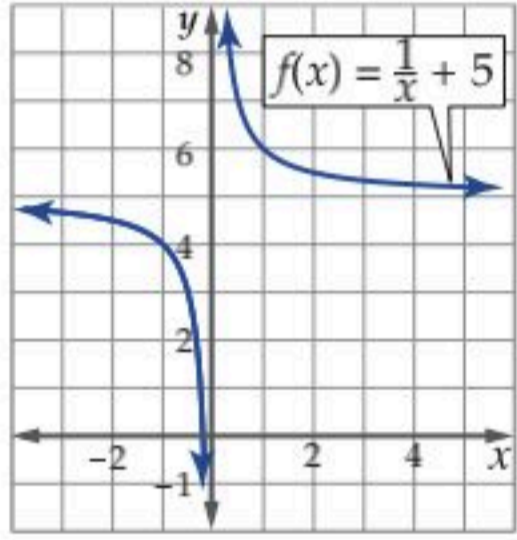


حدّد ما إذا كانت كل من الدالتين الآتيتين متصلتين عند  $x = 5$ . وبرّر إجابتك باستعمال اختبار الاتصال. (الدرس 1-3)

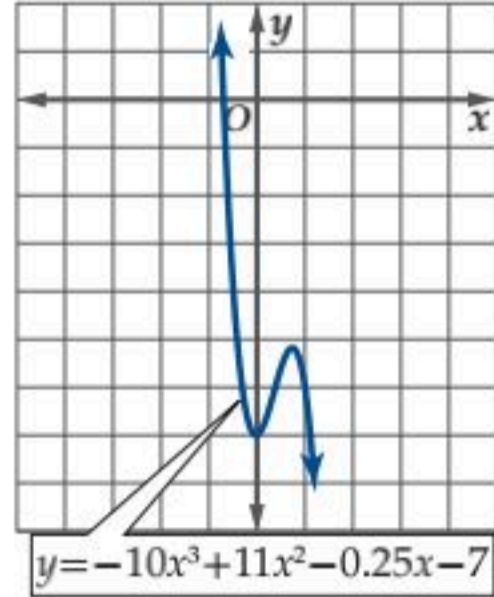
$$f(x) = \sqrt{x^2 - 36} \quad (13)$$

$$f(x) = \frac{x^2}{x+5} \quad (14)$$

صف سلوك طرفي كلٍّ من التمثيلين البيانيين الآتين. ثم عزّز إجابتك عددياً. (الدرس 1-3)

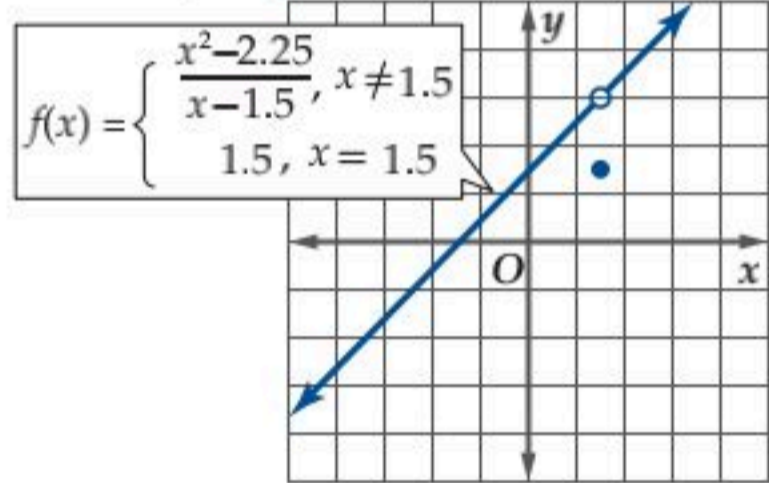


(16)



(15)

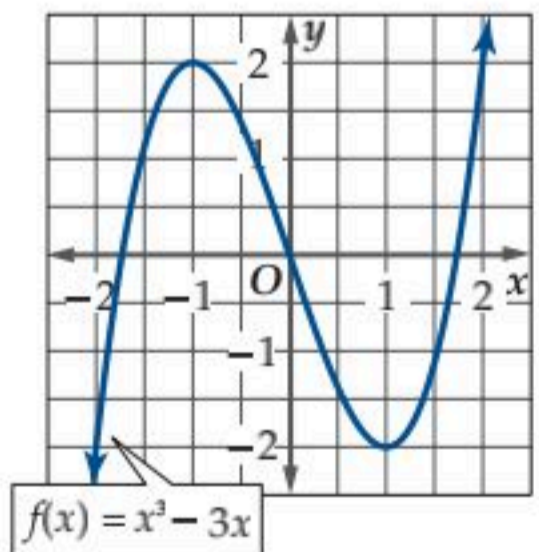
(17) اختيار من متعدد: ما نوع نقطة عدم الاتصال للدالة الممثلة في الشكل أدناه عند  $x = 1.5$ ؟ (الدرس 1-3)



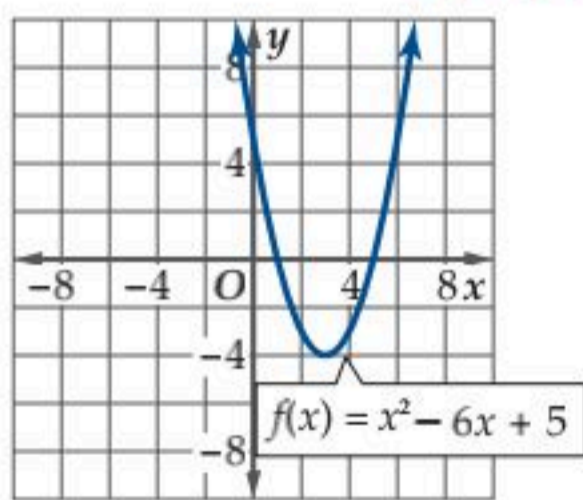
- A غير معرف لانهائي  
B قابل للإزالة  
C قفزي  
D قابل للإزالة

استعمل التمثيل البياني لكل دالة أدناه لتقدير الفترات التي تكون فيها الدالة متزايدة أو متناقصة أو ثابتة مقربة إلى أقرب 0.5 وحدة. وعزّز إجابتك عددياً.

(الدرس 1-4)



(19)



(18)

(20) استعمل التمثيل البياني للدالة في السؤال 18 أعلاه، وقدر قيمة  $x$  التي يكون للدالة عندها قيمة قصوى مقربة إلى أقرب 0.5 وحدة، وأوجد قيمة الدالة عندها، وبيّن نوعها، ثم عزّز إجابتك عددياً. (الدرس 1-4)

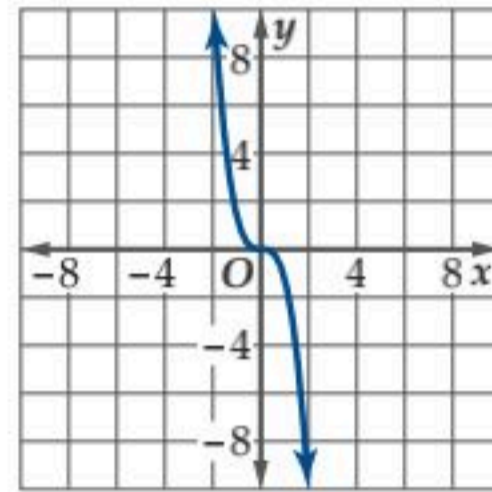
(21) فيزياء: إذا كانت المسافة التي يقطعها جسم يساقط من مكان مرتفع تعطى بالدالة  $d(t) = 16t^2$ ، حيث  $t$  الزمن بالثواني، والمسافة المقطوعة بالأقدام. إذا أهملت مقاومة الهواء فأوجد متوسط السرعة في الفترة  $[0, 3]$ . (الدرس 1-4)

في كل علاقة مما يأتي، حدد ما إذا كانت  $y$  تمثل دالة في  $x$ : (الدرس 1-1)

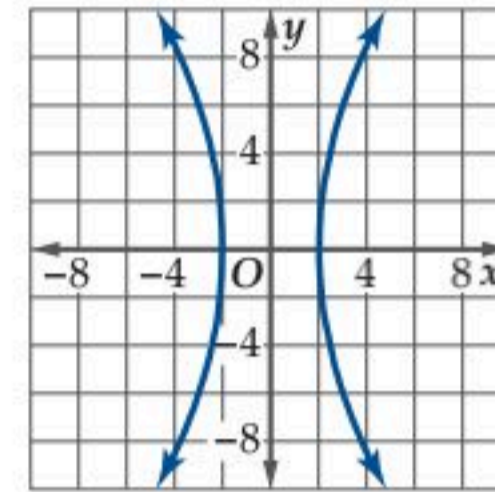
$$3x + 7y = 21 \quad (1)$$

x	y
-1	-1
1	3
3	7
5	11
7	15

(2)



(4)



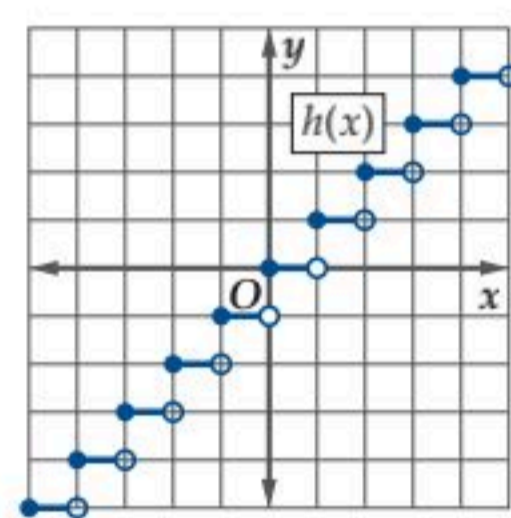
(3)

(5) إذا كانت  $f(x) = \begin{cases} x^2, & x < 2 \\ x, & x \geq 2 \end{cases}$ ، فأوجد  $f(2)$ . (الدرس 1-1)

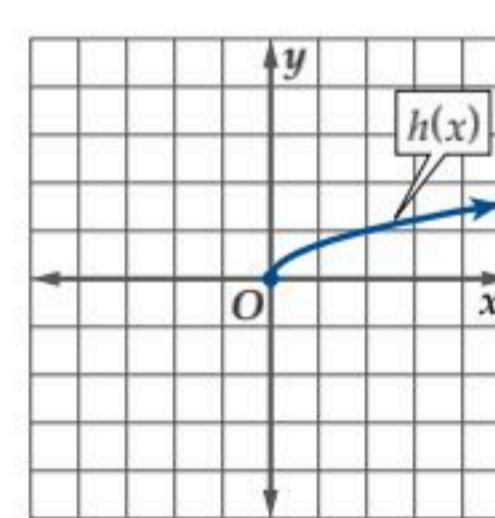
(6) كرة قدم: يعطى ارتفاع كرة قدم عن سطح الأرض عند ضربها من قبل حارس مرمى بالدالة  $h(t) = -8t^2 + 50t + 5$ ، حيث  $h$  ارتفاع الكرة بالأقدام، و  $t$  الزمن بالثواني. (الدرس 1-1)

(a) أوجد ارتفاع الكرة بعد 3 ثوانٍ.  
(b) ما مجال هذه الدالة؟ برّر إجابتك.

استعمل التمثيل البياني للدالة  $h$  أدناه لإيجاد مجالها ومداهما في كلٍّ مما يأتي: (الدرس 1-2)



(8)



(7)

أوجد المقطع  $y$  والأصفار لكلٍّ من الدالتين الآتين: (الدرس 1-2)

$$f(x) = 5 - \sqrt{x} \quad (10)$$

$$f(x) = x^3 - 16x \quad (9)$$

اختبر تماثل كلٍّ من المعادلتين الآتين حول المحور  $x$ ، والمحور  $y$ ، ونقطة الأصل. (الدرس 1-2)

$$xy = 4 \quad (12)$$

$$x^2 + y^2 = 9 \quad (11)$$

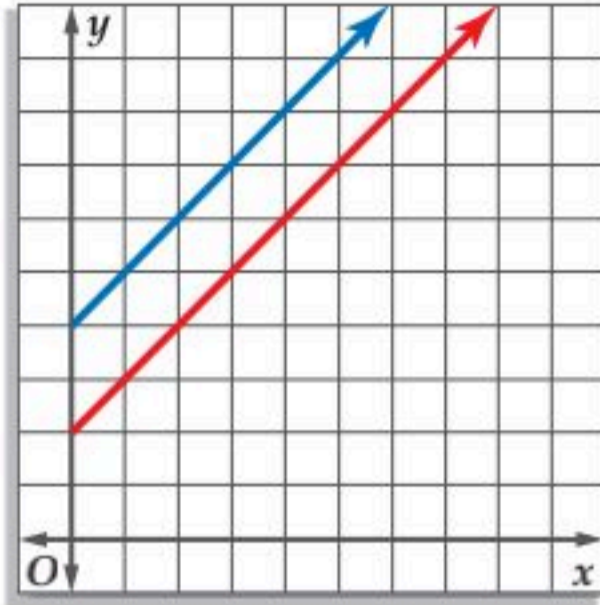




# الدوال الرئيسية (الأم) والتحويلات الهندسية

## Parent Functions and Transformations

### لماذا؟



استشارت شركة عددًا من المختصين حول سبل خفض تكلفة سلعة تنتجها. وبيّن التمثيلان البيانيان في الشكل المجاور تكلفة إنتاج  $x$  قطعة من السلعة قبل الاستشارة (الخط الأزرق) وبعده الاستشارة (الخط الأحمر). هذان التمثيلان مثال على التحويلات الهندسية.

**الدوال الرئيسية (الأم):** عائلة الدوال هي مجموعة دوال تشترك منحنياتها في صفة أو أكثر. وتُعرف الدالة الرئيسية (الأم) على أنها أبسط دالة في العائلة، إذ يمكن إجراء تحويلات هندسية عليها لإيجاد باقي دوال العائلة.

ستدرس في هذا الدرس ثمانية أنواع من الدوال الرئيسية (الأم) الأكثر شيوعًا. ومنها الدوال الخطية ودوال كثيرات الحدود.

### فيما سبق:

درست التمثيلات البيانية للدوال وتحليلها. (الدرس 1-4)

### والآن:

- أقوم بتعيين الدوال الرئيسية (الأم)، وأصفها، وأمثلها بيانيًا.
- أقوم بتعيين التحويلات الهندسية للدوال الرئيسية، وأمثلها بيانيًا.

### المفردات:

الدالة الرئيسية (الأم)

parent function

الدالة الثابتة

constant function

الدالة المحايدة

identity function

الدالة التربيعية

quadratic function

الدالة التكعيبية

cubic function

دالة الجذر التربيعي

square root function

دالة المقلوب

reciprocal function

دالة القيمة المطلقة

absolute value function

الدالة الدرجية

step function

دالة أكبر عدد صحيح

greatest integer function

التحويل الهندسي

transformation

الإزاحة (الانسحاب)

translation

الانعكاس

reflection

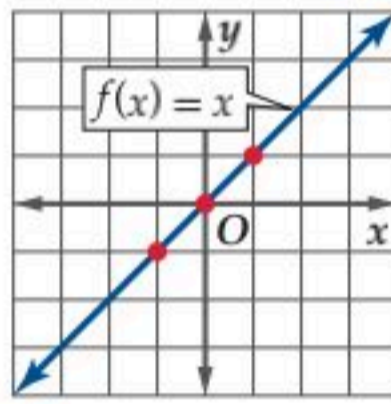
التمدد

dilation

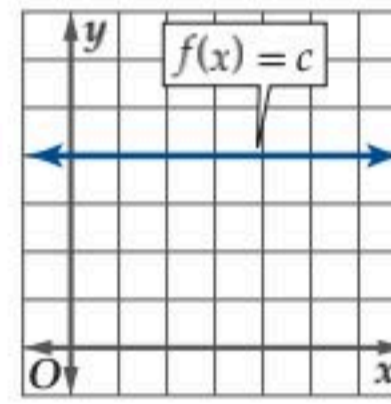
### الدوال الرئيسية (الأم) للدوال الخطية ودوال كثيرات الحدود

### مفهوم أساسي

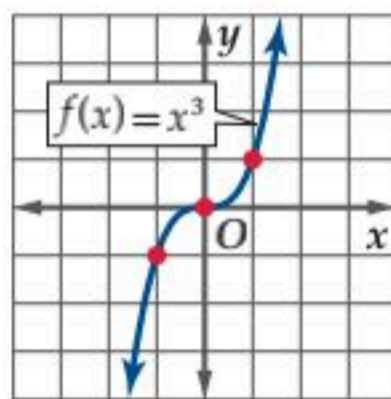
تمر الدالة المحايدة  $f(x) = x$  بجميع النقاط التي إحداثياتها  $(a, a)$ .



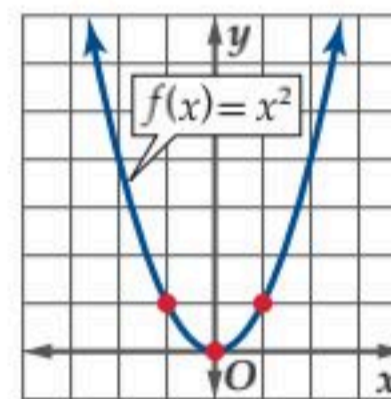
تكتب الدالة الثابتة على الصورة  $f(x) = c$  حيث  $c$  عدد حقيقي، وتُمثل بمستقيم أفقي.



الدالة التكعيبية  $f(x) = x^3$  متماثلة بالنسبة لنقطة الأصل.



يأخذ منحنى الدالة التربيعية  $f(x) = x^2$  شكل الحرف U.

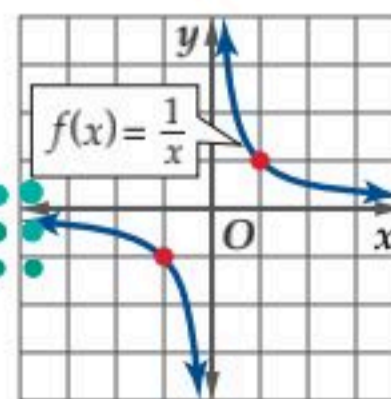


كما ستدرس أيضًا منحنيات دوال الجذر التربيعي ودوال المقلوب.

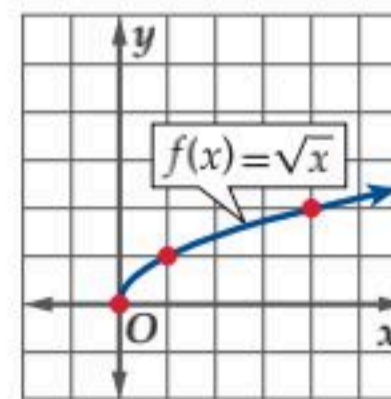
### الدالة الرئيسية (الأم) لكل من: دالتي الجذر التربيعي والمقلوب

### مفهوم أساسي

تكتب دالة المقلوب على الصورة  $f(x) = \frac{1}{x}$ ,  $x \neq 0$  وتكون متماثلة بالنسبة لنقطة الأصل.



تكتب دالة الجذر التربيعي على الصورة  $f(x) = \sqrt{x}$ ,  $x \geq 0$

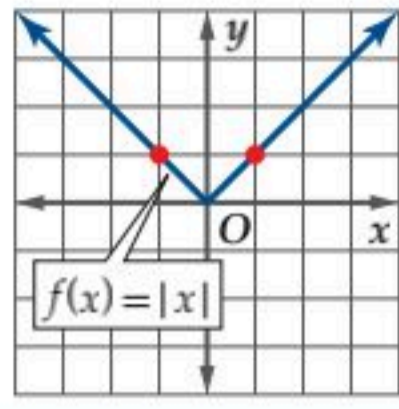


كما تُعدُّ دالة القيمة المطلقة إحدى الدوال الرئيسية (الأم).

### مفهوم أساسي

### دالة القيمة المطلقة الرئيسية (الأم)

النموذج



التعبير اللفظي: يُرمز لدالة القيمة المطلقة، بالرمز  $f(x) = |x|$ ، ويأخذ منحناها شكل الحرف V، وتعرّف على النحو الآتي:

$$f(x) = \begin{cases} -x & , x < 0 \\ x & , x \geq 0 \end{cases}$$

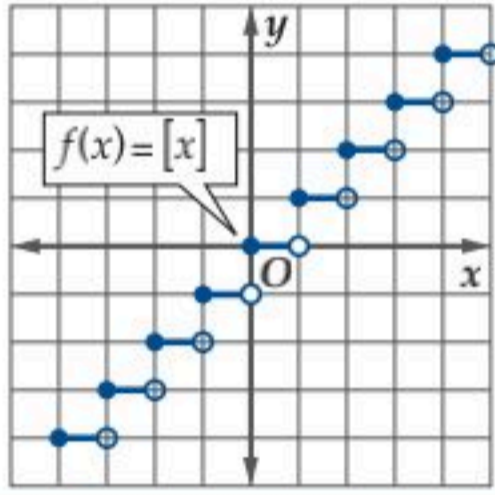
أمثلة:  $|-5| = 5, |0| = 0, |4| = 4$

أما الدالة الدرجية، فهي دالة متعددة التعريف يُشبه تمثيلها البياني الدرج، ومن الأمثلة المشهورة على هذا النوع دالة أكبر عدد صحيح.

### مفهوم أساسي

### دالة أكبر عدد صحيح

النموذج



التعبير اللفظي: يرمز لدالة أكبر عدد صحيح بالرمز  $f(x) = [x]$ ، وتعرف بأنها أكبر عدد صحيح أقل من أو يساوي  $x$ .

أمثلة:  $[-4] = -4, [-1.5] = -2, [\frac{1}{3}] = 0$

باستعمال ما تعلمته في الدروس السابقة، فإنه يمكنك وصف خصائص كل دالة من الدوال الرئيسية (الأم). ممّا يساعدك على تعرف منحنيات دوال أكثر تعقيداً من العائلة نفسها وتحليلها.

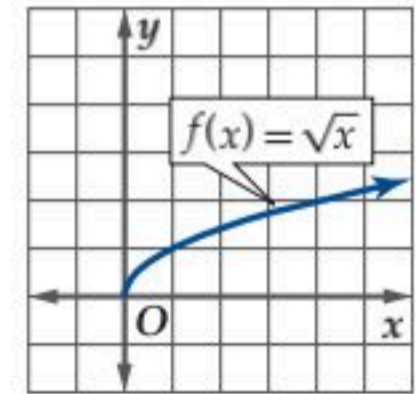
### مثال 1

### وصف خصائص الدالة الرئيسية (الأم)

صف خصائص منحنى الدالة الرئيسية (الأم)  $f(x) = \sqrt{x}$  (في الشكل 1.5.1): المجال والمدى والمقطع  $x$  والمقطع  $y$  والتماثل والاتصال وسلوك طرفي التمثيل البياني وفترات التزايد والتناقص.

خصائص منحنى دالة الجذر التربيعي (الشكل 1.5.1) هي:

- مجال الدالة  $[0, \infty)$ ، ومداه  $[0, \infty)$ .
- للمنحنى مقطع واحد عند  $(0, 0)$ .
- المنحنى غير متماثل؛ لذا فإن الدالة ليست زوجية ولا فردية.
- المنحنى متصل عند جميع قيم المجال.
- يبدأ المنحنى عند  $x = 0$  وتكون  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = \infty$ .
- المنحنى متزايد في الفترة  $(0, \infty)$ .



الشكل 1.5.1

### تحقق من فهمك

ارسم الدالة المعطاة وحدد المجال والمدى والمقطع  $x$  والمقطع  $y$  والتماثل والاتصال وسلوك طرفي التمثيل البياني وفترات التزايد والتناقص.

(1)  $f(x) = |x|$

**التحويلات الهندسية:** تؤثر التحويلات الهندسية في شكل منحنى الدالة الرئيسية (الأم). فبعض التحويلات تغير

موقع المنحنى فقط، ولا تغير أبعاده أو شكله، وتسمى تحويلات قياسية. وبعضها الآخر يغير شكل المنحنى وتسمى التحويلات الهندسية غير قياسية.

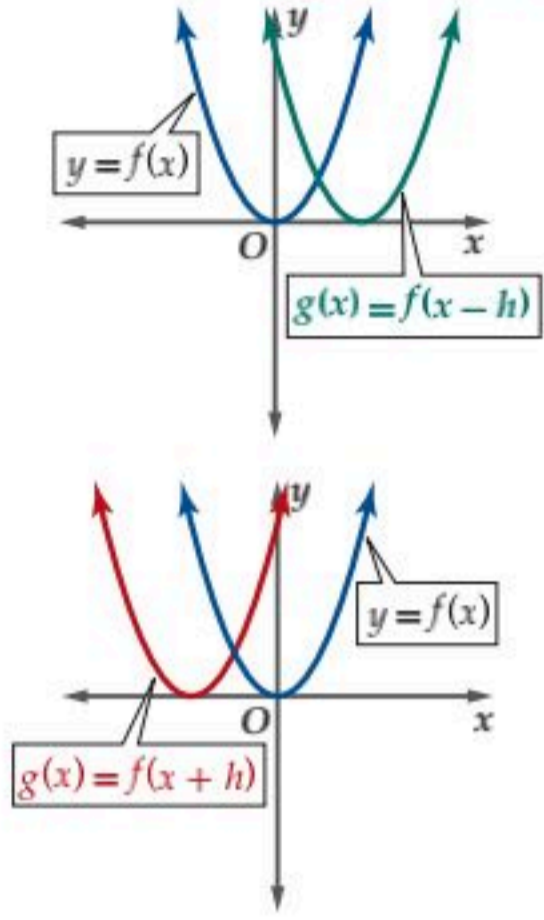
الانسحاب (الإزاحة) أحد التحويلات القياسية التي تنقل منحنى الدالة. فالانسحاب الرأسى ينقل منحنى الدالة  $f$  إلى أعلى أو إلى أسفل، بينما ينقل الانسحاب الأفقى منحنى الدالة إلى اليمين أو إلى اليسار.

### مفهوم أساسي الانسحاب الرأسى والانسحاب الأفقى

#### الانسحاب الأفقى

منحنى  $g(x) = f(x - h)$  هو منحنى  $f(x)$  مزاحاً:

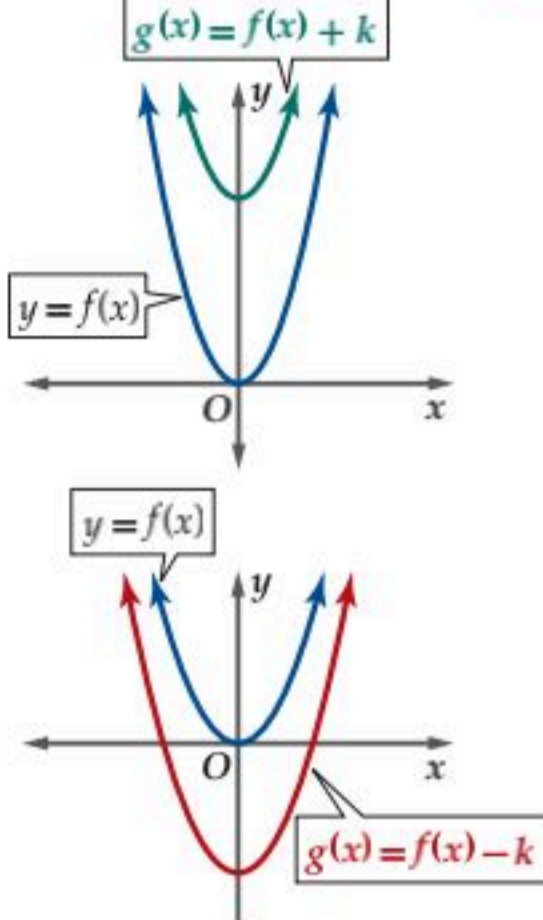
- $h > 0$  من الوحدات إلى اليمين عندما
- $|h| < 0$  من الوحدات إلى اليسار عندما



#### الانسحاب الرأسى

منحنى  $g(x) = f(x) + k$  هو منحنى  $f(x)$  مزاحاً:

- $k > 0$  وحدة إلى أعلى عندما
- $|k| < 0$  من الوحدات إلى أسفل عندما



## مثال 2 انسحاب منحنى الدالة

استعمل منحنى الدالة الرئيسة (الأم)  $f(x) = |x|$  لتمثيل كل دالة من الدوال الآتية بيانياً:

(a)  $g(x) = |x| + 4$

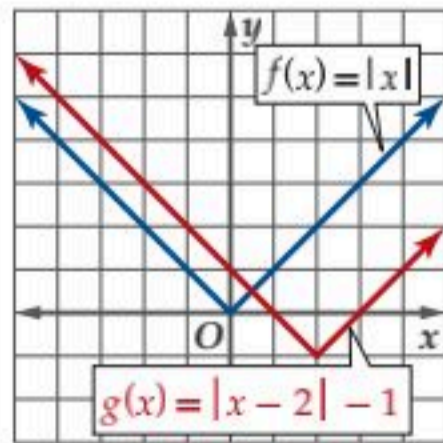
هذه الدالة على الصورة  $g(x) = f(x) + 4$ ، وعليه فإن منحنى  $g(x)$  هو منحنى  $f(x) = |x|$  مزاحاً 4 وحدات إلى أعلى كما في الشكل 1.5.2.

(b)  $g(x) = |x + 3|$

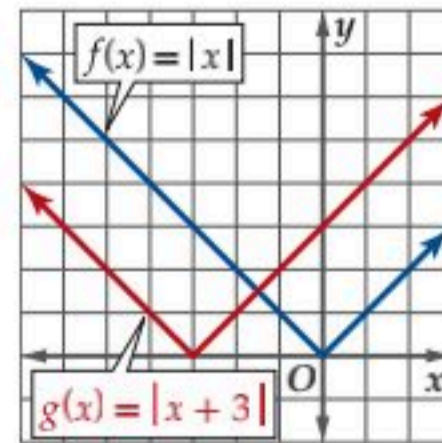
هذه الدالة على الصورة  $g(x) = f(x + 3)$  أو  $g(x) = f[x - (-3)]$ ، وعليه فإن منحنى  $g(x)$  هو منحنى  $f(x) = |x|$  مزاحاً 3 وحدات إلى اليسار كما في الشكل 1.5.3.

(c)  $g(x) = |x - 2| - 1$

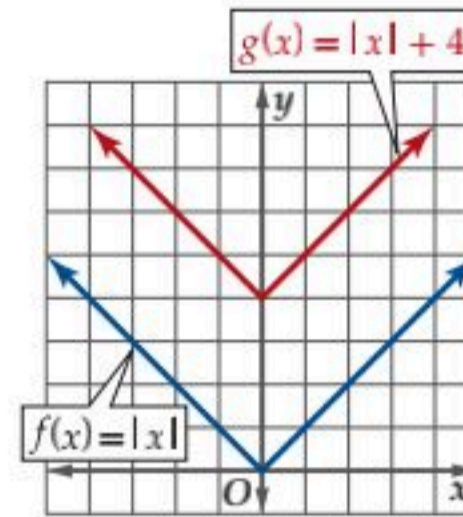
هذه الدالة على الصورة  $g(x) = f(x - 2) - 1$ ، أي أن منحنى  $g(x)$  هو منحنى الدالة  $f(x) = |x|$  مزاحاً وحدتين إلى اليمين ووحدة واحدة إلى أسفل كما في الشكل 1.5.4.



الشكل 1.5.4



الشكل 1.5.3



الشكل 1.5.2

تحقق من فهمك استعمل منحنى الدالة الرئيسة (الأم)  $f(x) = x^3$  لتمثيل كل دالة من الدوال الآتية بيانياً:

وزارة التعليم  $h(x) = (x + 2)^3 + 4$  (2C)

$h(x) = 8 + x^3$  (2B)

$h(x) = x^3 - 5$  (2A)

### إرشاد تقني

#### الانسحاب:

يمكنك إجراء انسحاب لمنحنى دالة باستعمال الحاسبة البيانية. TI-nspire، بعد تمثيل الدالة الرئيسة (الأم)  $f_1(x)$ ، لإجراء انسحاب مقداره  $k$  وحدة لأعلى أو لأسفل اضغط على المفاتيح:

`tab` `var` `f1(x) ± k` `enter`

• لإجراء انسحاب مقداره  $h$  وحدة لليمين أو اليسار اضغط على المفاتيح:

`tab` `var` `f1(x ± h)` `enter`

ستقوم الحاسبة برسم كلا الدالتين الرئيسة (الأم) والدالة المزاحة على الشاشة نفسها.

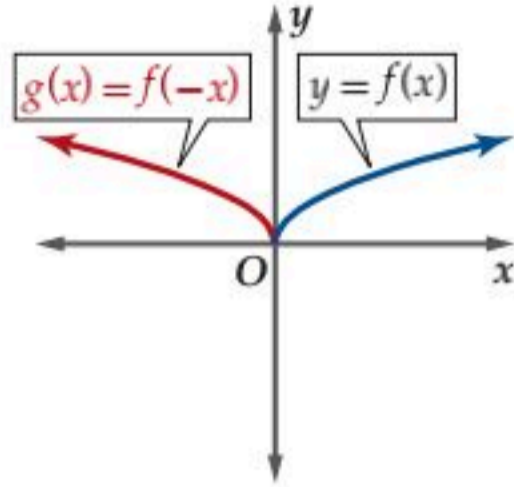
من التحويلات القياسية الأخرى الانعكاس، والذي يُكوّن لمنحنى الدالة صورة مرآة بالنسبة لمستقيم محدد.

## مفهوم أساسي

### الانعكاس حول المحورين الإحداثيين

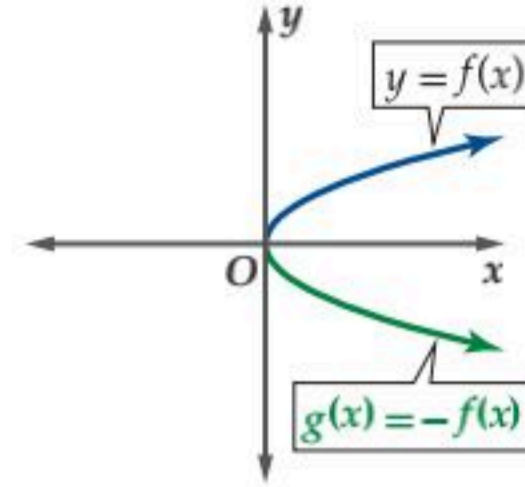
#### الانعكاس حول المحور $y$

منحنى الدالة  $g(x) = f(-x)$  هو انعكاس لمنحنى الدالة  $f(x)$  حول المحور  $y$ .

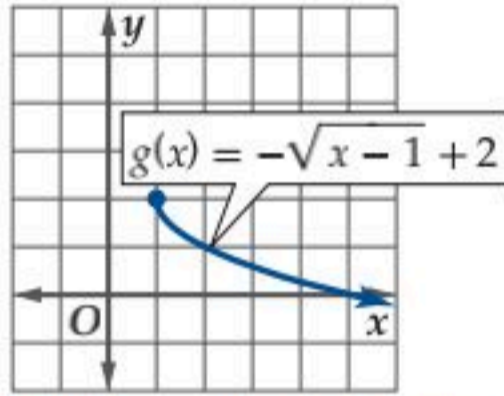


#### الانعكاس حول المحور $x$

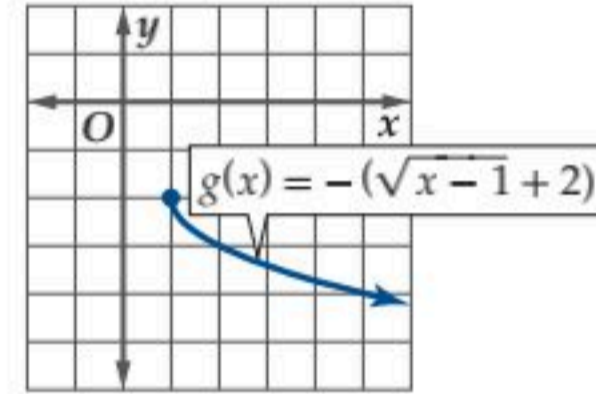
منحنى الدالة  $g(x) = -f(x)$  هو انعكاس لمنحنى الدالة  $f(x)$  حول المحور  $x$ .



كن دقيقاً عند كتابة المعادلة الناتجة عن التحويل الهندسي لدالة، فمثلاً منحنى الدالة  $g(x) = -\sqrt{x-1} + 2$  يختلف عن منحنى الدالة  $g(x) = -(\sqrt{x-1} + 2)$ .



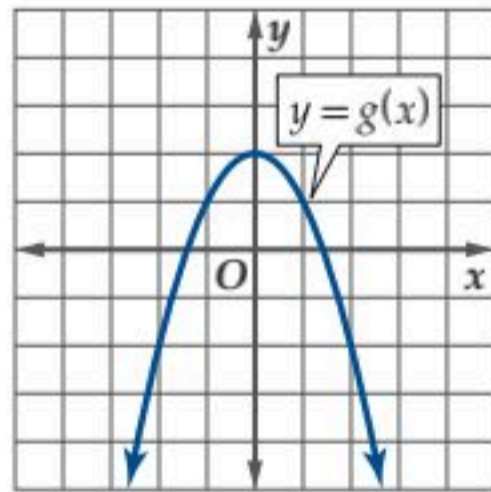
انسحاب وحدة إلى اليمين، ثم انعكاس لمنحنى الدالة  $f(x) = \sqrt{x}$  حول المحور  $x$ ، ثم انسحاب وحدتين إلى أعلى.



انسحاب لمنحنى الدالة  $f(x) = \sqrt{x}$  وحدة إلى اليمين ووحدين إلى أعلى، ثم انعكاس حول المحور  $x$ .

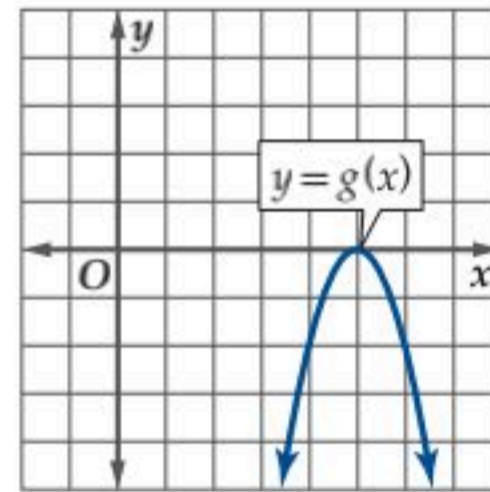
## مثال 3 كتابة معادلات التحويل

صف العلاقة بين منحنى الدالة  $f(x) = x^2$  (في الشكل 1.5.5) ومنحنى  $g(x)$  في كل مما يأتي، ثم اكتب معادلة  $g(x)$ :



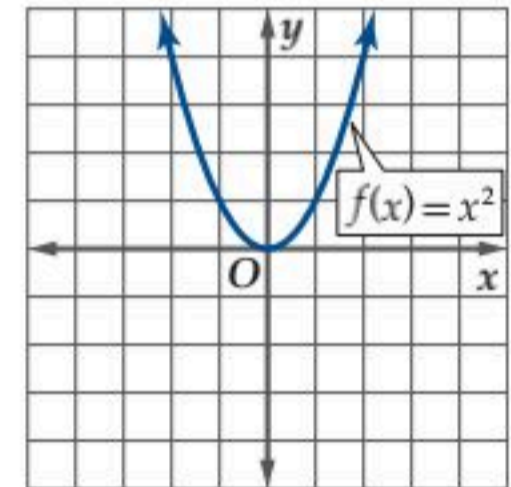
منحنى الدالة  $g$  هو انعكاس لمنحنى  $f(x) = x^2$  حول المحور  $x$  ثم انسحاب وحدتين إلى أعلى، أي  $g(x) = -x^2 + 2$ .

(b)



منحنى الدالة  $g$  هو انسحاب لمنحنى  $f(x) = x^2$  بمقدار 5 وحدات إلى اليمين ثم انعكاس حول المحور  $x$ ، أي أن  $g(x) = -(x-5)^2$ .

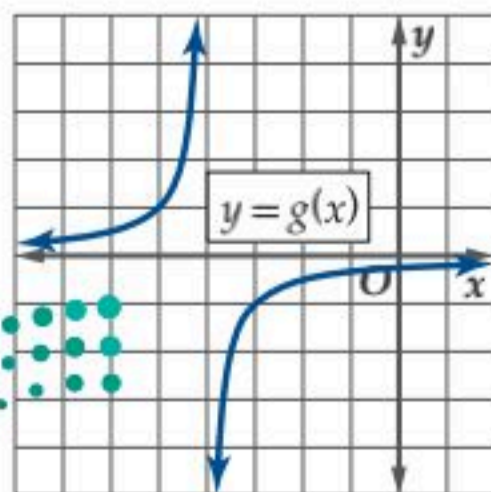
(a)



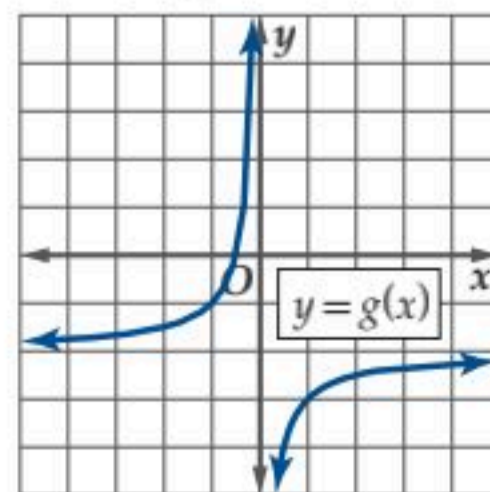
الشكل 1.5.5

## تحقق من فهمك

صف العلاقة بين منحنى  $f(x) = \frac{1}{x}$  ومنحنى  $g(x)$  ثم اكتب معادلة  $g(x)$  في كل من السؤالين الآتيين:



(3B)



(3A)

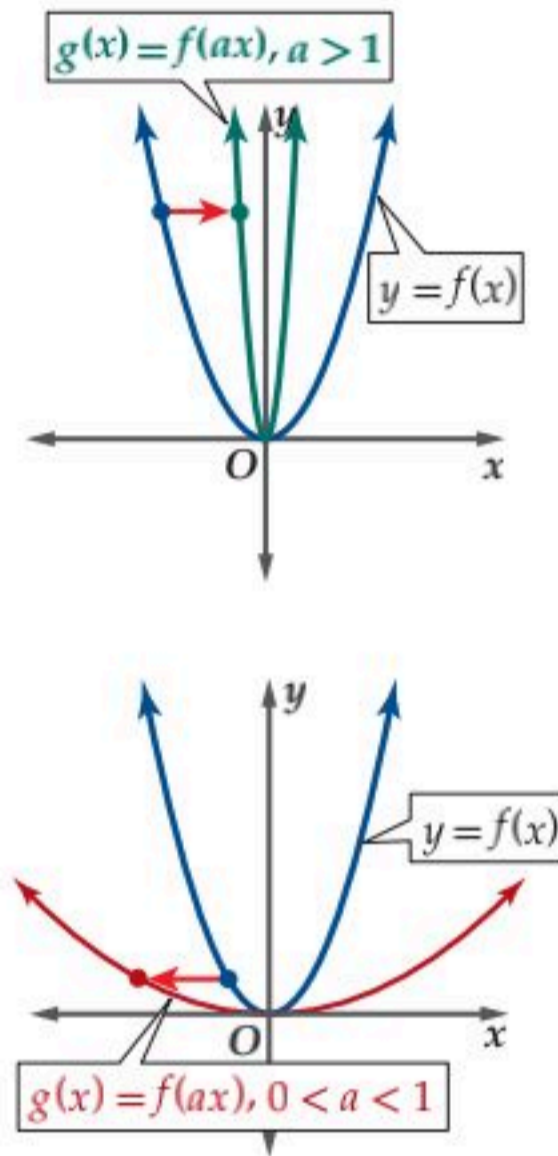
التمدد هو تحويل غير قياسي يؤدي إلى تضيق (ضغط) أو توسع (مط) منحنى الدالة رأسياً أو أفقياً.

## مفهوم أساسي

### التمدد الرأسي والتمدد الأفقي

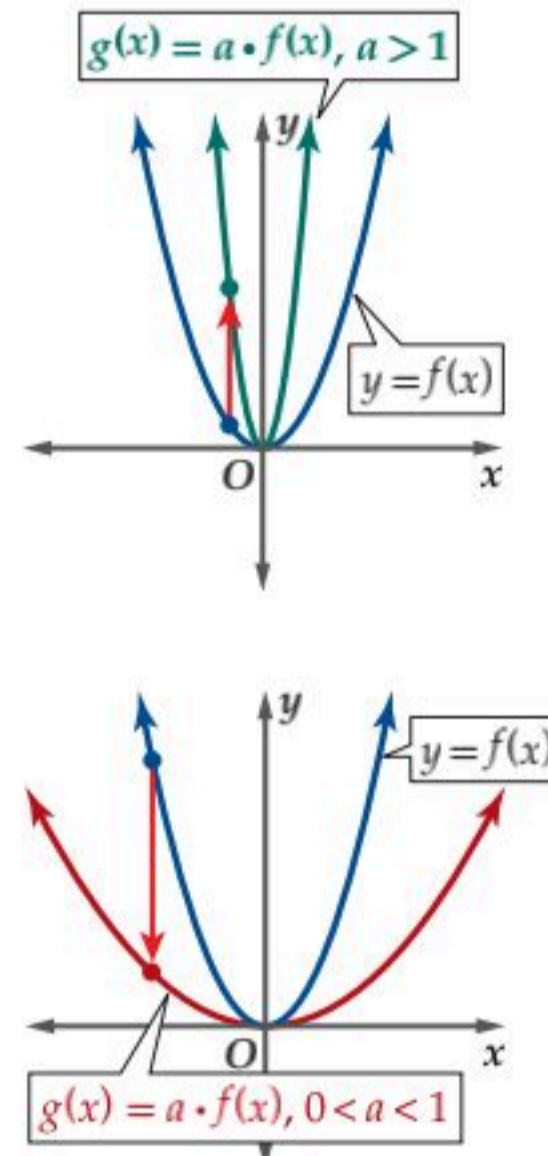
#### التمدد الأفقي

- إذا كان  $a$  عدداً حقيقياً موجباً، فإن منحنى الدالة  $g(x) = f(ax)$  هو:
- تضيق أفقي لمنحنى  $f(x)$ ، إذا كانت  $a > 1$ .
  - توسع أفقي لمنحنى  $f(x)$ ، إذا كانت  $0 < a < 1$ .



#### التمدد الرأسي

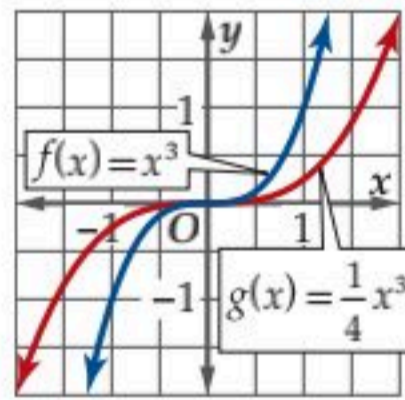
- إذا كان  $a$  عدداً حقيقياً موجباً، فإن منحنى الدالة  $g(x) = a \cdot f(x)$  هو:
- توسع رأسي لمنحنى  $f(x)$ ، إذا كانت  $a > 1$ .
  - تضيق رأسي لمنحنى  $f(x)$ ، إذا كانت  $0 < a < 1$ .



### وصف التحويلات الهندسية وتمثيلها

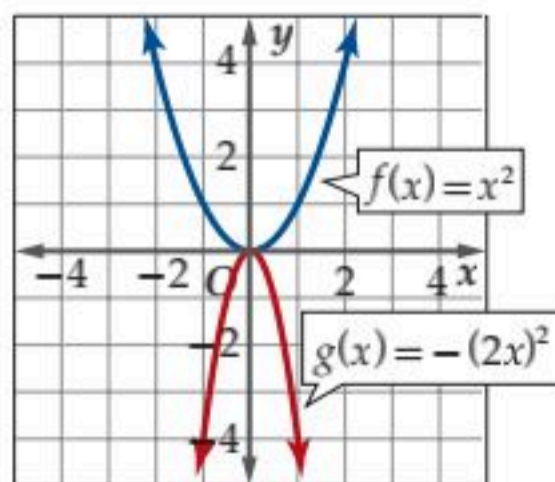
#### مثال 4

عيّن الدالة الرئيسة (الأم)  $f(x)$  للدالة  $g(x)$  في كل مما يأتي، ثم صف العلاقة بين المنحنيين، ومثلها بيانياً في المستوى الإحداثي.



$$g(x) = \frac{1}{4}x^3 \quad (a)$$

منحنى الدالة  $g(x)$  هو تضيق رأسي لمنحنى  $f(x) = x^3$ ؛ لأن  $0 < \frac{1}{4} < 1$  و  $g(x) = \frac{1}{4}x^3 = \frac{1}{4}f(x)$ .



$$g(x) = -(2x)^2 \quad (b)$$

منحنى الدالة  $g(x)$  هو تضيق أفقي لمنحنى  $f(x) = x^2$  أولاً؛ لأن  $f(x) = x^2$ ،  $f(2x) = (2x)^2$  و  $1 < 2$ ، ثم انعكاس حول المحور  $x$ ؛ لأن  $g(x) = -(2x)^2 = -f(2x)$ .

تحقق من فهمك

$$g(x) = \frac{1}{2}[x] \quad (4A)$$

$$g(x) = \frac{5}{x} + 3 \quad (4B)$$



### إرشادات للدراسة

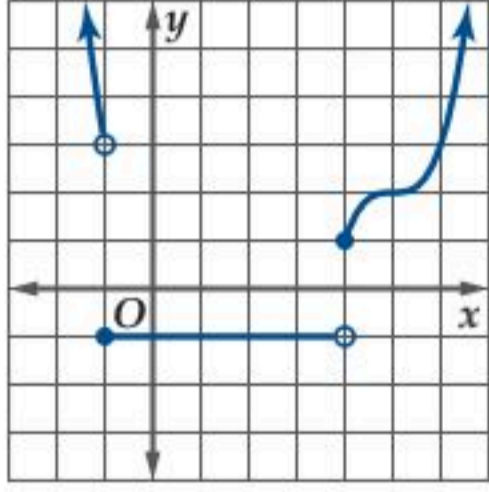
#### التمدد:

يظهر التمددان متشابهين أحياناً مثل التوسع الرأسي والتضيق الأفقي؛ لذا يصعب وصف التمدد الذي طُبّق على المنحنى، وفي هذه الحالة عليك المقارنة بين معادلة الدالة الناتجة عن التحويل والدالة الرئيسة (الأم).

## تمثيل الدوال متعددة التعريف بيانياً

### مثال 5

$$f(x) = \begin{cases} 3x^2 & , x < -1 \\ -1 & , -1 \leq x < 4 \\ (x-5)^3 + 2 & , x \geq 4 \end{cases}$$



في الفترة  $(-\infty, -1)$ ، أمثل الدالة  $y = 3x^2$ .

في الفترة  $[-1, 4)$ ، أمثل الدالة الثابتة  $y = -1$ .

في الفترة  $[4, \infty)$  أمثل الدالة  $y = (x-5)^3 + 2$ .

ضع دائرة مفتوحة عند كل من النقطتين  $(-1, 3)$  و  $(4, -1)$  ونقطة عند كل من  $(-1, -1)$  و  $(4, 1)$  لأن  $f(-1) = -1$  و  $f(4) = 1$ .

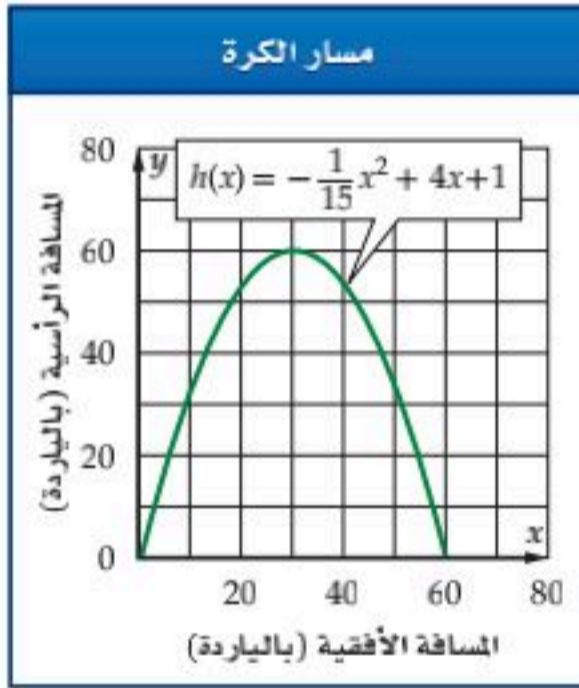
### تحقق من فهمك

$$h(x) = \begin{cases} (x+6)^2 & , x < -5 \\ 7 & , -5 \leq x \leq 2 \\ |4-x| & , x > 2 \end{cases} \quad (5B) \quad g(x) = \begin{cases} x-5 & , x \leq 0 \\ x^3 & , 0 < x \leq 2 \\ \frac{2}{x} & , x > 2 \end{cases} \quad (5A)$$

يمكنك استعمال التحويلات الهندسية التي تعلمتها على الدوال التي تمثل مواقف من واقع الحياة.

## التحويلات الهندسية على الدوال

### مثال 6 من واقع الحياة



كرة قدم: ركل لاعب كرة قدم، فكان مسارها معطى بالدالة  $h(x) = -\frac{1}{15}x^2 + 4x + 1$ ، حيث  $h(x)$  يمثل ارتفاع الكرة بالياردة عن سطح الأرض، وتمثل  $x$  المسافة الأفقية بالياردة التي تقطعها الكرة حيث  $x = 0$  ترتبط بخط منتصف الملعب. صف التحويلات التي تمت على الدالة الرئيسة (الأم)  $f(x) = x^2$  للحصول على  $h(x)$ .

أعد كتابة الدالة لتصبح على الصورة  $h(x) = a(x-h)^2 + k$  باستعمال إكمال المربع.

$$\text{الدالة الأصلية } h(x) = -\frac{1}{15}x^2 + 4x + 1$$

$$\text{حلل } -\frac{1}{15}x^2 + 4x = -\frac{1}{15}(x^2 - 60x) + 1$$

$$\text{أكمل المربع} = -\frac{1}{15}(x^2 - 60x + 900) + 1 + \frac{1}{15}(900)$$

$$\text{اكتب } x^2 - 60x + 900 \text{ على صورة مربع كامل ثم بسط} = -\frac{1}{15}(x-30)^2 + 61$$

أي أن منحنى  $h(x)$  ينتج من منحنى  $f(x)$  من خلال التحويلات الآتية على الترتيب: انسحاب 30 وحدة إلى اليمين، وتضييق رأسي بمقدار  $\frac{1}{15}$ ، ثم انعكاس حول المحور  $x$ ، وانسحاب 61 وحدة إلى أعلى.

### تحقق من فهمك

6 كهرباء: إذا كانت شدة التيار  $I(x)$  بالأمبير الذي يمر بجهاز DVD تعطى بالدالة  $I(x) = \sqrt{\frac{x}{11}}$ ، حيث  $x$  القدرة بالواط والعدد 11 هو المقاومة بالأوم.

(A) صف التحويلات التي تمت على الدالة  $f(x) = \sqrt{x}$  للحصول على الدالة  $I(x)$ .

(B) اكتب دالة تصف مرور تيار في مصباح مقاومته 15 أوم.



### الربط مع الحياة

تأسس الاتحاد العربي السعودي لكرة القدم عام 1956 م، وقد انضم إلى الـ فيفا والاتحاد الآسيوي في العام نفسه.

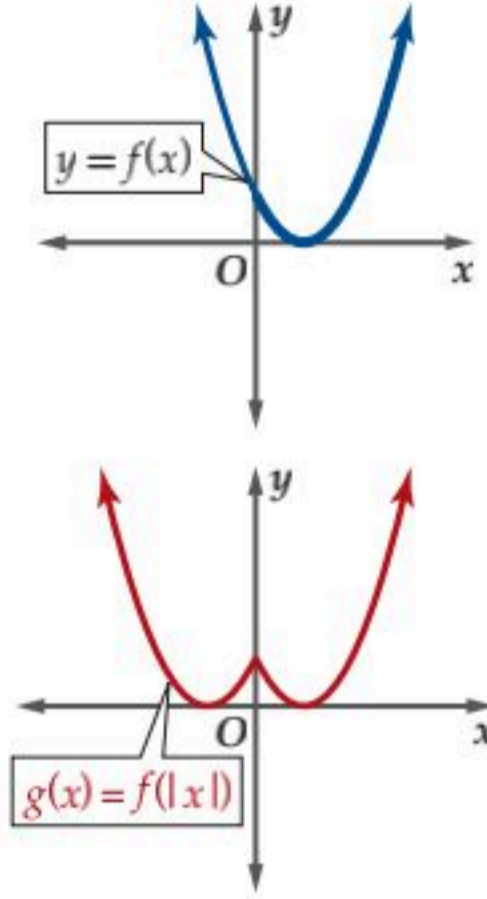
تُستعملُ تحويلات هندسية أخرى غير قياسية تتضمن القيمة المطلقة .

## مفهوم أساسي

### التحويلات الهندسية مع دوال القيمة المطلقة

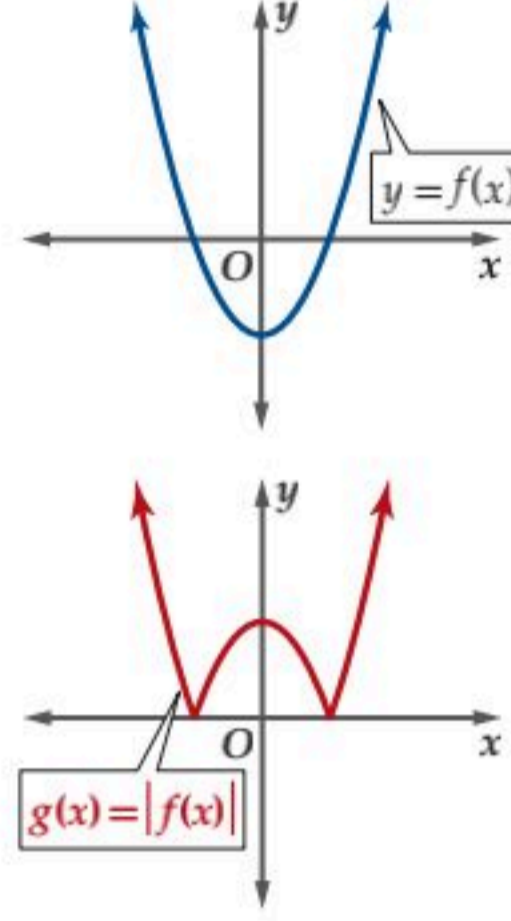
$$g(x) = f(|x|)$$

يغير هذا التحويل الهندسي جزء منحنى الدالة الموجود إلى يسار المحور  $y$  ويضع مكانه صورة جزء المنحنى الواقع إلى يمين المحور  $y$  بالانعكاس حول المحور  $y$  .



$$g(x) = |f(x)|$$

يُغير هذا التحويل الهندسي أي جزء من منحنى الدالة يقع تحت المحور  $x$  ليصبح فوقه بالانعكاس حول المحور  $x$  .



## إرشاد تقني

### تحويلات القيمة المطلقة

يمكنك التحقق من أثر التحويل الهندسي على منحنى القيمة المطلقة باستعمال الحاسبة البيانية. ويمكنك أيضاً تمثيل كلا الدالتين في المستوى الإحداثي نفسه .

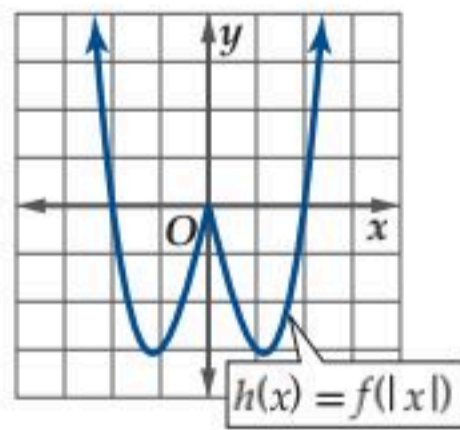
## وصف التحويلات الهندسية وتمثيلها

### مثال 7

استعمل منحنى الدالة  $f(x) = x^3 - 4x$  المبين في الشكل 1.5.6 لتمثيل كل من الدالتين الآتيتين بيانياً:

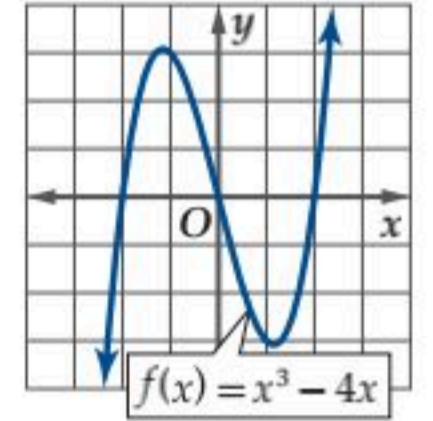
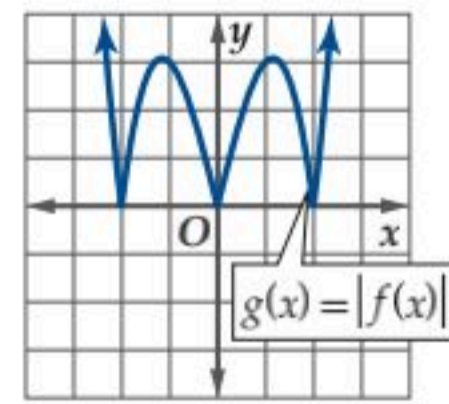
$$h(x) = f(|x|) \quad (b)$$

ضع مكان جزء المنحنى الموجود إلى يسار المحور  $y$  انعكاس الجزء الموجود إلى يمينه حول المحور  $y$  .



$$g(x) = |f(x)| \quad (a)$$

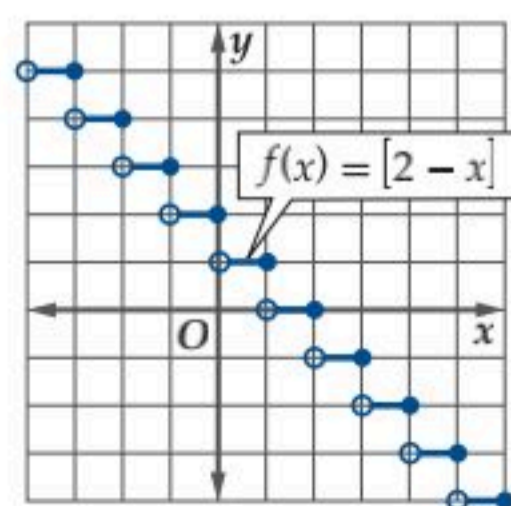
يقع الجزء السالب من منحنى  $f(x)$  في الفترتين  $(-\infty, -2)$  و  $(0, 2)$ ؛ لذا يتم عكس هذين الجزأين حول المحور  $x$  ويترك الجزء الباقي من المنحنى دون تغيير .



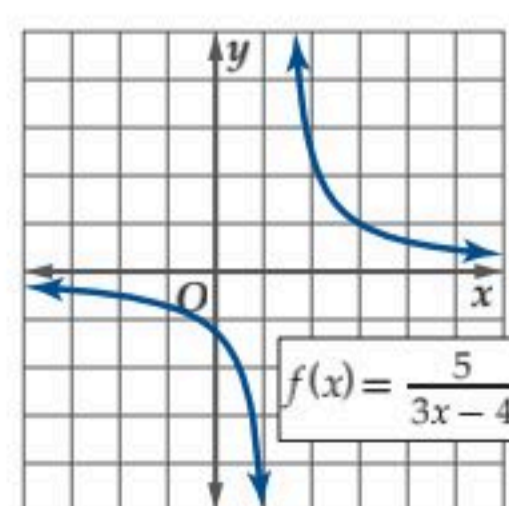
الشكل 1.5.6

## تحقق من فهمك

استعمل منحنى الدالة  $f(x)$  في كلٍّ من الشكلين أدناه؛ لتمثيل كلٍّ من الدالتين  $g(x) = |f(x)|$  و  $h(x) = f(|x|)$  بيانياً:



(7B)



(7A)



مثل منحني كل من الدوال الآتية بيانياً: (مثال 5)

$$f(x) = \begin{cases} -x^2 & , x < -2 \\ 3 & , -2 \leq x < 7 \\ (x-5)^2 + 2 & , x \geq 7 \end{cases} \quad (21)$$

$$g(x) = \begin{cases} x+4 & , x < -6 \\ \frac{1}{x} & , -6 \leq x < 4 \\ 6 & , x \geq 4 \end{cases} \quad (22)$$

$$h(x) = \begin{cases} |x-5| & , x < -3 \\ 4x-3 & , -1 \leq x < 3 \\ \sqrt{x} & , x \geq 4 \end{cases} \quad (23)$$

$$g(x) = \begin{cases} 2 & , x < -4 \\ x^4 - 3x^3 + 5 & , -1 \leq x < 1 \\ [x] + 1 & , x \geq 3 \end{cases} \quad (24)$$

(25) أسعار: يبين الجدول أدناه سعر سلعة منذ عام 1411هـ حتى 1431هـ. استعمل هذه البيانات لتمثيل دالة درجية. (مثال 5)

السعر (بالريال)	1411	1413	1416	1420	1424	1426	1427	1431
	15	17	22	30	32	33	40	55

(26) أعمال: قدمت إحدى شركات الهواتف المحمولة عرضاً لمشركي شبكتها بحيث يدفع المشترك مبلغاً ثابتاً شهرياً مقداره 20 ريالاً، ويدفع 0.2 ريال مقابل كل دقيقة اتصال. إن تكلفة هذا العرض على المشترك تعطى بالدالة  $c(x) = 20 + 0.2[x]$ ، حيث  $x$  عدد دقائق الاتصال. (مثال 6)

(a) صف التحويلات الهندسية التي تطبق على الدالة الرئيسة (الأم)  $f(x) = [x]$  لتمثيل الدالة  $c(x)$ .

(b) إذا قدمت الشركة عرضاً آخر بحيث يدفع المشترك فيه 30 ريالاً شهرياً، ويدفع 0.1 ريال عن كل دقيقة اتصال. فاكتب الدالة التي تصف تكلفة هذا العرض.

(c) هل يمكن أن تتساوى التكلفة في العرضين؟ وكم يكون عدد دقائق الاتصال في هذه الحالة؟

(27) فيزياء: إذا علمت أن الطاقة المخزنة في نابض ماء، تعطى بالدالة  $E(x) = 4x^2$  حيث تقاس الطاقة  $E$  بالجول، وتقاس المسافة  $x$  بالمتري. (مثال 6)

(a) صف التحويل الهندسي الذي تم على الدالة الرئيسة (الأم)  $f(x) = x^2$  للحصول على الدالة  $E(x)$ .

(b) إذا كانت الطاقة المخزنة في نابض ماء، آخر تعطى بالدالة

$E(x) = 2x^2$ ، فمثل بيانياً كلا من الدالتين على الشبكات نفسها باستعمال الحاسبة البيانية.

صف خصائص كل دالة من الدوال الرئيسة (الأم) الآتية: المجال، والمدى، والمقطع  $x$ ، والمقطع  $y$ ، والتماثل، والاتصال، وسلوك طرفي التمثيل البياني، وفترات التزايد والتناقص: (مثال 1)

$$f(x) = x^3 \quad (3) \quad f(x) = \frac{1}{x} \quad (2) \quad f(x) = [x] \quad (1)$$

$$f(x) = x \quad (6) \quad f(x) = c \quad (5) \quad f(x) = x^2 \quad (4)$$

استعمل منحني الدالة الرئيسة (الأم)  $f(x) = \sqrt{x}$  لتمثيل كل من الدالتين الآتيتين: (مثال 2)

$$g(x) = \sqrt{x-4} \quad (7)$$

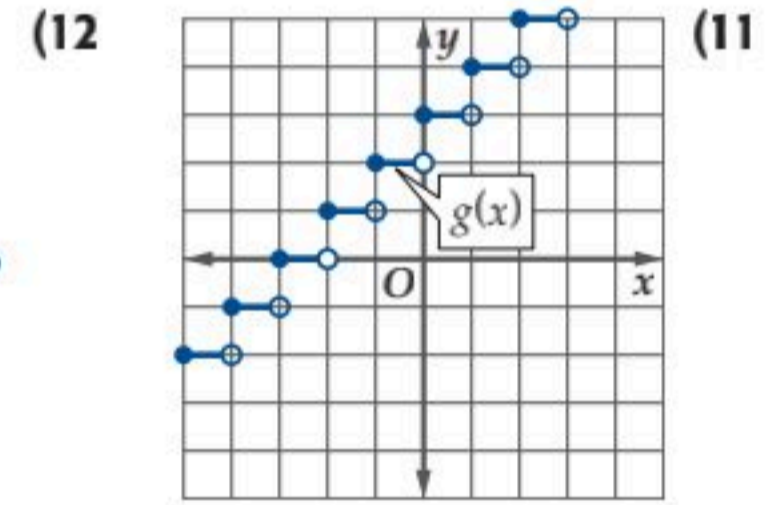
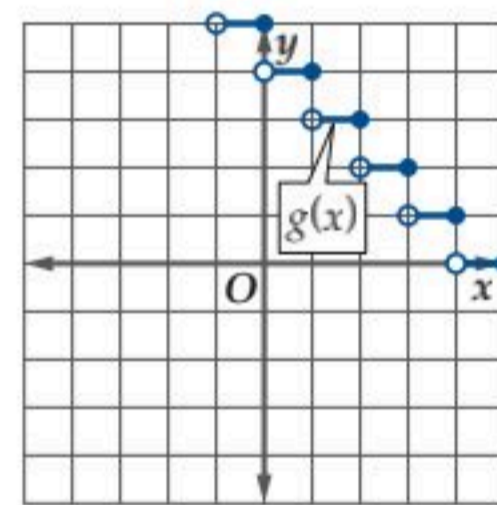
$$g(x) = \sqrt{x-7} + 3 \quad (8)$$

استعمل الدالة الرئيسة (الأم)  $f(x) = \frac{1}{x}$  لتمثيل كل من الدالتين الآتيتين: (مثال 2)

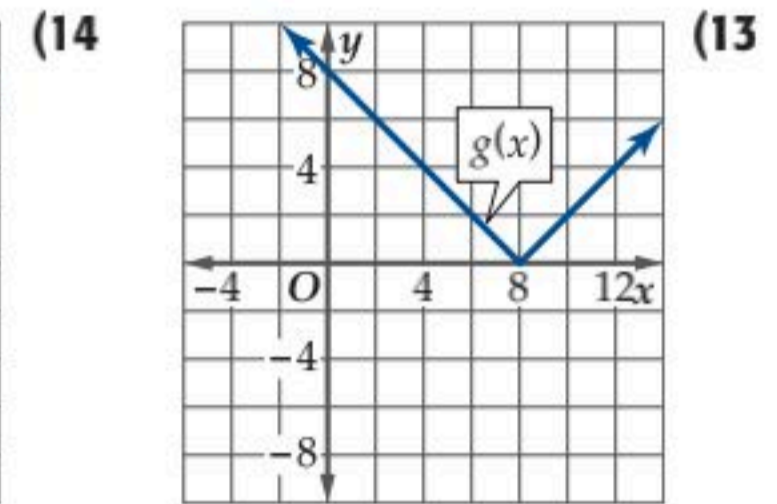
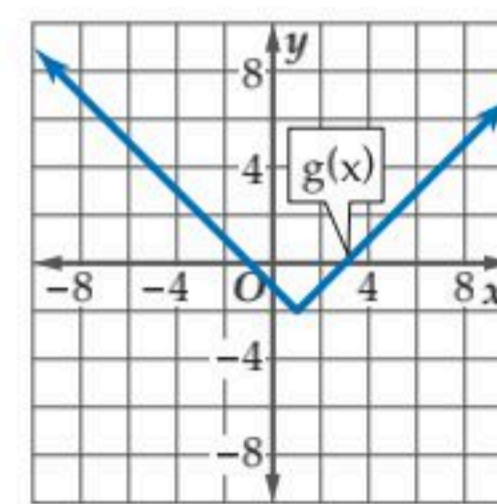
$$g(x) = \frac{1}{x} + 4 \quad (9)$$

$$g(x) = \frac{1}{x+7} - 4 \quad (10)$$

صف العلاقة بين منحنى  $f(x) = [x]$  و  $g(x)$  في كل من الحالتين الآتيتين، ثم اكتب معادلة الدالة  $g(x)$ . (مثال 3)



صف العلاقة بين منحنى  $f(x) = |x|$  و  $g(x)$  في كل من الحالتين الآتيتين، ثم اكتب معادلة الدالة  $g(x)$ : (مثال 3)



اكتب الدالة الرئيسة (الأم)  $f(x)$  للدالة  $g(x)$  في كل مما يأتي، وصف العلاقة بين المنحنيين، ومثلهما في مستوى إحداثي واحد. (مثال 4)

$$g(x) = 3\sqrt{x+8} \quad (16)$$

$$g(x) = 3|x| - 4 \quad (15)$$

$$g(x) = 2[x-6] \quad (18)$$

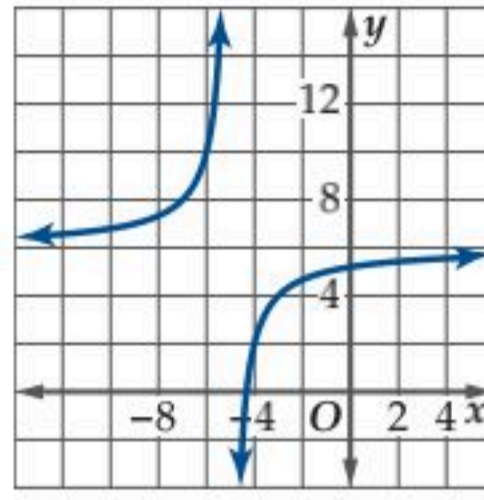
$$g(x) = \frac{4}{x+1} \quad (17)$$

$$g(x) = \frac{\sqrt{x+3}}{4} \quad (20)$$

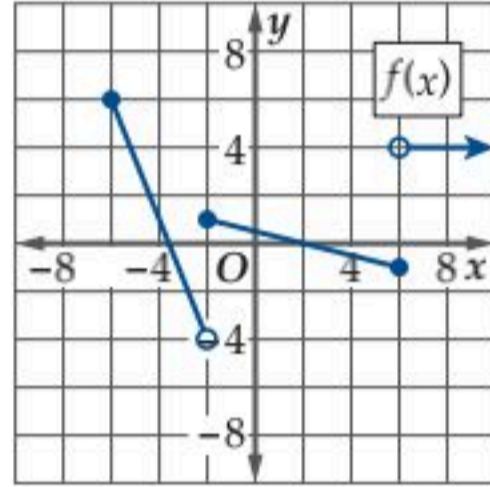
$$g(x) = \frac{1}{6x} + 7 \quad (19)$$



40) اكتب دالة تمثل المنحنى المرسوم:



استعمل منحنى  $f(x)$  لتمثيل منحنى  $g(x)$  لكل مما يأتي:



41)  $g(x) = 0.25f(x) + 4$

42)  $g(x) = 3f(x) - 6$

43)  $g(x) = f(x - 5) + 3$

44)  $g(x) = -2f(x) + 1$

استعمل  $f(x) = \frac{8}{\sqrt{x+6}} - 4$  لتمثيل كل دالة مما يأتي:

45)  $g(x) = 2f(x) + 5$

46)  $g(x) = -3f(x) + 6$

47)  $g(x) = f(4x) - 5$

48)  $g(x) = f(2x + 1) + 8$

49) تمثيلات متعددة: سوف تستقصي في هذه المسألة بعض العمليات على الدوال معتمداً على الدوال الآتية:

$f(x) = x^2 + 2x + 7$

$g(x) = 4x + 3$

$h(x) = x^2 + 6x + 10$

(a) جدولياً: اختر ثلاث قيم لـ  $a$ ، وأكمل الجدول الآتي:

$a$	$f(a)$	$g(a)$	$f(a) + g(a)$	$h(a)$

(b) لفظياً: ما العلاقة بين  $f(x)$ ,  $g(x)$ ,  $h(x)$ ؟

(c) جبرياً: أثبت صحة العلاقة التي حصلت عليها في الفرع b جبرياً.



استعمل منحنى الدالة  $f(x)$  في كل مما يأتي لتمثيل الدالتين  
 (مثال 7)  $g(x) = |f(x)|$ ,  $h(x) = f(|x|)$

28)  $f(x) = \frac{2}{x}$

29)  $f(x) = x^4 - x^3 - 4x^2$

30)  $f(x) = \frac{1}{x-3} + 5$

31)  $f(x) = \sqrt{x+2} - 6$

اكتب الدالة الناتجة عن إجراء التحويلات الهندسية المعطاة على الدالة الرئيسية (الأم) في كل من السؤالين الآتيين:

32)  $f(x) = \frac{1}{x}$ : انسحاب 5 وحدات إلى أعلى، و7 وحدات إلى اليسار، وتوسع رأسي معاملته 2

33)  $f(x) = [x]$ : انعكاس في المحور  $x$  و انسحاب 4 وحدات إلى أسفل، وتوسع رأسي معاملته 3

فيزياء: إذا كانت المسافة التي يقطعها جسم تعطى بالدالة

$g(t) = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$ ، حيث  $x_0$  المسافة الابتدائية، و  $v_0$  السرعة الابتدائية و  $a$  تسارع الجسم. صف التحويلات الهندسية التي تمت على الدالة الرئيسية (الأم)  $f(t) = t^2$  للحصول على  $g(t)$  في كل مما يأتي:

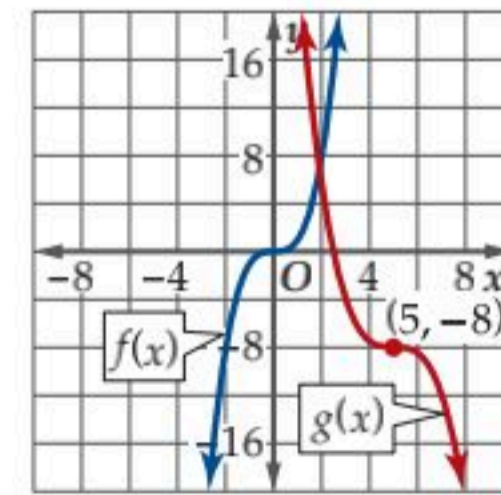
34)  $x_0 = 0, v_0 = 2, a = 2$

35)  $x_0 = 10, v_0 = 0, a = 2$

36)  $x_0 = 1, v_0 = 8, a = 4$

37)  $x_0 = 3, v_0 = 5, a = 3$

38) اكتب معادلة الدالة  $g(x)$  إذا علمت أن منحنها ناتج عن عدة تحويلات هندسية لمنحنى الدالة  $f(x)$ ، وأحد هذه التحويلات هو تضيق رأسي معاملته 0.5.



39) تسوق: توقعت إدارة أحد المجمعات التجارية الجديدة أن يعطى عدد المتسوقين بالآلاف بالدالة  $f(x) = \sqrt{7x}$  خلال أول ستين يوماً من الافتتاح، حيث  $x$  رقم اليوم بعد الافتتاح،  $x = 1$  يرتبط بيوم الافتتاح. اكتب دالة  $g(x)$  بدلالة  $f(x)$  لكل حالة من الحالات الآتية:

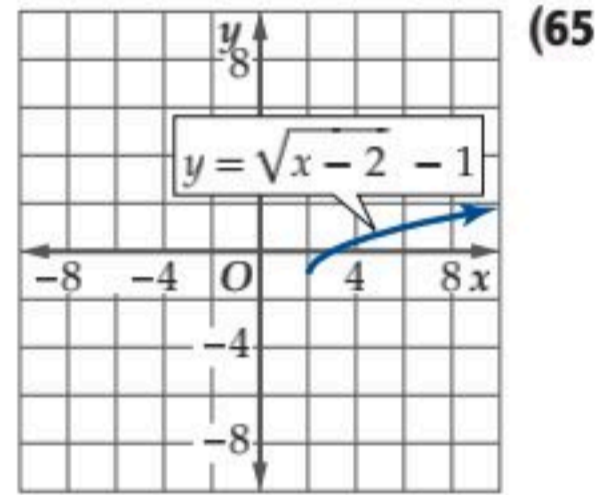
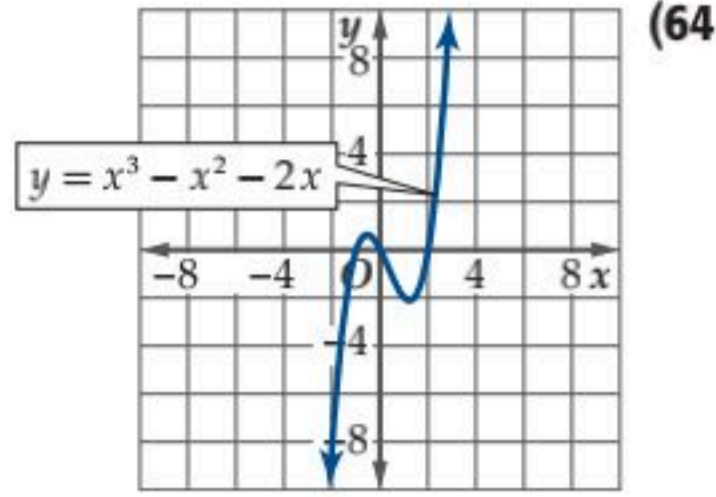
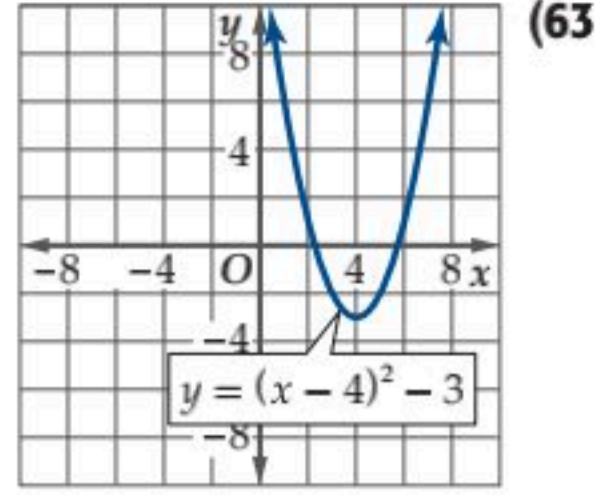
(a) زاد عدد الـ حضور 12% على المتوقع.

(b) تأخر موعد الافتتاح 30 يوماً بسبب تأخر أعمال البناء.

(c) نقص عدد المتسوقين 450 عن المتوقع.

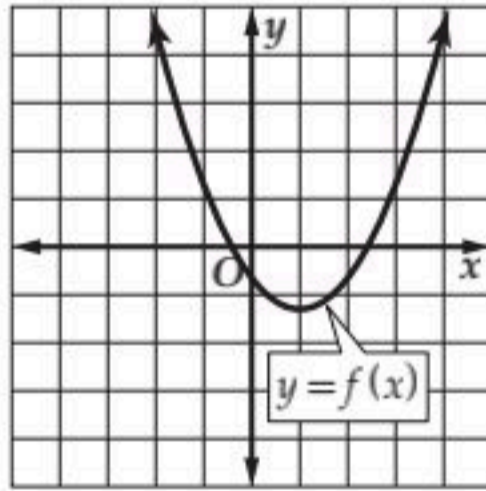
## مسائل مهارات التفكير العليا

استعمل التمثيل البياني لكل دالة مما يأتي لتقدير قيمة كل من: المقطع  $y$ ، والأصفار، ثم تحقق من إجابتك جبرياً، وقرب الناتج إلى أقرب جزء من مئة: (الدرس 1-2)



## تدريب على اختبار

(66) ما الفترة التي تزايد فيها الدالة الممثلة في الشكل أدناه؟



(0, ∞) A

(-∞, 1) B

(-1, ∞) C

(1, ∞) D

(67) ما مدى الدالة  $y = \frac{x^2 + 8}{2}$  ؟

$\{y \mid y \neq \pm 2\sqrt{2}\}$  A

$\{y \mid y \geq 4\}$  B

$\{y \mid y \geq 0\}$  C

$\{y \mid y \leq 0\}$  D

(50) **اكتشف الخطأ:** وَصَف كل من محمد وعبد الملك التحويلات

الهندسية التي تمت للوصول إلى الدالة  $g(x) = [x + 4]$ . فقال محمد: أنه تم سحب منحنى الدالة الرئيسة (الأم) 4 وحدات إلى اليسار. وقال عبد الملك: إنه تم سحب الدالة 4 وحدات إلى أعلى. فمن منهما كانت إجابته صحيحة؟ برّر إجابتك.

(51) **تبرير:** إذا كانت  $f(x)$  دالة فردية وكانت  $g(x)$  انعكاساً للدالة  $f(x)$  حول المحور  $x$  و  $h(x)$  انعكاساً للدالة  $g(x)$  حول المحور  $y$ ، فما العلاقة بين  $f(x)$ ,  $h(x)$ ؟ برّر إجابتك.

**تبرير:** تحقق ما إذا كانت كل من الجملتين صحيحة أحياناً أو صحيحة دائماً أو ليست صحيحة. وبرّر إجابتك.

(52) إذا كانت  $f(x)$  دالة زوجية فإن  $f(x) = |f(x)|$

(53) إذا كانت  $f(x)$  دالة زوجية فإن  $f(-x) = -|f(x)|$

(54) **تحذّر:** صف التحويلات الهندسية التي تمت على الدالة  $f(x) = \sqrt{x}$  للوصول إلى دالة يمر منحناها بالنقطة  $(-2, -6)$ .

(55) **تبرير:** وضح الفرق بين التوسع الرأسي بمعامل مقداره 4، والتوسع الأفقي بمعامل مقداره  $\frac{1}{4}$ . ما النتيجة النهائية بعد إجراء كل من التحويلين الهندسيين على الدالة نفسها؟

(56) **اكتب:** وضح أهمية الترتيب في تحويلات الانعكاس والانسحاب.

## مراجعة تراكمية

أوجد متوسط معدل التغير لكل من الدوال الآتية في الفترة المعطاة: (الدرس 1-4)

(57)  $g(x) = -2x^2 + x - 3, [-1, 3]$

(58)  $g(x) = x^2 - 6x + 1, [4, 8]$

(59)  $f(x) = -2x^3 - x^2 + x - 4, [-2, 3]$

حدّد سلوك طرف التمثيل البياني لكل من الدوال الآتية عندما تقترب  $x$  من ما لانهاية، مستعملاً التبرير المنطقي، وبرّر إجابتك. (الدرس 1-3)

(60)  $q(x) = -\frac{12}{x}$

(61)  $f(x) = \frac{0.5}{x^2}$

(62)  $p(x) = \frac{x+2}{x-3}$



وزارة التعليم

Ministry of Education

الدرس 1-5 الدوال الرئيسة (الأم) والتحويلات الهندسية 14 - 57



# العمليات على الدوال وتركيب دالتين

## Function Operations and Composition of Functions



### لماذا؟

بلغ عدد الكتب المستعارة من مكتبة الملك سلمان المركزية في جامعة الملك سعود عام 1432هـ 330000 كتاب، وبلغ إجمالي عدد الكتب المفهرسة 2065863 كتاباً.

إذا كانت  $A(t)$  و  $B(t)$  تمثلان عدد الكتب المفهرسة وعدد الكتب المستعارة على الترتيب و  $t$  تمثل السنة منذ 1425هـ، فإن عدد الكتب المفهرسة غير المعارة يعطى بالدالة  $A(t) - B(t)$ .

### فيما سبق:

درست إيجاد قيم الدوال.  
(الدرس 1-1)

### والآن:

- أجري العمليات على الدوال.
- أجد تركيب الدوال.

### المفردات:

تركيب الدالتين  
composition of functions

**العمليات على الدوال:** ستتعلم في هذا الدرس إجراء العمليات الأربع على الدوال.

### مفهوم أساسي العمليات على الدوال

إذا كانت  $f, g$  دالتين يتقاطعان مجالهما، فإننا نعرف عمليات الجمع، والضرب، والطرح، والقسمة لجميع قيم  $x$  الموجودة في تقاطع المجالين على النحو الآتي:

$$\begin{array}{ll} \text{الجمع:} & (f + g)(x) = f(x) + g(x) \\ \text{الطرح:} & (f - g)(x) = f(x) - g(x) \\ \text{الضرب:} & (f \cdot g)(x) = f(x) \cdot g(x) \\ \text{القسمة:} & \left(\frac{f}{g}\right)(x) = \frac{f(x)}{g(x)}, g(x) \neq 0 \end{array}$$

في كل من الحالات السابقة مجال الدالة الجديدة يساوي تقاطع مجالَي الدالتين  $f$  و  $g$ ، باستثناء القيم التي تجعل  $g(x) = 0$  في دالة القسمة.

### مثال 1 العمليات على الدوال

إذا كانت  $f(x) = x^2 + 4x$ ,  $g(x) = \sqrt{x + 2}$ ,  $h(x) = 3x - 5$  فأوجد كلاً من الدوال الآتية، ثم حدد مجالها:

$$(f + g)(x) \quad \text{(a)} \quad (f - h)(x) \quad \text{(b)}$$

$$\begin{aligned} (f + g)(x) &= f(x) + g(x) \\ &= (x^2 + 4x) + (\sqrt{x + 2}) \\ &= x^2 + 4x + \sqrt{x + 2} \end{aligned}$$

مجال الدالة  $f$  هو  $(-\infty, \infty)$ ، ومجال الدالة  $g$  هو  $[-2, \infty)$ ؛ لذا فإن مجال الدالة  $(f + g)$  هو تقاطع مجالَي  $f, g$ ، وهو  $[-2, \infty)$ .

$$\begin{aligned} (f - h)(x) &= f(x) - h(x) \\ &= (x^2 + 4x) - (3x - 5) \\ &= x^2 + 4x - 3x + 5 \\ &= x^2 + x + 5 \end{aligned}$$

مجال كل من  $f, h$  هو  $(-\infty, \infty)$ ، لذا فإن مجال  $(f - h)$  هو  $(-\infty, \infty)$ .

$$\left(\frac{h}{f}\right)(x) \quad \text{(d)} \quad (f \cdot h)(x) \quad \text{(c)}$$

$$\begin{aligned} (f \cdot h)(x) &= f(x) \cdot h(x) \\ &= (x^2 + 4x)(3x - 5) \\ &= 3x^3 - 5x^2 + 12x^2 - 20x \\ &= 3x^3 + 7x^2 - 20x \end{aligned}$$

مجال كل من  $f, h$  هو  $(-\infty, \infty)$ ؛ لذا فإن مجال  $(f \cdot h)$  هو  $(-\infty, \infty)$ .

$$\begin{aligned} \left(\frac{h}{f}\right)(x) &= \frac{h(x)}{f(x)} = \frac{3x - 5}{x^2 + 4x} \end{aligned}$$

مجال كل من  $f$  و  $h$  هو  $(-\infty, \infty)$  ولكن  $x = 0$  أو  $x = -4$  تجعلان مقام الدالة  $\left(\frac{h}{f}\right)$  صفراً؛ لذا فإن مجال  $\left(\frac{h}{f}\right)$  هو  $\{x \mid x \neq 0, x \neq -4, x \in \mathbb{R}\}$ .



## تحقق من فهمك

أوجد  $(\frac{f}{g})(x)$ ,  $(f \cdot g)(x)$ ,  $(f - g)(x)$ ,  $(f + g)(x)$  في كل مما يأتي، ثم أوجد مجال كل دالة من الدوال الناتجة.

$$f(x) = x^2 - 6x - 8, g(x) = \sqrt{x} \quad (1B)$$

$$f(x) = x - 4, g(x) = \sqrt{9 - x^2} \quad (1A)$$

**تركيب الدوال:** تنتج الدالة  $y = (x - 3)^2$  من دمج الدالة الخطية  $y = x - 3$  والدالة التربيعية  $y = x^2$ ، لاحظ أن هذا الدمج لم ينتج عن جمع أو طرح أو ضرب أو قسمة. ويسمى هذا الدمج تركيب الدالتين، وملخصه إيجاد قيمة دالة عند قيمة دالة أخرى.

## إرشادات للدراسة

**العمليات على الدوال و تركيب الدالتين:**  
يختلف تركيب الدوال عن العمليات عليها، حيث يتم دمج الدالتين معاً، وليس مجرد إجراء عمليات مثل الجمع أو الطرح أو الضرب أو القسمة.

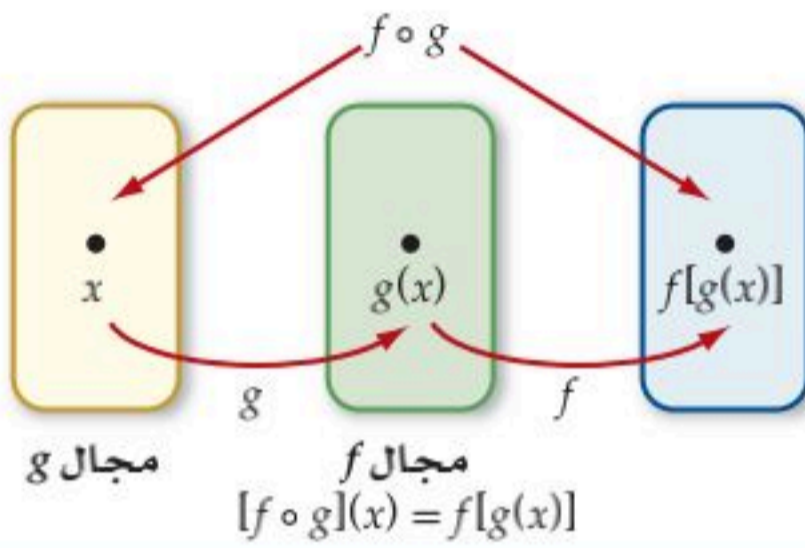
## مفهوم أساسي

### تركيب دالتين

يعرف تركيب الدالتين  $f$  و  $g$  على النحو الآتي:

$$[f \circ g](x) = f[g(x)]$$

ويتكون مجال الدالة  $f \circ g$  من جميع قيم  $x$  في مجال الدالة  $g$  على أن تكون  $g(x)$  في مجال  $f$ .



تقرأ الدالة  $f \circ g$  على النحو  $f$  تركيب  $g$  أو  $f$  بعد  $g$ ، حيث تُطبَّق الدالة  $g$  أولاً ثم الدالة  $f$ .

## تركيب دالتين

### مثال 2

إذا كانت  $f(x) = x^2 + 1$ ,  $g(x) = x - 4$ ، فأوجد كلاً مما يأتي:

$$(a) [f \circ g](x)$$

تعريف  $f \circ g$

$$[f \circ g](x) = f[g(x)]$$

$$g(x) = x - 4$$

$$= f(x - 4)$$

عوّض  $(x - 4)$  بدلاً من  $x$  في  $f(x)$

$$= (x - 4)^2 + 1$$

بسّط

$$= x^2 - 8x + 16 + 1$$

$$= x^2 - 8x + 17$$

$$(b) [g \circ f](x)$$

تعريف  $g \circ f$

$$[g \circ f](x) = g[f(x)]$$

$$f(x) = x^2 + 1$$

$$= g(x^2 + 1)$$

عوّض  $(x^2 + 1)$  بدلاً من  $x$  في  $g(x)$

$$= (x^2 + 1) - 4$$

بسّط

$$= x^2 - 3$$

$$(c) [f \circ g](2)$$

أوجد قيمة الدالة  $[f \circ g](x)$  التي حصلت عليها في الفرع **a** عندما  $x = 2$ .

$$[f \circ g](2) = (2)^2 - 8(2) + 17 = 5$$



## تطبيقه!

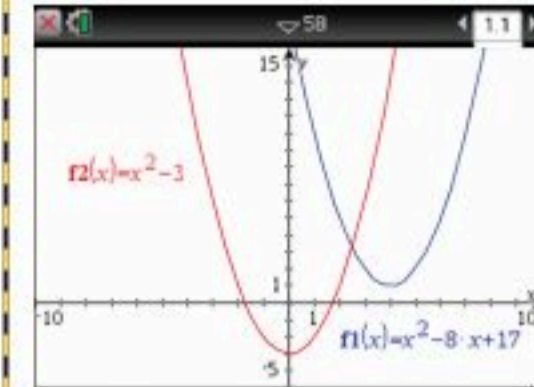
**ترتيب الدوال عند التركيب**

في معظم الأحيان  $f \circ g$  و  $g \circ f$  دالتان مختلفتان. بمعنى آخر إن تركيب الدوال ليس إبدالياً. ففى المثال 2

$$[f \circ g](x) = x^2 - 8x + 17$$

لكن  $[g \circ f](x) = x^2 - 3$  وهما

دالتان مختلفتان. والتمثيل البياني أدناه يبين ذلك.



### تحقق من فهمك

أوجد  $[f \circ g](3)$ ،  $[g \circ f](x)$ ،  $[f \circ g](x)$  في كل مما يأتي:

$$f(x) = 6x^2 - 4, g(x) = x + 2 \quad (2B)$$

$$f(x) = 3x + 1, g(x) = 5 - x^2 \quad (2A)$$

بما أن مجال كل من  $f, g$  في المثال 2 هو مجموعة الأعداد الحقيقية، فإن مجال  $f \circ g$  هو  $\{x \mid x \in \mathbb{R}\}$ . عند وجود قيود على مجال  $f$  أو مجال  $g$  فإن مجال  $f \circ g$  يكون مقيدًا بكل قيم  $x$  في مجال  $g$  التي تكون صورها  $g(x)$  موجودة في مجال  $f$ .

### مثال 3 إيجاد دالة التركيب بوجود قيود على المجال

حدّد مجال الدالة  $f \circ g$  متضمنًا القيود الضرورية، ثم أوجد  $f \circ g$  في كل من الحالتين الآتيتين:

$$f(x) = \frac{1}{x+1}, g(x) = x^2 - 9 \quad (a)$$

لإيجاد مجال  $f \circ g$  فإننا نجد قيم  $g(x) = x^2 - 9$  لجميع الأعداد الحقيقية، ثم نجد قيم  $f(x) = \frac{1}{x+1}$  لجميع قيم  $g(x)$  التي يمكن حسابها عندما  $g(x) \neq -1$ ؛ لذا فإننا نستثني من المجال جميع قيم  $x$  التي تجعل  $x^2 - 9 = -1$ ، وهي  $x = \pm\sqrt{8} = \pm 2\sqrt{2}$ ، وعليه يكون مجال  $f \circ g$  هو  $\{x \mid x \neq \pm 2\sqrt{2}, x \in \mathbb{R}\}$ . نجد الآن  $[f \circ g](x)$ :

$$\text{تعريف } f \circ g \quad [f \circ g](x) = f[g(x)]$$

$$g(x) = x^2 - 9 \quad = f(x^2 - 9)$$

$$\text{عوض } (x^2 - 9) \text{ بدلًا من } x \text{ في } f(x) \quad = \frac{1}{x^2 - 9 + 1} = \frac{1}{x^2 - 8}$$

لاحظ أن  $\frac{1}{x^2 - 8}$  غير معرفة عندما  $x^2 - 8 = 0$ ، أو عندما  $x = \pm 2\sqrt{2}$ . ومن ثم يمكن كتابة  $f \circ g$  على

$$\text{الصورة } [f \circ g](x) = \frac{1}{x^2 - 8} \text{ ومجالها } \{x \mid x \neq \pm 2\sqrt{2}, x \in \mathbb{R}\}.$$

$$f(x) = x^2 - 2, g(x) = \sqrt{x - 3} \quad (b)$$

لإيجاد  $f \circ g$  فإننا نجد قيم  $g(x)$ ، لجميع قيم  $x$  حيث  $x \geq 3$ . ثم نربع كل قيمة من قيم  $g(x)$ ، ونطرح منها 2. لذا فإن مجال  $f \circ g$  هو  $\{x \mid x \geq 3, x \in \mathbb{R}\}$ . نجد الآن  $[f \circ g](x)$ :

$$\text{تعريف } f \circ g \quad [f \circ g](x) = f[g(x)]$$

$$g(x) = \sqrt{x - 3} \quad = f(\sqrt{x - 3})$$

$$\text{عوض } \sqrt{x - 3} \text{ بدلًا من } x \text{ في } f(x) \quad = (\sqrt{x - 3})^2 - 2$$

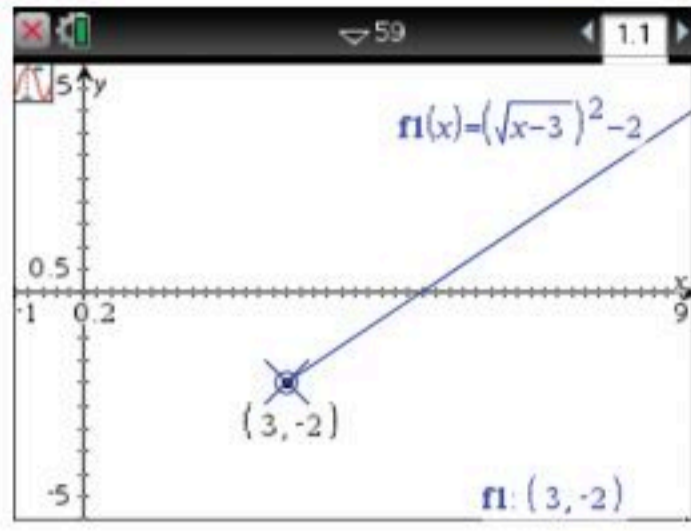
$$\text{بسّط} \quad = x - 3 - 2 = x - 5$$

لاحظ أن مجال الدالة  $x - 5$  هو مجموعة الأعداد الحقيقية، إلا أن مجال  $f \circ g$  في مثالنا مقيد بالشرط

$x \geq 3$ ؛ لذا فإن دالة التركيب هي  $[f \circ g](x) = x - 5$  ومجالها  $\{x \mid x \geq 3, x \in \mathbb{R}\}$ .

### إرشادات للدراسة

تحديد مجالي الدالتين، من المهم تعزف مجالي الدالتين قبل تركيبهما؛ لأن القيود على مجالات الدوال قد لا تكون واضحة بعد إجراء عملية التركيب وتبسيطها.



**التحقق:** استعمل الحاسبة البيانية لاختبار الإجابة. أدخل الدالة  $f(x) = (\sqrt{x-3})^2 - 2$  فيظهر التمثيل جزءاً من المستقيم  $y = x - 5$ . استعمل الإمكانيات المتاحة في الحاسبة البيانية بالضغط على مفتاح (menu)، ثم على 5: تتبع المسار، واختر منها 1: تتبع مسار التمثيل؛ لمساعدتك على تحديد مجال  $g \circ f$  والذي يبدأ عند  $x = 3$  ويمتد إلى  $\infty$ .

**تحقق من فهمك** ✓

$$f(x) = \frac{5}{x}, g(x) = x^2 + x \quad (3B) \quad f(x) = \sqrt{x+1}, g(x) = x^2 - 1 \quad (3A)$$

إحدى المهارات المهمة عند دراسة التفاضل والتكامل هي إعادة تفكيك الدالة إلى دالتين أبسط منها. أي أنه لتفكيك دالة مثل  $h$ ، فإنك تجد دالتين ( $f, g$ ) بحيث يكون تركيبهما هو  $h$ .

#### مثال 4 كتابة الدالة كتركيب دالتين

أوجد دالتين  $f, g$  بحيث يكون  $h(x) = [f \circ g](x)$ ، وعلى ألا تكون أي منهما الدالة المحايدة  $I(x) = x$  في كل مما يأتي:

$$h(x) = 2x^2 + 20x + 50 \quad (a)$$

بالتحليل إلى العوامل نكتب الدالة بالشكل:  $h(x) = 2(x^2 + 10x + 25) = 2(x + 5)^2$ . أي أنه يمكننا كتابة  $h(x)$  كتركيب للدالتين  $f(x) = 2x^2$ ،  $g(x) = x + 5$ ، وعندئذ:

$$h(x) = 2(x + 5)^2 = 2[g(x)]^2 = f[g(x)] = [f \circ g](x)$$

$$h(x) = \sqrt{-7x} + 9x \quad (b)$$

لاحظ أن الدالة  $h$  يمكن أن نكتب كتركيب دالتين  $f, g$  حيث يمكن اختيار  $g(x) = -7x$ ، وكتابة:

$$h(x) = \sqrt{-7x} + 9(-7x) - 7 = \sqrt{-7x} - 9(-7x) - 7$$

$$h(x) = \sqrt{-7x} - 9(-7x) - 7 = \sqrt{g(x)} - 9(g(x)) - 7 = f(g(x)) = [f \circ g](x)$$

$g(x)$

**تحقق من فهمك** ✓

$$h(x) = \frac{1}{x+7} \quad (4B) \quad h(x) = x^2 - 2x + 1 \quad (4A)$$

يمكنك استعمال تركيب دالتين لحل مسائل من واقع الحياة.

#### مثال 5 من واقع الحياة على شكل تركيب دالتين

**مؤثرات حركية:** تُصمَّم إحدى ألعاب الحاسوب بحيث تبدأ بصورة مستطيلة بعدها 60 بكسل في 20 بكسل. ثم يزداد كل بُعد بمقدار 15 بكسل لكل ثانية.

(a) أوجد دالتين تعطي إحداهما مساحة المستطيل  $A$  كدالة في عرضه  $L$ ، وتعطي الأخرى عرضه بعد  $t$  ثانية. حيث إن طول المستطيل يزيد على عرضه بمقدار 40 بكسل؛ لذا يمكننا كتابة الطول على الصورة  $L + 40$ . أي أن مساحة المستطيل  $A(L) = L(L + 40) = L^2 + 40L$ ، حيث  $L \geq 20$ . وبما أن عرض المستطيل يزداد بمقدار 15 بكسل في الثانية الواحدة، إذن:  $L(t) = 20 + 15t$ ، حيث  $t$  الزمن بالثواني  $t \geq 0$ .

(b) أوجد  $A \circ L$ ، وماذا تمثل هذه الدالة؟

$$A \circ L = A[L(t)] \quad \text{تعريف } A \circ L$$

$$= A(20 + 15t)$$

$$= (20 + 15t)^2 + 40(20 + 15t)$$

$$= 225t^2 + 1200t + 1200$$



عوض  $(20 + 15t)$  بدلاً من  $L$  في  $A(L)$

بسّط

وزارة التعليم

Ministry of Education

2023 - 1445

تمثل الدالة  $A \circ L$  مساحة المستطيل كدالة في الزمن **الدرس 6-1 العمليات على الدوال وتركيب دالتين** 61 - 14

#### إرشادات للدراسة

##### كتابة الدالة كتركيب

دالتين:

في المثال 4a، يمكنك إيجاد

دالتين أخريين غير

$$g(h) = x + 5, f(x) = 2x^2$$

بحيث إن:

$$h(x) = [f \circ g](x)$$

والأمر بالنسبة للفرع 4b



#### الربط مع الحياة

##### مؤثرات حركية

يعمل المصممون في العديد من الأعمال لتصميم مؤثرات حركية تستعمل في التلفاز وألعاب الفيديو؛ لذا يجب أن يكون مصممو الألعاب فنانين، ويتلقى أغلبهم تدريباً في كليات متخصصة.

(c) كم من الوقت يلزم لتصبح مساحة المستطيل 3 أضعاف مساحته الأصلية؟

مساحة المستطيل الأصلي  $20 \times 60$  وتساوي 1200 بكسل. وتصبح مساحة المستطيل 3 أضعاف مساحته الأصلية عندما  $3600 = 225t^2 + 1200t + 1200 = [A \circ L](t)$ . ويحل المعادلة بالنسبة إلى  $t$  تجد أن  $t \approx 1.55$  أو  $t = -6.88$ . وبما أن الزمن السالب ليس جزءاً من مجال  $L(t)$ ، وكذلك ليس جزءاً من مجال دالة التركيب، فإن مساحة المستطيل تتضاعف 3 مرات بعد 1.6 ثانية تقريباً.

### تحقق من فهمك

(5) أعمال: أعلن محل تجاري عن خصم مقداره 15% على ثمن أجهزة الحاسوب لطلاب الجامعات، كما وزّع قسائم يستفيد حاملها بخصم مقداره 100 ريال من ثمن الحاسوب.

(5A) عبّر عن هذه البيانات بدالتين  $c$  و  $d$ .

(5B) أوجد  $[c \circ d](x)$  و  $[d \circ c](x)$ . وماذا يعني كل منهما؟

(5C) أي الترتيبين  $c \circ d$  أو  $d \circ c$  يعطي سعراً أقل؟ وضح إجابتك.

### تدرب وحل المسائل

حدّد مجال  $f \circ g$ ، ثم أوجد  $f \circ g$  لكل زوج من الدوال الآتية: (مثال 3)

$$f(x) = \frac{2}{x-3} \quad (16)$$

$$f(x) = \frac{1}{x+1} \quad (15)$$

$$g(x) = x^2 + 6$$

$$g(x) = x^2 - 4$$

$$f(x) = \frac{5}{x} \quad (18)$$

$$f(x) = \sqrt{x+4} \quad (17)$$

$$g(x) = \sqrt{6-x}$$

$$g(x) = x^2 - 4$$

$$f(x) = \sqrt{x+5} \quad (20)$$

$$f(x) = -\frac{4}{x} \quad (19)$$

$$g(x) = x^2 + 4x - 1$$

$$g(x) = \sqrt{x+8}$$

(21) النظرية النسبية: في النظرية النسبية  $m(v) = \frac{100}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ ، حيث  $c$

سرعة الضوء وتساوي 300 مليون متر في الثانية، و  $m$  كتلة جسم

يسير بسرعة  $v$  متر في الثانية، وكتلته الأصلية 100 kg. (مثال 4)

(a) هل توجد قيود على مجال الدالة  $m$ ؟ برّر إجابتك.

(b) أوجد  $m(10)$ ،  $m(10000)$ ،  $m(1000000)$ .

(c) صف سلوك طرفي التمثيل البياني للدالة  $m(v)$  عندما تقترب  $v$  من  $c$  من اليسار.

(d) اكتب الدالة على صورة تركيب دالتين.

أوجد  $(f+g)(x)$ ،  $(f-g)(x)$ ،  $(f \cdot g)(x)$ ،  $\left(\frac{f}{g}\right)(x)$  للدالتين  $f(x)$ ،  $g(x)$  في كل مما يأتي، وحدد مجال كل من الدوال الناتجة: (مثال 1)

$$f(x) = 8 - x^3 \quad (2)$$

$$f(x) = x^2 + 4 \quad (1)$$

$$g(x) = x - 3$$

$$g(x) = \sqrt{x}$$

$$f(x) = x^2 + x \quad (4)$$

$$f(x) = x^2 + 5x + 6 \quad (3)$$

$$g(x) = 9x$$

$$g(x) = x + 2$$

$$f(x) = \frac{6}{x} \quad (6)$$

$$f(x) = x - 7 \quad (5)$$

$$g(x) = x^3 + x$$

$$g(x) = x + 7$$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{x}} \quad (8)$$

$$f(x) = \frac{x}{4} \quad (7)$$

$$g(x) = 4\sqrt{x}$$

$$g(x) = \frac{3}{x}$$

$$f(x) = \sqrt{x+6} \quad (10)$$

$$f(x) = \sqrt{x+8} \quad (9)$$

$$g(x) = \sqrt{x-4}$$

$$g(x) = \sqrt{x+5} - 3$$

أوجد  $(f \circ g)(x)$ ،  $(g \circ f)(x)$ ،  $(f \circ g)(6)$  لكل زوج من الدوال الآتية. (مثال 2)

$$f(x) = -2x^2 - 5x + 1 \quad (12)$$

$$f(x) = 2x - 3 \quad (11)$$

$$g(x) = -5x + 6$$

$$g(x) = 4x - 8$$

$$f(x) = 2 + x^4 \quad (14)$$

$$f(x) = x^2 - 16 \quad (13)$$

$$g(x) = -x^2$$

$$g(x) = x^2 + 7x + 11$$



أوجد  $f(0.5)$ ,  $f(-6)$ ,  $f(x+1)$  في كل مما يأتي مقرباً الناتج إلى أقرب جزء من عشرة إذا لزم ذلك:

$$f(x) - g(x) = x^2 + x - 6, g(x) = x + 4 \quad (35)$$

$$f(x) + g(x) = \frac{2}{x^2} + \frac{1}{x} - \frac{1}{3}, g(x) = 2x \quad (36)$$

$$g(x) = f(x) - 18x^2 + \frac{\sqrt{2}}{x}, g(x) = \sqrt{1-x} \quad (37)$$

أوجد  $[f \circ g \circ h](x)$  في كل مما يأتي:

$$f(x) = \sqrt{x+5} \quad (39) \quad f(x) = x + 8 \quad (38)$$

$$g(x) = x^2 - 3 \quad g(x) = x^2 - 6$$

$$h(x) = \frac{1}{x} \quad h(x) = \sqrt{x} + 3$$

(40) إذا كانت  $f(x) = x + 2$ ، فأوجد  $g(x)$  في كل حالة مما يأتي:

$$(f + g)(x) = x^2 + x + 6 \quad (a)$$

$$\left(\frac{f}{g}\right)(x) = \frac{1}{4} \quad (b)$$

(41) إذا كانت  $f(x) = \sqrt{4x}$ ، فأوجد  $g(x)$  في كل حالة مما يأتي:

$$[f \circ g](x) = |6x| \quad (a)$$

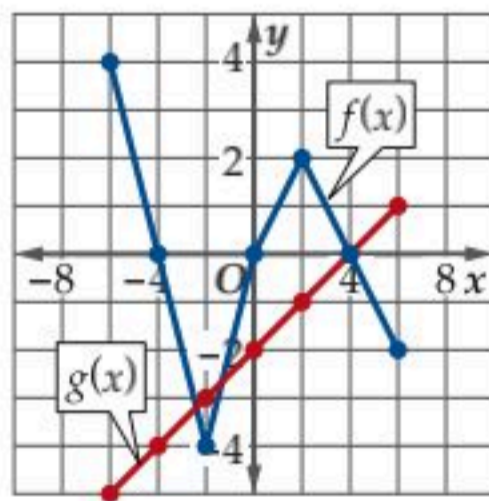
$$[g \circ f](x) = 200x + 25 \quad (b)$$

(42) إذا كان  $f(x) = 4x^2$ ، فأوجد  $g(x)$  في كل حالة مما يأتي:

$$[f \circ g](x) = x \quad (a)$$

$$[f \circ g](x) = 4x \quad (b)$$

باستعمال منحنيي الدالتين  $f(x)$ ,  $g(x)$  الممثلين في الشكل أدناه، أوجد:



$$(f - g)(-6) \quad (44) \quad (f + g)(2) \quad (43)$$

$$\left(\frac{f}{g}\right)(-2) \quad (46) \quad (f \cdot g)(4) \quad (45)$$

$$(g \circ f)(6) \quad (48) \quad (f \circ g)(-4) \quad (47)$$

أوجد دالتين  $f, g$  لكل مما يأتي بحيث يكون  $h(x) = [f \circ g](x)$ ، على ألا تكون أي منهما الدالة المحايدة  $I(x) = x$ . (مثال 4)

$$h(x) = \frac{6}{x+5} - 8 \quad (23) \quad h(x) = \sqrt{4x+2} + 7 \quad (22)$$

$$h(x) = [-3(x-9)] \quad (25) \quad h(x) = |4x+8| - 9 \quad (24)$$

$$h(x) = (\sqrt{x} + 4)^3 \quad (27) \quad h(x) = \sqrt{\frac{5-x}{x+2}} \quad (26)$$

$$h(x) = \frac{\sqrt{4+x}}{x-2} \quad (29) \quad h(x) = \frac{8}{(x-5)^2} \quad (28)$$

(30) ميكانيكا الكم: يُعطى طول الموجة  $\lambda$  لجسم كتلته  $m$  kg، ويتحرك بسرعة  $v$  متر في الثانية بالدالة  $\lambda = \frac{h}{mv}$ ، حيث  $h$  ثابت يساوي  $6.626 \cdot 10^{-34}$ .

(a) أوجد دالة تمثل طول الموجة لجسم كتلته 25 kg بدلالة سرعته.

(b) هل توجد قيود على مجال الدالة؟ برر إجابتك.

(c) إذا تحرك الجسم بسرعة 8 أمتار في الثانية، فأوجد طول الموجة بدلالة  $h$ .

(d) اكتب الدالة في الفقرة a على صورة تركيب دالتين.

(31) وظائف: يعمل شخص في قسم المبيعات في إحدى الشركات ويتقاضى راتباً وعمولة سنوية مقدارها 4% من المبيعات التي تزيد قيمتها على 300000 ريال. افترض أن  $f(x) = x - 300000$ ،  $h(x) = 0.04x$ . (مثال 5)

(a) إذا كانت قيمة المبيعات  $(x)$  تزيد على 300000 ريال، فهل تُمثل العمولة بالدالة  $f[h(x)]$  أم بالدالة  $h[f(x)]$ ؟ برر إجابتك.

(b) أوجد قيمة العمولة التي يتقاضاها الشخص، إذا كانت مبيعاته 450000 ريال في تلك السنة.

أوجد دالتين  $f, g$  لكل مما يأتي بحيث يكون  $h(x) = [f \circ g](x)$ ، على ألا تكون أي من الدالتين الدالة المحايدة  $I(x) = x$ .

$$h(x) = \sqrt{x^3 - 4} \quad (32)$$

$$h(x) = \sqrt{x-1} - \frac{4}{x} \quad (33)$$

$$h(x) = \frac{x}{2x-1} + \sqrt{\frac{4}{x}} \quad (34)$$



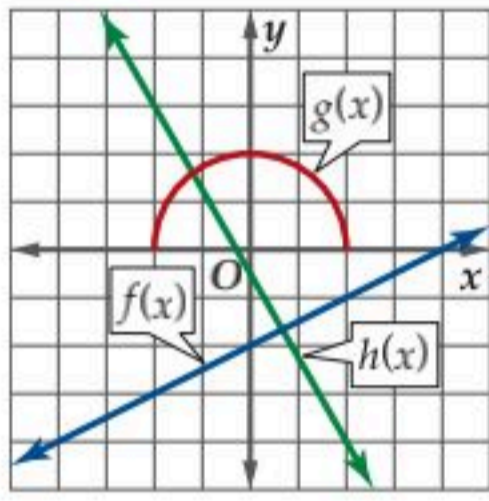
(d) **لفظياً:** خَمَن معادلة محور الانعكاس.

(e) **تحليلياً:** ما الدالة الرئيسة (الأم) التي تساوي كل من  $[f \circ g](x)$ ،  $[g \circ f](x)$ ؟

(f) **تحليلياً:** أوجد  $g(x)$  بحيث يكون  $[f \circ g](x) = [g \circ f](x) = x$  في كلِّ مما يأتي.

(a)  $f(x) = x - 6$  (c)  $f(x) = x^5$

(b)  $f(x) = \frac{x}{3}$  (d)  $f(x) = 2x - 3$



مثّل كلّاً من الدوال الآتية بيانياً باستعمال الشكل المجاور. ففي السؤال 59 مثّل الدوال  $f, h, f+h$  في المستوى الإحداثي نفسه، وهكذا في الأسئلة 60-62:

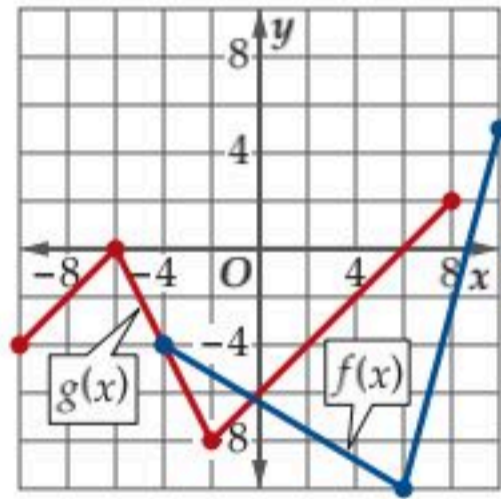
(59)  $(f+h)(x)$

(60)  $(h-f)(x)$

(61)  $(f+g)(x)$

(62)  $(h+g)(x)$

حدّد مجال كل من دالتي التركيب الآتيتين، باستعمال الشكل الآتي:



(64)  $(g \circ f)(x)$

(63)  $(f \circ g)(x)$

### مسائل مهارات التفكير العليا

**تبرير:** في كلِّ مما يأتي، حدّد ما إذا كانت الدالة  $(f \circ g)(x)$  زوجية، أم فردية أم غير ذلك.

(65)  $f, g$  دالتان فرديتان.

(66)  $f, g$  دالتان زوجيتان.

(67)  $f$  زوجية،  $g$  فردية.

(68)  $f$  فردية،  $g$  زوجية.



(49) **كيمياء:** إذا كان معدل سرعة جزيئات غاز عند درجة  $30^\circ\text{C}$

بالمتر لكل ثانية تُعطى بالدالة  $v(m) = \sqrt{\frac{(24.9435)(303)}{m}}$ ، حيث  $m$  الكتلة المولية للغاز مقاسة بالكيلوجرام لكل مول.

(a) هل توجد قيود على مجال الدالة؟ فسر معناها.

(b) أوجد معدل سرعة جزيئات الغاز إذا كانت كتلته المولية 145 كيلوجراماً لكل مول عند درجة  $30^\circ\text{C}$ .

(c) كيف يتغير معدل سرعة جزيئات غاز عندما تزداد كتلة الغاز المولية؟

(d) اكتب الدالة على صورة تركيب دالتين.

أوجد ثلاث دوال  $f, g, h$  بحيث يكون  $a(x) = [f \circ g \circ h](x)$  في كلِّ مما يأتي:

(50)  $a(x) = (\sqrt{x-7} + 4)^2$  (51)  $a(x) = \sqrt{(x-5)^2 + 8}$

(52)  $a(x) = \frac{3}{(x-3)^2 + 4}$  (53)  $a(x) = \frac{4}{(\sqrt{x} + 3)^2 + 1}$

أوجد  $f \circ g, g \circ f$  لكل زوج من الدوال الآتية، وحدّد أية قيود على مجال دالة التركيب في كل حالة:

(54)  $f(x) = x^2 - 6x + 5$  (55)  $f(x) = \sqrt{x+6}$

$g(x) = \sqrt{x+4} + 3$  (56)  $f(x) = \sqrt{x}$

(57)  $f(x) = \frac{6}{2x+1}$  (58)  $f(x) = \sqrt{9-x^2}$

$g(x) = \frac{4}{4-x}$  (59)  $g(x) = \sqrt{16+x^2}$

(58) **تمثيلات متعددة:** في هذه المسألة سوف تستقصي الدالة العكسية.

$f(x)$	$g(x)$
$x+3$	$x-3$
$4x$	$\frac{x}{4}$
$x^3$	$\sqrt[3]{x}$

(a) **جبرياً:** أوجد  $f \circ g$  لكل زوج من الدوال في الجدول المجاور.

(b) **لفظياً:** صف العلاقة بين تركيب كل زوج من الدوال.

(c) **بيانياً:** مثّل كل زوج من الدوال في المستوى الإحداثي نفسه، ثم ارسم محور الانعكاس بإيجاد منتصف القطعة المستقيمة الواصلة بين النقاط المتناظرة.

**(80) علاقة:** في إحصائية أجريت لعدد الموظفين من الجنسين في أحد المستشفيات لعدة سنوات متتالية، كانت نتائجها كما في الجدول الآتي: (الدرس 1-1)

السنة	1427	1428	1429	1430	1431
عدد الإناث (x)	43	48	54	54	48
عدد الذكور (y)	150	148	137	156	146

**(a)** مثل البيانات التي تربط عدد الإناث بعدد الذكور والموجودة في الجدول بيانياً.

**(b)** اكتب مجال العلاقة ومداهما.

**(c)** هل تمثل هذه العلاقة دالة؟ برّر إجابتك.

### تدريب على اختبار

**(81)** إذا كانت  $h(x) = 2(x - 5)^2$ ،  $g(x) = x^2 + 9x + 21$  فإن  $[h \circ g](x)$  تساوي:

**A**  $x^4 + 18x^3 + 113x^2 + 288x + 256$

**B**  $2x^4 + 36x^3 + 226x^2 + 576x + 512$

**C**  $3x^4 + 54x^3 + 339x^2 + 864x + 768$

**D**  $4x^4 + 72x^3 + 452x^2 + 1152x + 1024$

**(82)** إذا كان  $f(2)=3, g(3)=2, f(3)=4, g(2)=5$  فما قيمة  $[f \circ g](3)$ ؟

**A** 2      **C** 4

**B** 3      **D** 5

**تحذّر:** في كلّ مما يأتي، أوجد دالة  $f$  لا تساوي الدالة  $I(x) = x$  بحيث تحقق الشرط المعطى.

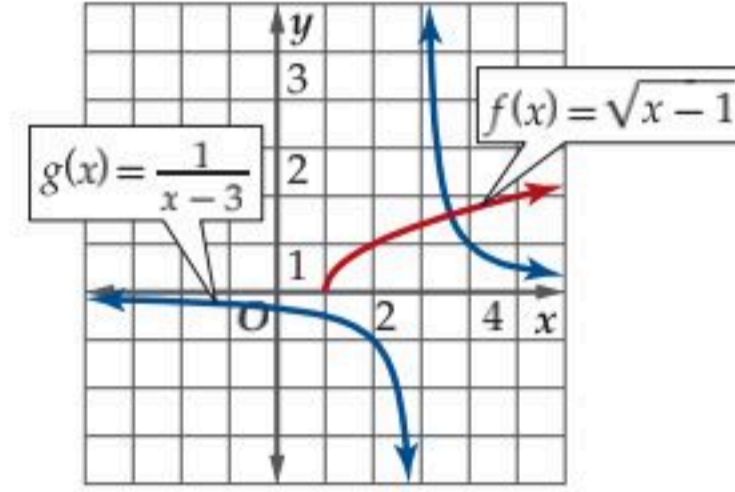
**(69)**  $(f \circ f)(x) = x$       **(70)**  $(f + f)(x) = x$

**(71)**  $[f \circ f](x) = x$       **(72)**  $[f \circ f \circ f](x) = x$

**(73) تبرير:** حدّد ما إذا كانت الجملة الآتية صحيحة أم خاطئة. وبرّر إجابتك.

"إذا كانت  $f$  دالة جذر تربيعي و  $g$  دالة تربيعية، فإن  $f \circ g$  هي دائماً دالة خطية".

**(74) اكتب:** كيف تحدد مجال الدالة  $[f \circ g](x)$  باستعمال الشكل الآتي:



### مراجعة تراكمية

أوجد القيم القصوى المحلية والمطلقة لكلّ من الدوال الآتية مقرّبة إلى أقرب جزء من مئة، ثم حدّد قيم  $x$  التي تقع عندها هذه القيم: (الدرس 1-4)

**(75)**  $f(x) = 2x^3 - 3x^2 + 4$

**(76)**  $g(x) = -x^3 + 5x - 3$

**(77)**  $f(x) = x^4 + x^3 - 2$

حدّد الأعداد الصحيحة المتتالية التي تنحصر بينها الأصفار الحقيقية لكل دالة مما يأتي في الفترة المعطاة: (الدرس 1-3)

**(78)**  $f(x) = \frac{x^2 - 3}{x - 4}, [-3, 3]$

**(79)**  $g(x) = \frac{x^2 - 2x - 1}{x^2 + 3x}, [1, 5]$





## العلاقات والدوال العكسية

### Inverse Relations and Functions



#### لماذا؟

يربط الجدول A عدد تذاكر دخول مدينة ألعاب بسعرها، في حين يربط الجدول B السعر بعدد التذاكر. لاحظ أن تبديل صفي الجدول A يُعطي الجدول B.

الجدول B

السعر بالريال	5	10	15	20	25
عدد التذاكر	1	2	3	4	5

الجدول A

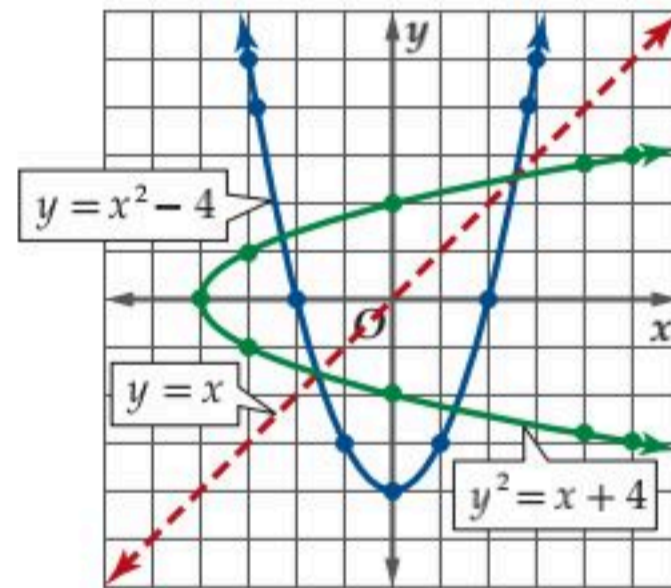
عدد التذاكر	1	2	3	4	5
السعر بالريال	5	10	15	20	25

**الدالة العكسية:** العلاقة في الجدول A تمثل علاقة عكسية للعلاقة في الجدول B. يقال: إن كلاً من العلاقتين A, B علاقة عكسية للأخرى إذا وفقط إذا تحقق الشرط التالي: إذا كان الزوج المرتب  $(a, b)$  ينتمي إلى إحدى العلاقتين؛ فإن الزوج المرتب  $(b, a)$  ينتمي إلى العلاقة الأخرى. وإذا مُثلت العلاقة بمعادلة، فيمكن إيجاد علاقتها العكسية بتبديل المتغير المستقل بالمتغير التابع، فمثلاً

#### العلاقة العكسية

$$y^2 = x + 4 \text{ أو } x = y^2 - 4$$

x	y
5	-3
0	-2
-3	-1
-4	0
-3	1
0	2
5	3



#### العلاقة

$$y = x^2 - 4$$

x	y
-3	5
-2	0
-1	-3
0	-4
1	-3
2	0
3	5

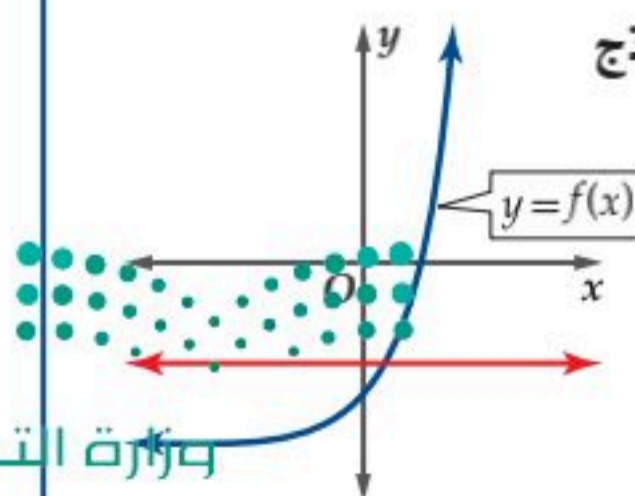
لاحظ أن كل علاقة من هاتين العلاقتين المتعاكستين هي انعكاس للأخرى حول المستقيم  $y = x$ . هذه العلاقة صحيحة بين كل منحنيات العلاقات ومنحنيات علاقاتها العكسية.

يتضح من تعريف العلاقة العكسية أنه لكل علاقة يوجد علاقة عكسية، إلا أن اهتمامنا ينصب على الدوال التي تمثل علاقاتها العكسية دوالاً. فإذا كانت العلاقة العكسية لدالة  $f$  تمثل دالة سميت **الدالة العكسية** لـ  $f$ ، ويرمز لها بالرمز  $f^{-1}$ . لاحظ في التمثيل البياني أعلاه أن العلاقة الأصلية دالة؛ لأنها تحقق اختبار الخط الرأسي، إلا أن علاقتها العكسية لا تحقق هذا الاختبار فهي ليست دالة. وبشكل عام، ليس من الضروري أن تكون العلاقة العكسية دالة.

يقودنا تمثيل العلاقة وعلاقتها العكسية إلى اختبار آخر لتحديد وجود دالة عكسية.

#### اختبار الخط الأفقي

#### مفهوم أساسي



نموذج

**التعبير اللفظي:** يوجد للدالة  $f$  دالة عكسية  $f^{-1}$  إذا وفقط إذا كان كل خط أفقي يتقاطع مع منحنى الدالة عند نقطة واحدة على الأكثر.

بما أنه لا يوجد خط أفقي يقطع منحنى الدالة  $f$  بأكثر من نقطة، فإن الدالة العكسية  $f^{-1}$  موجودة.

مثال:

#### قراءة الرياضيات

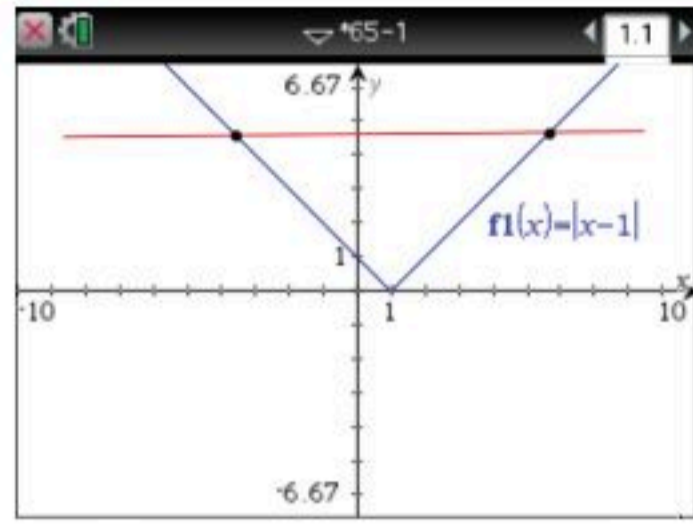
رمز الدالة العكسية:

يجب ألا يحدث لبس بين رمز الدالة العكسية  $f^{-1}(x)$  ومقلوب الدالة  $f(x)^{-1}$ .

## تطبيق اختبار الخط الأفقي

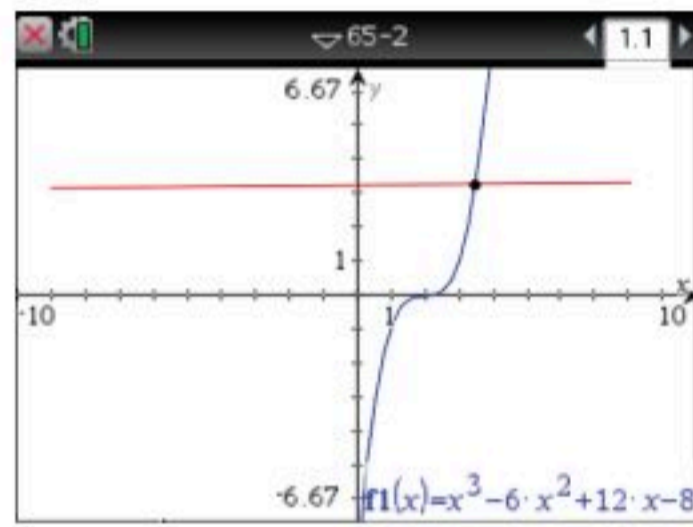
### مثال 1

مثل كلاً من الدوال الآتية بيانياً باستعمال الحاسبة البيانية، ثم طبق اختبار الخط الأفقي لتحديد إن كانت الدالة العكسية موجودة أم لا.



$$f(x) = |x - 1| \quad (a)$$

يوضح التمثيل البياني للدالة في الشكل المجاور أنه من الممكن إيجاد خط أفقي يقطع منحنى  $f(x)$  في أكثر من نقطة، وعليه فإن  $f^{-1}$  غير موجودة.



$$g(x) = x^3 - 6x^2 + 12x - 8 \quad (b)$$

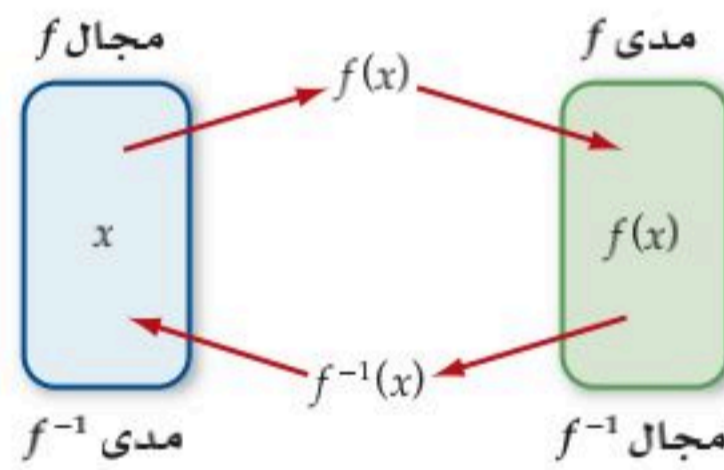
يوضح التمثيل البياني للدالة  $g(x)$  في الشكل المجاور أنه من غير الممكن إيجاد خط أفقي يقطع منحنى الدالة  $g(x)$  في أكثر من نقطة، وعليه فإن  $g^{-1}$  موجودة.

### تحقق من فهمك

$$f(x) = x^2 + 5x - 7 \quad (1B)$$

$$h(x) = \frac{4}{x} \quad (1A)$$

**إيجاد الدالة العكسية:** إذا حققت الدالة اختبار الخط الأفقي سُميت دالة متباينة؛ لأن كل قيمة لـ  $x$  ترتبط بقيمة واحدة فقط لـ  $y$ . ولا توجد قيمة لـ  $y$  ترتبط بأكثر من قيمة لـ  $x$ .  
إذا كانت الدالة متباينة، فإن لها دالة عكسية على أن يكون مجال  $f$  مساوياً لمدى  $f^{-1}$  ومدى  $f$  مساوياً لمجال  $f^{-1}$ .



لإيجاد الدالة العكسية جبرياً، نتبع الخطوات الآتية:

### إيجاد الدالة العكسية

### مفهوم أساسي

**الخطوة 1:** تحقق من وجود دالة عكسية للدالة المعطاة بالتحقق من أنها متباينة بالاعتماد على اختبار الخط الأفقي.

**الخطوة 2:** ضع  $y$  مكان  $f(x)$ ، ثم بدل موقعي  $x, y$ .

**الخطوة 3:** حل المعادلة بالنسبة للمتغير  $y$ ، ثم ضع  $f^{-1}(x)$  مكان  $y$ .

**الخطوة 4:** اذكر أية شروط على مجال  $f^{-1}$ . وبين أن مجال  $f$  يساوي مدى  $f^{-1}$ ، وأن مدى  $f$  يساوي مجال  $f^{-1}$ .

يظهر من الخطوة الأخيرة أن جزءاً فقط من الدالة التي أوجدتها جبرياً قد يكون دالة عكسية للدالة  $f$ ؛ لذا يجب دراسة مجال  $f$  عند إيجاد  $f^{-1}$ .

### تنبيه!

اختبار الخط الأفقي عند استعمال الحاسبة البيانية، اختبر بدقة المواقع التي يفضل فيها اختبار الخط الأفقي باستعمال

4: تكبير/تصغير النافذة

واختر منها

3: تكبير

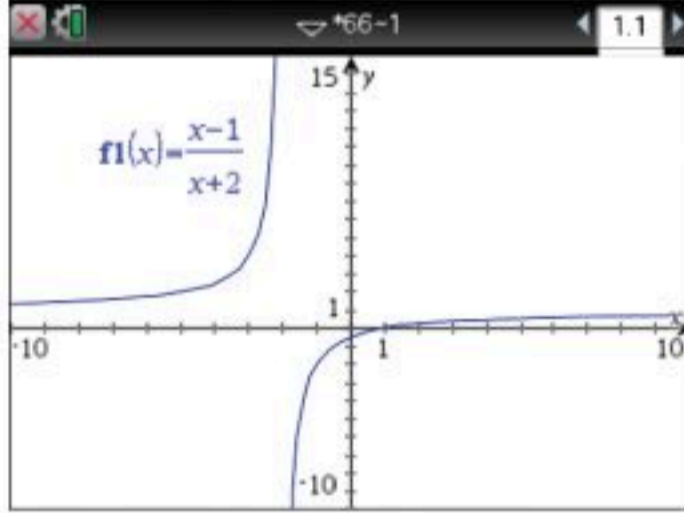
أو 4: تصغير

أو اضبط الشاشة للتأكد.

## مثال 2 إيجاد الدالة العكسية جبرياً

في كل مما يأتي أوجد الدالة العكسية  $f^{-1}$  إن أمكن، وحدد مجالها والقيود عليه، وإذا لم يكن ذلك ممكناً فاكتب غير موجودة.

$$f(x) = \frac{x-1}{x+2} \quad (a)$$



يوضح التمثيل البياني المجاور أن منحنى الدالة يحقق اختبار الخط الأفقي؛ لذا فإن  $f$  دالة متباينة، وعليه فإن لها دالة عكسية. مجال الدالة  $f$  هو  $(-\infty, -2) \cup (-2, \infty)$ ، ومداه  $(-\infty, 1) \cup (1, \infty)$ .  
والآن أوجد  $f^{-1}$ .

$$\text{الدالة الأصلية} \quad f(x) = \frac{x-1}{x+2}$$

$$\text{عوّض } y \text{ بدلاً من } f(x) \quad y = \frac{x-1}{x+2}$$

$$\text{بدّل بين } x, y \quad x = \frac{y-1}{y+2}$$

$$\text{اضرب الطرفين في } (y+2), \text{ ثم طبق خاصية التوزيع} \quad xy + 2x = y - 1$$

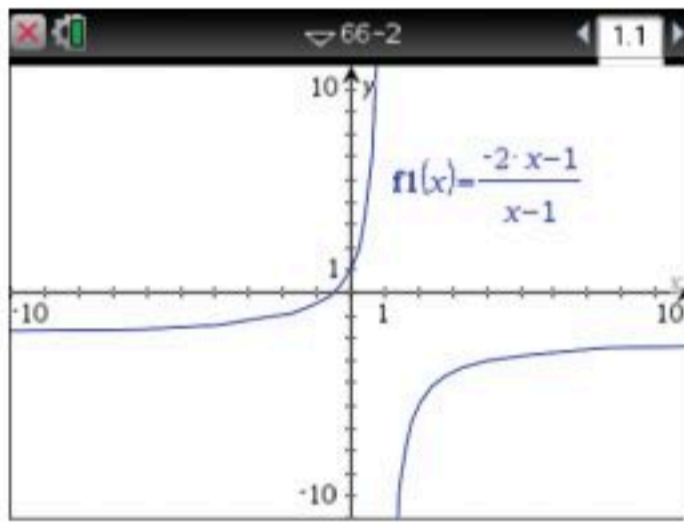
$$\text{ضع الحدود التي تحوي } y \text{ في طرف واحد} \quad xy - y = -2x - 1$$

$$\text{خاصية التوزيع} \quad y(x-1) = -2x-1$$

$$\text{حل بالنسبة لـ } y \quad y = \frac{-2x-1}{x-1}$$

$$\text{عوّض } f^{-1}(x) \text{ بدلاً من } y, \text{ لاحظ أن } x \neq 1 \quad f^{-1}(x) = \frac{-2x-1}{x-1}$$

يظهر من التمثيل البياني أن مجال  $f^{-1}$  هو  $(-\infty, 1) \cup (1, \infty)$ ، ومداه هو  $(-\infty, -2) \cup (-2, \infty)$ . أي أن مجال ومدى  $f$  يساويان مدى ومجال  $f^{-1}$  على الترتيب.  
لذا لا حاجة لفرض قيود على مجال  $f^{-1}$ .



$$f(x) = \sqrt{x-4} \quad (b)$$

يوضح الشكل المجاور أن منحنى الدالة يحقق اختبار الخط الأفقي؛ لذا فإن الدالة  $f$  متباينة، وعليه فإن لها دالة عكسية. مجال الدالة  $f$  هو  $[4, \infty)$  ومداه  $[0, \infty)$ . أوجد  $f^{-1}$ .

$$\text{الدالة الأصلية} \quad f(x) = \sqrt{x-4}$$

$$\text{عوّض } y \text{ بدلاً من } f(x) \quad y = \sqrt{x-4}$$

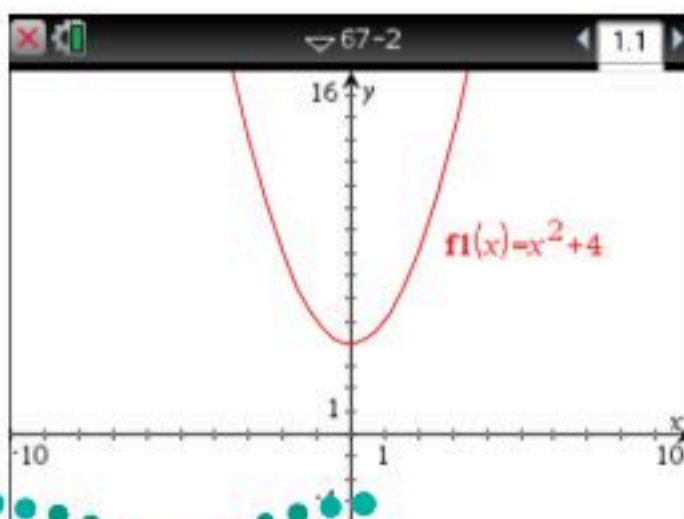
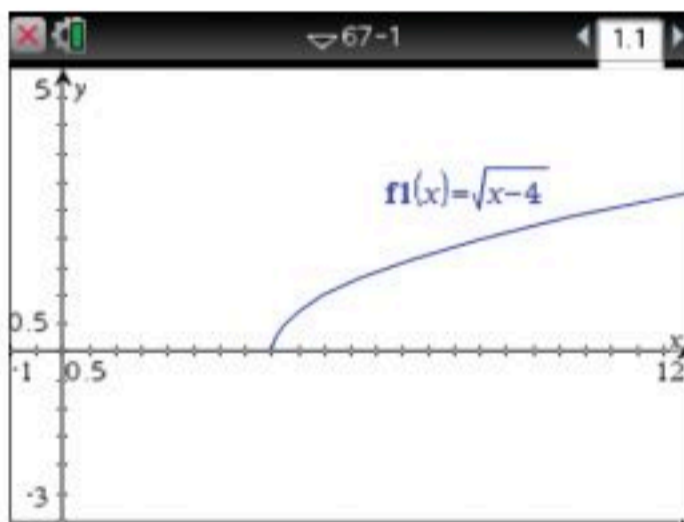
$$\text{بدّل بين } x \text{ و } y \quad x = \sqrt{y-4}$$

$$\text{رَبّع الطرفين} \quad x^2 = y - 4$$

$$\text{حل بالنسبة إلى } y \quad y = x^2 + 4$$

$$\text{عوّض } f^{-1}(x) \text{ بدلاً من } y \quad f^{-1}(x) = x^2 + 4$$

يظهر من التمثيل البياني المجاور أن مجال  $f^{-1}$  هو  $(-\infty, \infty)$ ، ومداه  $[4, \infty)$ . ومن ثم فإننا نفرض قيوداً على مجالها بحيث يكون مساوياً لمدى  $f$  وهو  $[0, \infty)$ ، ويبقى مداه  $[4, \infty)$ . والآن يصبح مجال  $f$  ومداه مساويين لمدى  $f^{-1}$  ومجالها على الترتيب؛ لذا فإن  $f^{-1}(x) = x^2 + 4$  ومجالها  $\{x \mid x \geq 0, x \in \mathbb{R}\}$ .



تحقق من فهمك

$$f(x) = \sqrt{x^2 - 20} \quad (2C) \quad \text{وزارة التعليم}$$

$$f(x) = \frac{x+7}{x} \quad (2B)$$

$$f(x) = -16 + x^3 \quad (2A)$$

إن الدالة العكسية  $f^{-1}$  تلغي عمل الدالة  $f$  والعكس صحيح؛ لذا فإنه يمكننا تعريف الدوال العكسية باستعمال عملية التركيب بينهما.

### مفهوم أساسي

#### تركيب الدالة ودالتها العكسية

تكون كل من الدالتين  $f$  و  $f^{-1}$ ، دالة عكسية للأخرى، إذا وفقط إذا تحقق الشرطان الآتيان:

$$\bullet f[f^{-1}(x)] = x \text{ لجميع قيم } x \text{ في مجال } f^{-1}(x).$$

$$\bullet f^{-1}[f(x)] = x \text{ لجميع قيم } x \text{ في مجال } f(x).$$

لاحظ أن تركيب  $f$  و  $f^{-1}$  هو الدالة المحايدة. وتُستعمل هذه الحقيقة للتحقق من أن كلاً من الدالتين دالة عكسية للأخرى.

### مثال 3

#### إثبات أن كل دالة تمثل دالة عكسية للأخرى

أثبت جبرياً أن كلاً من الدالتين  $f(x) = \frac{6}{x-4}$  و  $g(x) = \frac{6}{x} + 4$  دالة عكسية للأخرى.

أثبت أن  $f[g(x)] = x$  و  $g[f(x)] = x$ .

$$g[f(x)] = g\left(\frac{6}{x-4}\right)$$

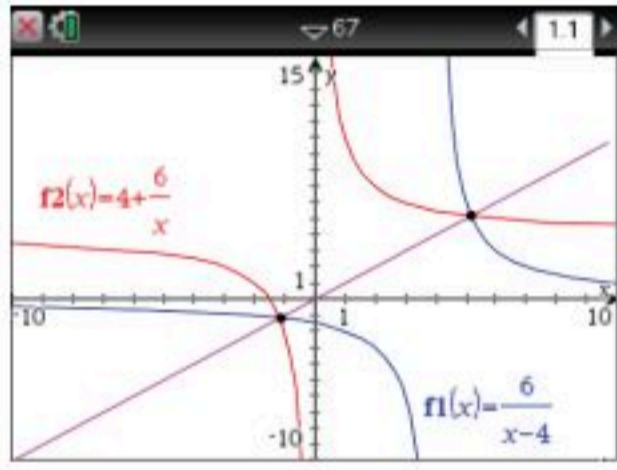
$$= \frac{6}{\left(\frac{6}{x-4}\right)} + 4$$

$$= x - 4 + 4 = x$$

$$f[g(x)] = f\left(\frac{6}{x} + 4\right)$$

$$= \frac{6}{\left(\frac{6}{x} + 4\right) - 4}$$

$$= \frac{6}{\left(\frac{6}{x}\right)} = x$$



بما أن  $f[g(x)] = g[f(x)] = x$ ، فإن كلاً من الدالتين  $f(x)$ ،  $g(x)$  تكون دالة عكسية للأخرى. ويؤكد التمثيل البياني المجاور هذه الإجابة حيث تنتج كل دالة من الأخرى بالانعكاس حول المستقيم  $y = x$ .

### تحقق من فهمك

أثبت جبرياً أن كلاً من الدالتين  $f$ ،  $g$  تمثل دالة عكسية للأخرى في كل مما يأتي:

$$f(x) = x^2 + 10, x \geq 0, g(x) = \sqrt{x - 10} \quad (3B)$$

$$f(x) = 18 - 3x, g(x) = 6 - \frac{x}{3} \quad (3A)$$

من الصعب إيجاد الدالة العكسية جبرياً لمعظم الدوال المتباينة، إلا أنه يمكننا تمثيل منحنى الدالة العكسية بانعكاس الدالة الأصلية حول المستقيم  $y = x$ .

### إرشادات للدراسة

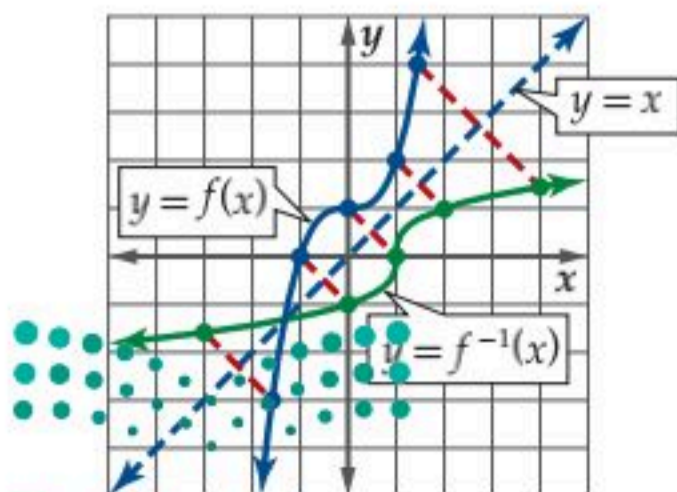
#### الدالة العكسية والقيم القصوى

يكون للدالة المتصلة دالة عكسية، إذا وفقط إذا لم يكن لها قيم عظمى أو صغرى محلية. فإذا كان للدالة قيم عظمى أو صغرى محلية فإن الدالة تفشل باختبار الخط الأفقي، ومن ثم لا تكون دالة متباينة.

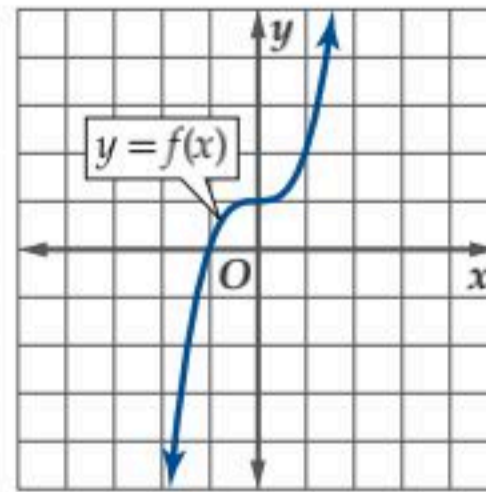
### مثال 4 إيجاد الدالة العكسية بيانياً

استعمل التمثيل البياني للدالة  $f(x)$  في الشكل 1.7.3 لتمثيل  $f^{-1}(x)$ .

مثل بيانياً المستقيم  $y = x$ . وعين بعض النقاط على منحنى  $f(x)$ . أوجد صور هذه النقاط بالانعكاس حول المستقيم  $y = x$ . ثم صل بينها بمنحنى كصورة في مرآة لمنحنى الدالة  $f(x)$  حول المستقيم  $y = x$  (الشكل 1.7.4).



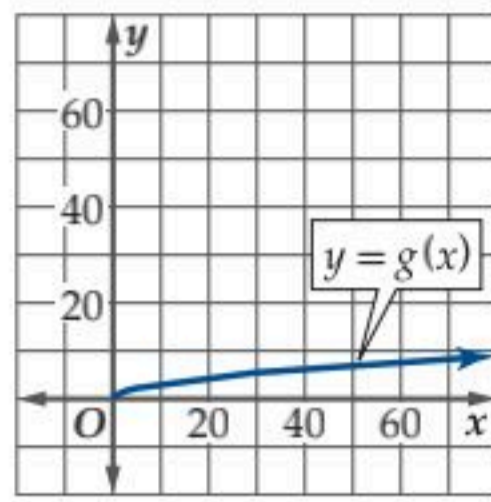
الشكل 1.7.4



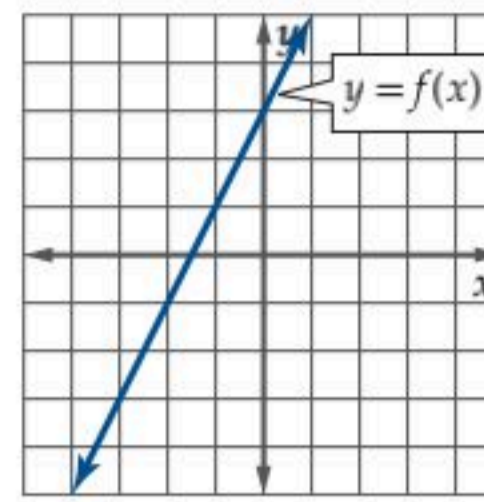
الشكل 1.7.3

## تحقق من فهمك

استعمل التمثيل البياني لكل دالة مما يأتي لتمثيل الدالة العكسية لها بيانياً:



(4B)



(4A)

## استعمال الدالة العكسية

## مثال 5 من واقع الحياة

**أعمال:** يتقاضى شخص 16 ريالاً عن كل ساعة عمل، ويعمل في الأسبوع عدداً من الساعات لا يقل عن 40 ساعة ولا يزيد على 105 ساعات، ويتقاضى أجراً إضافياً مقداره 24 ريالاً عن كل ساعة عمل إضافية تزيد على الـ 40 ساعة. ويمكن حساب دخله الأسبوعي مقابل  $x$  ساعة عمل بالدالة  $f(x) = 640 + 24(x - 40)$ .

(a) أثبت أن  $f^{-1}(x)$  موجودة، ثم أوجدتها.

يمكننا تبسيط الدالة لتصبح  $f(x) = 640 + 24x - 960$  أو  $f(x) = 24x - 320$ .

يحقق منحنى الدالة  $f(x)$  اختبار الخط الأفقي؛ لذا فإن  $f(x)$  دالة متباينة، وعليه تكون دالتها العكسية موجودة. أوجد  $f^{-1}(x)$ :

$$f(x) = 24x - 320 \quad \text{الدالة الأصلية}$$

$$y = 24x - 320 \quad \text{عوّض } y \text{ بدلاً من } f(x)$$

$$x = 24y - 320 \quad \text{بدّل بين } x \text{ و } y$$

$$x + 320 = 24y \quad \text{أضف 320 إلى الطرفين}$$

$$y = \frac{x + 320}{24} \quad \text{حل بالنسبة إلى } y$$

$$f^{-1}(x) = \frac{x + 320}{24} \quad \text{عوّض } f^{-1}(x) \text{ بدلاً من } y$$

(b) ماذا تمثل كل من  $x$  و  $f^{-1}(x)$  في الدالة العكسية؟

في الدالة العكسية تمثل  $x$  الدخل الأسبوعي بالريال، وتمثل  $f^{-1}(x)$  عدد ساعات العمل الأسبوعية.

(c) حدّد القيود المفروضة على مجال  $f(x)$  ومجال  $f^{-1}(x)$  إن وجدت؟ وضّح إجابتك.

الحد الأدنى لساعات العمل الأسبوعية هو 40 ساعة. والحد الأعلى 105 ساعات؛ لذا فإن مجال  $f(x)$  هو  $[40, 105]$ . وبما أن  $f(40) = 640$ ،  $f(105) = 2200$ ، فإن مدى  $f(x)$  هو  $[640, 2200]$ ، وهو مجال الدالة  $f^{-1}(x)$ .

(d) أوجد عدد الساعات التي عملها الشخص في أسبوع كان دخله فيه 760 ريالاً.  
 $f^{-1}(760) = \frac{760 + 320}{24} = 45$  أي أن الشخص عمل 45 ساعة في هذا الأسبوع.

## تحقق من فهمك

(5) **توفير:** يتبقى لأحمد بعد سداد أقساط منزله وبعض الالتزامات 65% من راتبه الشهري، فإذا خصّص منها 1800 ريالاً لنفقات المعيشة، وقدّر أن بإمكانه توفير 20% من المبلغ المتبقي تقريباً، فإن مقدار التوفير الشهري يعطى بالدالة:  $f(x) = 0.2(0.65x - 1800)$ ، حيث  $x$  الراتب الشهري.

(5A) أثبت أن  $f^{-1}(x)$  موجودة، ثم أوجدتها.

(5B) ماذا تمثل كل من  $x$  و  $f^{-1}(x)$  في الدالة العكسية؟

(5C) حدّد أية قيود على كل من مجال  $f(x)$  و  $f^{-1}(x)$  إن وجدت. وبرّر إجابتك.

(5D) إذا وفر أحمد 500 ريالاً في الشهر، فأوجد راتبه الشهري.



الرّبط مع الحياة

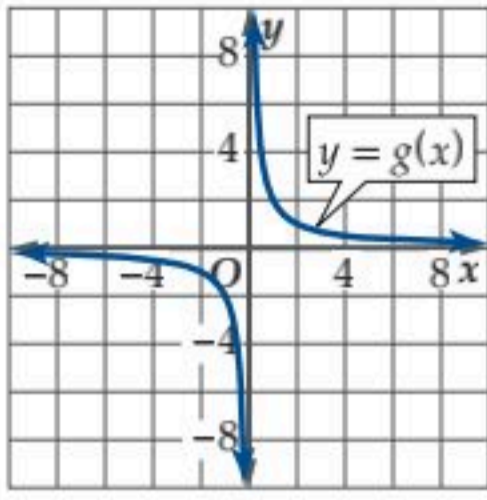
ينص نظام العمل في المملكة على أنه لا يجوز تشغيل العامل تشغيلاً فعلياً أكثر من 8 ساعات في اليوم الواحد إذا اعتمد صاحب العمل المعيار اليومي، أو أكثر من 48 ساعة إذا اعتمد المعيار الأسبوعي.

## إرشادات للدراسة

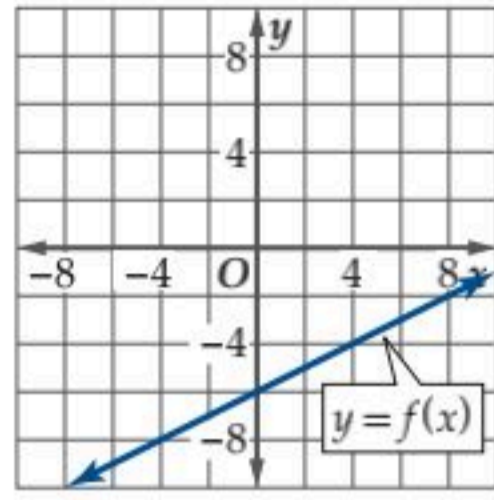
### الدالة الخطية:

يمكنك الحكم بأن منحنى الدالة الخطية يحقق اختبار الخط الأفقي دون الحاجة إلى رسمه.

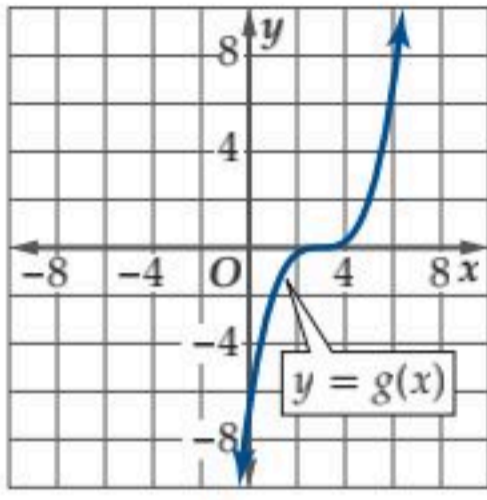
استعمل التمثيل البياني أدناه المعطى لكل دالة لتمثل الدالة العكسية لها:  
(مثال 4)



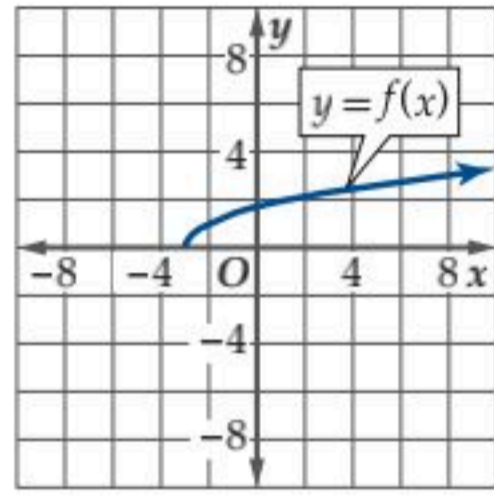
(28)



(27)



(30)



(29)

(31) **وظائف:** يعمل فالح في أحد محلات بيع الأحذية خارج أوقات دوامه الرسمي مقابل راتب مقداره 420 ريالاً في الأسبوع، ويتقاضى أيضاً عمولة مقدارها 5% من قيمة المبيعات. أي أن ما يتقاضاه أسبوعياً يُعطى بالدالة  $f(x) = 420 + 0.05x$  حيث تمثل  $x$  قيمة المبيعات. (مثال 5)

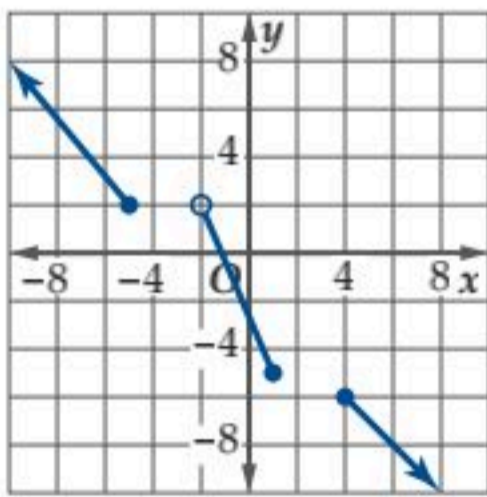
(a) أثبت أن الدالة  $f^{-1}(x)$  موجودة، ثم أوجدها.

(b) ماذا تمثل كل من  $f^{-1}(x)$ ،  $x$  في الدالة العكسية؟

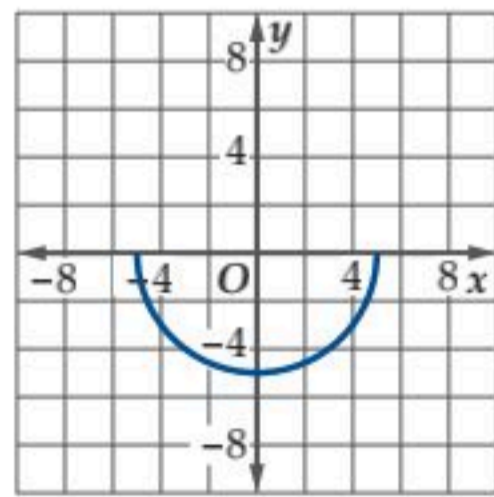
(c) حدد أية قيود على كل من مجال  $f^{-1}(x)$ ،  $f(x)$  إن وجدت. وبرر إجابتك.

(d) أوجد قيمة مبيعات فالح في الأسبوع الذي يتقاضى فيه 720 ريالاً.

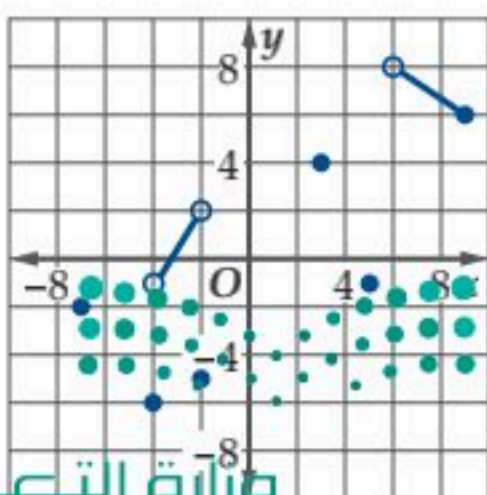
حدّد ما إذا كانت الدالة العكسية موجودة في كل مما يأتي أم لا.



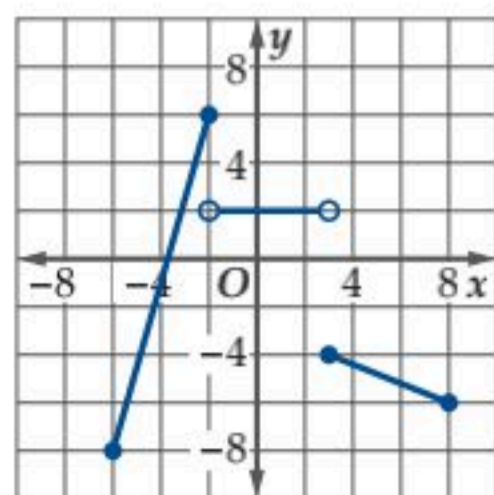
(33)



(32)



(35)



(34)

مثل كلاً من الدوال الآتية بياناً باستعمال الحاسبة البيانية، ثم طبق اختبار الخط الأفقي لتحديد إن كانت الدالة العكسية موجودة، أم لا. (مثال 1)

$$y = x^2 - 16x + 64 \quad (2) \quad y = x^2 + 6x + 9 \quad (1)$$

$$y = 4 \quad (4) \quad y = 3x - 8 \quad (3)$$

$$y = -4x^2 + 8 \quad (6) \quad y = \sqrt{x + 4} \quad (5)$$

$$y = \frac{1}{4}x^3 \quad (8) \quad y = \frac{8}{x + 2} \quad (7)$$

أوجد الدالة العكسية  $f^{-1}$  في كل مما يأتي إن أمكن، وحدّد مجالها والقيود عليه، وإذا لم يكن ذلك ممكناً فاكتب غير موجودة. (مثال 2)

$$f(x) = 4x^5 - 8x^4 \quad (10) \quad f(x) = -3x^4 + 6x^2 - x \quad (9)$$

$$f(x) = \sqrt{6 - x^2} \quad (12) \quad f(x) = \sqrt{x + 8} \quad (11)$$

$$f(x) = \frac{x - 6}{x} \quad (14) \quad f(x) = |x - 6| \quad (13)$$

$$f(x) = \frac{7}{\sqrt{x + 3}} \quad (16) \quad f(x) = \frac{6}{\sqrt{8 - x}} \quad (15)$$

$$f(x) = |x + 1| + |x - 4| \quad (18) \quad f(x) = \frac{x + 4}{3x - 5} \quad (17)$$

(19) **سرعة:** تُعطى سرعة جسم  $y$  بالكيلومتر لكل ساعة بالدالة  $y = 1.6x$  حيث  $x$  سرعة الجسم بالميل لكل ساعة. (مثال 2)

(a) أوجد الدالة العكسية لـ  $y$ ، وماذا يمثل كل متغير فيها؟

(b) مثل كلاً من الدالتين في المستوى الإحداثي نفسه.

أثبت جبرياً أن كلاً من الدالتين  $f$ ،  $g$  تمثل دالة عكسية للأخرى في كل مما يأتي: (مثال 3)

$$f(x) = -3x^2 + 5, x \geq 0 \quad (21) \quad f(x) = 4x + 9 \quad (20)$$

$$g(x) = \sqrt{\frac{5-x}{3}} \quad g(x) = \frac{x-9}{4}$$

$$f(x) = (x + 8)^{\frac{3}{2}} \quad (23) \quad f(x) = \frac{x^2}{4} + 8, x \geq 0 \quad (22)$$

$$g(x) = x^{\frac{2}{3}} - 8, x \geq 0 \quad g(x) = \sqrt{4x - 32}$$

$$f(x) = \frac{x-6}{x+2} \quad (25) \quad f(x) = 2x^3 - 6 \quad (24)$$

$$g(x) = \frac{2x+6}{1-x} \quad g(x) = \sqrt[3]{\frac{x+6}{2}}$$

(26) **فيزياء:** تُعطى طاقة الحركة لجسم متحرك بالجول بالدالة  $f(x) = 0.5mx^2$  حيث  $m$  كتلة الجسم بالكيلوجرام و  $x$  سرعة الجسم بالمتر لكل ثانية. (مثال 3)

(a) أوجد  $f^{-1}(x)$  للدالة  $f(x)$ . وماذا يعني كل متغير فيها؟

(b) أثبت أن كلاً من الدالتين  $f^{-1}(x)$  و  $f(x)$  التي حصلت عليها تمثل دالة عكسية للأخرى.

(c) مثل كلاً من  $f^{-1}(x)$ ،  $f(x)$  على الشاشة نفسها من الحاسبة البيانية عندما تكون كتلة الجسم كيلو جرام واحد.



إذا كانت الدالة  $f^{-1}$  موجودة، فاكتب المجال والمدى لكل من  $f, f^{-1}$ :

$$f(x) = \sqrt{x-6} \quad (44)$$

$$f(x) = x^2 + 9 \quad (45)$$

$$f(x) = \frac{3x+1}{x-4} \quad (46)$$

$$f(x) = \frac{8x+3}{2x-6} \quad (47)$$

أوجد الدالة العكسية في كل مما يأتي، إن أمكن، ثم مثل  $f, f^{-1}$  في مستوى إحداثي واحد. واذكر أية قيود على المجال:

$$f(x) = \begin{cases} x^2 & , -4 \geq x \\ -2x+5 & , -4 < x \end{cases} \quad (48)$$

$$f(x) = \begin{cases} -4x+6 & , -5 \geq x \\ 2x-8 & , -5 < x \end{cases} \quad (49)$$

**50 اتصالات:** أعلنت شركة لبيع أجهزة الهاتف المحمول عن عرض مبيّن في الشكل أدناه. فكانت الشركة تخصم 50 ريالاً وتمنح تخفيضاً مقداره 10% من سعر الجهاز الأصلي.



(a) اكتب دالة  $r$  لسعر الجهاز بدلالة سعره الأصلي إذا تم خصم 50 ريالاً فقط.

(b) اكتب دالة  $d$  لسعر الجهاز بدلالة سعره الأصلي إذا تم منح التخفيض (10%) فقط.

(c) اكتب قاعدة تمثّل  $T = r \circ d$  إذا تم التخفيض ثم الخصم.

(d) أوجد  $T^{-1}$ ، وماذا تمثّل؟

(e) إذا كانت التكلفة الكلية لشراء جهاز بعد التخفيض ثم الخصم 760 ريالاً، فكم يكون سعره الأصلي؟

إذا كانت  $f(x) = 8x - 4, g(x) = 2x + 6$  فأوجد:

$$(f^{-1} \circ g^{-1})(x) \quad (51)$$

$$(g^{-1} \circ f^{-1})(x) \quad (52)$$

$$(f \circ g)^{-1}(x) \quad (53)$$

$$(g \circ f)^{-1}(x) \quad (54)$$

كون جدولاً للدالة  $f^{-1}$  في كل مما يأتي إذا كانت موجودة، وإذا لم تكن موجودة، فاذكر السبب.

$x$	-6	-4	-1	3	6	10
$f(x)$	-4	0	3	5	9	13

$x$	-3	-2	-1	0	1	2
$f(x)$	14	11	8	10	11	16

**38 درجات حرارة:** تُستعمل الدالة  $f(x) = \frac{9}{5}x + 32$  للتحويل من درجات الحرارة السيليزية إلى درجات الحرارة الفهرنهايتية، وتُستعمل الدالة  $k(x) = \frac{5}{9}(x + 459.67)$  للتحويل من درجات الحرارة الفهرنهايتية إلى درجات الحرارة المطلقة (كلفن).

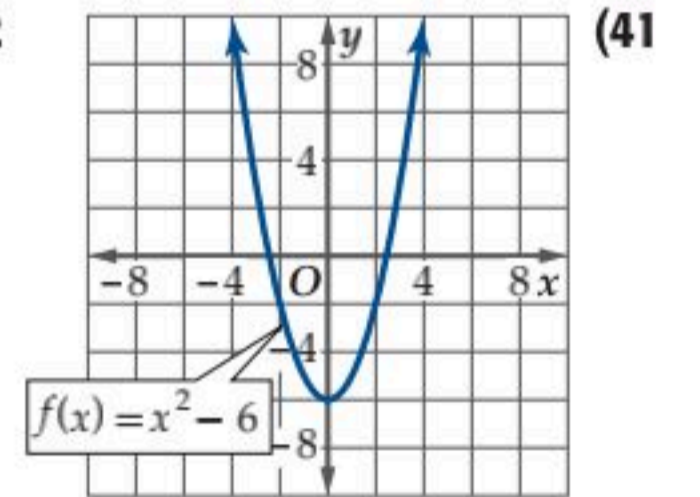
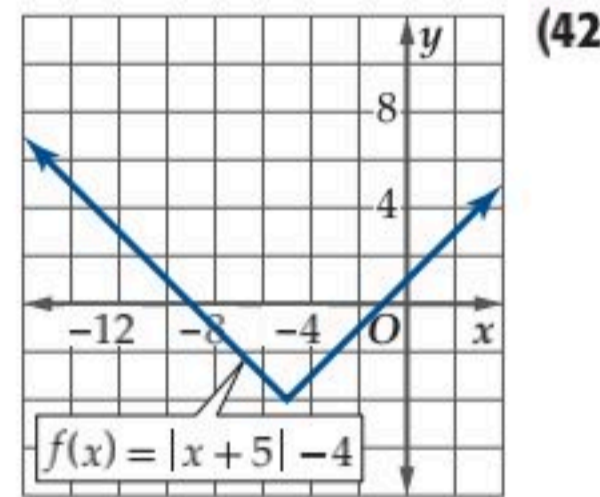
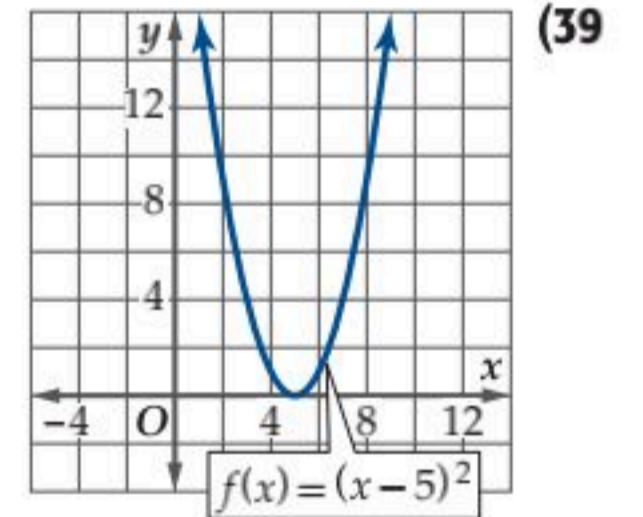
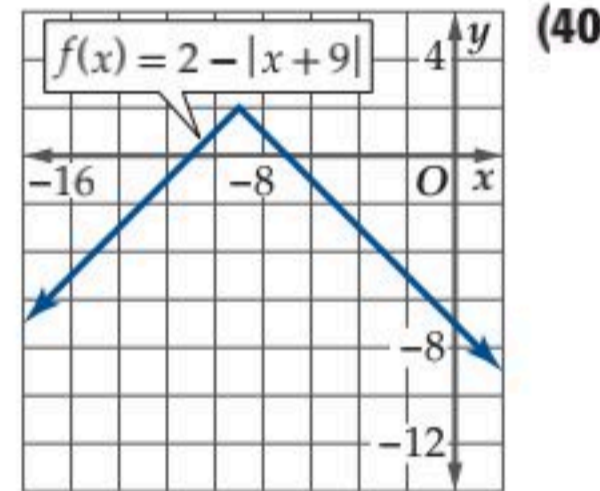
(a) أوجد  $f^{-1}$ ، وماذا تمثّل هذه الدالة؟

(b) أثبت أن كلا من  $f, f^{-1}$  دالة عكسية للأخرى، ومثل منحاهما على الشاشة نفسها في الحاسبة البيانية.

(c) أوجد  $(k \circ f)(x)$ ، وماذا تمثّل هذه الدالة؟

(d) إذا كانت درجة الحرارة  $60^\circ\text{C}$ ، فأوجد درجة الحرارة المطلقة المقابلة لها.

ضع قيوداً على مجال كل دالة من الدوال الآتية حتى تصبح دالة متباينة. ثم أوجد الدالة العكسية لها:



**43 أزهار:** تحتاج فاطمة إلى 75 زهرة لتزيين قاعة في إحدى المناسبات، فإذا كان بإمكانها شراء قرنفل بسعر 3 ريالات للزهرة الواحدة وشراء جوري بسعر 5 ريالات للزهرة الواحدة، فأجب عما يأتي:

(a) اكتب دالة تمثّل التكلفة الكلية لشراء الأزهار.

(b) أوجد الدالة العكسية لدالة التكلفة. وماذا يمثل كل متغير فيها؟

(c) حدّد مجال دالة التكلفة، ومجال الدالة العكسية لها.

(d) إذا كانت التكلفة الكلية لشراء الأزهار 305 ريالات، فكم زهرة من القرنفل اشترت؟



$$f(x) = x^3 \quad (64)$$

$$y = |x^3 + 3| \quad (a)$$

$$y = -(2x)^3 \quad (b)$$

$$y = 0.75(x + 1)^3 \quad (c)$$

$$f(x) = |x| \quad (65)$$

$$y = |2x| \quad (a)$$

$$y = |x - 5| \quad (b)$$

$$y = |3x + 1| - 4 \quad (c)$$

أوجد متوسط معدل التغير لكل دالة فيما يأتي في الفترة المعطاة:  
(الدرس 1-4)

$$f(x) = x^3 - x, [0, 3] \quad (66)$$

$$f(x) = x^4 - 2x + 1, [-5, 1] \quad (67)$$

### تدريب على اختبار

(68) أي الدوال الآتية تمثل الدالة العكسية للدالة  $f(x) = \frac{3x-5}{2}$ ؟

$$g(x) = \frac{2x+5}{3} \quad A$$

$$g(x) = \frac{3x+5}{2} \quad B$$

$$g(x) = 2x + 5 \quad C$$

$$g(x) = \frac{2x-5}{3} \quad D$$

(69) إذا كان كل من  $m$  و  $n$  عددًا صحيحًا فرديًا، فأَي العبارات الآتية صحيحة؟

$$(I) \quad m^2 + n^2 \text{ عدد زوجي}$$

$$(II) \quad m^2 + n^2 \text{ يقبل القسمة على } 4$$

$$(III) \quad (m + n)^2 \text{ يقبل القسمة على } 4$$

A كلها غير صحيحة

B فقط I

C I و II فقط صحيحتان

D I و III فقط صحيحتان

(55) تمثيلات متعددة: سوف تستقصي في هذه المسألة وجود أو عدم وجود دالة عكسية لكل من الدالة الزوجية والدالة الفردية.

(a) بيانيًا: مثل بيانيًا منحنيات ثلاث دوال زوجية مختلفة. هل تحقق هذه الدوال اختبار الخط الأفقي؟

(b) تحليليًا: كون تخمينًا حول وجود أو عدم وجود دالة عكسية للدالة الزوجية. أثبت صحة تخمينك بالطريقة الجبرية أو انفيه.

(c) بيانيًا: مثل بيانيًا منحنيات ثلاث دوال فردية مختلفة. هل تحقق هذه الدوال اختبار الخط الأفقي؟

(d) تحليليًا: كون تخمينًا حول وجود أو عدم وجود دالة عكسية للدالة الفردية. أثبت صحة تخمينك بالطريقة الجبرية أو انفيه.

### مسائل مهارات التفكير العليا

(56) تبرير: إذا كان للدالة  $f$  صفرًا عند 6، ولها دالة عكسية، فما الذي يمكنك معرفته عن منحنى الدالة  $f^{-1}$ ؟

(57) اكتب: وضح القيود التي يجب وضعها على مجال الدالة التربيعية ليكون لها دالة عكسية. وضح بمثال.

(58) تبرير: هل العبارة الآتية صحيحة أم خاطئة. برّر إجابتك.  
"يوجد دالة عكسية لكل دالة خطية"

(59) تحدّ: إذا كانت  $f^{-1}(23) = 3$ ،  $f(x) = x^3 - a$ ، فأوجد قيمة  $a$ .

(60) تبرير: هل توجد دالة  $f(x)$  تحقق اختبار الخط الأفقي، وتحقق المعادلتين  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = 0$ ،  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = 0$  في الوقت نفسه؟

### مراجعة تراكمية

لكل زوج من الدوال الآتية، أوجد  $f \circ g$ ،  $g \circ f$ ، ثم أوجد مجال دالة التركيب: (الدرس 1-6)

$$f(x) = x^2 - 9 \quad (61)$$

$$g(x) = x + 4$$

$$f(x) = \frac{1}{2}x - 7 \quad (62)$$

$$g(x) = x + 6$$

استعمل منحنى الدالة الرئيسة (الأم) المعطاة لوصف منحنى كل دالة مرتبطة بها لكل مما يأتي: (الدرس 1-5)

$$f(x) = x^2 \quad (63)$$

$$y = (0.2x)^2 \quad (a)$$

$$y = (x - 5)^2 - 2 \quad (b)$$

$$y = 3x^2 + 6 \quad (c)$$



## المفردات

الصفة المميزة للمجموعة (ص. 10)	الثابتة (ص. 38)
رمز الفترة (ص. 11)	النقطة الحرجة (ص. 40)
الدالة (ص. 11)	العظمى (ص. 40)
رمز الدالة (ص. 13)	الصغرى (ص. 40)
المتغير المستقل (ص. 13)	القصى (ص. 40)
المتغير التابع (ص. 13)	متوسط معدل التغير (ص. 42)
الدالة متعددة التعريف (ص. 14)	القاطع (ص. 42)
الأصفار (ص. 20)	الدالة الرئيسية (الأم) (ص. 48)
الجنذور (ص. 20)	الدالة الثابتة (ص. 48)
التمائل حول مستقيم (ص. 21)	الدالة المحايدة (ص. 48)
التمائل حول نقطة (ص. 21)	الدالة التربيعية (ص. 48)
الدالة الزوجية (ص. 23)	الدالة التكعيبية (ص. 48)
الدالة الفردية (ص. 23)	دالة الجذر التربيعي (ص. 48)
الدالة المتصلة (ص. 28)	دالة المقلوب (ص. 48)
النهاية (ص. 28)	دالة القيمة المطلقة (ص. 49)
الدالة غير المتصلة (ص. 28)	الدالة الدرجية (ص. 49)
عدم الاتصال اللانهائي (ص. 28)	دالة أكبر عدد صحيح (ص. 49)
عدم الاتصال القضي (ص. 28)	التحويل الهندسي (ص. 49)
عدم الاتصال القابل للإزالة (ص. 28)	الانسحاب (ص. 50)
عدم الاتصال غير قابل للإزالة (ص. 31)	الانعكاس (ص. 50)
سلوك طرفي التمثيل البياني (ص. 32)	التمدد (ص. 52)
المتزايدة (ص. 38)	تركيب دالتين (ص. 59)
المتناقصة (ص. 38)	العلاقة العكسية (ص. 66)
	الدالة العكسية (ص. 66)
	الدالة المتباينة (ص. 67)

## اختبر مفرداتك

حدّد ما إذا كانت كل جملة مما يأتي صحيحة أو غير صحيحة، وإذا كانت غير صحيحة، فاستبدل المفردة التي تحتها خط حتى تصبح صحيحة.

- 1) تعين الدالة لكل عنصر في مجالها عنصرًا واحدًا فقط في مداها.
- 2) المنحنيات المتماثلة حول نقطة يمكن تدويرها  $180^\circ$  حول النقطة، فتبدو كأنها لم تتغير.
- 3) للدالة الفردية نقطة تماثل.
- 4) لا يتضمن منحنى الدالة المتصلة فجوة أو انقطاعًا.
- 5) الدالة الفردية متماثلة حول المحور  $y$ .
- 6) الدالة  $f(x)$  التي تتناقص قيمها مع تزايد قيم  $x$  تسمى دالة متناقصة.
- 7) تتضمن القيم القصوى لدالة قيمًا عظمى محلية أو صغرى محلية.
- 8) انسحاب المنحنى عبارة عن صورة مرآة للمنحنى الأصلي حول مستقيم.
- 9) تحقق الدالة المتباينة اختبار الخط الأفقي.
- 10) الدالة المتباينة لها محور تماثل.

## ملخص الفصل

## مفاهيم أساسية

## الدوال (الدرس 1-1)

- المجموعات الجزئية الشائعة من مجموعة الأعداد الحقيقية هي: الأعداد النسبية، الأعداد غير النسبية، الأعداد الصحيحة، الأعداد الكلية، الأعداد الطبيعية.
- الدالة هي علاقة تربط كل عنصر في مجالها بعنصر واحد فقط في مداها.
- يحقق منحنى أي دالة اختبار الخط الرأسي.
- تحليل التمثيلات البيانية للدوال والعلاقات (الدرس 1-2)
  - قد تكون المنحنيات متماثلة حول المحور  $y$ ، أو المحور  $x$ ، أو نقطة الأصل.
  - الدالة الزوجية متماثلة حول المحور  $y$ ، والدالة الفردية متماثلة حول نقطة الأصل.

## الاتصال وسلوك طرفي التمثيل البياني والنهايات (الدرس 1-3)

- إذا كانت قيم الدالة  $f(x)$  تقترب من قيمة واحدة  $L$  عندما تقترب  $x$  من  $c$  من الجهتين، فنقول: إن نهاية  $f(x)$  عندما تقترب  $x$  من  $c$  تساوي  $L$ . وتكتب  $\lim_{x \rightarrow c} f(x) = L$ .
- قد تكون الدالة غير متصلة، ونوع عدم الاتصال هو لانهائي، أو قضي، أو قابل للإزالة.

## القيم القصوى ومتوسط معدل التغير (الدرس 1-4)

- تكون الدالة إما متزايدة أو متناقصة أو ثابتة على فترات معينة.
- تتضمن القيم القصوى القيمة العظمى المحلية، والصغرى المحلية، والعظمى المطلقة، والصغرى المطلقة.
- يعطى متوسط معدل التغير بين نقطتين بالقاعدة

$$m_{\text{sec}} = \frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1}$$

## الدالة الرئيسية (الأم) والتحويلات الهندسية (الدرس 1-5)

- تتضمن التحويلات الهندسية على الدالة الرئيسية (الأم): الانسحاب، الانعكاس، التمدد.

## العمليات على الدوال وتركيب دالتين (الدرس 1-6)

- إن حاصل جمع، وطرح، وضرب، وقسمة، وتركيب أي دالتين ينتج دوال جديدة.

## العلاقات والدوال العكسية (الدرس 1-7)

- تكون كلٌّ من العلاقتين  $A, B$  عكسية للأخرى إذا وفقط إذا وجد  $(b, a)$  في إحدهما فإنه يوجد  $(a, b)$  في الأخرى.
- تكون كلٌّ من الدالتين  $f, f^{-1}$  عكسية للأخرى إذا وفقط إذا كان  $f[f^{-1}(x)] = x, f^{-1}[f(x)] = x$ .

## ملخص الدروس

### 1-1 الدوال (الصفحات 10 - 17)

#### مثال 1

في العلاقة  $y^2 - 8 = x$  حدد ما إذا كانت  $y$  تمثل دالة في  $x$  أم لا:  
حل بالنسبة إلى  $y$ .

$$y^2 - 8 = x \quad \text{الدالة الأصلية}$$

$$y^2 = x + 8 \quad \text{أضف 8 للطرفين}$$

$$y = \pm\sqrt{x + 8} \quad \text{خذ الجذر التربيعي للطرفين}$$

في هذه العلاقة،  $y$  لا تمثل دالة في المتغير  $x$ ؛ لأن كل قيمة لـ  $x$  أكبر من  $-8$  ترتبط بقيمتين من قيم  $y$ .

#### مثال 2

إذا كانت  $g(x) = -3x^2 + x - 6$ ، فأوجد  $g(2)$ .

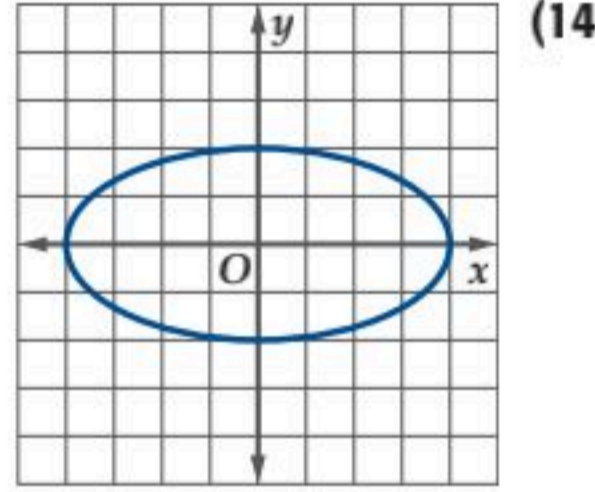
عوض 2 مكان  $x$  في العبارة:  $-3x^2 + x - 6$ .

$$g(2) = -3(2)^2 + 2 - 6$$

$$= -12 + 2 - 6 = -16 \quad \text{بسّط}$$

في كل علاقة مما يأتي، حدد ما إذا كانت  $y$  دالة في  $x$  أم لا:

$$3x - 2y = 18 \quad (11) \quad y^3 - x = 4 \quad (12)$$



x	y
5	7
7	9
9	11
11	13

إذا كانت  $f(x) = x^2 - 3x + 4$ ، فأوجد كلاً من القيمتين الآتيتين:

$$f(5) \quad (15) \quad f(-3x) \quad (16)$$

أوجد مجال كل دالة من الدوال الآتية:

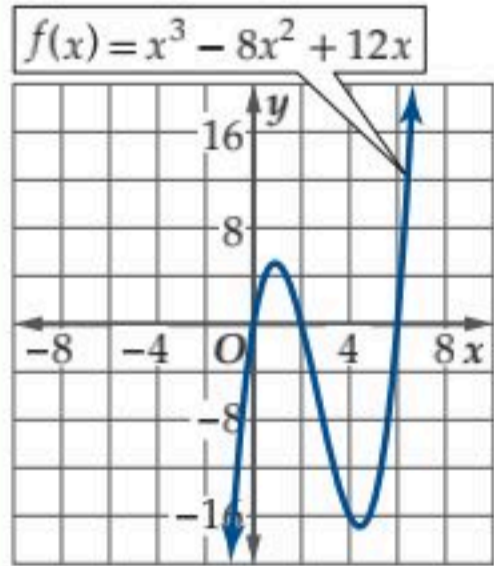
$$g(x) = \sqrt{6x - 3} \quad (18) \quad f(x) = 5x^2 - 17x + 1 \quad (17)$$

$$v(x) = \frac{x}{x^2 - 4} \quad (20) \quad h(a) = \frac{5}{a + 5} \quad (19)$$

### 1-2 تحليل التمثيلات البيانية للدوال والعلاقات (الصفحات 18 - 27)

#### مثال 3

استعمل التمثيل البياني للدالة  $f(x) = x^3 - 8x^2 + 12x$  لإيجاد مقاطعها  $y$  وأصفارها. ثم أوجد هذه القيم جبرياً.



التقدير بيانياً:

يتضح من الشكل أن منحنى  $f(x)$  يقطع المحور  $y$  عند  $(0, 0)$ ؛ لذا فإن المقطع  $y$  هو 0.

المقاطع  $x$  (أصفار الدالة) تبدو قريبة من 0, 2, 6.

الحل جبرياً:

لإيجاد المقطع  $y$ ، أوجد  $f(0)$ .

$$f(0) = 0^3 - 8 \cdot 0^2 + 12 \cdot 0 = 0$$

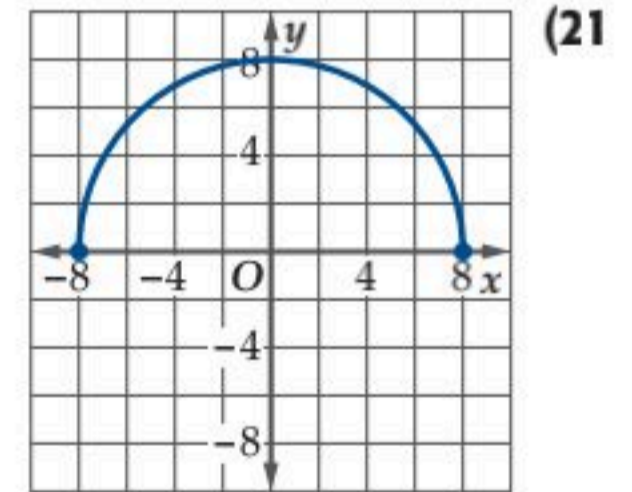
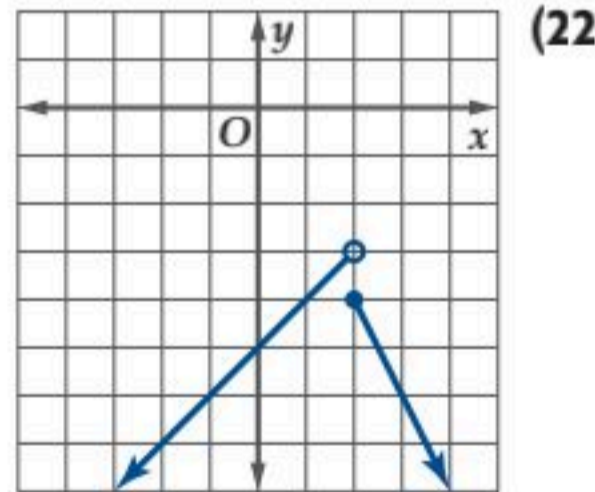
حلل المعادلة المرتبطة بالدالة إلى العوامل  $x$  لإيجاد أصفار الدالة.

$$0 = x(x^2 - 8x + 12)$$

$$= x(x - 2)(x - 6)$$

أصفار الدالة  $f$  هي 0, 2, 6.

استعمل التمثيل البياني لإيجاد مجال كل دالة ومداهما في كل مما يأتي:



أوجد المقطع  $y$ ، والأصفار لكل دالة مما يأتي:

$$f(x) = x^2 - 6x - 27 \quad (24) \quad f(x) = 4x - 9 \quad (23)$$

$$f(x) = \sqrt{x + 2} - 1 \quad (26) \quad f(x) = x^3 - 16x \quad (25)$$

## دليل الدراسة والمراجعة

## الاتصال والنهايات (الصفحات 28 - 37)

1-3

## مثال 4

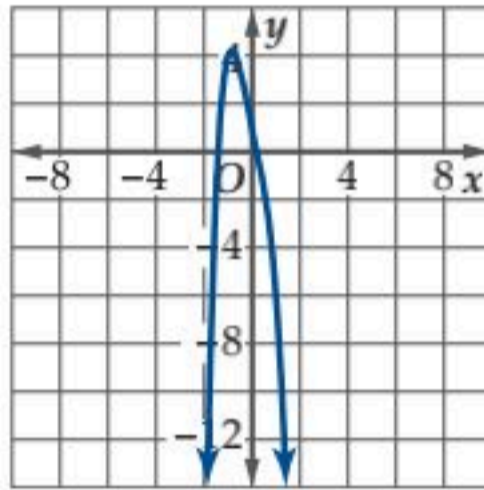
حدد ما إذا كانت الدالة  $f(x) = \frac{1}{x-4}$  متصلة عند  $x = 0$ ,  $x = 4$ . وبرر إجابتك باستعمال اختبار الاتصال. وإذا كانت الدالة غير متصلة فحدد نوع عدم الاتصال: لانهايتي، قفزي، قابل للإزالة.

$f(0) = -0.25$ ، لذلك  $f$  معرفة عند 0. وتقترب قيم الدالة من -0.25 عندما تقترب  $x$  من 0.

$x$	-0.1	-0.01	0	0.01	0.1
$f(x)$	-0.244	-0.249	-0.25	-0.251	-0.256

بما أن  $\lim_{x \rightarrow 0} f(x) = -0.25$ ، فإن  $f(x)$  متصلة عند  $x = 0$ .

بما أن  $f$  غير معرفة عند  $x = 4$  فإن  $f$  غير متصلة عند 4 وهو عدم اتصال لانهايتي.



استعمل التمثيل البياني للدالة:

$$f(x) = -2x^4 - 5x + 1$$

لوصف سلوك طرفي التمثيل البياني.

اختبر منحنى  $f(x)$ .

عندما  $x \rightarrow \infty$ ، فإن  $f(x) \rightarrow -\infty$

عندما  $x \rightarrow -\infty$ ، فإن  $f(x) \rightarrow -\infty$

## مثال 5

حدد ما إذا كانت كل دالة مما يأتي متصلة عند قيم  $x$  المعطاة. وبرر إجابتك باستعمال اختبار الاتصال. وإذا كانت الدالة غير متصلة فبين نوع عدم الاتصال لانهايتي، قفزي، قابل للإزالة.

$$f(x) = x^2 - 3x, x = 4 \quad (27)$$

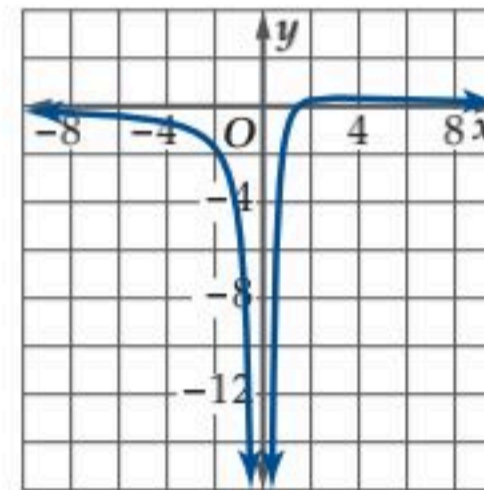
$$f(x) = \sqrt{2x - 4}, x = 10 \quad (28)$$

$$f(x) = \frac{x}{x+7}, x = 0, x = 7 \quad (29)$$

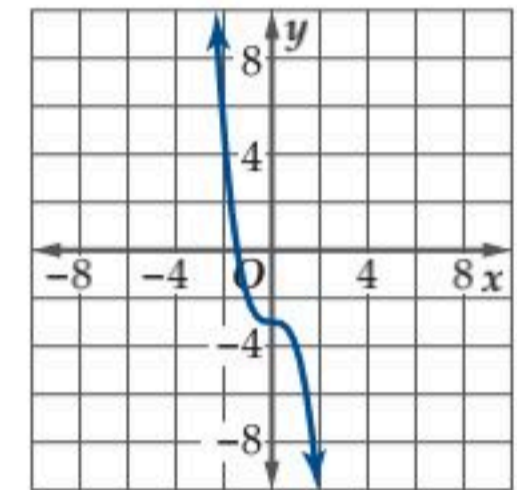
$$f(x) = \frac{x}{x^2 - 4}, x = 2, x = 4 \quad (30)$$

$$f(x) = \begin{cases} 3x - 1, & x < 1 \\ 2x, & x \geq 1 \end{cases}, x = 1 \quad (31)$$

استعمل التمثيل البياني لكل من الدالتين الآتيتين لوصف سلوك طرفي التمثيل البياني لكل منهما:



(33)



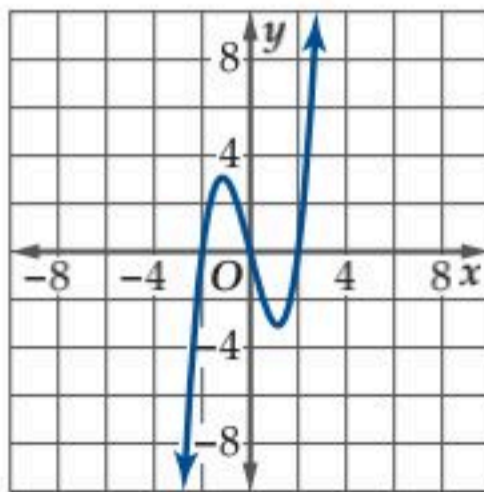
(32)

## القيم القصوى ومتوسط معدل التغير (الصفحات 38 - 46)

1-4

## مثال 6

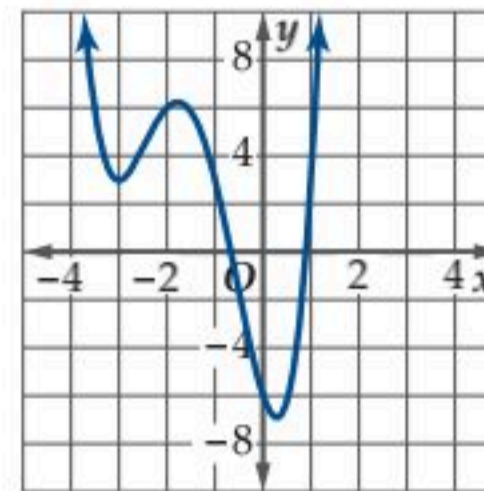
استعمل التمثيل البياني للدالة  $f(x) = x^3 - 4x$  لتقدير الفترات إلى أقرب 0.5 وحدة التي تكون فيها الدالة متزايدة أو متناقصة أو ثابتة. ثم قدر إلى أقرب 0.5 وحدة القيم القصوى للدالة، وبين نوعها.



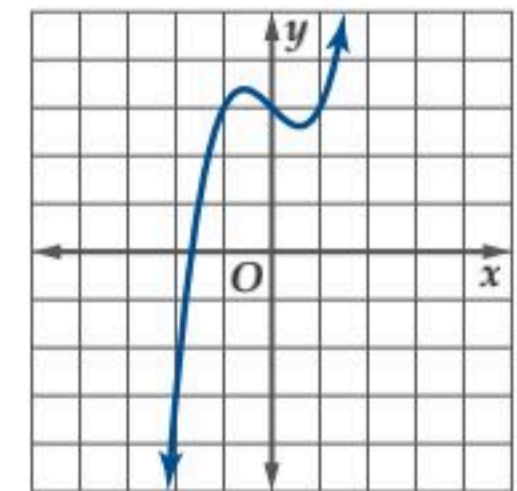
الدالة متزايدة في الفترة  $(-\infty, -1)$ ،  
ومتناقصة في الفترة  $(-1, 1)$ ، ومتزايدة  
في الفترة  $(1, \infty)$ .

للدالة قيمة عظمى محلية عند  $(-1, 3)$ ،  
وقيمة صغرى محلية عند  $(1, -3)$ .

استعمل التمثيل البياني لكل من الدالتين الآتيتين لتقدير الفترات إلى أقرب 0.5 وحدة التي تكون فيها الدالة متزايدة أو متناقصة أو ثابتة. ثم قدر إلى أقرب 0.5 وحدة القيم القصوى للدالة، وبين نوعها.



(35)



(34)

أوجد متوسط معدل التغير لكل من الدالتين الآتيتين في الفترة المعطاة:

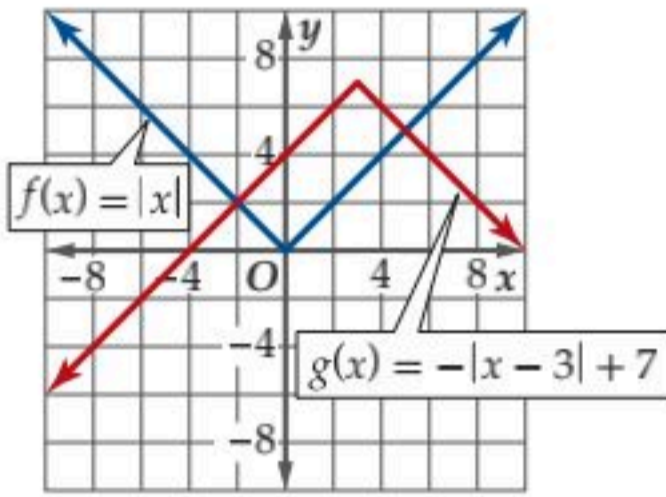
$$f(x) = -x^3 + 3x + 1, [0, 2] \quad (36)$$

$$f(x) = x^2 + 2x + 5, [-5, 3] \quad (37)$$



## مثال 7

أوجد الدالة الرئيسية (الأم)  $f(x)$  للدالة  $g(x) = -|x - 3| + 7$ ، وصف العلاقة بين منحنىي الدالتين، ثم مثلهما في مستوى إحداثي واحد.



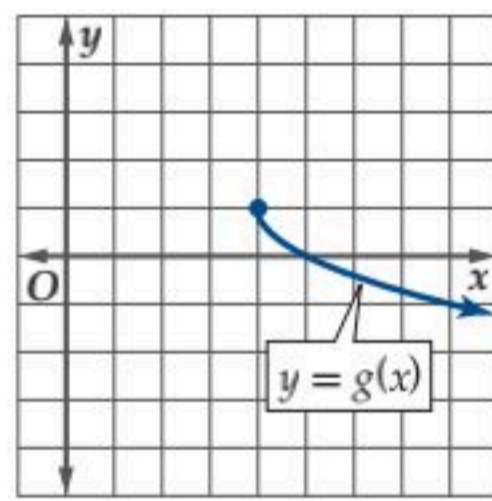
الدالة الرئيسية (الأم)  $g(x)$  هي  $f(x) = |x|$ . ينتج منحنى الدالة  $g$  من منحنى الدالة  $f$  بانعكاس حول المحور  $x$ ، وانسحاب مقداره 3 وحدات إلى اليمين، وانسحاب مقداره 7 وحدات إلى أعلى.

أوجد الدالة الرئيسية (الأم)  $f(x)$  للدالة  $g(x)$  في كل مما يأتي، ووصف العلاقة بين منحنىي الدالتين، ثم مثلهما في مستوى إحداثي واحد.

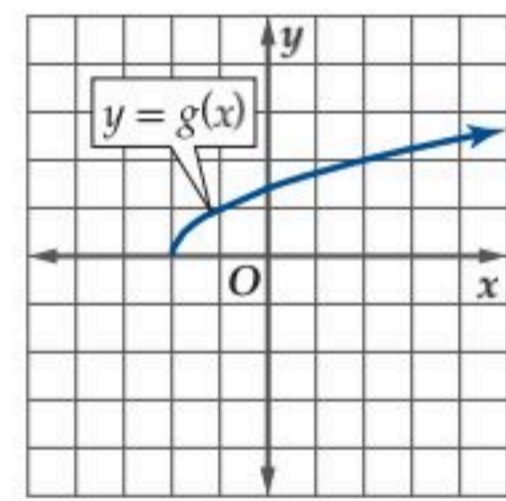
$$g(x) = -(x-6)^2 - 5 \quad (39) \quad g(x) = \sqrt{x-3} + 2 \quad (38)$$

$$g(x) = \frac{1}{4}[x] + 3 \quad (41) \quad g(x) = \frac{1}{2(x+7)} \quad (40)$$

صف العلاقة بين الدالتين  $f(x) = \sqrt{x}$ ،  $g(x)$  في كل مما يأتي، ثم اكتب معادلة الدالة  $g(x)$ .



(43)



(42)

## مثال 8

إذا كانت  $f(x) = x^3 - 1$ ،  $g(x) = x + 7$ ، فأوجد  $(f+g)(x)$ ،  $(f-g)(x)$ ،  $(f \cdot g)(x)$ ،  $\left(\frac{f}{g}\right)(x)$ ، ثم اكتب مجال الدالة الناتجة.

$$\begin{aligned} (f+g)(x) &= f(x) + g(x) \\ &= (x^3 - 1) + (x + 7) \\ &= x^3 + x + 6 \end{aligned}$$

مجال  $(f+g)(x)$  هو  $\{x \mid x \in \mathbb{R}\}$ .

$$\begin{aligned} (f-g)(x) &= f(x) - g(x) \\ &= (x^3 - 1) - (x + 7) \\ &= x^3 - x - 8 \end{aligned}$$

مجال  $(f-g)(x)$  هو  $\{x \mid x \in \mathbb{R}\}$ .

$$\begin{aligned} (f \cdot g)(x) &= f(x) \cdot g(x) \\ &= (x^3 - 1)(x + 7) \\ &= x^4 + 7x^3 - x - 7 \end{aligned}$$

مجال  $(f \cdot g)(x)$  هو  $\{x \mid x \in \mathbb{R}\}$ .

$$\left(\frac{f}{g}\right)(x) = \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{x^3 - 1}{x + 7}$$

مجال  $\left(\frac{f}{g}\right)(x)$  هو  $\{x \mid x \neq -7, x \in \mathbb{R}\}$ .

أوجد  $(f+g)(x)$ ،  $(f-g)(x)$ ،  $(f \cdot g)(x)$ ،  $\left(\frac{f}{g}\right)(x)$  لكل من الدالتين  $f(x)$ ،  $g(x)$  فيما يأتي. ثم اكتب مجال الدالة الناتجة.

$$f(x) = 4x^2 - 1 \quad (45) \quad f(x) = x + 3 \quad (44)$$

$$g(x) = 5x - 1 \quad g(x) = 2x^2 + 4x - 6$$

$$f(x) = \frac{1}{x} \quad (47) \quad f(x) = x^3 - 2x^2 + 5 \quad (46)$$

$$g(x) = \frac{1}{x^2} \quad g(x) = 4x^2 - 3$$

أوجد  $[f \circ g](x)$ ،  $[g \circ f](x)$ ،  $[f \circ g](2)$  لكل دالتين من الدوال الآتية:

$$f(x) = 4x - 11, g(x) = 2x^2 - 8 \quad (48)$$

$$f(x) = x^2 + 2x + 8, g(x) = x - 5 \quad (49)$$

$$f(x) = x^2 - 3x + 4, g(x) = x^2 \quad (50)$$

اكتب مجال  $f \circ g$  متضمنًا أية قيود إذا لزم، ثم أوجد  $f \circ g$ .

$$f(x) = \sqrt{x-2} \quad (52) \quad f(x) = \frac{1}{x-3} \quad (51)$$

$$g(x) = 6x - 7 \quad g(x) = 2x - 6$$



## دليل الدراسة والمراجعة

العلاقات والدوال العكسية (الصفحات 66 - 73)

1-7

## مثال 9

أوجد الدالة العكسية للدالة  $y = x^3 - 9$ .بذل مكاني  $x, y$  لتحصل على المعادلة  $x = y^3 - 9$ ، ثم حل بالنسبة إلى  $y$ .

$$x = y^3 - 9$$

$$x + 9 = y^3$$

$$\sqrt[3]{x + 9} = y$$

أي أن الدالة العكسية هي  $y = \sqrt[3]{x + 9}$ .أوجد الدالة العكسية في كلِّ مما يأتي، إن أمكن، ثم مثل  $f, f^{-1}$  في مستوى إحداثي واحد.

$$y = -4x + 8 \quad (54) \quad y = 2x \quad (53)$$

$$y = \frac{1}{x} - 3 \quad (56) \quad y = 2\sqrt{x + 3} \quad (55)$$

مثل كل دالة من الدوال الآتية باستعمال الحاسبة البيانية، واختبر ما إذا كان المعكوس يمثل دالة أم لا.

$$f(x) = x^3 \quad (58) \quad f(x) = |x| + 6 \quad (57)$$

$$f(x) = x^3 - 4x^2 \quad (60) \quad f(x) = -\frac{3}{x + 6} \quad (59)$$

## تطبيقات ومسائل

**64 كرة قدم:** يبين الجدول أدناه عدد الأهداف التي سجلها لاعب في خمسة مواسم كروية. (الدرس 1-4)

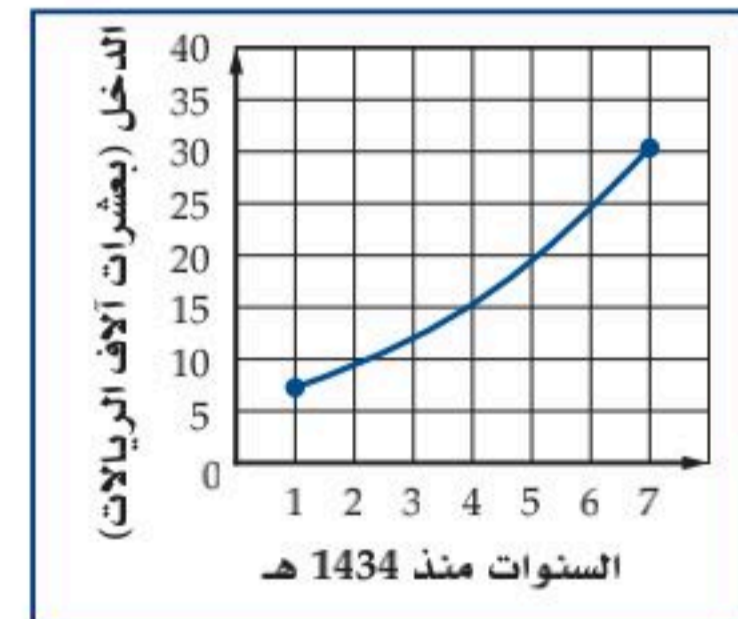
السنة	1437	1436	1435	1434	1433
عدد الأهداف	42	42	23	36	5

**(a)** وضح لماذا يمثل عدد الأهداف عام 1435 هـ قيمةً صغيرةً محليةً.**(b)** إذا كان متوسط معدل التغير لعدد الأهداف بين عامي 1437 و1440 هـ يساوي 5 أهداف لكل عام. فكم هدفًا سجل اللاعب عام 1440 هـ؟**65 فيزياء:** رُمي حجر أفقيًا من على حافة جرف، وكان مقدار سرعتهمعطى بالدالة:  $v(t) = \sqrt{(9.8t)^2 + 49}$ . حيث  $t$  الزمن بالثواني،  $v(t)$  السرعة بالمتري لكل ثانية. مثل بيانيًا دالة السرعة خلال أول

6 ثوانٍ من رمي الحجر. (الدرس 1-5)

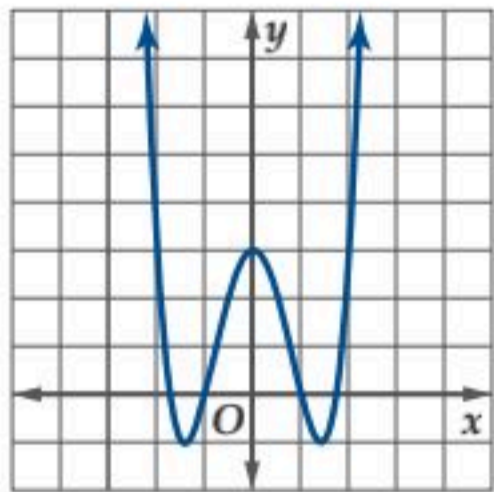
**66 ثقافة مالية:** إذا كان ثمن شريحة الإنترنت 500 ريال.

وقدمت إحدى الشركات العرض التالي: خصم 10% من ثمن الشريحة و20 ريالًا عند تفعيلها. كم سيكون ثمن الشريحة بعد تفعيلها. (الدرس 1-6)

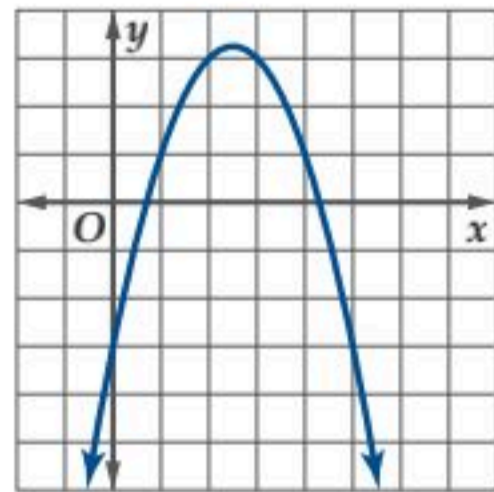
**67 قياس:** تذكر أن 1 بوصة تساوي 2.54 سم تقريبًا. (الدرس 1-7)**(a)** اكتب دالة  $A(x)$  لتحويل مساحة مستطيل من البوصات المربعة إلى السنتيمترات المربعة.**(b)** أوجد  $A^{-1}(x)$  لتحويل مساحة مستطيل من السنتيمترات المربعة إلى البوصات المربعة.**61 الهواتف المحمولة:** قدمت إحدى شركات الاتصالات عرضًا على الهواتف المحمولة بحيث يدفع المشترك 40 ريالًا في الشهر. ويتضمن ذلك 500 دقيقة مكالمات نهائية مجانية كحد أقصى خلال الشهر، ويدفع 0.2 ريال عن كل دقيقة نهائية تزيد على 500 دقيقة. (الدرس 1-1)**(a)** اكتب الدالة  $p(x)$  للتكلفة الشهرية لإجراء مكالمات نهائية مدتها  $x$  دقيقة.**(b)** كم سيدفع مشترك إذا أجرى مكالمات نهائية مدتها 450 دقيقة، 550 دقيقة؟**(c)** مثل الدالة  $p(x)$  بيانيًا.**62 أعمال:** يبين التمثيل البياني أدناه الدخل الذي حققه متجر صغير في الفترة من عام 1434 هـ إلى 1440 هـ. (الدرس 1-2)**(a)** قدّر دخل المتجر سنة 1437 هـ.**(b)** قدّر السنة التي حقق فيها المتجر دخلًا مقداره 100000 ريال.**63 رواتب:** بعد 5 سنوات من عمل وليد في إحدى الشركات تقاضى زيادةً على راتبه مقدارها 1500 ريال شهريًا. هل الدالة التي تمثل راتب وليد متصلة أم غير متصلة؟ برّر إجابتك. (الدرس 1-3)

## اختبار الفصل

استعمل منحنى كل من الدالتين الآتيتين لتقدير الفترات التي تكون عندها الدالة متزايدة أو متناقصة إلى أقرب 0.5 وحدة.

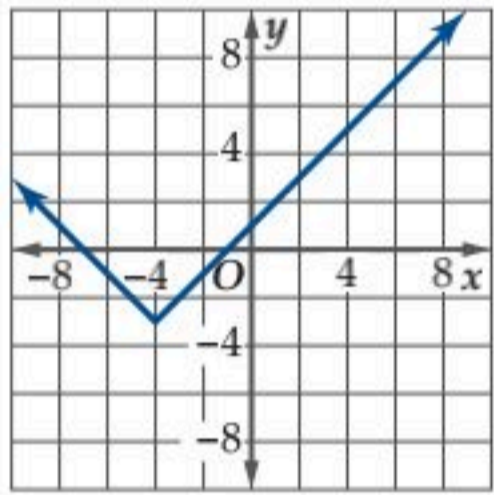


(15)



(14)

(16) استعمل التمثيل البياني للدالة في السؤال 14 أعلاه، وقدر قيمة  $x$  التي يكون للدالة عندها قيمة قصوى مقربة إلى أقرب 0.5 وحدة، وبيّن نوعها.



(17) اختيار من متعدد: أي الدوال الآتية يمثلها التمثيل البياني المجاور؟

A  $f(x) = |x - 4| - 3$

B  $f(x) = |x - 4| + 3$

C  $f(x) = |x + 4| - 3$

D  $f(x) = |x + 4| + 3$

(18) عيّن الدالة الرئيسة (الأم)  $f(x)$  للدالة  $g(x) = -(x + 3)^3$ ، ثم مثّل الدالة  $g(x)$  بيانياً.

إذا كانت  $f(x) = x - 6$ ،  $g(x) = x^2 - 36$ ، فأوجد كل دالة من الدالتين الآتيتين، ثم أوجد مجالها.

(19)  $\left(\frac{f}{g}\right)(x)$

(20)  $[g \circ f](x)$

(21) درجة الحرارة: تستعمل معظم دول العالم الدرجات السيليزية  $C$  لقياس درجة الحرارة. والمعادلة التي تربط بين درجات الحرارة السيليزية  $C$  والفهرنهايتية  $F$  هي  $F = \frac{9}{5}C + 32$ .

(a) اكتب  $C$  كدالة بالنسبة إلى  $F$ .

(b) أوجد دالتين  $f$  و  $g$  بحيث يكون  $C = [f \circ g](F)$ .

بيّن ما إذا كان للدالة  $f$  دالة عكسية أم لا في كل مما يأتي، أوجدتها في حالة وجودها، وحدد أية قيود على مجالها.

(23)  $f(x) = \frac{x+3}{x-8}$

(22)  $f(x) = (x-2)^3$

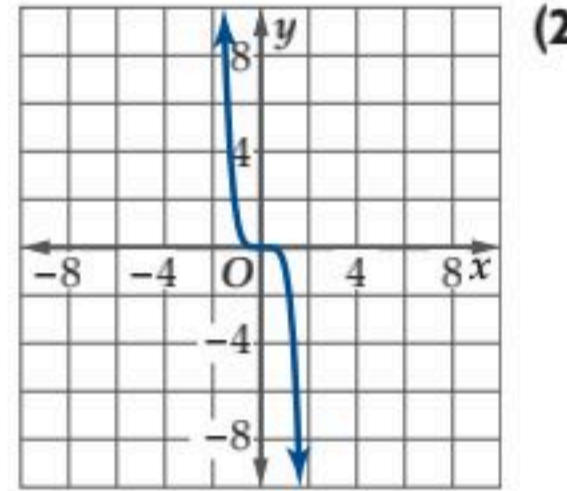
(25)  $f(x) = x^2 - 16$

(24)  $f(x) = \sqrt{4-x}$

في كل علاقة مما يأتي، حدد ما إذا كانت  $y$  تمثل دالة في  $x$ :

(1)  $x = y^2 - 5$

(3)  $y = \sqrt{x^2 + 3}$



(2)

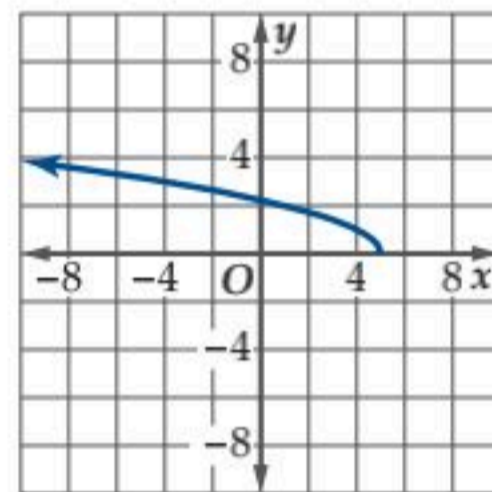
(4) موقف سيارات: يتقاضى موقف للسيارات مبلغ 3 ريالات مقابل كل ساعة أو جزء من الساعة لأول ثلاث ساعات، فإذا زادت المدة عن الثلاث ساعات، فإنه يتقاضى 15 ريالاً عن المدة كلها.

(a) اكتب دالة  $c(x)$  تمثل تكلفة وقوف سيارة مدة  $x$  من الساعات.

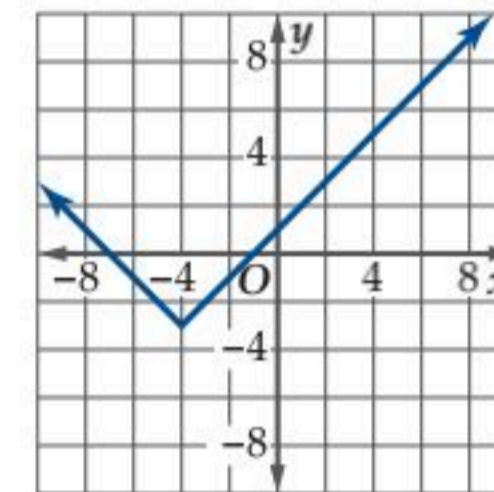
(b) أوجد  $c(2.5)$ .

(c) عيّن مجال الدالة  $c(x)$ ، وبرر إجابتك.

حدد مجال كل دالة من الدالتين الممثلتين أدناه ومداهما:



(6)



(5)

أوجد المقطع  $y$  والأصفار لكل دالة من الدالتين الآتيتين:

(7)  $f(x) = 4x^2 - 8x - 12$

(8)  $f(x) = x^3 + 4x^2 + 3x$

(9) اختيار من متعدد: أي العلاقات الآتية متماثلة حول المحور  $x$ ؟

A  $-x^2 - yx = 2$

C  $y = |x|$

D  $-y^2 = -4x$

B  $x^3y = 8$

حدّد ما إذا كانت كل من الدالتين الآتيتين متصلّة عند  $x = 3$ ، وإذا كانت غير متصلّة، فحدد نوع عدم الاتصال: لا نهائي، قفزي، قابل للإزالة.

(10)  $f(x) = \begin{cases} 2x, & x < 3 \\ 9 - x, & x \geq 3 \end{cases}$

(11)  $f(x) = \frac{x-3}{x^2-9}$

أوجد متوسط معدل التغير لكل دالة من الدالتين الآتيتين في الفترة  $[-2, 6]$ :

(13)  $f(x) = \sqrt{x+3}$

(12)  $f(x) = -x^4 + 3x$



## العلاقات والدوال الأسية واللوغاريتمية Exponential and Logarithmic Relations and Functions

### فيما سبق:

درست تمثيل دوال كثيرات الحدود وتحويلات بيانياً.

### والآن:

- أتعرّف الدوال الأسية واللوغاريتمية.
- أمثل الدوال الأسية واللوغاريتمية بيانياً.
- أحل مسائل باستعمال الدوال الأسية واللوغاريتمية.
- أحل معادلات ومتباينات أسية ولوغاريتمية.

### لماذا؟

**علوم:** ترتبط العلوم والرياضيات ارتباطاً وثيقاً. ويظهر ذلك جلياً في الفيزياء والكيمياء والأحياء، وغيرها. وتحتاج هذه الصروع إلى مهارات رياضية عالية. وستتعلم في هذا الفصل جوانب رياضية ذات صلة قوية بعلوم الحاسوب، والفيروسات، والحشرات، ونمو البكتيريا، وانقسام الخلايا، وعلم الفلك، والأعاصير، والهزات الأرضية.

**قراءة سابقة:** اكتب قائمة بما تعرفه حول العلاقات والدوال، ثم تنبأ بما ستتعلمه في هذا الفصل.





## التهيئة للفصل 2

### مراجعة المفردات

#### المجال (domain):

مجموعة الإحداثيات  $x$  للأزواج المرتبة التي تمثل العلاقة.

#### المدى (range):

مجموعة الإحداثيات  $y$  للأزواج المرتبة التي تمثل العلاقة.

#### الدالة (function):

علاقة يرتبط فيها كل عنصر في المجال بعنصر واحد فقط في المدى.

#### سلوك طرفي التمثيل البياني (end behaviour):

سلوك تمثيل  $f(x)$  البياني عندما تقترب  $x$  من المالانهاية  $(x \rightarrow +\infty)$  أو سالب مالانهاية  $(x \rightarrow -\infty)$ .

#### خط التقارب (asymptote):

مستقيم يقترب منه تمثيل الدالة البياني.

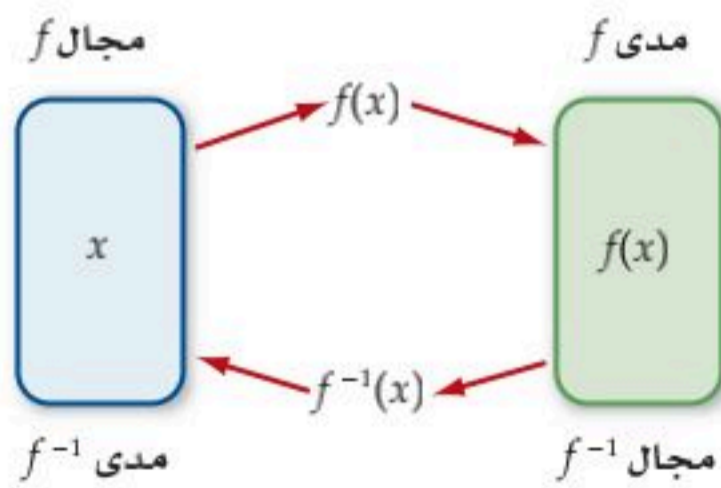
#### الدالة المتباينة (one-to-one function):

هي دالة تحقق اختبار الخط الأفقي؛ أي لا يوجد خط أفقي يقطع منحنى الدالة في أكثر من نقطة.

#### الدالة العكسية (inverse function):

تكون كل من الدالتين  $f, f^{-1}$  دالة عكسية للأخرى، إذا وفقط إذا تحقق الشرطان:

$$f[f^{-1}(x)] = x, f^{-1}[f(x)] = x$$



#### الدالة المتصلة (continuous function):

هي الدالة التي يخلو منحنائها من الانقطاعات أو الفجوات أي يمكن تمرير القلم على منحنائها دون أن تضطر لرفعه.

تشخيص الاستعداد: للتأكد من المتطلبات السابقة، أجب عن أسئلة الاختبار السريع الآتي:

### اختبار سريع

بسط كل عبارة مما يأتي مفترضاً أن أيًا من المتغيرات لا يساوي صفرًا:

$$(1) a^4 a^3 a^5$$

$$(2) (2xy^3z^2)^3$$

$$(3) \frac{-24x^8y^5z}{16x^2y^8z^6}$$

$$(4) \left(\frac{-8r^2n}{36m^3t}\right)^2$$

(5) **كثافة:** تُعرّف الكثافة بأنها ناتج قسمة الكتلة على الحجم. فإذا كانت كتلة جسم  $7.5 \times 10^3 \text{g}$  وحجمه  $1.5 \times 10^3 \text{cm}^3$ ، فما كثافته؟

أوجد الدالة العكسية لكل دالة مما يأتي:

$$(6) f(x) = 2x + 5 \quad (7) f(x) = x - 3$$

$$(8) f(x) = -4x \quad (9) f(x) = \frac{1}{4}x - 3$$

$$(10) f(x) = \frac{x-1}{2} \quad (11) y = \frac{1}{3}x + 4$$

حدد ما إذا كانت كل دالتين مما يأتي دالة عكسية للأخرى، أم لا. وضع إجابتك:

$$(12) f(x) = x - 6 \quad (13) f(x) = 2x + 5$$

$$g(x) = x + 6 \quad g(x) = 2x - 5$$

(14) **طعام:** تكلف شطيرة الجبنة 4 ريالات، وتكلف كل إضافة عليها 0.5 ريال. فإذا كانت الدالة  $f(x) = 0.5x + 4$  تمثل تكلفة الشطيرة مضافاً إليها  $x$  من الإضافات، فأوجد  $f^{-1}(x)$ ، موضحاً ماذا تعني.

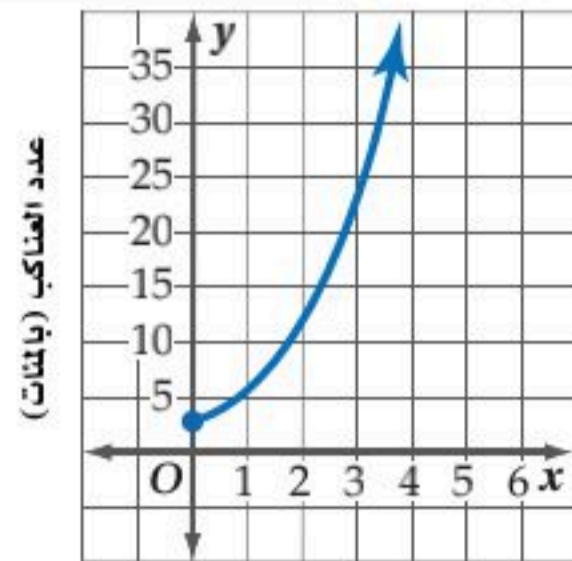
# الدوال الأسية

## Exponential Functions

رابط الدرس الرقمي



www.ien.edu.sa



السنوات منذ 2010

### لماذا؟

قد تبدو عنكب الرتيلاء (*Tarantulas*) مخيفة بأجسامها الكبيرة المغطاة بالشعر وأرجلها الكبيرة، ولكنها غير مؤذية للإنسان، ويبيّن التمثيل المجاور الزيادة في أعدادها عبر الزمن.

لاحظ أن هذا التمثيل ليس خطياً، وليس تربيعياً أيضاً، وإنما يمثل الدالة  $y = 3(2)^x$ ، والتي هي مثال على الدالة الأسية.

### فيما سبق:

درست دوال كثيرات الحدود وتمثيلها بيانياً. (الدرس 1-1)

### والآن:

- أتعرف الدالة الأسية.
- أمثل الدالة الأسية.
- أمثل دوال النمو الأسية بيانياً.
- أمثل دوال الاضمحلال الأسية بيانياً.

### المفردات:

الدالة الأسية

exponential function

النمو الأسية

exponential growth

عامل النمو

growth factor

الاضمحلال الأسية

exponential decay

عامل الاضمحلال

decay factor

**تمثيل الدوال الأسية:** الدالة الأسية هي دالة مكتوبة على الصورة  $y = ab^x$  حيث  $a \neq 0, b > 0, b \neq 1$ . لاحظ أن الأساس في الدالة الأسية ثابت، وأن الأس هو المتغير المستقل.

### الدالة الأسية

### مفهوم أساسي

التعبير اللفظي: الدالة الأسية هي دالة يمكن وصفها بمعادلة على الصورة

$$y = ab^x, a \neq 0, b > 0, b \neq 1$$

$$y = 2(3)^x$$

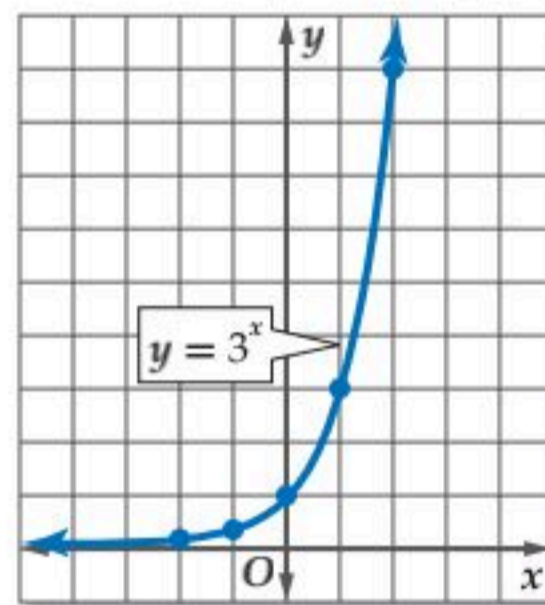
$$y = 4^x$$

$$y = \left(\frac{1}{2}\right)^x$$

أمثلة:

### مثال 1 تمثيل الدالة الأسية عندما $b > 1, a > 0$

(a) مثل الدالة  $y = 3^x$  بيانياً، وأوجد مقطع المحور  $y$ ، وحدد مجال الدالة ومداهما.



x	$3^x$	y
-2	$3^{-2}$	$\frac{1}{9}$
-1	$3^{-1}$	$\frac{1}{3}$
0	$3^0$	1
1	$3^1$	3
2	$3^2$	9

عين الأزواج المرتبة الواردة في الجدول، ثم صل بينها بمنحنى. لاحظ أن التمثيل البياني للدالة يقطع المحور  $y$  عندما  $y = 1$ ، وهذا يعني أن منحنى الدالة يمر بالنقطة  $(0, 1)$ ، لذا فمقطع المحور  $y$  هو 1، ومجال الدالة هو جميع الأعداد الحقيقية، ومداهما جميع الأعداد الحقيقية الموجبة.

(b) استعمل التمثيل البياني لتقدير قيمة  $3^{0.7}$  إلى أقرب جزء من عشرة.

يظهر التمثيل البياني جميع القيم الحقيقية للمتغير  $x$  والقيم المرتبطة بها للمتغير  $y$ ، حيث  $y = 3^x$ ، لذا فإذا كانت  $x = 0.7$  فإن  $y \approx 2.2$ ، (استعمل الآلة الحاسبة للتحقق من أن  $3^{0.7} \approx 2.157669$ ).

### تحقق من فهمك

(1A) مثل الدالة  $y = 7^x$  بيانياً، وأوجد مقطع المحور  $y$ ، وحدد مجال الدالة ومداهما.

(1B) استعمل التمثيل البياني لتقدير قيمة  $7^{0.5}$  إلى أقرب جزء من عشرة، واستعمل الآلة الحاسبة للتحقق من ذلك.



يتضح من المثال (1) أعلاه أنه كلما ازدادت قيم  $x$  بمقدار ثابت (قيمه 1)، فإن قيم  $y$  تزداد أيضاً بنسبة ثابتة، فكل قيمة لـ  $y$  تمثل 3 أمثال القيمة السابقة لها مباشرة، لذا فالدالة متزايدة، كما أن المحور  $x$  هو خط تقارب أفقي لها.

### إرشادات للدراسة

الدالة  $y = ab^x$ :

تكون الدالة الأسية  $y = ab^x$

معرفة لجميع قيم  $x$  التي

تحقق الشرط:

$$a \neq 0, b > 0, b \neq 1$$

وذلك لأنه:

• إذا كانت  $b < 0$  فإن

$$y = ab^x$$

معرفة عند بعض القيم،

فمثلاً تكون غير معرفة

$$x = \frac{1}{2}$$

• إذا كانت  $b = 1$  فإن

الدالة تصبح على الصورة

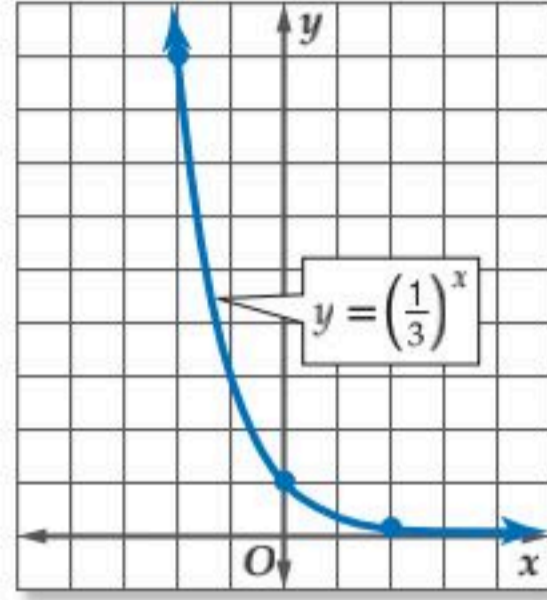
$$y = a$$

الثابتة.

## مثال 2

تمثيل الدالة الأسية عندما  $0 < b < 1, a > 0$

(a) مثل الدالة  $y = (\frac{1}{3})^x$  بيانياً، وأوجد مقطع المحور  $y$ ، وحدد مجال الدالة ومداهما.



$x$	$(\frac{1}{3})^x$	$y$
-2	$(\frac{1}{3})^{-2}$	9
0	$(\frac{1}{3})^0$	1
2	$(\frac{1}{3})^2$	$\frac{1}{9}$

### إرشادات للدراسة

$a < 0$

إذا كانت قيمة  $a$  سالبة، فإن منحنى الدالة يتعكس حول المحور  $x$ .

عين الأزواج المرتبة الواردة في الجدول، ثم صل بينها بمنحنى. لاحظ أن التمثيل البياني للدالة يقطع المحور  $y$  عندما  $y = 1$ ، أي أن منحنى الدالة يمر بالنقطة  $(0, 1)$ ، لذا فمقطع المحور  $y$  هو 1، ومجال الدالة هو جميع الأعداد الحقيقية، ومداهما جميع الأعداد الحقيقية الموجبة.

(b) استعمل التمثيل البياني لتقدير قيمة  $(\frac{1}{3})^{-1.5}$  إلى أقرب جزء من عشرة.

عندما  $x = -1.5$ ، فإن قيمة  $y \approx 5.2$ ، (استعمل الآلة الحاسبة للتحقق من أن  $(\frac{1}{3})^{-1.5} \approx 5.19615$ ).

### تحقق من فهمك

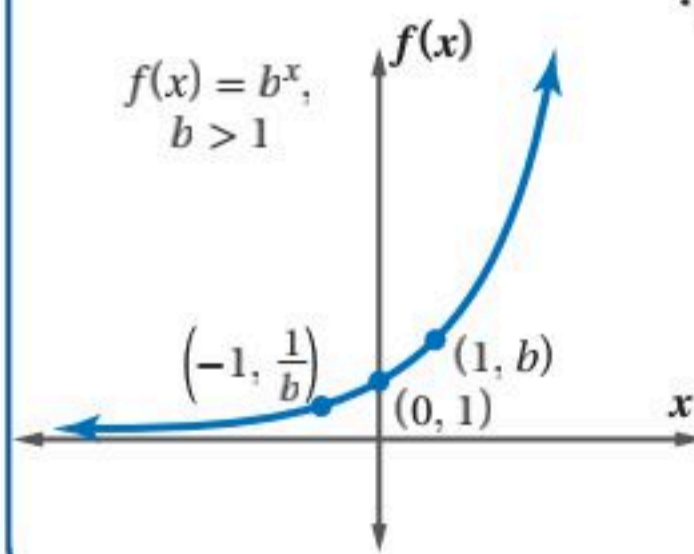
(2A) مثل الدالة  $y = (\frac{1}{2})^x$  بيانياً، وأوجد مقطع المحور  $y$ ، وحدد مجال الدالة ومداهما.

(2B) استعمل التمثيل البياني لتقدير قيمة  $(\frac{1}{2})^{-2.5}$  إلى أقرب جزء من عشرة، واستعمل الآلة الحاسبة للتحقق من ذلك.

يتضح من المثال (2) أعلاه أنه كلما ازدادت قيم  $x$  بمقدار ثابت (قيمه 2)، فإن قيم  $y$  تتناقص بنسبة ثابتة، فكل قيمة لـ  $y$  تمثل  $\frac{1}{9}$  القيمة السابقة لها مباشرة، لذا فالدالة متناقصة، كما أن المحور  $x$  هو خط تقارب أفقي لها. **النمو الأسي:** تسمى الدالة الأسية  $f(x) = b^x$ ، حيث  $b > 1$  دالة النمو الأسي، فالدالة  $y = 3^x$  الواردة في المثال 1 هي دالة نمو أسي.

### مفهوم أساسي

#### الدالة الرئيسية (الأم) لدوال النمو الأسي



النموذج:

الدالة الرئيسية (الأم):  $f(x) = b^x, b > 1$

خصائص منحنى الدالة: متصل، متباين، متزايد

المجال: مجموعة الأعداد الحقيقية  $(\mathbb{R})$

المدى: مجموعة الأعداد الحقيقية الموجبة  $(\mathbb{R}^+)$

خط التقارب: المحور  $x$

مقطع المحور  $y$ : 1



يمكنك تمثيل دوال النمو الأسي بيانياً بنفس طريقة تمثيل الدوال الأسية، كما يمكنك الاستفادة من التقاطع  $(-1, \frac{1}{b}), (0, 1), (1, b)$

لاحظ أن قيم  $f(x)$  تزداد كلما زادت قيم  $x$ . ولذلك نقول: إن  $f(x)$  دالة متزايدة. يمكنك تمثيل الزيادة في قيمة ما بنسبة مئوية ثابتة في فترات زمنية متساوية باستعمال دالة النمو الأسي  $A(t) = a(1+r)^t$ ، حيث  $t$  الفترة الزمنية،  $a$  القيمة الابتدائية،  $r$  النسبة المئوية للنمو في الفترة الزمنية الواحدة. لاحظ أن أساس العبارة الأسية هو  $(r+1)$  ويُسمى **عامل النمو**. وتستعمل دوال النمو الأسي عادةً لتمثيل النمو السكاني.



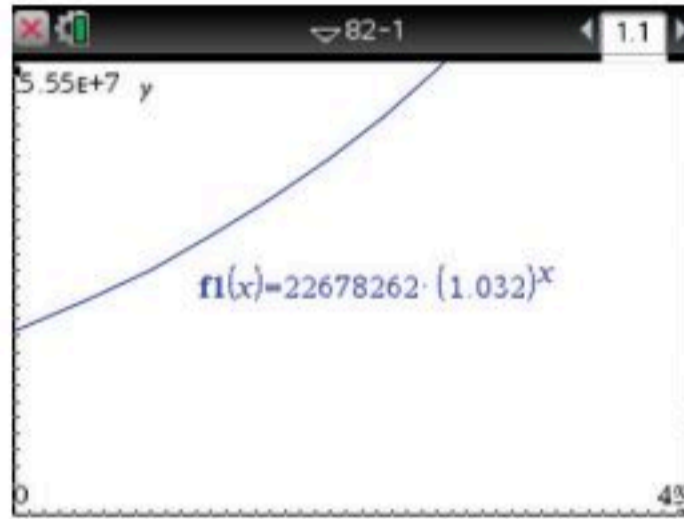
#### الربط مع الحياة

تُعد الإحصاءات السكانية أحد أهم مصادر البيانات التي يتطلبها التخطيط التنموي في المجالات الاقتصادية والاجتماعية. وقد أُجري أول تعداد سكاني في المملكة عام 1394 هـ، وكان عدد سكان المملكة حينئذ 7 ملايين نسمة تقريباً.

### مثال 3 من واقع الحياة

#### تمثيل دوال النمو الأسي بيانياً

**تعداد سكاني:** بلغ المعدل السنوي للنمو السكاني في المملكة خلال الفترة 1431-1425 3.2% تقريباً. إذا كان عدد سكان المملكة 22678262 نسمة عام 1425 هـ، فأوجد معادلة أسية تمثل النمو السكاني للمملكة خلال هذه الفترة، ثم مثلها بيانياً باستعمال الحاسبة البيانية.



(a) أوجد دالة النمو الأسي مستعملاً  $a = 22678262, r = 0.032$   
 $y = 22678262 (1.032)^t$

(b) مثل الدالة بيانياً باستعمال الحاسبة البيانية TI-nspire لتحصل على الشكل المجاور.

#### تحقق من فهمك

(3) **ثقافة مالية:** يتوقع أن يزداد إنفاق عائلة بما نسبته 8.5% سنوياً، إذا كان إنفاق العائلة عام 1430 هـ هو 80000 ريال، فأوجد معادلة أسية تمثل إنفاق العائلة منذ عام 1430 هـ، ثم مثلها بيانياً باستعمال الحاسبة البيانية.

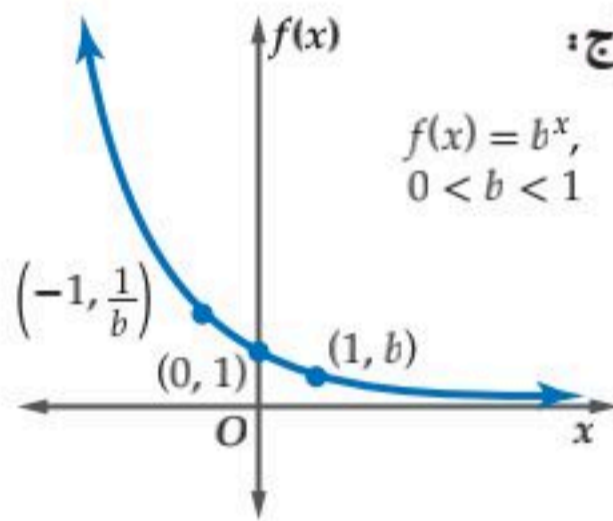
**الاضمحلال الأسي:** تُسمى الدالة الأسية  $f(x) = b^x$ ، حيث  $0 < b < 1$  دالة **الاضمحلال الأسي**، فالدالة  $y = \left(\frac{1}{3}\right)^x$  الواردة في المثال 2 هي دالة اضمحلال أسي.

#### تنبيه!

**النسبة المئوية**  
تذكر أن جميع أشكال النسب المئوية تتحول إلى كسور عشرية. فمثلاً،  
 $12.5\% = 0.125$

#### مفهوم أساسي

#### الدالة الرئيسية (الأم) لدوال الاضمحلال الأسي



النموذج:

$$f(x) = b^x, \quad 0 < b < 1$$

الدالة الرئيسية (الأم):  $f(x) = b^x, 0 < b < 1$

خصائص منحنى الدالة: متصل، متباين، متناقص

المجال: مجموعة الأعداد الحقيقية  $(\mathbb{R})$

المدى: مجموعة الأعداد الحقيقية الموجبة  $(\mathbb{R}^+)$

خط التقارب: المحور  $x$

مقطع المحور  $y$ : 1

يمكنك تمثيل دوال الاضمحلال الأسي بيانياً بنفس طريقة تمثيل دوال النمو الأسي، ونلاحظ أن قيم  $f(x)$  تقل كلما زادت قيم  $x$ ، ولذلك نقول: إن  $f(x)$  دالة متناقصة.

وكما في النمو الأسي، فإنه يمكنك تمثيل النقص في قيمة ما بنسبة مئوية ثابتة في فترات زمنية متساوية باستعمال دالة الاضمحلال الأسي  $A(t) = a(1-r)^t$ ، حيث  $a$  القيمة الابتدائية،  $r$  النسبة المئوية للاضمحلال في الفترة الزمنية الواحدة. لاحظ أن أساس العبارة الأسية هو  $(1-r)$ ، ويُسمى **عامل الاضمحلال**. وتستعمل دوال الاضمحلال الأسي عادةً في التطبيقات المالية.



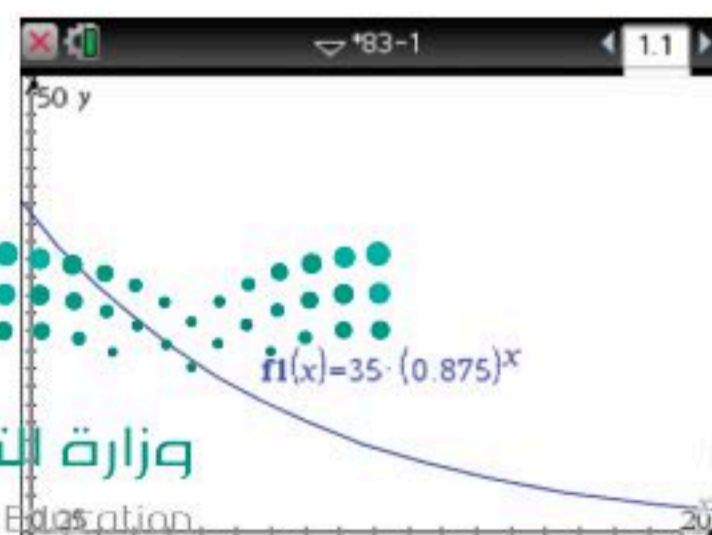
#### الربط مع الحياة

الشاي الأخضر قليل الأكسدة بخلاف الشاي الأسود، وقد أثبتت بعض الدراسات العلمية والطبية أن الذين يشربون الشاي الأخضر أقل عرضة للإصابة بأمراض القلب وأنواع معينة من السرطان.

### مثال 4 من واقع الحياة

#### تمثيل دوال الاضمحلال الأسي بيانياً

**شاي:** يحتوي كوب من الشاي الأخضر على 35 mg من الكافيين، ويمكن للأشخاص اليافعين التخلص من 12.5% تقريباً من كمية الكافيين من أجسامهم في الساعة.



(a) أوجد دالة أسية تمثل كمية الكافيين المتبقية في جسم اليافعين بعد شرب كوب من الشاي الأخضر، ثم مثلها بيانياً باستعمال الحاسبة البيانية.

$$y = a(1 - r)^t$$

$$= 35(1 - 0.125)^t$$

$$= 35(0.875)^t$$

لاحظ التمثيل البياني للدالة باستعمال الحاسبة البيانية.

(b) قدر كمية الكافيين المتبقية في جسم شخص يافع بعد 3 ساعات من شربه كوباً من الشاي الأخضر.

المعادلة من الفرع a	$y = 35(0.875)^t$
عوض 3 بدلاً من الزمن t	$= 35(0.875)^3$
استعمل الحاسبة	$\approx 23.45$

سيبقى في جسم هذا الشخص 23.45mg من الكافيين تقريباً بعد 3 ساعات.

### تحقق من فهمك

(4) يحتوي كوب من الشاي الأسود على 68mg من الكافيين. أوجد معادلة أسية تمثل كمية الكافيين المتبقية في جسم شخص يافع بعد شربه كوباً من الشاي الأسود، ومثلها بيانياً مستعملاً الحاسبة البيانية، ثم قدر كمية الكافيين المتبقية في جسمه بعد ساعتين من شربه الكوب.

**التحويلات الهندسية:** تؤثر التحويلات الهندسية في شكل منحنى الدالة الرئيسة (الأم) لكل من دالتي النمو الأسي والاضمحلال الأسي كما هو الحال في باقي الدوال، وستقتصر دراستنا على بعض التحويلات الهندسية لهاتين الدالتين.

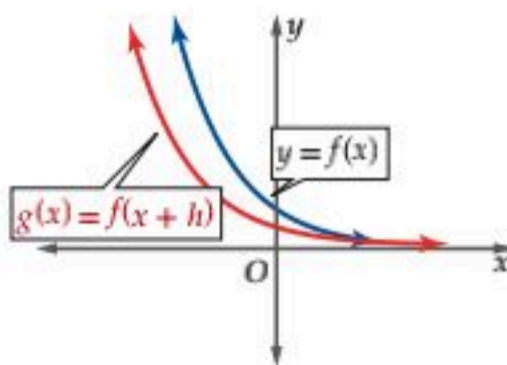
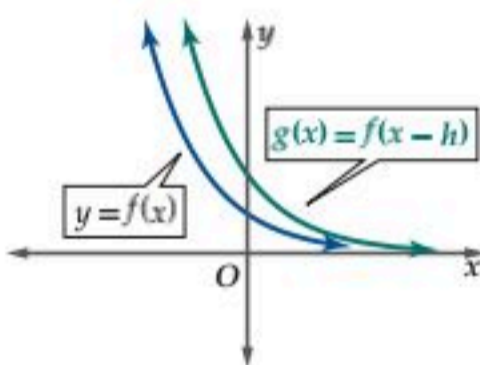
### مفهوم أساسي

#### الانسحاب الرأسي والانسحاب الأفقي

##### الانسحاب الأفقي

منحنى  $g(x) = f(x - h)$  هو انسحاب لمنحنى  $f(x)$ :

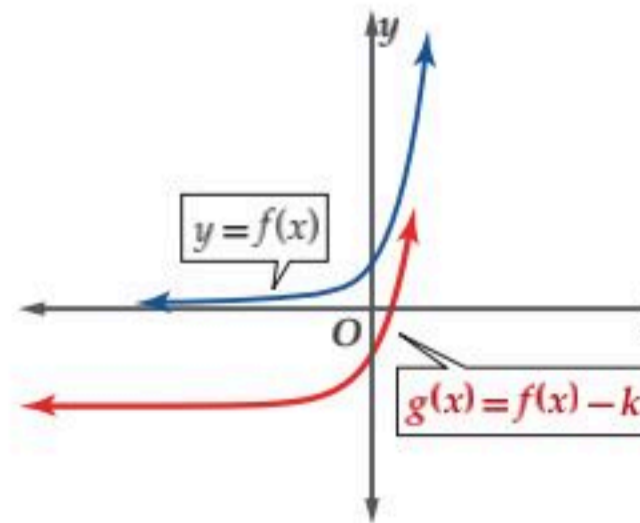
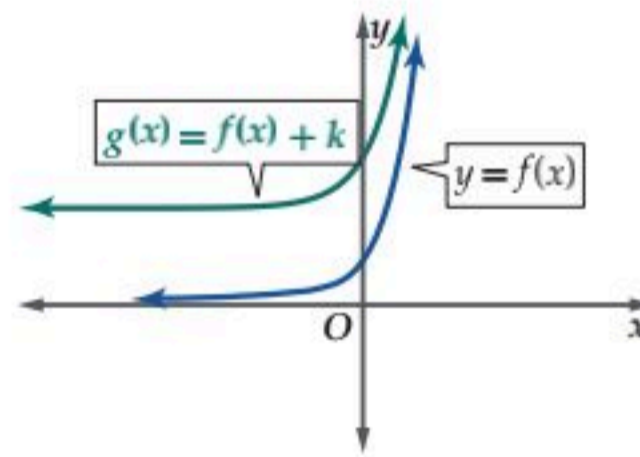
- $h$  من الوحدات إلى اليمين عندما  $h > 0$ .
- $|h|$  من الوحدات إلى اليسار عندما  $h < 0$ .



##### الانسحاب الرأسي

منحنى  $g(x) = f(x) + k$  هو انسحاب لمنحنى  $f(x)$ :

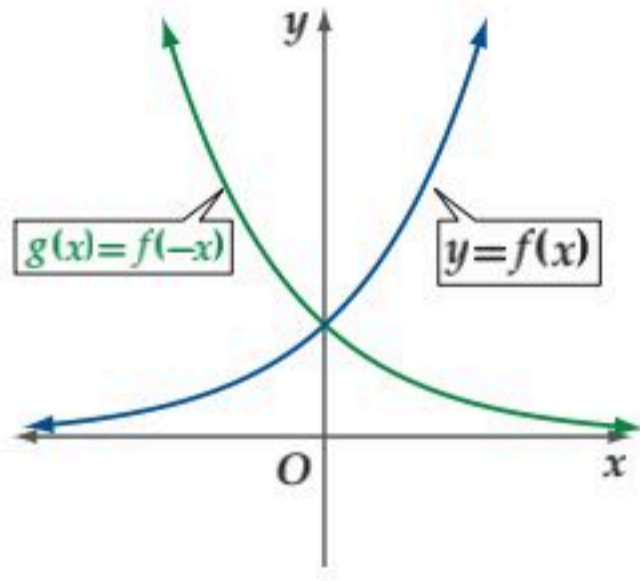
- $k$  وحدة إلى أعلى عندما  $k > 0$ .
- $|k|$  من الوحدات إلى أسفل عندما  $k < 0$ .



## مفهوم أساسي

### الانعكاس حول المحور $y$

منحنى الدالة  $g(x) = f(-x)$  هو انعكاس لمنحنى الدالة  $f(x)$  حول المحور  $y$ .



## إرشادات للدراسة

الاضمحلال الأسي:

تأكد من عدم الخلط بين تضييق التمثيلات البيانية، حيث  $|a| < 1$  والاضمحلال الأسي، حيث  $0 < b < 1$

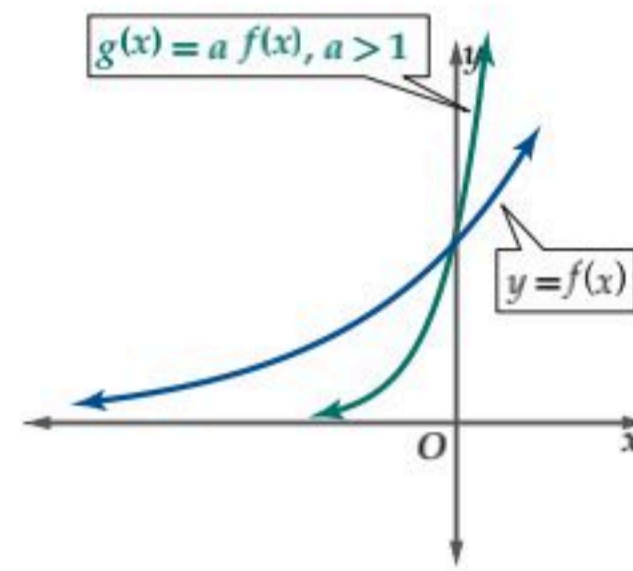
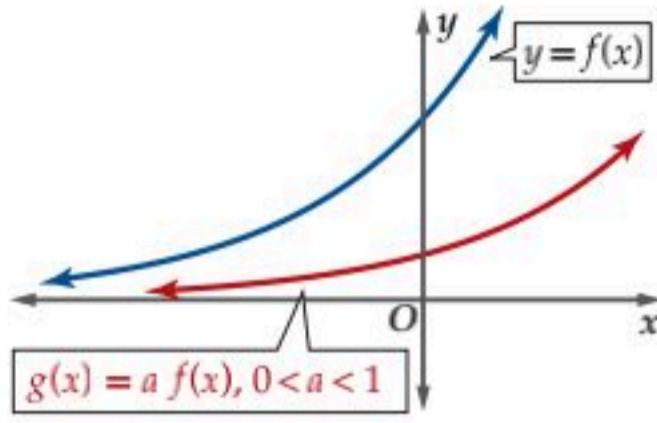
## مفهوم أساسي

### التمدد الرأسى

إذا كان  $a$  عددًا حقيقيًا موجبًا، فإن منحنى الدالة  $g(x) = a f(x)$  هو:

تضييق رأسي لمنحنى  $f(x)$ ، إذا كانت  $0 < a < 1$

توسع رأسي لمنحنى  $f(x)$ ، إذا كانت  $a > 1$ .



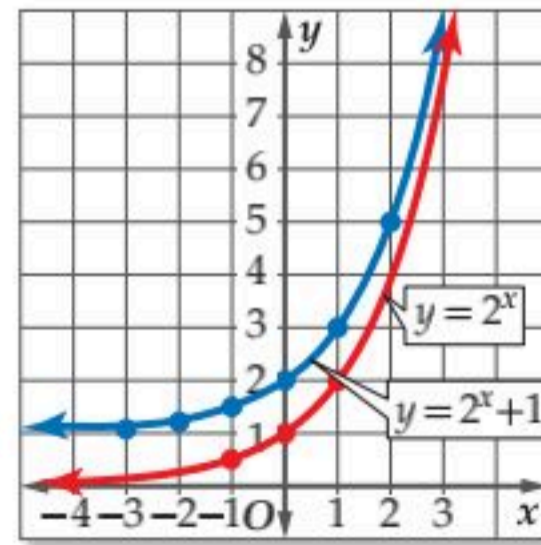
## مثال 5

### تحويلات التمثيلات البيانية لدوال النمو الأسي

مثل كل دالة مما يأتي بيانيًا، وحدد مجالها، ومداهما:

$$(a) \quad y = 2^x + 1$$

حدد نقاط التمثيل البياني للدالة الأم  $y = 2^x$ . بما أن  $2 > 1$  فالدالة دالة نمو أسي، لذا استعمل النقاط  $(-1, \frac{1}{2})$ ،  $(0, 1)$ ،  $(1, 2)$  أي النقاط  $(-1, \frac{1}{b})$ ،  $(0, 1)$ ،  $(1, b)$ ، والتمثيل البياني للدالة هو تحويل للتمثيل البياني للدالة  $y = 2^x$ ، بما أن  $k = 1$  فإن المعادلة  $y = 2^x + 1$  تمثل انسحابًا لمنحنى الدالة الرئيسة (الأم)  $y = 2^x$  وحدة واحدة إلى أعلى. وبلاستعانة بالأزواج المرتبة الواردة في الجدول أيضًا، فإن التمثيل البياني للدالة  $y = 2^x + 1$  يكون كما هو موضح أدناه.



$x$	$2^x + 1$	$y$
-3	$2^{-3} + 1$	$1\frac{1}{8}$
-2	$2^{-2} + 1$	$1\frac{1}{4}$
-1	$2^{-1} + 1$	$1\frac{1}{2}$
0	$2^0 + 1$	2
1	$2^1 + 1$	3
2	$2^2 + 1$	5

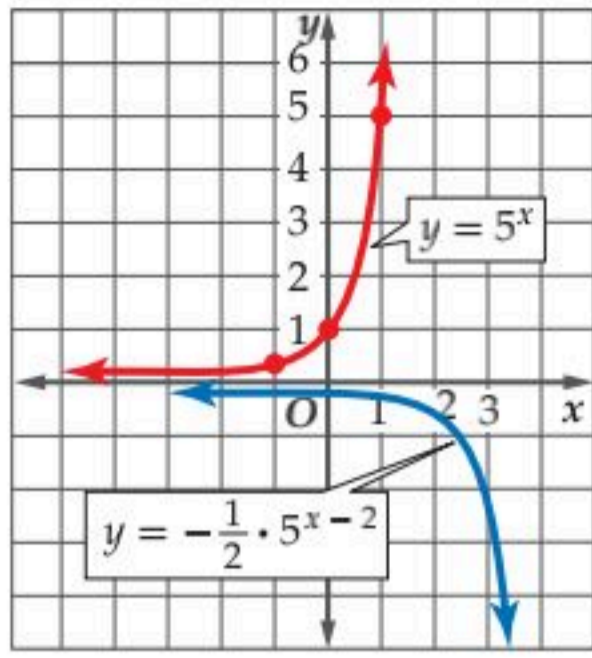
المجال هو مجموعة الأعداد الحقيقية  $(R)$ ، والمدى هو  $\{y \mid y > 1\}$

## إرشادات للدراسة

سلوك طرفي التمثيل البياني

مجال الدالتين في المثال 5 هو مجموعة الأعداد الحقيقية  $(R)$ . تذكر أن سلوك طرفي التمثيل البياني هو سلوك التمثيل البياني مع اقتراب  $x$  من مالانهاية أو سالب مالانهاية. نلاحظ في المثال (5a) أنه مع اقتراب  $x$  من مالانهاية، تقترب  $y$  من مالانهاية أيضًا، وأما عندما تقترب  $x$  من سالب مالانهاية، فإن  $y$  تقترب من 1. وفي المثال (5b) عندما تقترب  $x$  من مالانهاية فإن  $y$  تقترب من سالب مالانهاية، وأما عندما تقترب  $x$  من سالب مالانهاية، فإن  $y$  تقترب من الصفر.





$$y = -\frac{1}{2} \cdot 5^{x-2} \quad (b)$$

حدّد نقاط التمثيل البياني للدالة الأم  $y = 5^x$ . بما أن  $5 > 1$  فالدالة دالة نمو أسي، لذا استعمل النقاط  $(1, b)$ ،  $(0, 1)$ ،  $(-1, \frac{1}{b})$  أي النقاط  $(1, 5)$ ،  $(0, 1)$ ،  $(-1, \frac{1}{5})$  والتمثيل البياني للدالة هو تحويل للتمثيل البياني للدالة  $y = 5^x$

- $a = -\frac{1}{2}$ : يعكس التمثيل البياني حول المحور  $x$  ويضيق رأسياً.
  - $h = 2$ : يسحب التمثيل البياني وحدتين إلى اليمين.
  - $k = 0$ : لا يوجد انسحاب رأسياً للتمثيل البياني.
- المجال هو مجموعة الأعداد الحقيقية  $(R)$ ، والمدى هو  $\{y \mid y < 0\}$

تحقق من فهمك

$$y = 0.1(6)^x - 3 \quad (5B)$$

$$y = 2^{x+3} - 5 \quad (5A)$$

### إرشادات للدراسة

#### تمثيل تحويلات الدالة

##### الأسية بيانياً:

يمكن استعمال إحدى الطريقتين الآتيتين؛ لتمثيل تحويلات دوال النمو الأسي والاضحلال الأسي بيانياً:  
- استعمال التحويلات الهندسية للدالة الأم، وتعزيز ذلك بجدول لقيم الدالة عندما لا تكون التحويلات الهندسية كافية وواضحة؛ لمزيد من الدقة، كما في المثال 5A

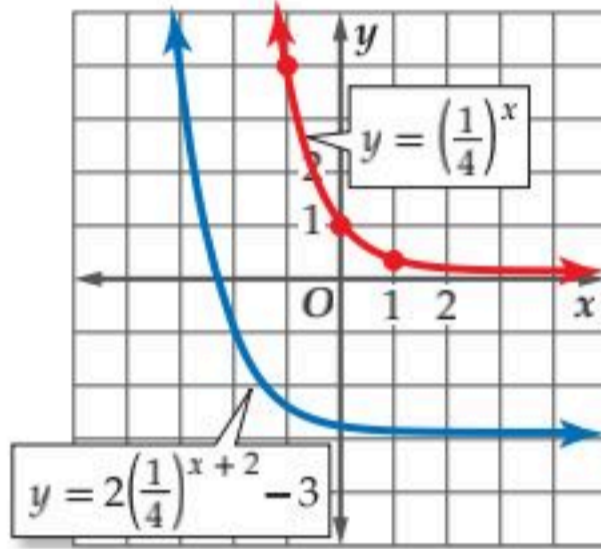
- استعمال التحويلات الهندسية للدالة الأم فقط، كما في المثالين 5B، 6

### تمثيل تحويلات دوال الاضحلال الأسي بيانياً

#### مثال 6

مثل الدالة  $y = 2\left(\frac{1}{4}\right)^{x+2} - 3$  بيانياً، وحدّد مجالها ومداه.

حدّد نقاط التمثيل البياني للدالة الأم  $y = \left(\frac{1}{4}\right)^x$ . بما أن  $0 < \frac{1}{4} < 1$ ؛ فالدالة دالة اضمحلال أسي، لذا



استعمل النقاط  $(1, \frac{1}{4})$ ،  $(0, 1)$ ،  $(-1, 4)$

والتمثيل البياني للدالة هو تحويل للتمثيل البياني للدالة  $y = \left(\frac{1}{4}\right)^x$ .

- $a = 2$ : يتسع التمثيل البياني رأسياً.
- $h = -2$ : يسحب التمثيل البياني وحدتين إلى اليسار.
- $k = -3$ : يسحب التمثيل البياني 3 وحدات إلى أسفل.

المجال هو مجموعة الأعداد الحقيقية، والمدى هو مجموعة الأعداد الحقيقية الأكبر من -3.

تحقق من فهمك

$$y = \frac{3}{8}\left(\frac{5}{6}\right)^{x-1} + 1 \quad (6)$$

### تدرب وحل المسائل

مثل كل دالة مما يأتي بيانياً، وأوجد مقطع المحور  $y$ ، وحدّد مجالها ومداه، ثم استعمل تمثيلها البياني؛ لتقدير قيمة المقدار العددي المعطى إلى أقرب جزء من عشرة، واستعمل الآلة الحاسبة للتحقق من ذلك. (مثال 2)

$$y = 2\left(\frac{1}{6}\right)^{1.5}, \quad y = 3\left(\frac{1}{4}\right)^x \quad (4) \quad y = 3\left(\frac{1}{4}\right)^{0.5} \quad (3)$$

(5) **حاسوب:** يزداد انتشار فيروس في شبكة حاسوبية بمعدل 25% كل دقيقة. إذا دخل الفيروس إلى جهاز واحد عيباً البداية، فأوجد دالة أسية تمثل النمو في انتشار الفيروس منذ البداية، ثم مثلها بيانياً باستعمال الحاسبة البيانية. (مثال 3)

مثل كل دالة مما يأتي بيانياً، وأوجد مقطع المحور  $y$ ، وحدّد مجالها ومداه، ثم استعمل تمثيلها البياني؛ لتقدير قيمة المقدار العددي المعطى إلى أقرب جزء من عشرة، واستعمل الآلة الحاسبة للتحقق من ذلك. (مثال 1)

$$y = 2^x, \quad 2^{1.5} \quad (1)$$

$$y = 2(8)^x - 0.5, \quad 2(8) \quad (2)$$



- (6) **سيارات:** سيارة كان سعرها 80000 ريال، ثم بدأ يتناقص بمعدل 15% كل سنة. أوجد دالة أسية تمثل سعر السيارة بعد  $t$  سنة من شرائها، ثم مثلها بيانياً باستعمال الحاسبة البيانية. ثم قدر سعر السيارة بعد 20 سنة من شرائها. (مثال 4)



مثل كل دالة مما يأتي بيانياً، وحدد مجالها، ومداهها: (مثال 5)

$$f(x) = 2(3)^x \quad (7) \quad f(x) = 4^{x+1} - 5 \quad (8)$$

$$f(x) = 2^{x+1} + 3 \quad (9) \quad f(x) = 3^{x-2} + 4 \quad (10)$$

$$f(x) = 3(2)^x + 8 \quad (11) \quad f(x) = 0.25(4)^x - 6 \quad (12)$$

مثل كل دالة مما يأتي بيانياً، وحدد مجالها، ومداهها: (مثال 6)

$$f(x) = 2\left(\frac{2}{3}\right)^{x-3} - 4 \quad (13) \quad f(x) = -\frac{1}{2}\left(\frac{3}{4}\right)^{x+1} + 5 \quad (14)$$

$$f(x) = -\frac{1}{3}\left(\frac{4}{5}\right)^{x-4} + 3 \quad (15) \quad f(x) = \frac{1}{8}\left(\frac{1}{4}\right)^{x+6} + 7 \quad (16)$$

$$f(x) = -4\left(\frac{3}{5}\right)^{x+4} + 3 \quad (17) \quad f(x) = -\frac{1}{2}\left(\frac{3}{8}\right)^{x+2} + 9 \quad (18)$$

- (19) **علوم:** يتكاثر نحل في خلية، فيزداد العدد بمعدل 30% كل أسبوع. إذا كان عدد النحل في البداية 65 نحلة، فأوجد دالة أسية تمثل عدد النحل بعد  $t$  أسبوع، ومثلها بيانياً باستعمال الحاسبة البيانية، ثم قدر عدد النحل بعد 10 أسابيع.

- (20) **كرة قدم:** تناقص عدد الحضور لمباريات فريق كرة قدم بمعدل 5% لكل مباراة بعد خسارته في أحد المواسم. أوجد دالة أسية تمثل عدد الحضور ( $y$ ) في المباراة ( $t$ )، إذا كان عددهم في المباراة الأولى 23500، ومثلها بيانياً باستعمال الحاسبة البيانية، ثم قدر عدد الحضور في المباراة 15.

- (21) **هواتف:** تناقص عدد الهواتف العمومية في الآونة الأخيرة نتيجة انتشار الهواتف المحمولة. فإذا كان عدد الهواتف العمومية بالآلاف في إحدى المدن يعطى بالدالة  $P(x) = 2.28(0.9)^x$  في السنة  $x$  منذ عام 1420 هـ.

(a) مثل الدالة بيانياً باستعمال الحاسبة البيانية.

(b) وضح ماذا يمثل مقطع  $P(x)$  وخط التقارب في هذه الحالة.

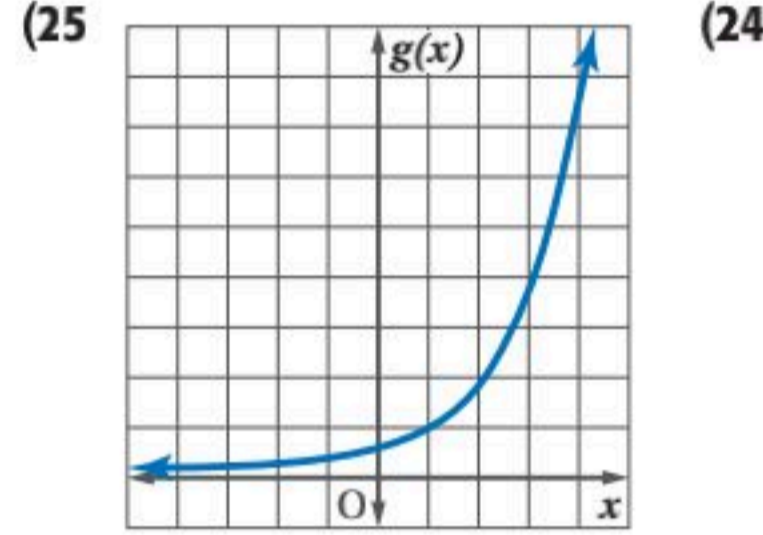
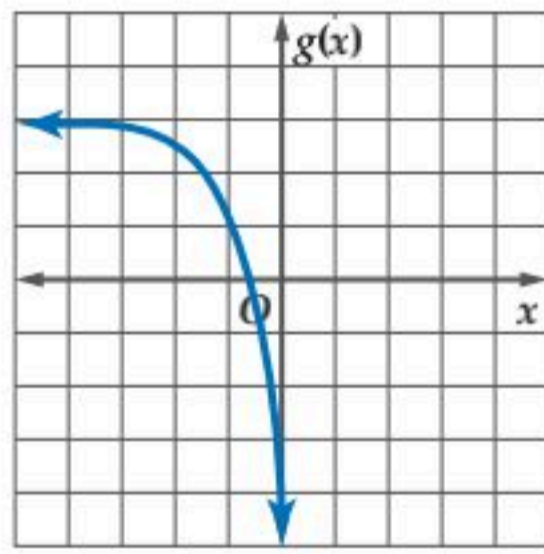
- (22) **صحة:** أخذ مريض حقنة، وفي كل يوم تلى ذلك، استهلك جسمه 10% مما تبقى من المادة المحقونة.

- (a) مثل الدالة التي تعبر عن هذا الموقف بيانياً.  
(b) متى يكون في جسم المريض أقل من 50% من المادة المحقونة؟  
(c) كم يبقى من المادة المحقونة في الجسم بعد 9 أيام؟

- (23) **نظرية الأعداد:** تتبع متتابعة عددية نمطاً معيناً، حيث يساوي كل حد فيها 125% من الحد السابق له، فإذا كان الحد الأول يساوي 18 فأجب عما يأتي:

- (a) اكتب الدالة التي تمثل هذا الموقف.  
(b) مثل الدالة لأول 10 حدود بيانياً.  
(c) ما قيمة الحد العاشر؟ قرب الناتج إلى أقرب عدد صحيح.

- إذا كانت  $f(x)$  هي الدالة الرئيسة (الأم) لكل دالة ممثلة بيانياً أدناه، والتمثيل البياني لـ  $g(x)$  هو تحويل للتمثيل البياني لـ  $f(x)$ ، فأوجد الدالة  $g(x)$ :



- (26) **تمثيلات متعددة:** ستستعمل لحل هذا التمرين جداول القيم أدناه للدوال الأسية  $f(x)$ ,  $g(x)$ ,  $h(x)$ .

$x$	-1	0	1	2	3	4	5
$f(x)$	2.5	2	1	-1	-5	-13	-29

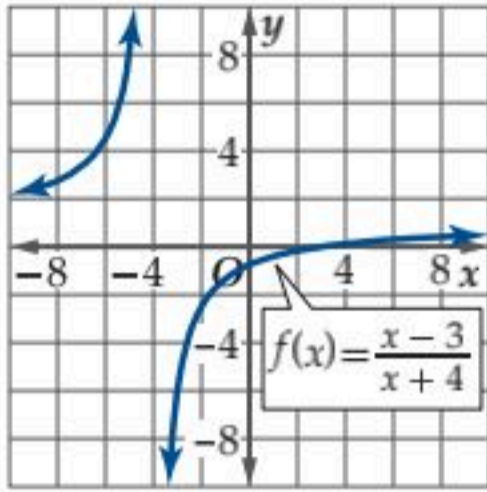
$x$	-1	0	1	2	3	4	5
$g(x)$	5	11	23	47	95	191	383

$x$	-1	0	1	2	3	4	5
$h(x)$	3	2.5	2.25	2.125	2.0625	2.0313	2.0156

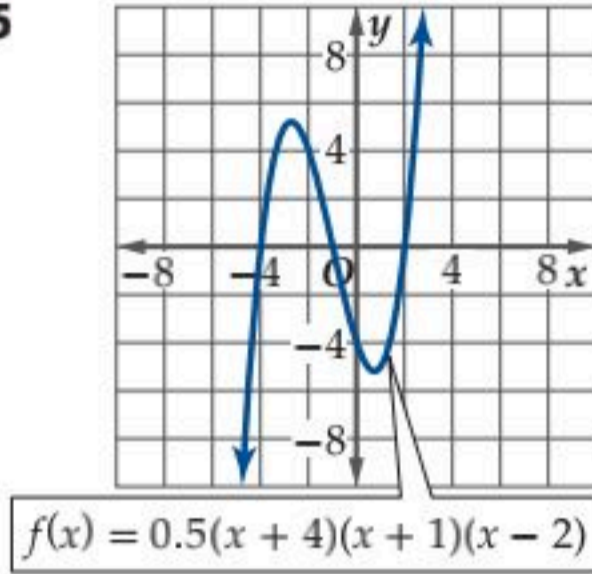
- (a) **بيانياً:** مثل كل دالة بيانياً في الفترة  $-1 \leq x \leq 5$  على ورقة تمثيل بياني مستقلة.  
(b) **لفظياً:** أي الدوال معاملها ( $a$ ) سالب؟ وضح إجابتك.  
(c) **تحليلياً:** أي الدوال تمثل نمواً أسياً؟ وأيها تمثل اضمحلالاً أسياً؟

- (27) **مدارس:** يزداد عدد خريجي إحدى المدارس بمعدل 1.055 كل عام منذ عام 1434 هـ. إذا كان عدد الخريجين عام 1434 هـ 110 طلاب، فإن الدالة  $N = 110(1.055)^t$  تمثل عدد الخريجين في العام  $t$  بعد العام 1434 هـ. ما عدد الخريجين المتوقع في عام 1445 هـ؟

استعمل التمثيل البياني لكل من الدالتين أدناه لتقدير الفترات التي تكون فيها الدالة متزايدة، أو متناقصة أو ثابتة مقربة إلى أقرب 0.5 وحدة، ثم عزز إجابتك عددياً: (الدرس 1-4)



(35)



(34)

استعمل منحنى الدالة  $f(x)$  لتمثيل كل من الدالتين

$g(x) = |f(x)|$ ,  $h(x) = f(|x|)$  (الدرس 1-5)

$$f(x) = \sqrt{x+3} - 6 \quad (37)$$

$$f(x) = -4x + 2 \quad (36)$$

أوجد  $(f+g)(x)$ ,  $(f-g)(x)$ ,  $(f \cdot g)(x)$ ,  $\left(\frac{f}{g}\right)(x)$  للدالتين  $f(x)$ ,  $g(x)$

في كل مما يأتي، وحدد مجال كل من الدوال الناتجة: (الدرس 1-6)

$$f(x) = \frac{x}{x+1} \quad (39)$$

$$f(x) = x^2 - 2x \quad (38)$$

$$g(x) = x^2 - 1$$

$$g(x) = x + 9$$

### تدريب على اختبار

(40) أي من الأعداد الآتية لا ينتمي إلى مجال الدالة  $f(x) = \sqrt{4-2x}$ ؟

1 C

3 A

0 D

2 B

(41) إذا كانت  $f(x) = \sqrt{x+1}$ ,  $g(x) = 4x$  فما قيمة  $(fog)(2)$ ؟

3 C

 $\sqrt{3}$  A

8 D

 $4\sqrt{3}$  B

(28) **تحذّر:** اكتب دالة أسية يمر منحناها بكل من النقطتين (1, 6), (0, 3)

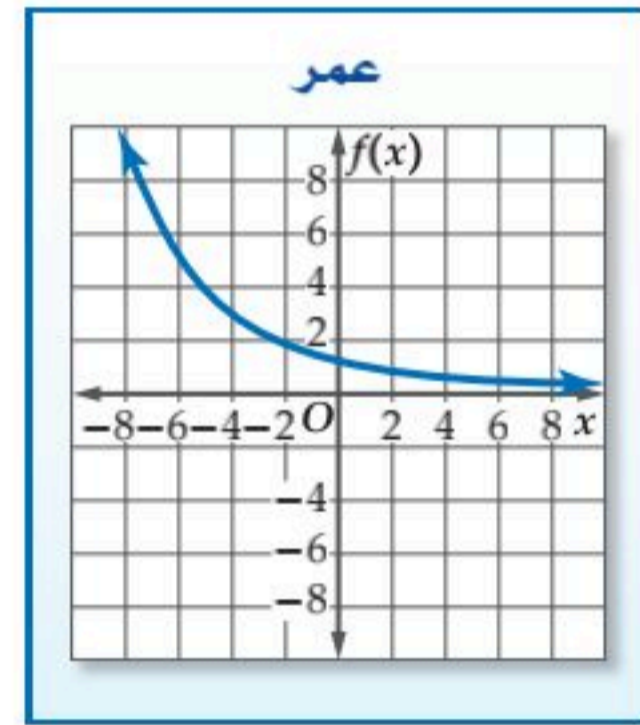
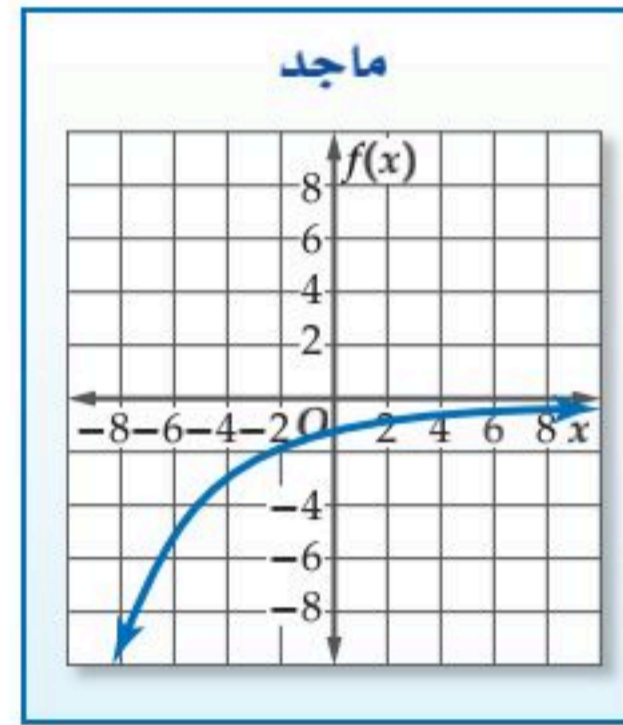
(29) **تبرير:** حدد ما إذا كانت كل من الجمل الآتية صحيحة دائماً أو صحيحة أحياناً أو غير صحيحة أبداً. وضح إجابتك.

(a) التمثيل البياني للدالة الأسية التي على الصورة  $y = ab^{x-h} + k$  يقطع المحور  $y$ .

(b) التمثيل البياني للدالة الأسية التي على الصورة  $y = ab^{x-h} + k$  يقطع المحور  $x$ .

(c) إذا كان  $b$  عدداً صحيحاً، فإن الدالة  $f(x) = |b|^x$  هي دالة نمو أسي.

(30) **اكتشف الخطأ:** طُلب إلى عمر وماجد أن يمثلوا الدالة  $f(x) = -\frac{2}{3}\left(\frac{3}{4}\right)^{x-1}$  بيانياً. أي منهما تمثيله صحيح؟ وضح إجابتك.



(31) **تحذّر:** تتناقص مادة بنسبة 35% مما تبقى كل يوم، إذا بقي منها 8mg بعد 8 أيام، فكم ملجراماً من المادة كان موجوداً في البداية؟

(32) **مسألة مفتوحة:** أعط قيمة للثابت  $b$  تجعل الدالة  $f(x) = \left(\frac{8}{b}\right)^x$  دالة اضمحلال أسي.

(33) **اكتب:** صف التحويل الذي ينقل الدالة  $g(x) = b^x$  إلى الدالة  $f(x) = ab^{x-h} + k$ .



يمكن استعمال الحاسبة البيانية TI-nspire، لحل المعادلات الأسية بيانياً أو باستعمال خاصية الجدول. ولعمل ذلك اكتب المعادلات الأسية على صورة نظام من المعادلات.

## نشاط 1

استعمل الحاسبة البيانية لحل المعادلة  $3^{x-4} = \frac{1}{9}$

**الخطوة 1:** تمثيل طرفي المعادلة بيانياً

مثل طرفي المعادلة بيانياً في صورة دالتين مستقلتين، وأدخل  $3^{x-4}$  في f1، و  $\frac{1}{9}$  في f2، ثم مثل المعادلتين بيانياً، وذلك بالضغط على المفاتيح:

$$\left[ \text{on} \right] \left[ \frac{1}{9} \right] \left[ \text{enter} \right] \left[ \text{tab} \right] \left[ 3^{x-4} \right] \left[ \text{enter} \right]$$

**الخطوة 2:** استعمال ميزة نقاط التقاطع.

إن ميزة نقاط التقاطع في قائمة تحليل الرسم البياني تمكنك من تقدير الزوج المرتب الذي يمثل نقطة التقاطع.

اضغط على مفتاح  $\left[ \text{menu} \right]$  واختر **6: تحليل الرسم البياني** واختر منها **4: نقاط التقاطع**، ثم اضغط في أي نقطة على الشاشة وحرك المؤشر مروراً بنقطة التقاطع، سيظهر الزوج المرتب (2, 0.111)؛ أي أن الحل هو 2

**الخطوة 3:** استعمال خاصية الجدول

تستعمل هذه الخاصية عادة لإنشاء جدول لقيم الدالة؛ يساهم في تحليلها (تحديد أصفارها، وتحديد خطوط التقارب لها، وتحديد نقطة تقاطع دالتين، .. إلخ).

تحقق من صحة حلّك باستعمال خاصية الجدول. اعمل جدولاً في شاشة جانبية، وذلك بالضغط

على مفتاح  $\left[ \text{menu} \right]$  واختر منها **7: الجدول** ثم اختر **1: اظهر الجدول في شاشة جانبية (Ctrl + T)**

بيّن الجدول قيم  $x$  وقيم  $f(x)$  أو  $y$  المناظرة لها لكل تمثيل بياني؛ فعندما  $x = 2$ ، يكون للدالتين القيمة نفسها، وهي  $\frac{1}{9} \approx 0.111$ ، وهذا يعني أن حل المعادلة هو 2.

**التحقق** عوض عن  $x$  بـ 2 في المعادلة الأصلية.

$$\text{المعادلة الأصلية} \quad 3^{x-4} \stackrel{?}{=} \frac{1}{9}$$

$$\text{بتعويض 2 بدلاً من } x \quad 3^{2-4} \stackrel{?}{=} \frac{1}{9}$$

$$\text{بالتبسيط} \quad 3^{-2} \stackrel{?}{=} \frac{1}{9}$$

$$\text{الحل صحيح} \quad \frac{1}{9} = \frac{1}{9} \quad \checkmark$$

## تمارين:

استعمل الحاسبة البيانية لحل كل معادلة مما يأتي :

$$5^{x-1} = 2^x \quad (3)$$

$$4^{x+3} = 2^{5x} \quad (2)$$

$$9^{x-1} = \frac{1}{81} \quad (1)$$

$$6^{3x} = 8^{x-1} \quad (6)$$

$$-3^{x+4} = -0.5^{2x+3} \quad (5)$$

$$3.5^{x+2} = 1.75^{x+3} \quad (4)$$



وبطريقة مشابهة، يمكنك استعمال الحاسبة البيانية TI-nspire لحل متباينات أسية.

## نشاط 2

استعمل الحاسبة البيانية لحل المتباينة  $2^{x-2} \geq 0.5^{x-3}$

**الخطوة 1:** تمثيل المتباينات المناظرة.

أعد كتابة المسألة على صورة نظام من المتباينات.

المتباينة الأولى هي:  $2^{x-2} \geq y$  أو  $y \leq 2^{x-2}$ ، والمتباينة الثانية هي:  $y \geq 0.5^{x-3}$ .

ثم مثلها بالضغط على المفاتيح:

$\left[ \frac{on}{\text{del}} \right] \left[ \leq \right] 2^{x-2} \left[ \text{enter} \right] \left[ \text{tab} \right] \left[ \frac{on}{\text{del}} \right] \left[ \geq \right] 0.5^{x-3} \left[ \text{enter} \right]$

فتكون منطقة الحل هي منطقة التظليل المشترك.

**الخطوة 2:** تحديد مجموعة الحل

مجموعة إحداثيات  $x$  للنقاط التي تقع في منطقة تقاطع التظليلين تمثل مجموعة الحل للمتباينة

الأصلية، وباستعمال ميزة نقاط التقاطع وذلك بالضغط على مفتاح  $\left[ \text{menu} \right]$ ، واختيار

**6: تحليل الرسم البياني** ثم اختيار **4: نقاط التقاطع** والضغط في أي نقطة على الشاشة وتحريك المؤشر مروراً بنقطة التقاطع، سيظهر الزوج المرتب  $(2.5, 1.41)$ ، حيث يمكن استنتاج أن مجموعة الحل هي  $\{x \mid x \geq 2.5\}$ .

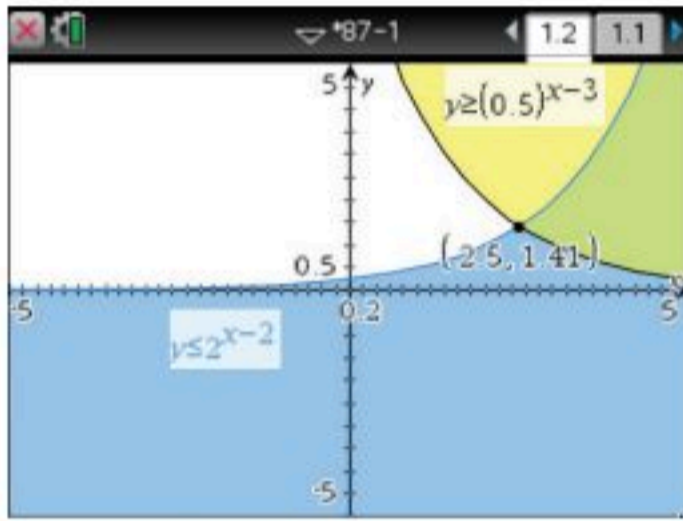
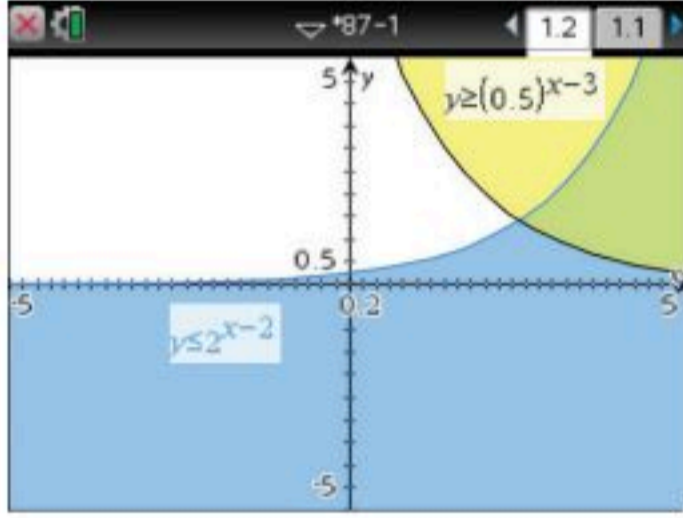
**الخطوة 3:** استعمال تطبيق القوائم وجدول البيانات.

تحقق من الحل باستعمال تطبيق القوائم وجدول البيانات. أنشئ جدولاً لقيم  $x$  بزيادة 0.5 في

كل مرة، وذلك بالضغط على المفاتيح:  $\left[ \frac{on}{\text{del}} \right] \left[ \text{table} \right]$ ، واكتب  $y1 = 2^{x-2}$  في العمود الثاني،

$y2 = 0.5^{x-3}$  في العمود الثالث واختر **مرجع المتغير** في كل مرة. لاحظ أنه لقيم  $x$  الأكبر من

$x = 2.5$  تكون  $y1 > y2$ ، وهذا يؤكد أن حل المتباينة هو  $\{x \mid x \geq 2.5\}$ .



x	y1	y2
	$=2^{(x-2)}$	$=0.5^{(x-3)}$
1.5	0.707107	2.82843
2	1	2
2.5	1.41421	1.41421
3	2	1
3.5	2.82843	0.707107
4	4	0.5

## تمارين:

استعمل الحاسبة البيانية لحل كل متباينة مما يأتي:

(9)  $3^x - 4 \leq 5^{\frac{x}{2}}$

(8)  $16^x - 1 > 2^{2x+2}$

(7)  $6^{2-x} - 4 < -0.25^x - 2.5$

(12)  $12^{4x-7} < 4^{2x+3}$

(11)  $12^{x-5} \geq 9.32$

(10)  $5^{x+3} \leq 2^{x+4}$

(13) **اكتب:** وضح لماذا يكون تمثيل نظام من المعادلات بيانياً صالحاً لحل معادلات أو متباينات أسية.





## حل المعادلات والمتباينات الأسية

### Solving Exponential Equations and Inequalities



#### لماذا؟

تزايد اشتراكات مواقع الإنترنت بطريقة سريعة، فتأخذ شكل دالة أسية. فإذا كان عدد الاشتراكات في أحد المواقع يُعطى بالمعادلة  $y = 2.2(1.37)^x$ ، حيث  $x$  عدد السنوات منذ عام 1435 هـ، و  $y$  عدد المشتركين بالملايين.

فيمكنك استعمال المعادلة  $y = 2.2(1.37)^x$  لتحديد عدد المشتركين في سنة معينة، أو تحديد السنة التي يكون فيها عدد المشتركين عند مستوى معين.

#### فيما سبق:

درست تمثيل الدوال الأسية  
بيانياً. (الدرس 1-2)

#### والآن:

- أحل معادلات أسية.
- أحل متباينات أسية.
- أحل مسائل تتضمن نمواً أسياً واضمحلالاً أسياً.

#### المفردات:

المعادلة الأسية  
exponential equation  
الربح المركب  
compound interest  
المتباينة الأسية  
exponential inequality

**حل المعادلات الأسية:** تظهر المتغيرات في المعادلة الأسية في موقع الأسس.

#### خاصية المساواة للدوال الأسية

#### مفهوم أساسي

**التعبير اللفظي:** إذا كان  $b > 0, b \neq 1$ ، فإن  $b^x = b^y$  إذا وفقط إذا كان  $x = y$ .  
**مثال:** إذا كان  $3^x = 3^5$ ، فإن  $x = 5$ . وإذا كان  $x = 5$ ، فإن  $3^x = 3^5$ .

يمكنك استعمال خاصية المساواة للدوال الأسية لحل معادلات أسية.

#### حل المعادلات الأسية

#### مثال 1

حل كل معادلة مما يأتي:

$$2^x = 8^3 \quad (a)$$

المعادلة الأصلية

$$2^x = 8^3$$

$$8 = 2^3$$

$$2^x = (2^3)^3$$

خاصية قوة القوة

$$2^x = 2^9$$

خاصية المساواة للدوال الأسية

$$x = 9$$

$$9^{2x-1} = 3^{6x} \quad (b)$$

المعادلة الأصلية

$$9^{2x-1} = 3^{6x}$$

$$9 = 3^2$$

$$(3^2)^{2x-1} = 3^{6x}$$

خاصية قوة القوة

$$3^{4x-2} = 3^{6x}$$

خاصية المساواة للدوال الأسية

$$4x - 2 = 6x$$

بطرح  $4x$  من كلا الطرفين

$$-2 = 2x$$

بقسمة كلا الطرفين على 2

$$-1 = x$$

#### تحقق من فهمك

$$4^{2n-1} = 64 \quad (1A)$$

$$5^{5x} = 125^{x+2} \quad (1B)$$



يمكنك استعمال معلومات عن النمو أو الاضمحلال لكتابة دالة أسية.

## مثال 2 من واقع الحياة كتابة دالة أسية

**علوم:** بدأ سلطان تجربة مخبرية بـ 7500 خلية بكتيرية. وبعد أربع ساعات أصبح عدد الخلايا البكتيرية 23000 خلية.

(a) اكتب دالة أسية على الصورة  $y = ab^x$  تمثل عدد الخلايا البكتيرية  $y$  بعد  $x$  ساعة إذا استمر تغير عدد الخلايا البكتيرية بالمعدل نفسه تقريباً الناتج إلى أقرب ثلاث منازل عشرية. في بداية التجربة كان الزمن ( $x$ ) صفر ساعة، وعدد الخلايا ( $y$ ) يساوي 7500 خلية بكتيرية، لذا عوض هذه القيم لإيجاد المقطع  $y$  أو قيمة  $a$ .

الدالة الأسية	$y = ab^x$
بالتعويض عن $x$ بالعدد 0، وعن $y$ بالعدد 7500	$7500 = ab^0$
$b^0 = 1$	$7500 = a$

وعندما  $x = 4$ ، يصبح عدد الخلايا البكتيرية 23000، عوض هذه القيم في الدالة الأسية لتحديد قيمة  $b$ .

بالتعويض عن $x$ بالعدد 4، وعن $y$ بالعدد 23000، وعن $a$ بالعدد 7500	$23000 = 7500 \cdot b^4$
بقسمة كلا الطرفين على 7500	$3.067 \approx b^4$
بإيجاد الجذر الرابع للطرفين	$\sqrt[4]{3.067} \approx b$
باستعمال الحاسبة	$1.323 \approx b$

الدالة التي تمثل عدد الخلايا البكتيرية هي  $y = 7500(1.323)^x$ .

(b) ما العدد المتوقع للخلايا البكتيرية بعد 12 ساعة؟

المعادلة التي تمثل عدد الخلايا البكتيرية	$y = 7500(1.323)^x$
بالتعويض عن $x$ بالعدد 12	$= 7500(1.323)^{12}$
باستعمال الحاسبة	$\approx 215664$

سيكون هنالك 215664 خلية بكتيرية تقريباً بعد 12 ساعة.

### تحقق من فهمك

(2) **إعادة تصنيع:** أنتج مصنع 3.2 ملايين عبوة بلاستيكية عام 1436 هـ، وفي عام 1440 هـ أنتج 420000 عبوة بإعادة تصنيع العبوات التي أنتجها عام 1436 هـ.

(2A) مفترضاً أن إعادة التصنيع استمرت بالمعدل نفسه، اكتب دالة أسية على الصورة  $y = ab^x$  تمثل عدد العبوات المعاد تصنيعها  $y$  بعد  $x$  سنة مقرباً الناتج إلى أقرب منزلتين عشريتين.

(2B) كم تتوقع أن يكون عدد العبوات المعادة التصنيع عام 1481 هـ؟



### الربط مع الحياة

قبل إعادة تدوير البلاستيك يتم غسله بمادة الصودا الكاوية المضاف إليها الماء الساخن. ولا ينصح باستعمال العبوات المعاد تدويرها للمواد الغذائية.

تستعمل الدوال الأسية في مسائل تتضمن **الربح المركب**؛ وهو الربح الذي يحسب المبلغ المستثمر (رأس المال) مضافاً إليه أي أرباح سابقة، وليس فقط عن رأس المال كما هو في الربح البسيط.

## مفهوم أساسي الربح المركب

يمكنك حساب الربح المركب باستعمال الصيغة

$$A = P\left(1 + \frac{r}{n}\right)^{nt}$$

حيث  $A$  المبلغ الكلي بعد  $t$  سنة،  $P$  المبلغ الأصلي الذي تم استثماره أو رأس المال  $P$  بمعدل الربح السنوي المتوقع،  $n$  عدد مرات إضافة الأرباح إلى رأس المال في السنة.

### مثال 3 الربح المركب

**مال:** استثمر حمد مبلغ 25000 ريال في مشروع تجاري متوقعاً ربحاً سنوياً نسبته 4.2%، بحيث تُضاف الأرباح إلى رأس المال كل شهر. ما المبلغ الكلي المتوقع بعد 15 سنة مقرباً إلى أقرب منزلتين عشريتين؟  
**افهم:** أوجد المبلغ الكلي المتوقع بعد 15 سنة.

**خطط:** بما أنه تتم إضافة الأرباح إلى رأس المال، إذن استعمل صيغة الربح المركب.

$$P = 25000, r = 0.042, n = 12, t = 15$$

صيغة الربح المركب

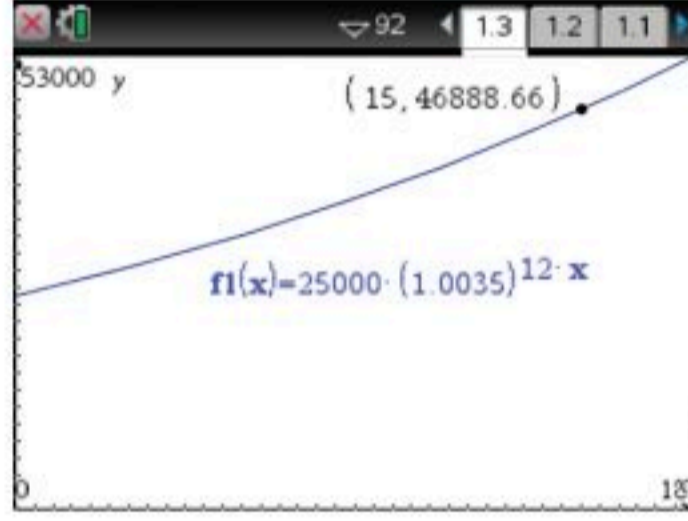
$$A = P\left(1 + \frac{r}{n}\right)^{nt}$$

**حل:**

$$P = 25000, r = 0.042, n = 12, t = 15 \quad = 25000\left(1 + \frac{0.042}{12}\right)^{12 \cdot 15}$$

$$\approx 46888.66$$

باستعمال الحاسبة



**تحقق:**

مثل المعادلة المناظرة بيانياً

$$f(x) = 25000(1.0035)^{12x}$$

ثم أوجد قيمة  $y$  عندما  $x = 15$  على الرسم بالضغط على مفتاح **menu** ثم اختر

8: الهندسة واختر منها 1: النقاط والمستقيمات

ومنها 2: نقطة على المستقيم ثم اضغط على الرسم البياني

لتحدد نقطة يظهر الزوج المرتب الذي يمثلها.

اضغط **esc** ثم حدّد الإحداثي  $x$  للنقطة واكتب 15، سيظهر

الإحداثي  $y$  المقابل 46888.66، إذن الإجابة صحيحة.

**تحقق من فهمك**

3) استثمر علي مبلغ 100000 ريال في مشروع تجاري متوقعاً ربحاً سنوياً نسبته 12%، بحيث تُضاف الأرباح إلى رأس المال مرتين شهرياً. ما المبلغ الكلي المتوقع بعد 5 سنواتٍ مقرباً الناتج إلى أقرب منزلتين عشريتين؟

**حل المتباينات الأسية:** المتباينة الأسية هي متباينة تتضمن عبارة أسية أو أكثر.

#### مفهوم أساسي خاصية التباين لدالة النمو

التعبير اللفظي: إذا كان  $b > 1$ ، فإن  $b^x > b^y$  إذا وفقط إذا كان  $x > y$ .  
مثال: إذا كان  $2^x > 2^6$ ، فإن  $x > 6$ ، وإذا كان  $x > 6$ ، فإن  $2^x > 2^6$ .

تتحقق هذه الخاصية أيضاً مع رمز التباين  $\geq$

#### مفهوم أساسي خاصية التباين لدالة الاضمحلال

التعبير اللفظي: إذا كان  $0 < b < 1$ ، فإن  $b^x > b^y$  إذا وفقط إذا كان  $x < y$ .  
مثال: إذا كان  $\left(\frac{1}{2}\right)^x > \left(\frac{1}{2}\right)^5$ ، فإن  $x < 5$ ، وإذا كان  $x < 5$ ، فإن  $\left(\frac{1}{2}\right)^x > \left(\frac{1}{2}\right)^5$ .

تتحقق هذه الخاصية أيضاً مع رمز التباين  $\geq$

### مثال 4 حل المتباينات الأسية

$$\text{حلّ المتباينة } 16^{2x-3} < 8$$

المتباينة الأصلية

$$16^{2x-3} < 8$$

$$16 = 2^4, 8 = 2^3$$

$$(2^4)^{2x-3} < 2^3$$

خاصية قوة القوة

$$2^{8x-12} < 2^3$$

خاصية التباين لدالة النمو

$$8x - 12 < 3$$

بجمع 12 للطرفين

$$8x < 15$$

بقسمة الطرفين على 8

$$x < \frac{15}{8}$$

#### تنبيه!

نسب مئوية:

تذكر تحويل جميع النسب المئوية إلى كسور عشرية، مثل:  $4.2\% = 0.042$

#### تنبيه!

تقريب الأعداد:

يمكنك تقريب الأعداد الظاهرة على الشاشة، بحيث تظهر على الرسم بالشكل المناسب وذلك بالضغط

على مفتاح **on** واختيار

5 الإعدادات

ثم اختيار

2: إعدادات المستند

واختيار التقريب المناسب، وستظهر الأعداد بحسب عدد المنازل المطلوبة.

#### إرشادات للدراسة

دالتا النمو والاضمحلال

الأسية:

لاحظ أن خاصية التباين

لدالة النمو تبين أن هذه

الدالة متزايدة على مجالها،

وأن خاصية التباين لدالة

الاضمحلال تبين أن هذه

الدالة متناقصة على

مجالها.



وزارة التعليم

Ministry of Education

2023 - 1445

$$2^{x+2} > \frac{1}{32} \quad (4B)$$

$$3^{2x-1} \geq \frac{1}{243} \quad (4A)$$

## تدرب وحل المسائل

حل كل معادلة مما يأتي: (مثال 1)

$$5^{x-6} = 125 \quad (2) \quad 8^{4x+2} = 64 \quad (1)$$

$$16^{2y-3} = 4^{y+1} \quad (4) \quad 3^{5x} = 27^{2x-4} \quad (3)$$

$$49^{x+5} = 7^{8x-6} \quad (6) \quad 2^{6x} = 3^{2x-2} \quad (5)$$

$$256^{b+2} = 4^{2-2b} \quad (8) \quad 81^{a+2} = 3^{3a+1} \quad (7)$$

$$8^{2y+4} = 16^{y+1} \quad (10) \quad 9^{3c+1} = 27^{3c-1} \quad (9)$$

(11) **علوم:** الانقسام هو عملية حيوية يتم فيها انشطار الخلية إلى خليتين مطابقتين تمامًا للخلية الأصلية، وتنقسم إحدى أنواع الخلايا البكتيرية كل 15 دقيقة. (مثال 2)

(a) اكتب دالة أسية على الصورة  $c = ab^t$  تمثل عدد الخلايا البكتيرية  $c$  المتكونة من انقسام خلية واحدة بعد  $t$  من الدقائق.

(b) إذا بدأت خلية بكتيرية واحدة بالانقسام، فكم خلية ستكون بعد ساعة؟

(12) **مال:** ورث خالد مبلغ 100000 ريال عن والده عام 1430 هـ، واستثمره في مشروع تجاري، وقدّر خالد أن المبلغ المستثمر سيصبح 169588 ريالاً بحلول عام 1442 هـ. (مثال 2)

(a) اكتب دالة أسية على الصورة  $y = ab^x$  تمثل المبلغ  $y$  بدلالة عدد السنوات  $x$  منذ عام 1430 هـ.

(b) افترض أن المبلغ استمر في الزيادة بالمعدل نفسه، فكم سيصبح عام 1450 هـ إلى أقرب منزلتين عشريتين؟

(13) استثمر حسن مبلغ 70000 ريال متوقعًا ربحًا سنويًا نسبته 4.3%، بحيث تُضاف الأرباح إلى رأس المال كل شهر. ما المبلغ الكلي المتوقع بعد 7 سنوات إلى أقرب منزلتين عشريتين؟ (مثال 3)

(14) استثمر ماجد مبلغ 50000 ريال متوقعًا ربحًا سنويًا نسبته 2.25%، بحيث تُضاف الأرباح إلى رأس المال مرتين شهريًا. ما المبلغ الكلي المتوقع بعد 6 سنوات إلى أقرب منزلتين عشريتين؟ (مثال 3)

حل كل متباينة مما يأتي: (مثال 4)

$$25^y - 3 \leq \left(\frac{1}{125}\right)^{y+3} \quad (16) \quad 4^{2x+6} \leq 64^{2x-4} \quad (15)$$

$$10^{5b+2} > 1000 \quad (18) \quad 625 \geq 5^{a+8} \quad (17)$$

$$\left(\frac{1}{9}\right)^{3t+5} \geq \left(\frac{1}{243}\right)^{t-6} \quad (20) \quad \left(\frac{1}{64}\right)^{c-2} < 32^{2c} \quad (19)$$

اكتب دالة أسية على الصورة  $y = ab^x$  لتمثيل البياني المار بكل زوج من النقاط فيما يأتي:

$$(4, 81), (0, 256) \quad (22) \quad (3, 100), (0, 6.4) \quad (21)$$

$$(4, 21609), (0, 144) \quad (24) \quad (5, 371293), (0, 128) \quad (23)$$

(25) **علوم:** وُضع كوب من الشاي درجة حرارته  $90^\circ\text{C}$  في وسط درجة حرارته ثابتة وتساوي  $20^\circ\text{C}$ ، فتناقصت درجة حرارة الشاي، ويمكن تمثيل درجة حرارة الشاي بعد  $t$  دقيقة بالدالة  $y(t) = 20 + 70(1.071)^{-t}$ .

(a) أوجد درجة حرارة الشاي بعد 15 دقيقة.

(b) أوجد درجة حرارة الشاي بعد 30 دقيقة.

(c) إذا كانت درجة الحرارة المناسبة لشرب الشاي هي  $60^\circ\text{C}$ ، فهل ستكون درجة حرارة الشاي مساوية لها أم أقل منها بعد 10 دقائق؟

(26) **أشجار:** يتناسب قطر قاعدة جذع شجرة بالسنتيمترات طردًا مع ارتفاعها بالأمتار مرفوعًا للأس  $\frac{3}{2}$ ، إذا بلغ ارتفاع شجرة 6 m، وقطر قاعدة جذعها 19.1 cm، فاكتب معادلة القطر  $d$  لقاعدة جذع الشجرة عندما يكون ارتفاعها  $h$  متر.

حل كل معادلة أسية مما يأتي:

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{4x+1} = 8^{2x+1} \quad (27)$$

$$\left(\frac{1}{5}\right)^{x-5} = 25^{3x+2} \quad (28)$$

$$216 = \left(\frac{1}{6}\right)^{x+3} \quad (29)$$

$$\left(\frac{1}{8}\right)^{3x+4} = \left(\frac{1}{4}\right)^{-2x+4} \quad (30)$$

$$\left(\frac{2}{3}\right)^{5x+1} = \left(\frac{27}{8}\right)^{x-4} \quad (31)$$

$$\left(\frac{25}{81}\right)^{2x+1} = \left(\frac{729}{125}\right)^{-3x+1} \quad (32)$$





## مسائل مهارات التفكير العليا

- (36) **تحذّر:** حلّ المعادلة الأسية  
 $16^{18} + 16^{18} + 16^{18} + 16^{18} + 16^{18} = 4^x$
- (37) **مسألة مفتوحة:** اكتب معادلة أسية يكون حلها  $x = 2$ .
- (38) **برهان:** أثبت أن  $27^{2x} \cdot 81^{x+1} = 3^{2x+2} \cdot 9^{4x+1}$ .
- (39) **تبرير:** حدّد ما إذا كانت العبارة الآتية صحيحة دائماً أو صحيحة أحياناً أو غير صحيحة أبداً. وضح إجابتك
- (40)  $2^x > -(8^{20x})$  لجميع قيم  $x$ .

## مراجعة تراكمية

- مثل كل دالة مما يأتي بياناً: (الدرس 1-2)
- (40)  $y = 2(3)^x$  (41)  $y = 5(2)^x$  (42)  $y = 4\left(\frac{1}{3}\right)^x$
- حلّ كل معادلة مما يأتي: (مهارة سابقة)
- (43)  $\sqrt{x+5} - 3 = 0$  (44)  $\sqrt{3t-5} - 3 = 4$
- (45)  $\sqrt[4]{2x-1} = 2$  (46)  $(5x+7)^{\frac{1}{5}} + 3 = 5$
- (47)  $(3x-2)^{\frac{1}{5}} + 6 = 5$  (48)  $(7x-1)^{\frac{1}{3}} + 4 = 2$

- أوجد  $[g \circ h](x)$ ,  $[h \circ g](x)$  لكل زوج من الدوال الآتية: (الدرس 6-1)
- (49)  $h(x) = 2x - 1$  (50)  $h(x) = x + 4$
- (51)  $g(x) = 3x + 4$  (52)  $g(x) = |x|$

- (51) أوجد الدالة العكسية للدالة:  $f(x) = 2x + 1$  (الدرس 7-1)

## تدريب على اختبار

- (52) ما قيمة  $x$  التي تحقق المعادلة  $7^{x-1} + 7 = 8$ ؟
- A -1 C 1
- B 0 D 2
- (53) إذا كانت  $f(x) = 5x$ ، فما قيمة  $f[f(-1)]$ ؟
- A -25 C 5
- B -5 D 25



- (33) **سكان:** بلغ عدد سكان العالم عام 1950م، 2.556 مليار نسمة، وبحلول عام 1980م أصبح 4.458 مليارات نسمة.

- (a) اكتب دالة أسية على صورة  $y = ab^x$  يمكن أن تمثلّ تزايد عدد سكان العالم من عام 1950م إلى عام 1980م بالمليار، حيث  $x$  عدد السنوات منذ عام 1950م (قرب قيمة  $b$  إلى أقرب جزء من عشرة آلاف)
- (b) افترض أن تزايد عدد السكان استمر بالمعدل نفسه، فقدّر عدد سكان العالم عام 2000.
- (c) إذا كان عدد سكان العالم عام 2000م هو 6.08 مليارات نسمة تقريباً، فمقارن بين تقديرك والعدد الحقيقي للسكان.
- (d) استعمل الدالة التي توصلت إليها في فرع a لتقدير عدد سكان العالم عام 2020م. ما دقة تقديرك؟ وضح إجابتك.

- (34) **ثقافة مالية:** يُفاضل سعيد بين خيارين للاستثمار الطويل الأمد، ويريد أن يختار أحدهما.

الخيار الأول:	الخيار الثاني:
يستثمر مبلغ 50000 ريال في مؤسسة يتوقع أن يكون معدل ربحها السنوي 6.5% ويتم إضافة الأرباح إلى رأس المال أربع مرات سنوياً.	يشارك في تجارة رأس مالها 50000 ريال يتوقع أن تكون نسبة ربحها 4.2% سنوياً، ويتم إضافة الأرباح إلى رأس المال كل شهر. بالإضافة إلى استثمار مبلغ 50000 ريال في مشروع يُقدر نسبة ربحه السنوي 2.3% ويتم إضافة الأرباح إلى رأس المال كل أسبوع.

- (a) اكتب دالة كل من الخيار الأول والخيار الثاني للاستثمار.
- (b) مثل بالحاسبة البيانية منحنى يوضح المبلغ الكلي من كل استثمار بعد  $t$  سنة.
- (c) أي الخيارين أفضل في الاستثمار الخيار الأول أم الثاني؟ فسّر إجابتك؟

- (35) **تمثيلات متعددة:** ستستكشف في هذا التمرين الزيادة المتسارعة في الدوال الأسية. قصّ ورقة إلى نصفين، وضع بعضهما فوق بعض، ثم قصّهما معاً إلى نصفين وضع بعضهما فوق بعض، وكرّر هذه العملية عدة مرات.

- (a) **حسيّاً:** عدّ قطع الورق الناتجة بعد القص الأول، ثم بعد القص الثاني، والثالث، والرابع.
- (b) **جدولياً:** دوّن نتائجك في جدول.
- (c) **رمزياً:** استعمل النمط في الجدول لكتابة معادلة تمثل عدد قطع الورق بعد القص  $x$  مرة.
- (d) **تحليلياً:** يُقدر سُمك الورقة الاعتيادية بنحو 0.003in، اكتب معادلة تمثل سُمك رزمة الورق بعد قصها  $x$  مرة.
- (e) **تحليلياً:** ما سُمك رزمة من الورق بعد قصها 30 مرة؟

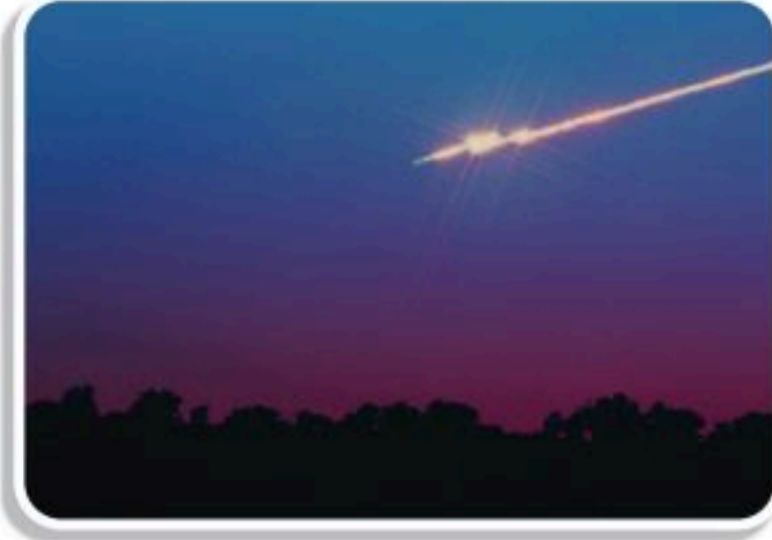


# اللوغاريتمات والدوال اللوغاريتمية

## Logarithms and Logarithmic Functions

### لماذا؟

يُرَجَّح كثير من العلماء أن سبب انقراض سلالة الديناصورات هو النيازك التي ضربت الأرض. ويستعمل الفلكيون مقياس باليرمو (Palermo) لتصنيف أجسام الفضاء كالنيازك وغيرها اعتماداً على مدى تأثيرها في كوكب الأرض. ولجعل المقارنة بين هذه الأجسام أكثر سهولة تم تطوير المقياس باستعمال اللوغاريتمات، إذ يمكن إيجاد قيمة مقياس باليرمو  $PS$  لجسم فضائي من خلال الدالة  $R = 10^{PS}$ ، حيث  $R$  الخطر النسبي الذي يسببه ذلك الجسم، ويمكن كتابة هذه الدالة بصيغة أخرى تسمى الدالة اللوغاريتمية.



### قيماً سبق:

درست إيجاد الدالة العكسية لدالة. (الدرس 1-7)

### والآن:

- أجد قيمة عبارات لوغاريتمية.
- أمثل دوال لوغاريتمية بيانياً.

### المفردات:

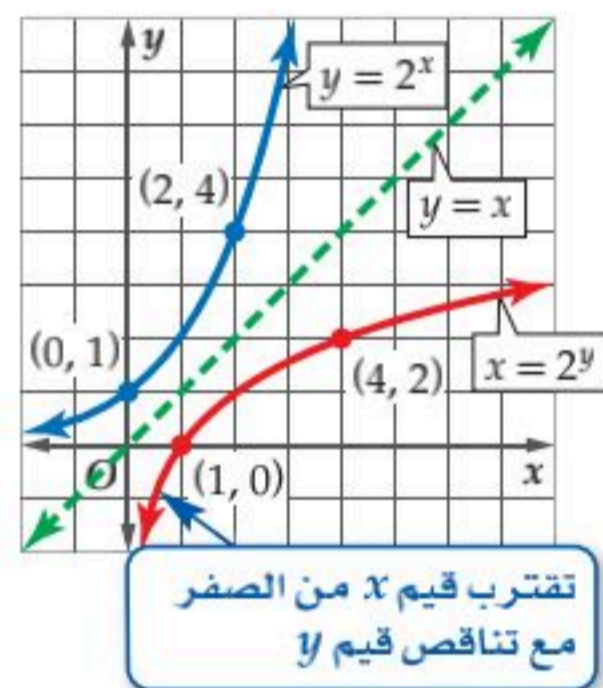
اللوغاريتم

logarithm

الدالة اللوغاريتمية

logarithmic function

**الدوال والعبارات اللوغاريتمية:** يمكنك تمثيل الدالة العكسية للدالة الأسية  $f(x) = 2^x$  بيانياً من خلال تبديل قيم  $x$  و  $y$  للأزواج المرتبة التي تمثل الدالة.



$x = 2^y$		$y = 2^x$	
$x$	$y$	$x$	$y$
$\frac{1}{8}$	-3	-3	$\frac{1}{8}$
$\frac{1}{4}$	-2	-2	$\frac{1}{4}$
$\frac{1}{2}$	-1	-1	$\frac{1}{2}$
1	0	0	1
2	1	1	2
4	2	2	4
8	3	3	8

يظهر من الجدول والتمثيل البياني أعلاه أن الدالة العكسية للدالة  $y = 2^x$  هي  $x = 2^y$ . وبصورة عامة، فإن الدالة العكسية للدالة  $y = b^x$  هي  $x = b^y$ . يسمى المتغير  $y$  في المعادلة  $x = b^y$  لوغاريتم  $x$ ، ويكتب عادة على الصورة  $y = \log_b x$ ، ويقرأ  $y$  تساوي لوغاريتم  $x$  للأساس  $b$ .

### مفهوم أساسي اللوغاريتم للأساس $b$

**التعبير اللفظي:** إذا كان  $x, b$  عددين موجبين، حيث  $b \neq 1$ ، يرمز للوغاريتم  $x$  للأساس  $b$  بالرمز  $\log_b x$ ، ويُعرّف على أنه الأس  $y$  الذي يجعل المعادلة  $b^y = x$  صحيحة.

**الرموز:** افترض أن  $b > 0, b \neq 1$  فإن: لكل  $x > 0$  يوجد عدد  $y$  بحيث

$$\log_b x = y \text{ إذا وفقط إذا كان } b^y = x$$

مثال:  $\log_3 27 = y \leftrightarrow 3^y = 27$

### إرشادات للدراسة

تسمى  $\log_b x = y$  الصورة اللوغاريتمية، وتسمى  $b^y = x$  الصورة الأسية المكافئة لها.

يمكنك استعمال تعريف اللوغاريتمات لكتابة المعادلات اللوغاريتمية على الصورة الأسية .

### مثال 1 التحويل من الصورة اللوغاريتمية إلى الصورة الأسية

اكتب كل معادلة لوغاريتمية مما يأتي على الصورة الأسية:

$$\log_4 \frac{1}{256} = -4 \quad (\text{b})$$

$$\log_2 8 = 3 \quad (\text{a})$$

$$\log_4 \frac{1}{256} = -4 \rightarrow \frac{1}{256} = 4^{-4}$$

$$\log_2 8 = 3 \rightarrow 8 = 2^3$$

تحقق من فهمك

$$\log_3 729 = 6 \quad (\text{1B})$$

$$\log_4 16 = 2 \quad (\text{1A})$$

### تنبيه!

أساس اللوغاريتم:

قد يختلط عليك معرفة أي الأعداد هو الأساس وأيها الأس في المعادلات اللوغاريتمية؛ لذا استعمل لونين مختلفين لكتابة كل منهما في أثناء الحل؛ لمساعدتك على تنظيم حساباتك.

يمكن استعمال تعريف اللوغاريتمات أيضًا لكتابة المعادلات الأسية على الصورة اللوغاريتمية.

### مثال 2 التحويل من الصورة الأسية إلى الصورة اللوغاريتمية

اكتب كل معادلة أسية مما يأتي على الصورة اللوغاريتمية:

$$4^{\frac{1}{2}} = 2 \quad (\text{b})$$

$$15^3 = 3375 \quad (\text{a})$$

$$4^{\frac{1}{2}} = 2 \rightarrow \log_4 2 = \frac{1}{2}$$

$$15^3 = 3375 \rightarrow \log_{15} 3375 = 3$$

تحقق من فهمك

$$125^{\frac{1}{3}} = 5 \quad (\text{2B})$$

$$4^3 = 64 \quad (\text{2A})$$

يمكنك استعمال تعريف اللوغاريتم لإيجاد قيمة عبارة لوغاريتمية.

### مثال 3 إيجاد قيمة عبارة لوغاريتمية

دون استعمال الآلة الحاسبة، أوجد قيمة كل مما يأتي:

$$\log_7 \frac{1}{49} \quad (\text{b})$$

$$\log_{16} 4 \quad (\text{a})$$

بفرض أن العبارة اللوغاريتمية تساوي  $y$

$$\log_7 \frac{1}{49} = y$$

بفرض أن العبارة اللوغاريتمية تساوي  $y$

$$\log_{16} 4 = y$$

تعريف اللوغاريتم

$$\frac{1}{49} = 7^y$$

تعريف اللوغاريتم

$$4 = 16^y$$

$$\frac{1}{49} = 7^{-2} \quad 7^{-2} = 7^y$$

$$16 = 4^2 \quad 4^1 = 4^{2y}$$

خاصية المساواة للدوال الأسية

$$-2 = y$$

خاصية المساواة للدوال الأسية

$$1 = 2y$$

لذا فإن  $\log_7 \frac{1}{49} = -2$

اقسم كلا الطرفين على 2

$$\frac{1}{2} = y$$

لذا فإن  $\log_{16} 4 = \frac{1}{2}$

تحقق من فهمك

$$\log_{\frac{1}{2}} 256 \quad (\text{3B})$$

$$\log_3 81 \quad (\text{3A})$$



**الخصائص الأساسية للوغاريتمات:** من تعريف الدوال الأسية واللوغاريتمات يمكنك استنتاج بعض الخصائص الأساسية للوغاريتمات.

### إرشادات للدراسة

- الأس الصفري:
- تذكر أنه لأي  $b \neq 0$  فإن  $b^0 = 1$ .
  - $\log_b 0$  غير معرف لأن  $b^x \neq 0$  لأي قيمة  $x$ .

### مفهوم أساسي

### الخصائص الأساسية للوغاريتمات

إذا كان  $b > 0, b \neq 1, x$  عدد حقيقي، فإن الخصائص الآتية صحيحة:

الخاصية	التبرير
$\log_b 1 = 0$	$b^0 = 1$
$\log_b b = 1$	$b^1 = b$
$\log_b b^x = x$	$b^x = b^x$
$b^{\log_b x} = x, x > 0$	$\log_b x = \log_b x$

### مثال 4 استعمال الخصائص الأساسية للوغاريتمات

دون استعمال الآلة الحاسبة، أوجد قيمة كل مما يأتي إن أمكن:

(a)  $\log_5 125$       (b)  $\log_{10} 0.001$

(c)  $12^{\log_{12} 4.7}$       (d)  $\log_{10} (-5)$

$\log_5 125 = \log_5 5^3 = 3$

$\log_{10} 0.001 = \log_{10} 10^{-3} = -3$

$12^{\log_{12} 4.7} = 4.7$        $\log_{10} (-5)$  غير معرف لأن  $-5 < 0$

$b^{\log_b x} = x$        $\log_b b^x = x$

تحقق من فهمك

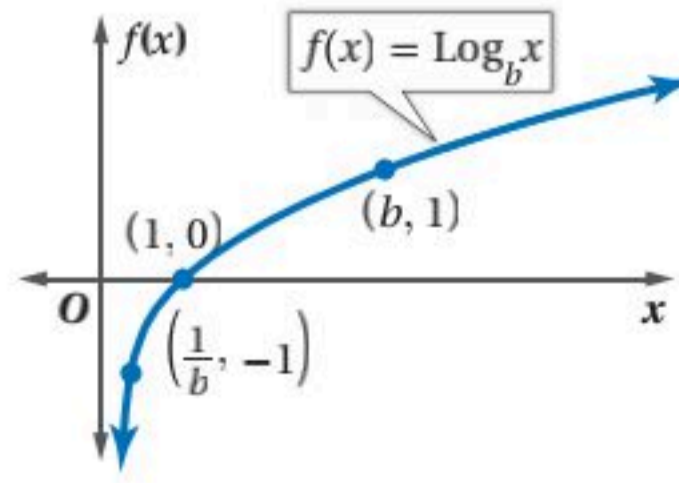
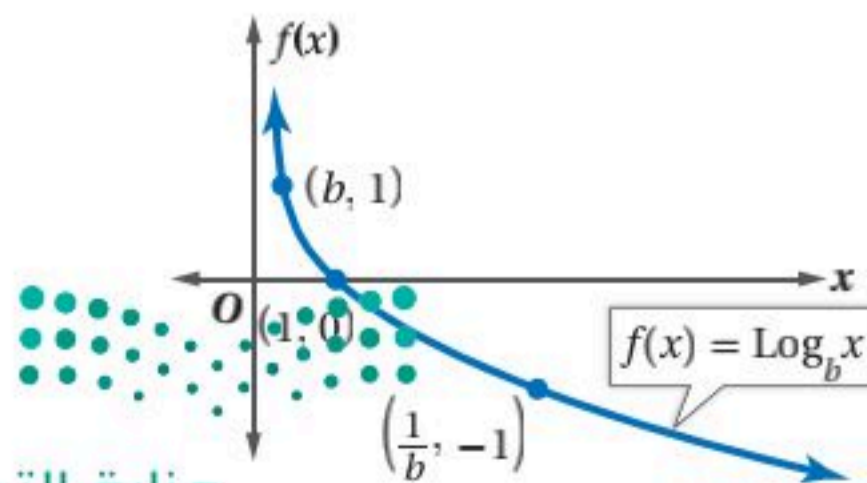
(4A)  $\log_9 81$       (4B)  $3^{\log_3 1}$

**تمثيل الدوال اللوغاريتمية بيانياً:** تُسمى الدالة  $f(x) = \log_b x$ ، حيث  $b \neq 1$ ، وكل من العددين  $x, b$  موجباً دالة لوغاريتمية. والتمثيل البياني للدالة  $f(x) = \log_b x$  هو التمثيل البياني للدالة الرئيسية (الأم) للدوال اللوغاريتمية.

### مفهوم أساسي

### الدالة الرئيسية (الأم) للدوال اللوغاريتمية

الدالة الرئيسية (الأم): $f(x) = \log_b x, 0 < b < 1$	الدالة الرئيسية (الأم): $f(x) = \log_b x, b > 1$
متصل، متباين، متناقص	متصل، متباين، متزايد
الخصائص منحنى الدالة:	الخصائص منحنى الدالة:
المجال: مجموعة الأعداد الحقيقية الموجبة $(\mathbb{R}^+)$	المجال: مجموعة الأعداد الحقيقية الموجبة $(\mathbb{R}^+)$
المدى: مجموعة الأعداد الحقيقية $(\mathbb{R})$	المدى: مجموعة الأعداد الحقيقية $(\mathbb{R})$
خط التقارب: المحور $y$	خط التقارب: المحور $y$
مقطع المحور $x$ : 1	مقطع المحور $x$ : 1



## تمثيل الدوال اللوغاريتمية بيانياً

### مثال 5

مثل كل دالة مما يأتي بيانياً:

$$f(x) = \log_5 x \quad (a)$$

**الخطوة 1:** حدّد الأساس.

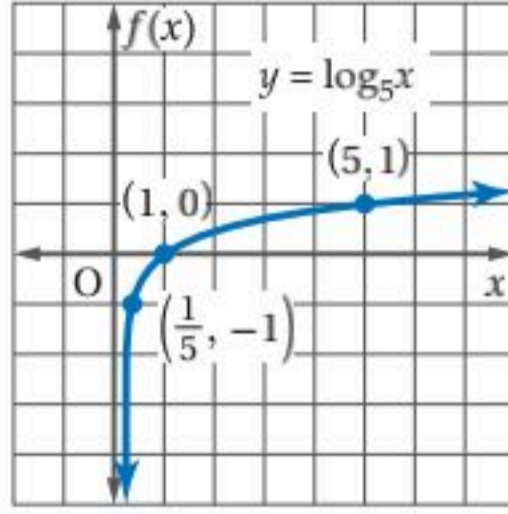
$$b = 5$$

**الخطوة 2:** حدد نقاطاً على التمثيل البياني.

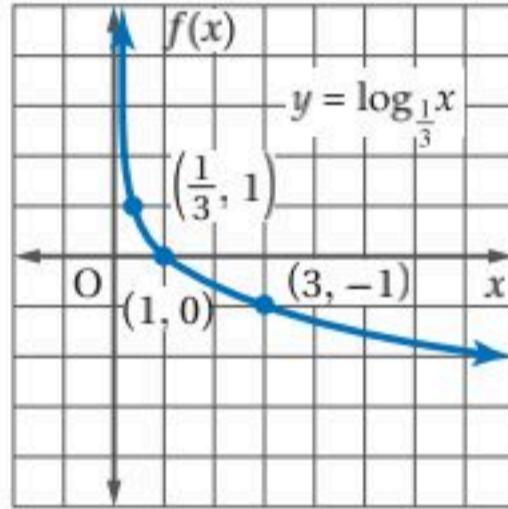
بما أن  $5 > 1$ ، فاستعمل النقاط

$$\left(\frac{1}{b}, -1\right), (1, 0), (b, 1)$$

أي النقاط  $\left(\frac{1}{5}, -1\right), (1, 0), (5, 1)$ .



**الخطوة 3:** مثل النقاط على المستوى الإحداثي. ثم ارسم المنحنى، ولاحظ أنه متصل ومتزايد، إذ تزايد  $f(x)$  من 0 إلى ما لا نهاية.



$$f(x) = \log_{\frac{1}{3}} x \quad (b)$$

**الخطوة 1:**  $b = \frac{1}{3}$

**الخطوة 2:**  $0 < \frac{1}{3} < 1$

لذا استعمل النقاط  $\left(\frac{1}{3}, 1\right), (1, 0), (3, -1)$

**الخطوة 3:** ارسم المنحنى.

تحقق من فهمك ✓

$$f(x) = \log_{\frac{1}{8}} x \quad (5B)$$

$$f(x) = \log_2 x \quad (5A)$$

وتماماً كما في الدوال الأسية، فإنه يمكنك تطبيق التحويلات لتمثيل الدوال اللوغاريتمية بيانياً.

## تمثيل الدوال اللوغاريتمية بيانياً

### مثال 6

مثل كل دالة مما يأتي بيانياً:

$$f(x) = 3 \log_{10} x + 1 \quad (a)$$

حدّد نقاط التمثيل البياني للدالة الأم  $y = \log_{10} x$ . بما أن  $10 > 1$

فاستعمل النقاط  $\left(\frac{1}{b}, -1\right), (1, 0), (b, 1)$ ، أي النقاط  $(10, 1)$

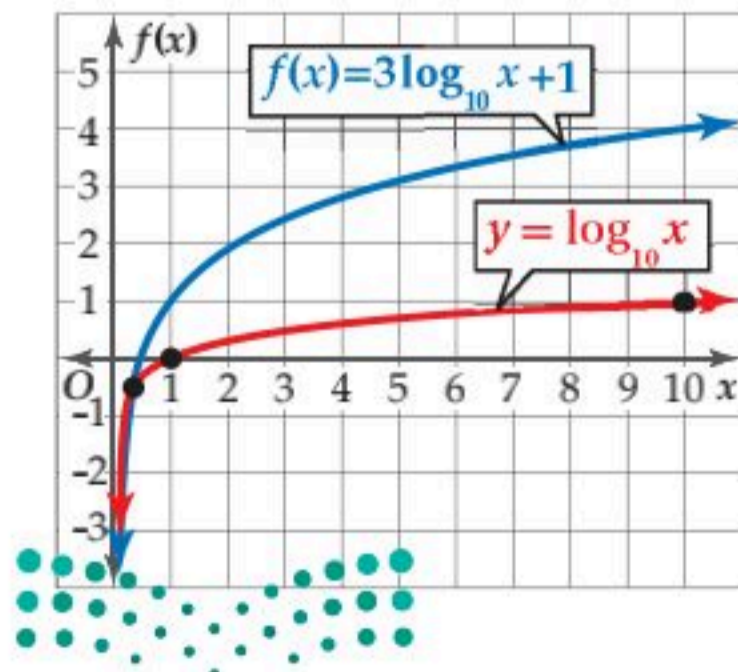
والتمثيل البياني للدالة المعطاة هو تحويل

للتمثيل البياني للدالة  $f(x) = \log_{10} x$

•  $a = 3$ : يتسع التمثيل البياني رأسياً.

•  $h = 0$ : لا يوجد انسحاب أفقي.

•  $k = 1$ : يسحب التمثيل البياني وحدة واحدة إلى أعلى.

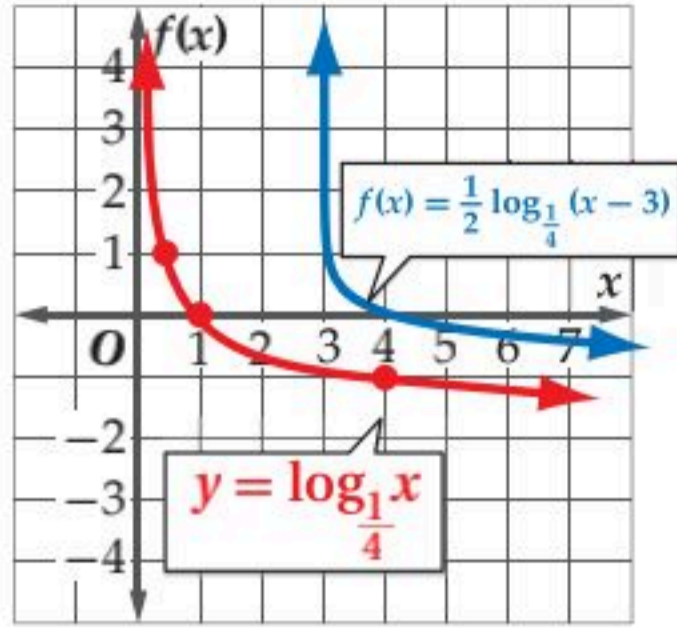


### إرشادات للدراسة

سلوك طرفي التمثيل

البياني

لاحظ في المثال 6a أنه مع اقتراب  $x$  من موجب ما لا نهاية فإن  $f(x)$  تقترب إلى موجب ما لا نهاية أيضاً.



$$f(x) = \frac{1}{2} \log_{\frac{1}{4}} (x - 3) \quad (b)$$

التمثيل البياني للدالة المعطاة هو تحويل للتمثيل البياني للدالة  $f(x) = \log_{\frac{1}{4}} x$ .

•  $a = \frac{1}{2}$ : يضيق التمثيل البياني رأسياً.

•  $h = 3$ : يسحب التمثيل البياني 3 وحدات إلى اليمين.

•  $k = 0$ : لا يوجد انسحاب رأسي.

تحقق من فهمك ✓

$$f(x) = \frac{1}{4} \log_{\frac{1}{2}} (x + 1) - 5 \quad (6B)$$

$$f(x) = 2 \log_3 (x - 2) \quad (6A)$$

### إيجاد الدوال العكسية للدوال الأسية

### مثال 7 من واقع الحياة

**هزات أرضية:** يقيس مقياس ريختر شدة الهزة الأرضية، وتعادل شدة الهزة الأرضية عند أي درجة 10 أمثال شدة الهزة الأرضية للدرجة التي تسبقها؛ أي أن شدة هزة أرضية سجلت 7 درجات على مقياس ريختر تعادل 10 أمثال شدة هزة أرضية سجلت 6 درجات على المقياس نفسه. ويمكن تمثيل شدة الهزة الأرضية بالدالة  $y = 10^{x-1}$ ، حيث  $x$  الدرجة على مقياس ريختر.

(a) استمع مل المعلومات المعطاة في فقرة "الربط مع الحياة" لمعرفة شدة أقوى هزة أرضية في القرن العشرين.

$$y = 10^{x-1} \quad \text{الدالة الأصلية}$$

$$= 10^{9.2-1} \quad \text{عوض 9.2 بدلاً من } x$$

$$= 10^{8.2} \quad \text{بسّط}$$

$$= 158489319.2 \quad \text{استعمل الحاسبة}$$

(b) أوجد الدالة العكسية للدالة  $y = 10^{x-1}$ ، واكتبها على الصورة:  $y = \log_{10} x + c$ .

بما أن الدالة  $y = 10^{x-1}$  متباينة، فإن لها دالة عكسية.

$$y = 10^{x-1} \quad \text{المعادلة الأصلية}$$

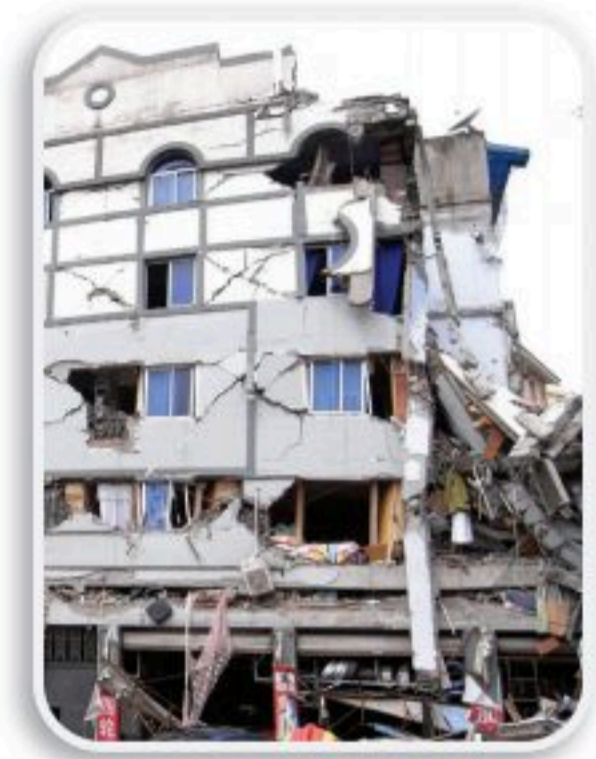
$$x = 10^{y-1} \quad \text{بدل بين } x \text{ و } y \text{ وحل بالنسبة لـ } y$$

$$y - 1 = \log_{10} x \quad \text{تعريف اللوغاريتمات}$$

$$y = \log_{10} x + 1 \quad \text{أضف العدد 1 لكلا الطرفين}$$

تحقق من فهمك ✓

(7) أوجد الدالة العكسية للدالة  $y = 0.5^x$ .



### الربط مع الحياة

أقوى هزة أرضية في القرن العشرين ضربت شيلي عام 1960م، وبلغت قوتها 9.2 درجات على مقياس ريختر، ودمرت قرى كاملة، وقتلت آلاف السكان.



**(43) تصوير:** تمثل الصيغة  $n = \log_2 \frac{1}{p}$  درجة زر ضبط الإضاءة في آلة التصوير والمستعملة عند نقص الإضاءة، حيث  $p$  نسبة ضوء الشمس في منطقة التقاط الصورة. (مثال 7)

**(a)** أعدت آلة تصوير خالد لتلتقط الصورة تحت ضوء الشمس المباشر، ولكن الجو كان غائمًا. إذا كانت نسبة الإضاءة في اليوم الغائم تعادل  $\frac{1}{4}$  الإضاءة في اليوم المشمس، فأأي درجات زر ضبط الإضاءة يجب أن يستعملها خالد لتعويض نقص الإضاءة؟

**(b)** مثل الدالة بيانيًا.

**(c)** استعمل التمثيل البياني في الفرع **b** لتقدير نسبة إضاءة الشمس إذا قلت درجة زر ضبط الإضاءة 3 درجات. هل يؤدي ذلك إلى زيادة الإضاءة أم نقصانها؟

**(44) تربية:** لقياس مدى احتفاظ الطلاب بالمعلومات، يتم عادة اختبارهم بعد وقت من تعلمها، ويمكن تقدير درجة سلمان في مادة الرياضيات بعد انتهاء الفصل الدراسي باستعمال المعادلة  $y(t) = 85 - 6 \log_2(t + 1)$ ، حيث  $t$  عدد الأشهر التي مضت بعد انتهاء الفصل الدراسي.

**(a)** ما درجة سلمان في نهاية الفصل الدراسي ( $t = 0$ )؟

**(b)** ما درجته بعد مضي 3 أشهر؟

**(c)** ما درجته بعد مضي 15 شهرًا؟

**(45)** مثل الدالة  $f(x) = 15 \log_{14}(x + 1) - 9$  بيانيًا.

**(46) تحليليًا:** اكتب معادلة لدالة يكون تمثيلها البياني يشبه التمثيل البياني للدالة  $y = \log_3 x$  بعد إزاحتها 4 وحدات إلى اليسار ووحدة إلى أعلى.

**(47) إعلانات:** تزداد المبيعات عادة مع زيادة الإنفاق على الدعاية والإعلان، وتقدر قيمة المبيعات لشركة بآلاف الريالات بالمعادلة،  $S(a) = 10 + 20 \log_4(a + 1)$ ، حيث  $a$  المبلغ الذي يتم إنفاقه على الدعاية والإعلان بآلاف الريالات،  $a \geq 0$ .

**(a)** تعني القيمة  $S(0) \approx 10$  أنه إذا لم يُنفق شيء على الدعاية والإعلان، ستكون المبيعات 10000 ريال. أوجد كلاً من:  $S(3)$ ,  $S(15)$ ,  $S(63)$ .

**(b)** فسّر معنى كل من القيم التي أوجدتها في الفرع **a**.

**(c)** مثل الدالة بيانيًا.

**(d)** استعمل التمثيل البياني في الفرع **c**، وإجابته في الفرع **a** لتفسير تناقص أثر الدعاية عند إنفاق مبالغ كبيرة عليها.

اكتب كل معادلة لوغاريتمية مما يأتي على الصورة الأسية: (مثال 1)

$\log_8 512 = 3$  (1)       $\log_5 625 = 4$  (2)

$\log_2 16 = 4$  (3)       $\log_7 343 = 3$  (4)

$\log_9 \frac{1}{81} = -2$  (5)       $\log_3 \frac{1}{27} = -3$  (6)

$\log_{12} 144 = 2$  (7)       $\log_9 1 = 0$  (8)

اكتب كل معادلة أسية مما يأتي على الصورة اللوغاريتمية: (مثال 2)

$11^3 = 1331$  (9)       $16^{\frac{3}{4}} = 8$  (10)

$9^{-1} = \frac{1}{9}$  (11)       $6^{-3} = \frac{1}{216}$  (12)

$2^8 = 256$  (13)       $4^6 = 4096$  (14)

$27^{\frac{2}{3}} = 9$  (15)       $25^{\frac{3}{2}} = 125$  (16)

دون استعمال الآلة الحاسبة، أوجد قيمة كل مما يأتي: (المثالان 3, 4)

$\log_{13} 169$  (17)       $\log_2 \frac{1}{128}$  (18)       $\log_6 1$  (19)

$\log_4 1$  (20)       $\log_{10} 10$  (21)       $\log_{10} 0.01$  (22)

$\log_3 \frac{1}{9}$  (23)       $\log_4 \frac{1}{64}$  (24)       $\log_6 216$  (25)

$\log_{27} 3$  (26)       $\log_{32} 2$  (27)       $\log_{121} 11$  (28)

$\log_{\frac{1}{5}} 3125$  (29)       $\log_{\frac{1}{8}} 512$  (30)       $\log_{\frac{1}{6}} \frac{1}{216}$  (31)

مثل كل دالة مما يأتي بيانيًا: (المثالان 5, 6)

$f(x) = \log_{\frac{1}{6}} x$  (33)       $f(x) = \log_3 x$  (32)

$f(x) = 2 \log_{\frac{1}{10}} x - 5$  (35)       $f(x) = 4 \log_4 (x - 6)$  (34)

$f(x) = \log_{\frac{1}{9}} x$  (37)       $f(x) = 4 \log_2 x + 6$  (36)

$f(x) = 6 \log_{\frac{1}{8}} (x + 2)$  (39)       $f(x) = -3 \log_{\frac{1}{12}} x + 2$  (38)

$f(x) = \log_{\frac{1}{4}} (x + 1) - 9$  (41)       $f(x) = -8 \log_3 (x - 4)$  (40)

**(42) علوم:** عُد إلى فقرة "لماذا؟" بداية الدرس. أوجد معكوس الدالة اللوغاريتمية المعطاة. (مثال 7)

(53) **تبرير:** دون استعمال الآلة الحاسبة، بين أي القيم التالية أكبر، وبرر إجابتك:  $\log_7 51, \log_8 61, \log_9 71$

(54) **مسألة مفتوحة:** اكتب عبارة لوغاريتمية على الصورة  $y = \log_b x$  لكل من الحالات الآتية:

(a)  $y$  تساوي 25

(b)  $y$  عدد سالب

(c)  $y$  بين 0 و 1

(d)  $x$  تساوي 1

(55) **اكتب:** إذا كان  $g(x) = a \log_{10}(x - h) + k$  تحويلًا للدالة اللوغاريتمية  $\log_{10} x$ ، فاشرح كيفية تمثيل هذا التحويل بيانيًا.

### مراجعة تراكمية

مثل كل دالة مما يأتي بيانيًا: (الدرس 1-2)

(57)  $y = -2.5(5)^x$  (56)  $y = -\left(\frac{1}{5}\right)^x$

(59)  $y = 0.2(5)^{-x}$  (58)  $y = 30^{-x}$

حل كل متباينة مما يأتي: (الدرس 2-2)

(61)  $2^{2n} \leq \frac{1}{16}$  (60)  $3^{n-2} > 27$

(63)  $32^{5p+2} \geq 16^{5p}$  (62)  $16^n < 8^{n+1}$

(64) إذا كان  $4^{x+2} = 48$ ، فأوجد قيمة  $4^x$ ? (الدرس 2-2)

حل كل معادلة مما يأتي، وتحقق من صحة حلك: (الدرس 2-2)

(66)  $2^{6x} = 4^{5x+2}$  (65)  $9^x = \frac{1}{81}$

(68)  $9^{x^2} = 27^{x^2-2}$  (67)  $49^{3p+1} = 7^{2p-5}$

### تدريب على اختبار

(69) ما قيمة  $x$  في المعادلة  $\log_8 16 = x$ ؟

2 D  $\frac{4}{3}$  C  $\frac{3}{4}$  B  $\frac{1}{2}$  A

(70) ما قيمة  $\log_2 \frac{1}{32}$ ؟

-5 D  $-\frac{1}{5}$  C  $\frac{1}{5}$  B 5 A

(71) ما مقطع  $y$  للدالة الأسية  $y = 4^x - 1$ ؟

3 D 2 C 1 B 0 A

(48) **أحياء:** زمن الجيل بالنسبة للخلايا البكتيرية هو الزمن اللازم ليصبح عددها مثلي ما كان عليه. فإذا كان زمن الجيل  $G$  لنوع معين من البكتيريا يُعطى بالصيغة  $G = \frac{t}{3.3 \log_b f}$ ، حيث  $t$  الفترة الزمنية،  $b$  عدد الخلايا البكتيرية عند بداية التجربة،  $f$  عدد الخلايا البكتيرية عند نهاية التجربة.

(a) يبلغ زمن الجيل لبكتيريا مجهرية  $16h$ ، ما الزمن الذي تحتاج إليه 4 خلايا بكتيرية من هذا النوع ليصبح عددها 1024؟

(b) إذا كان زمن الجيل لنوع من البكتيريا المخبرية  $5h$ ، فما الوقت الذي تحتاج إليه 20 خلية بكتيرية من هذا النوع ليصبح عددها 160000 خلية؟

(c) تتكاثر بكتيريا E.coli بسرعة، بحيث تتكاثر 6 منها لتصبح 1296 خلال  $4.4h$ . احسب زمن الجيل لبكتيريا E.coli.

### مسائل مهارات التفكير العليا

(49) **اكتشف المختلف:** حدد العبارة المختلفة عن العبارات الثلاث الأخرى؟ فسر إجابتك.

$\log_4 16$

$\log_2 16$

$\log_2 4$

$\log_3 9$

(50) **تحد:** إذا كان  $y = \log_b x$ ، حيث  $x, y, b$  أعداد حقيقية، فإن الصفر ينتمي إلى المجال دائمًا أو أحيانًا أو لا ينتمي أبدًا. وضح إجابتك.

(51) **اكتشف الخطأ:** يقول فهد: إن التمثيل البياني لجميع الدوال اللوغاريتمية يقطع المحور  $y$  في النقطة  $(0, 1)$ ؛ لأن أي عدد مرفوع للأس صفر يساوي 1، ولكن سليمان لم يوافقه الرأي. أيهما على صواب؟ فسر إجابتك.

(52) **اكتشف الخطأ:** أوجدت كل من مها ومريم قيمة  $\log_{\frac{1}{7}} 49$ ، أي منهما إجابتها صحيحة؟ برر إجابتك.

مريم	مها
$\log_{\frac{1}{7}} 49 = y$	$\log_{\frac{1}{7}} 49 = y$
$\left(\frac{1}{7}\right)^y = 49$	$49^y = \frac{1}{7}$
$(7^{-1})^y = 7^2$	$(7^2)^y = (7)^{-1}$
$(7)^{-y} = 7^2$	$7^{2y} = (7)^{-1}$
$y = -2$	$2y = -1$
	$y = -\frac{1}{2}$



مثل كل دالة مما يأتي بيانياً: (الدرس 2-3)

$$f(x) = 3 \log_2 (x - 1) \quad (13)$$

$$f(x) = -4 \log_3 (x - 2) + 5 \quad (14)$$

$$f(x) = 2 + \log_4 (1 + x) \quad (15)$$

(16) اختيار من متعدد: ما الصورة اللوغاريتمية للمعادلة

$$(625)^{\frac{1}{4}} = 5 \quad ? \quad (\text{الدرس 2-3})$$

$$\log_5 625 = \frac{1}{4} \quad \text{C}$$

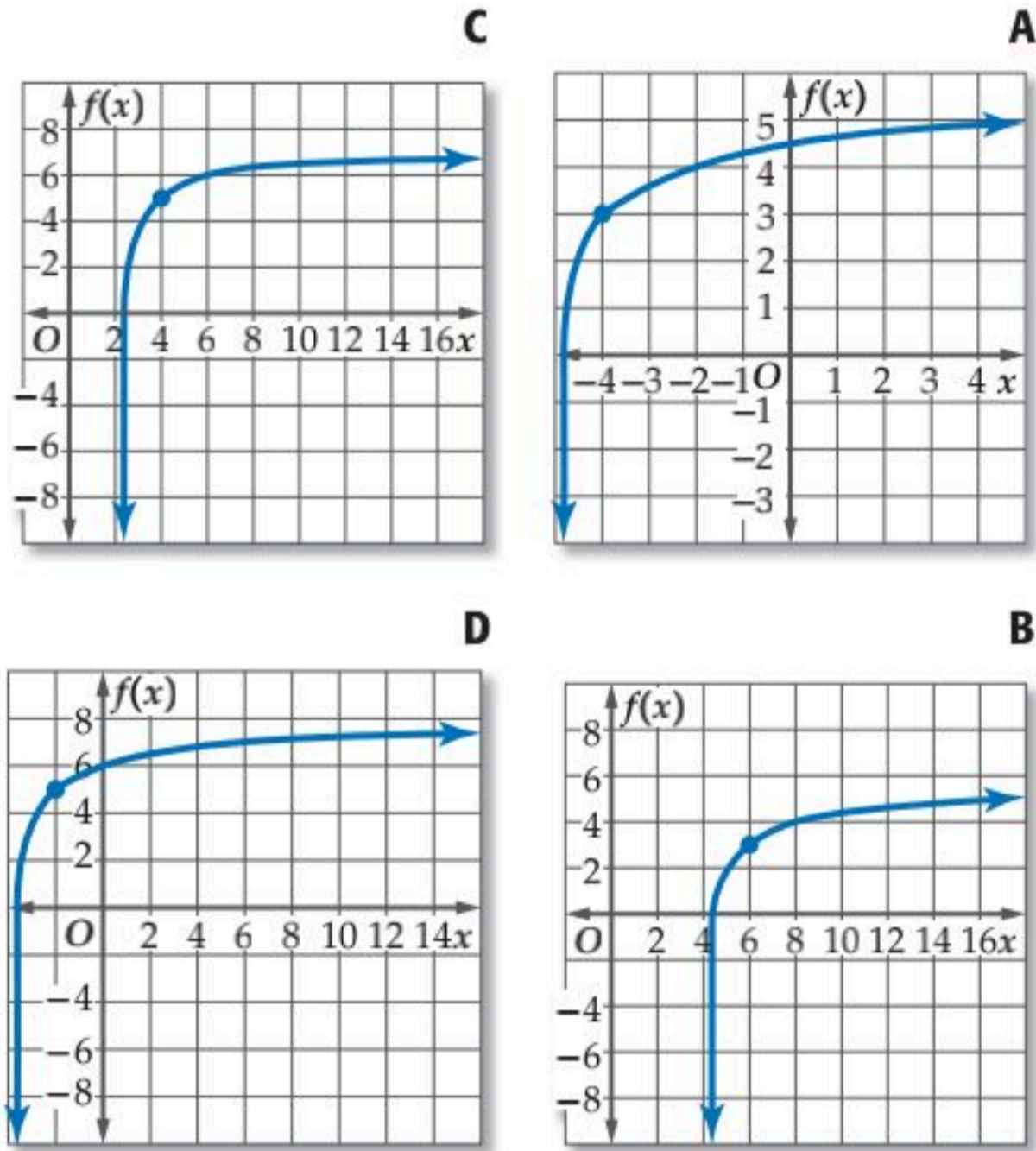
$$\log_{625} 5 = \frac{1}{4} \quad \text{A}$$

$$\log_{\frac{1}{4}} 5 = 625 \quad \text{D}$$

$$\log_5 625 = 4 \quad \text{B}$$

(17) اختيار من متعدد: أي التمثيلات البيانية الآتية هو تمثيل الدالة

$$f(x) = \log_3 (x + 5) + 3 \quad ? \quad (\text{الدرس 2-3})$$



أوجد قيمة كل مما يأتي: (الدرس 2-3)

$$\log_4 32 \quad (18)$$

$$\log_5 5^{12} \quad (19)$$

$$\log_{16} 4 \quad (20)$$

(21) اكتب المعادلة  $\log_9 729 = 3$  على الصورة الأسية. (الدرس 2-3)

مثل كل دالة مما يأتي بيانياً، وحدد مجالها ومداه: (الدرس 2-1)

$$f(x) = 3(4)^x \quad (1)$$

$$f(x) = -(2)^x + 5 \quad (2)$$

$$f(x) = -0.5(3)^{x+2} + 4 \quad (3)$$

$$f(x) = -3\left(\frac{2}{3}\right)^{x-1} + 8 \quad (4)$$

(5) علوم: بدأت تجربة مخبرية بـ 6000 خلية بكتيرية، وبعد ساعتين أصبح عددها 28000 خلية. (الدرس 2-2)

(a) اكتب دالة أسية على الصورة  $y = ab^x$  يمكن استعمالها لتمثيل عدد الخلايا البكتيرية  $y$  بعد  $x$  ساعة إذا استمر ازدياد عدد الخلايا البكتيرية بالمعدل نفسه، مقرباً الناتج إلى أقرب 4 منازل عشرية.

(b) ما العدد المتوقع للخلايا البكتيرية بعد 4 ساعات؟

(6) اختيار من متعدد: أي الدوال الأسية الآتية يمر تمثيلها البياني بالنقطتين  $(0, 125)$ ,  $(3, 1000)$ ؟ (الدرس 2-1)

$$f(x) = 125(3)^x \quad \text{A}$$

$$f(x) = 1000(3)^x \quad \text{B}$$

$$f(x) = 125(1000)^x \quad \text{C}$$

$$f(x) = 125(2)^x \quad \text{D}$$

(7) سكان: كان عدد سكان إحدى المدن 45000 نسمة عام 1995 م، وتزايد عددهم ليصبح 68000 نسمة عام 2007 م. (الدرس 2-2)

(a) اكتب دالة أسية على الصورة  $y = ab^x$  يمكن استعمالها لتمثيل عدد سكان المدينة  $y$  بعد  $x$  سنة منذ عام 1995 م، مقرباً الناتج إلى أقرب ثلاث منازل عشرية.

(b) استعمل الدالة لتقدير عدد سكان المدينة عام 2015 م.

حلّ كلًّا من المعادلتين الآتيتين: (الدرس 2-2)

$$3^{4x-7} = 27^{2x+3} \quad (9) \quad 11^{2x+1} = 121^{3x} \quad (8)$$

حلّ كل متباينة مما يأتي، وتحقق من صحة حلك: (الدرس 2-2)

$$5^{2x+3} \leq 125 \quad (10)$$

$$16^{2x+3} < 64 \quad (11)$$

$$\left(\frac{1}{32}\right)^{x+3} \geq 16^{3x} \quad (12)$$





## خصائص اللوغاريتمات Properties of Logarithms

### المادّة

مستوى pH	المادّة
2.1	عصير الليمون
3.5	المخلل
4.2	الطماطم
5.0	القهوة
6.4	الحليب
7.0	الماء النقي
7.8	البيض



يُعد الاحتفاظ بمستوى معين من الحموضة في الأطعمة أمرًا مهمًا لبعض الأشخاص الذين يعانون حساسية في المعدة. إذ تحتوي بعض الأطعمة على أحماض أكثر مما تحتوي عليه من القواعد. ويستعمل تدرج pH لقياس درجة الحموضة أو القاعدية، فانخفاضه يدل على حمضية الوسط، وارتفاعه يدل على قاعدية. ويُعد هذا المقياس مثالًا آخر على المقاييس اللوغاريتمية التي تعتمد على قوة العدد 10. فقيمة pH للقهوة تساوي 5 بينما تساوي 7 للماء النقي؛ لذا فإن تركيز أيون القهوة الهيدروجيني ( $H^+$ ) يعادل 100 مرة تركيزه في الماء النقي. لأن  $pH = -\log_{10} [H^+]$ ، فإنه يمكنك كتابة المعادلة الآتية:

$$\text{للقهوة } [H^+] + \log_{10} [H^+]_{\text{الماء النقي}} - \log_{10} [H^+]_{\text{القهوة}} = -\log_{10} [H^+]_{\text{الماء النقي}} \text{ والتي تكتب بالشكل:}$$

$$\log_{10} \frac{[H^+]_{\text{القهوة}}}{[H^+]_{\text{الماء النقي}}} = \log_{10} \frac{10^{-5}}{10^{-7}} = 10^{-5-(-7)} = 10^{-5+7} = 10^2 = 100$$

ستتعلمها في هذا الدرس. وتحويل هذه الصيغة اللوغاريتمية إلى الصيغة الأسية، ثم التعويض، تجد أن:

$$\frac{[H^+]_{\text{القهوة}}}{[H^+]_{\text{الماء النقي}}} = 10^{7-5} = 10^2 = 100$$

**خصائص اللوغاريتمات:** تتحقق خاصية المساواة في الدوال اللوغاريتمية كما هو الحال في الدوال الأسية.

### قيما سبق:

درست إيجاد قيم عبارات لوغاريتمية. (الدرس 2-3)

### والآن:

- أطبق خاصية المساواة للدوال اللوغاريتمية.
- أبسّط عبارات وأجد قيمها باستعمال خصائص اللوغاريتمات.

### مفهوم أساسي

#### خاصية المساواة في الدوال اللوغاريتمية

**التعبير اللفظي:** إذا كان  $b$  عددًا موجبًا حيث  $b \neq 1$ ، فإن  $\log_b x = \log_b y$  إذا وفقط إذا كان  $x = y$ .

**مثال:** إذا كان  $\log_5 x = \log_5 8$ ، فإن  $x = 8$ ، وإذا كان  $x = 8$  فإن  $\log_5 x = \log_5 8$ .

وبما أن اللوغاريتمات ترتبط بالأسس، فيمكنك اشتقاق خصائصها من خصائص الأسس، ويمكنك اشتقاق خاصية الضرب في اللوغاريتمات من خاصية الضرب في الأسس.

### مفهوم أساسي

#### خاصية الضرب في اللوغاريتمات

**التعبير اللفظي:** لوغاريتم حاصل الضرب هو مجموع لوغاريتمات عوامله.

**الرموز:** إذا كانت  $x, y, b$  أعدادًا حقيقية موجبة، حيث  $b \neq 1$  فإن:

$$\log_b xy = \log_b x + \log_b y$$

**مثال:**  $\log_2 [(5)(6)] = \log_2 5 + \log_2 6$

لإثبات صحة هذه الخاصية، افترض أن  $b^m = x$  و  $b^n = y$ ، وباستعمال تعريف اللوغاريتمات، فإن  $m = \log_b x$ ،  $n = \log_b y$ .

عوض

$$b^m b^n = xy$$

خاصية ضرب القوى

$$b^{m+n} = xy$$

خاصية المساواة للدوال اللوغاريتمية

$$\log_b b^{m+n} = \log_b xy$$

الخصائص الأساسية للوغاريتمات

$$m+n = \log_b xy$$



عوض عن  $m, n$  بالقيمتين  $\log_b x, \log_b y$  على التوالي:

$$\log_b x + \log_b y = \log_b xy$$

يمكنك استعمال خاصية الضرب في اللوغاريتمات لتقريب قيم عبارات لوغاريتمية.

## مثال 1 استعمال خاصية الضرب في اللوغاريتمات

استعمل  $\log_4 3 \approx 0.7925$  لتقريب قيمة  $\log_4 192$ .

$$192 = 64 \times 3 = 4^3 \times 3 \quad \log_4 192 = \log_4 (4^3 \times 3)$$

$$\text{خاصية الضرب في اللوغاريتمات} \quad = \log_4 4^3 + \log_4 3$$

$$\text{الخصائص الأساسية للوغاريتمات} \quad = 3 + \log_4 3$$

$$\log_4 3 \approx 0.7925 \quad \approx 3 + 0.7925 \approx 3.7925$$

تحقق من فهمك ✓

(1) استعمل  $\log_4 2 = 0.5$  لإيجاد قيمة  $\log_4 32$ .

تذكر أن قسمة القوى ذات الأساس نفسه تكون بطرح الأسس. وخاصية القسمة في اللوغاريتمات شبيهة بها.

افتراض أن  $b^m = x$ ,  $b^n = y$  إذن  $\log_b x = m$ ,  $\log_b y = n$

$$\frac{b^m}{b^n} = \frac{x}{y}$$

خاصية قسمة القوى

$$b^{m-n} = \frac{x}{y}$$

خاصية المساواة للدوال اللوغاريتمية

$$\log_b b^{m-n} = \log_b \frac{x}{y}$$

الخصائص الأساسية للوغاريتمات

$$m - n = \log_b \frac{x}{y}$$

عوض عن  $m$ ,  $n$  بالقيمتين  $\log_b x$ ,  $\log_b y$  على الترتيب

$$\log_b x - \log_b y = \log_b \frac{x}{y}$$

## مفهوم أساسي خاصية القسمة في اللوغاريتمات

التعبير اللفظي: لوغاريتم ناتج القسمة يساوي لوغاريتم المقسوم مطروحاً منه لوغاريتم المقسوم عليه.

الرموز: إذا كانت  $x, y, b$  أعداداً حقيقية موجبة، حيث  $b \neq 1$  فإن:

$$\log_b \frac{x}{y} = \log_b x - \log_b y$$

$$\log_2 \frac{5}{6} = \log_2 5 - \log_2 6 \quad \text{مثال:}$$

## مثال 2 استعمال خاصية القسمة في اللوغاريتمات

استعمل  $\log_6 5 \approx 0.8982$  لتقريب قيمة  $\log_6 7.2$ .

$$7.2 = \frac{72}{10} = \frac{36}{5} = \frac{6^2}{5} \quad \log_6 7.2 = \log_6 \left( \frac{36}{5} \right)$$

$$\text{خاصية القسمة في اللوغاريتمات} \quad = \log_6 6^2 - \log_6 5$$

$$\text{الخصائص الأساسية للوغاريتمات} \quad = 2 - 0.8982$$

$$\log_6 5 \approx 0.8982 \quad = 1.1018$$

تحقق من فهمك ✓

(2) استعمل  $\log_3 2 \approx 0.63$  لتقريب قيمة  $\log_3 4.5$ .



## مثال 3 من واقع الحياة

### استعمال خاصية القسمة في اللوغاريتمات

**علوم:** يُعطى الأس الهيدروجيني للمحلول pH بالعلاقة:  $\text{pH} = \log_{10} \frac{1}{[H^+]}$  حيث  $[H^+]$  يمثل تركيز أيون الهيدروجين بوحدة مول لكل لتر. أوجد تركيز أيون الهيدروجين في لتر من المطر الحمضي قيمة pH له 4.2.

**افهم:** أعطي في المسألة صيغة إيجاد pH، وقيمة pH للمطر الحمضي. والمطلوب معرفة تركيز أيون الهيدروجين في لتر من المطر الحمضي.

**خطط:** اكتب المعادلة وحلها لإيجاد  $[H^+]$ .

**حل:**

المعادلة الأصلية

$$\text{pH} = \log_{10} \frac{1}{[H^+]}$$

$$\text{pH} = 4.2$$

$$4.2 = \log_{10} \frac{1}{[H^+]}$$

خاصية القسمة في اللوغاريتمات

$$4.2 = \log_{10} 1 - \log_{10} [H^+]$$

$$\log_{10} 1 = 0$$

$$4.2 = 0 - \log_{10} [H^+]$$

بسّط

$$4.2 = -\log_{10} [H^+]$$

اضرب كلا الطرفين في -1

$$-4.2 = \log_{10} [H^+]$$

تعريف اللوغاريتم

$$10^{-4.2} = [H^+]$$

إذن يوجد  $10^{-4.2}$  أو 0.000063 مول من الهيدروجين تقريباً في اللتر الواحد من المطر الحمضي.

$$\text{pH} = 4.2$$

$$4.2 = \log_{10} \frac{1}{[H^+]}$$

**تحقق:**

$$[H^+] = 10^{-4.2}$$

$$4.2 \stackrel{?}{=} \log_{10} \frac{1}{10^{-4.2}}$$

خاصية القسمة في اللوغاريتمات

$$4.2 \stackrel{?}{=} \log_{10} 1 - \log_{10} 10^{-4.2}$$

الخصائص الأساسية للوغاريتمات

$$4.2 \stackrel{?}{=} 0 - (-4.2)$$

$$4.2 = 4.2 \quad \checkmark$$

**تحقق من فهمك**

3) استعمل الجدول الوارد في فقرة "لماذا؟" وأوجد تركيز أيون الهيدروجين في عصير الليمون.

تذكر أن قوة القوة توجد بضرب الأسس، وخاصية لوغاريتم القوة شبيهة بها.

## مفهوم أساسي

### خاصية لوغاريتم القوة

**التعبير اللفظي:** لوغاريتم القوة يساوي حاصل ضرب الأس في لوغاريتم أساسها.

**الرموز:** لأي عدد حقيقي  $m$ ، وأي عددين موجبين  $x, b$ ، حيث  $b \neq 1$ ، فإن

$$\log_b x^m = m \log_b x$$

$$\log_2 6^5 = 5 \log_2 6 \quad \text{مثال:}$$



## الربط مع الحياة

المطر الحمضي أكثر حمضية من المطر الطبيعي، حيث يتكون من اختلاط الدخان، وأبخرة المشتقات النفطية وغيرها برطوبة الجو. والمطر الحمضي مسؤول عن التعرية، كما يظهر في الصورة أعلاه.

## إرشادات للدراسة

التحقق من الإجابة  
يمكنك التحقق من إجابة  
مثال 4 بإيجاد قيمة  $2^{4.6438}$   
مستعملاً الحاسبة والإجابة  
التي ستحصل عليها هي  
25 تقريباً، ولكون  
 $\log_2 25 \approx 4.6438$   
فهذا يعني أن  $25 \approx 2^{4.6438}$ .

## مثال 4 استعمال خاصية لوغاريتم القوة

إذا كان  $\log_2 5 \approx 2.3219$ ، فقرب قيمة  $\log_2 25$

$$5^2 = 25 \quad \log_2 25 = \log_2 5^2$$

$$\text{خاصية لوغاريتم القوة} \quad = 2 \log_2 5$$

$$\log_2 5 = 2.3219 \quad \approx 2(2.3219) \approx 4.6438$$

### تحقق من فهمك

(4) إذا كان  $\log_3 7 \approx 1.7712$ ، فقرب قيمة  $\log_3 49$ .

يمكنك استعمال خصائص اللوغاريتمات لتبسيط العبارات اللوغاريتمية.

## مثال 5 تبسيط العبارات اللوغاريتمية

دون استعمال الآلة الحاسبة، احسب قيمة  $\log_4 \sqrt[5]{64}$ .

بما أن أساس اللوغاريتم 4، عبّر عن  $\sqrt[5]{64}$  على صورة قوة 4.

$$\sqrt[5]{64} = 64^{\frac{1}{5}} \quad \log_4 \sqrt[5]{64} = \log_4 64^{\frac{1}{5}}$$

$$4^3 = 64 \quad = \log_4 (4^3)^{\frac{1}{5}}$$

$$\text{خاصية قوة القوة} \quad = \log_4 4^{\frac{3}{5}}$$

$$\text{خاصية لوغاريتم القوة} \quad = \frac{3}{5} \log_4 4$$

$$\log_b b = 1 \quad = \frac{3}{5} (1) = \frac{3}{5}$$

### تحقق من فهمك

$$\log_6 \sqrt[3]{36} \quad (5A)$$

$$\log_7 \sqrt[6]{49} \quad (5B)$$

يمكنك استعمال خصائص اللوغاريتمات لإعادة كتابة العبارات اللوغاريتمية من الصورة المختصرة إلى الصورة المطولة، إذ يمكنك تحويل الضرب إلى جمع، والقوى والجذور إلى ضرب.

## كتابة العبارات اللوغاريتمية بالصورة المطولة

### مثال 6

اكتب كل عبارة لوغاريتمية فيما يأتي بالصورة المطولة:

$$\log_2 12x^5y^{-2} \quad (\text{a})$$

العبارة المعطاة هي لوغاريتم حاصل ضرب  $12, x^5, y^{-2}$

خاصية الضرب في اللوغاريتمات

$$\log_2 12x^5y^{-2} = \log_2 12 + \log_2 x^5 + \log_2 y^{-2}$$

خاصية لوغاريتم القوة

$$= \log_2 12 + 5 \log_2 x - 2 \log_2 y$$

$$\log_2 a^2 b^{-3} c^{-2} \quad (\text{b})$$

خاصية الضرب في اللوغاريتمات

$$\log_2 a^2 b^{-3} c^{-2} = \log_2 a^2 + \log_2 b^{-3} + \log_2 c^{-2}$$

خاصية لوغاريتم القوة

$$= 2 \log_2 a - 3 \log_2 b - 2 \log_2 c$$

$$\log_3 \frac{x-1}{\sqrt[5]{3-2x}} \quad (\text{c})$$

خاصية القسمة في اللوغاريتمات

$$\log_3 \frac{x-1}{\sqrt[5]{3-2x}} = \log_3 (x-1) - \log_3 \sqrt[5]{3-2x}$$

$$\sqrt[5]{3-2x} = (3-2x)^{\frac{1}{5}}$$

$$= \log_3 (x-1) - \log_3 (3-2x)^{\frac{1}{5}}$$

$$= \log_3 (x-1) - \frac{1}{5} \log_3 (3-2x)$$

تحقق من فهمك

$$\log_4 \frac{\sqrt[3]{1-x}}{2x+1} \quad (\text{6C})$$

$$\log_6 5x^3 y^7 z^{0.5} \quad (\text{6B})$$

$$\log_{13} 6a^3 bc^4 \quad (\text{6A})$$

ويمكنك استعمال خصائص اللوغاريتمات السابقة في إعادة كتابة العبارات اللوغاريتمية من الصورة المطولة إلى الصورة المختصرة.

## كتابة العبارات اللوغاريتمية بالصورة المختصرة

### مثال 7

اكتب كل عبارة لوغاريتمية فيما يأتي بالصورة المختصرة:

$$4 \log_3 x - \frac{1}{3} \log_3 (x+6) \quad (\text{a})$$

خاصية لوغاريتم القوة

$$4 \log_3 x - \frac{1}{3} \log_3 (x+6) = \log_3 x^4 - \log_3 (x+6)^{\frac{1}{3}}$$

$$(x+6)^{\frac{1}{3}} = \sqrt[3]{x+6}$$

$$= \log_3 x^4 - \log_3 \sqrt[3]{x+6}$$

خاصية القسمة في اللوغاريتمات

$$= \log_3 \frac{x^4}{\sqrt[3]{x+6}}$$

بإنتاج المقام

$$= \log_3 \frac{x^4 \sqrt[3]{(x+6)^2}}{x+6}$$

$$0.5 \log_7 (x+2) + 6 \log_7 2x \quad (\text{b})$$

خاصية لوغاريتم القوة

$$0.5 \log_7 (x+2) + 6 \log_7 2x = \log_7 (x+2)^{0.5} + \log_7 (2x)^6$$

$$(x+2)^{0.5} = \sqrt{x+2}, 2^6 = 64$$

$$= \log_7 \sqrt{x+2} + \log_7 64 x^6$$

خاصية الضرب في اللوغاريتمات

$$= \log_7 64 x^6 \sqrt{x+2}$$

تحقق من فهمك

$$\log_3 (2x-1) - \frac{1}{4} \log_3 (x+1) \quad (\text{7B})$$

$$-5 \log_2 (x+1) + 3 \log_2 (6x) \quad (\text{7A})$$

### تنبیه

لوغاريتم المجموع  
لوغاريتم المجموع أو  
الفرق لا يساوي مجموع  
أو فرق اللوغاريتمات.  
 $\log_a (x \pm 4) \neq$   
 $\log_a x \pm \log_a 4.$

اكتب كل عبارة لوغاريتمية فيما يأتي بالصورة المطولة: (مثال 6)

$$\log_{11} ab^{-4}c^{12}d^7 \quad (25) \quad \log_9 6x^3y^5z \quad (24)$$

$$\log_4 10t^2uv^{-3} \quad (27) \quad \log_7 h^2j^{11}k^{-5} \quad (26)$$

$$\log_2 \frac{3x+2}{\sqrt{1-5x}} \quad (29) \quad \log_5 a^6b^{-3}c^4 \quad (28)$$

اكتب كل عبارة لوغاريتمية فيما يأتي بالصورة المختصرة: (مثال 7)

$$3 \log_5 x - \frac{1}{2} \log_5 (6-x) \quad (30)$$

$$5 \log_7 (2x) - \frac{1}{3} \log_7 (5x+1) \quad (31)$$

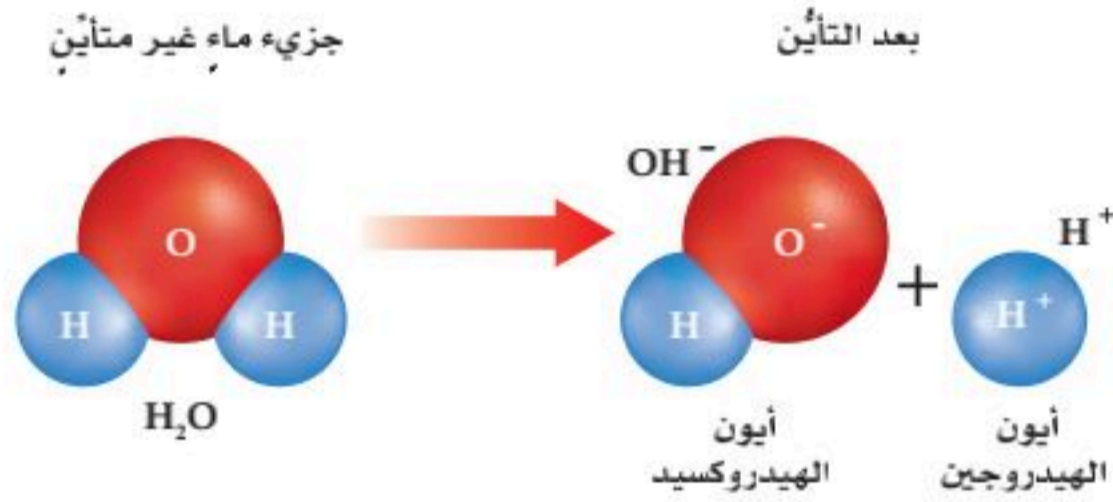
$$7 \log_3 a + \log_3 b - 2 \log_3 (8c) \quad (32)$$

$$2 \log_8 (9x) - \log_8 (2x-5) \quad (33)$$

$$2 \log_6 (5a) + \log_6 b + 7 \log_6 c \quad (34)$$

$$\log_2 x - \log_2 y - 3 \log_2 z \quad (35)$$

(36) **كيمياء:** ثابت التأيين للماء  $K_w$  هو حاصل ضرب تركيز أيونات الهيدروجين  $[H^+]$  في تركيز أيونات الهيدروكسيد  $[OH^-]$ .



أي أن صيغة ثابت التأيين للماء هي  $K_w = [H^+][OH^-]$  حيث تشير الأقواس إلى التركيز بالمول لكل لتر.

(a) عبّر عن  $K_w$  بدلالة  $\log_{10} [H^+]$  و  $\log_{10} [OH^-]$ .

(b) بسّط المعادلة في الفرع a إذا علمت أن قيمة الثابت  $K_w$  هي  $1 \times 10^{-14}$

(c) إذا كان تركيز أيونات الهيدروجين في عينة من الماء

$1 \times 10^{-9}$  مول لكل لتر، فما تركيز أيونات الهيدروكسيد؟

استعمل  $\log_4 5 \approx 1.1610, \log_4 3 \approx 0.7925$  لتقريب قيمة كل مما يأتي: (المثالان 1, 2)

$$\log_4 \frac{5}{3} \quad (2) \quad \log_4 15 \quad (1)$$

$$\log_4 0.6 \quad (4) \quad \log_4 \frac{3}{4} \quad (3)$$

استعمل  $\log_4 5 \approx 1.1610, \log_4 3 \approx 0.7925, \log_4 2 = 0.5$  لتقريب قيمة كل مما يأتي: (المثالان 1, 2)

$$\log_4 20 \quad (6) \quad \log_4 30 \quad (5)$$

$$\log_4 \frac{4}{3} \quad (8) \quad \log_4 \frac{2}{3} \quad (7)$$

$$\log_4 8 \quad (10) \quad \log_4 9 \quad (9)$$

(11) **تسلق الجبال:** يتناقص الضغط الجوي مع زيادة الارتفاع، ويمكن إيجاد قيمة الضغط الجوي عند الارتفاع  $a$  متر باستعمال العلاقة  $a = 15500(5 - \log_{10} P)$ ، حيث  $P$  الضغط بالباسكال. أوجد قيمة الضغط الجوي بالباسكال عند قمم الجبال المذكورة في الجدول أدناه. (مثال 3)

الارتفاع (m)	القمة الجبلية
8850	إفرست
7074	تريسوني
6872	بونيتي

إذا كان  $\log_3 5 \approx 1.465, \log_5 7 \approx 1.2091, \log_6 8 \approx 1.1606, \log_7 9 \approx 1.1292$ ، فترّب قيمة كل مما يأتي: (مثال 4)

$$\log_5 49 \quad (13) \quad \log_3 25 \quad (12)$$

$$\log_7 81 \quad (15) \quad \log_6 48 \quad (14)$$

$$\log_7 729 \quad (17) \quad \log_6 512 \quad (16)$$

دون استعمال الآلة الحاسبة، أوجد قيمة كل عبارة مما يأتي: (مثال 5)

$$\log_2 \sqrt[5]{32} \quad (19) \quad \log_5 \sqrt[4]{25} \quad (18)$$

$$4 \log_2 \sqrt{8} \quad (21) \quad 3 \log_7 \sqrt[6]{49} \quad (20)$$

$$\log_3 \sqrt[6]{243} \quad (23) \quad 50 \log_5 \sqrt{125} \quad (22)$$

(50) **اكتشف المختلف:** حدد العبارة المختلفة عن العبارات الثلاث الأخرى، وفسر إجابتك:

$$\log_b 24 = \log_b 2 + \log_b 12$$

$$\log_b 24 = \log_b 20 + \log_b 4$$

$$\log_b 24 = \log_b 8 + \log_b 3$$

$$\log_b 24 = \log_b 4 + \log_b 6$$

(51) استعمل  $\log_4 3 \approx 0.7925$  لتقريب قيمة  $\log_4 18$

### مراجعة تراكمية

استعمل منحنى  $f$  لتصف التحويل الهندسي الذي يُنتج منحنى  $g$ ، ثم مثل منحنى كل منهما بيانياً في كل مما يأتي (الدرس 2-1)

$$f(x) = 2^x; g(x) = -2^x \quad (52)$$

$$f(x) = 5^x; g(x) = 5^{x+3} \quad (53)$$

$$f(x) = \left(\frac{1}{4}\right)^x; g(x) = \left(\frac{1}{4}\right)^x - 2 \quad (54)$$

أوجد قيمة كل مما يأتي: (الدرس 2-3)

$$\log_3 27^x \quad (56)$$

$$\log_4 16^x \quad (55)$$

(57) **كهرباء:** يمكن حساب كمية التيار الكهربائي  $I$  بالأمبير، والتي

يستهلكها جهاز باستعمال المعادلة  $I = \left(\frac{P}{R}\right)^{\frac{1}{2}}$ ، حيث  $P$  القدرة

بالواط،  $R$  المقاومة بالأوم. ما كمية التيار الكهربائي التي يستهلكها جهاز ما إذا كانت  $P = 120w$ ، و  $R = 3\Omega$ .

قرب الناتج إلى أقرب عُشر. (مهارة سابقة)

حدد ما إذا كانت كل دالتين مما يأتي دالة عكسية للأخرى، مع ذكر السبب: (الدرس 1-7)

$$f(x) = x + 73, g(x) = x - 73 \quad (58)$$

$$g(x) = 7x - 11, h(x) = \frac{1}{7}x + 11 \quad (59)$$

حل كل معادلة مما يأتي وتحقق من صحة حلك: (الدرس 2-2)

$$3^{5x} \cdot 81^{1-x} = 9^{x-3} \quad (61)$$

$$3^{4x} = 3^{3-x} \quad (60)$$

$$\log_2(x+6) = 5 \quad (63)$$

$$49^x = 7^{x^2-15} \quad (62)$$

### تدريب على اختبار

(64) ما قيمة  $2 \log_5 12 - \log_5 8 - 2 \log_5 3$ ؟

$$\log_5 2 \quad \text{A}$$

$$\log_5 3 \quad \text{C}$$

$$\log_5 0.5 \quad \text{B}$$

$$1 \quad \text{D}$$

(65) ما المقطع  $y$  للدالة اللوغاريتمية  $y = \log_2(x+1) + 3$ ؟

$$3 \quad \text{A}$$

$$1 \quad \text{C}$$

$$0 \quad \text{D}$$

حدد ما إذا كانت كل عبارة فيما يأتي صحيحة أم غير صحيحة:

$$\log_8(x-3) = \log_8 x - \log_8 3 \quad (37)$$

$$\log_5 22x = \log_5 22 + \log_5 x \quad (38)$$

$$\log_{10} 19k = 19 \log_{10} k \quad (39)$$

$$\log_2 y^5 = 5 \log_2 y \quad (40)$$

$$\log_7 \frac{x}{3} = \log_7 x - \log_7 3 \quad (41)$$

$$\log_4(z+2) = \log_4 z + \log_4 2 \quad (42)$$

$$\log_8 p^4 = (\log_8 p)^4 \quad (43)$$

$$\log_9 \frac{x^2 y^3}{z^4} = 2 \log_9 x + 3 \log_9 y - 4 \log_9 z \quad (44)$$

(45) **هزات أرضية:** يبين الجدول أدناه بعض الهزات الأرضية القوية التي ضربت بعض البلدان، وقوة كل منها على مقياس ريختر. إذا علمت أن قوة الهزة  $M$  تُعطى بالعلاقة  $M = 1 + \log_{10} x$ ، حيث  $x$  تمثل شدة الهزة الأرضية، فأجب عما يأتي:

السنة	المكان	الدرجة على مقياس ريختر
1939 م	تركيا	8.0
1963 م	يوغسلافيا	6.0
1970 م	البيرو	7.8
1988 م	أرمينيا	7.0
2004 م	مراكش	6.4

(a) أي هزتين كانت شدة إحداهما تعادل 10 أمثال شدة الأخرى؟ وأي هزتين كانت شدة إحداهما تعادل 100 مثل شدة الأخرى؟

(b) كم درجة على مقياس ريختر تسجل هزة أرضية إذا كانت شدتها تعادل 1000 مثل شدة هزة يوغسلافيا عام 1963 م؟

(46) استعمل خصائص اللوغاريتمات لبرهنة أن  $\log_a x = \frac{\log_b x}{\log_b a}$ ؟

### مسائل مهارات التفكير العليا

(47) **مسألة مفتوحة:** اكتب مثلاً على عبارة لوغاريتمية لكل حالة مما يأتي، ثم عبّر عنه بالصورة المطولة:

(a) لوغاريتم حاصل ضرب وقسمة.

(b) لوغاريتم حاصل ضرب وقوة.

(c) لوغاريتم حاصل ضرب وقسمة وقوة.

(48) **برهان:** استعمل خصائص الأسس لبرهنة خاصية لوغاريتم القوة.

(49) **تحدي:** أوجد القيمة الدقيقة للعبارة اللوغاريتمية  $\log_{\sqrt{a}}(a^2)$





## حل المعادلات والمتباينات اللوغاريتمية

### Solving Logarithmic Equations and Inequalities

القدرة التدميرية	سرعة الرياح المصاحبة mi/h	مقياس F
تكسر الأغصان	40-72	F-0 ضعيف
اهتزاز	73-112	F-1 متوسط
تصدع الجدران	113-157	F-2 قوي
اقتلاع الأشجار	158-206	F-3 شديد
تطاير السيارات	207-260	F-4 مدمر
تطاير البيوت	261-318	F-5 هائل
لم يحدث هذا المستوى إطلاقاً	319-379	F-6 لا يُتصور

#### لماذا؟

تُقاس شدة الأعاصير بمقياس يُدعى فوجيتا (Fujita)، ويرمز إليه بالرمز F، ويصنّف هذا المقياس الأعاصير إلى سبع فئات من F-0 إلى F-6 بحسب: سرعة الرياح المصاحبة للإعصار ( $w$ ) والتي تعطى بالمعادلة  $w = 93 \log_{10} d + 65$  حيث تمثل  $d$  المسافة التي يقطعها الإعصار بالميل، وبحسب طول مساره، وعرضه، وقدرته التدميرية، والفئة F-6 هي فئة أشد الأعاصير تدميراً.

إن معرفة المعادلة السابقة تمكنك من إيجاد المسافة التي يقطعها الإعصار بالميل عند أية قيمة لسرعة الرياح المصاحبة معطاة بالميل لكل ساعة.

#### فيما سبق:

درست إيجاد قيمة عبارات لوغاريتمية. (الدرس 2-4)

#### والآن:

- أحل معادلات لوغاريتمية.
- أحل متباينات لوغاريتمية.

#### المفردات:

المعادلة اللوغاريتمية  
logarithmic equation  
المتباينة اللوغاريتمية  
logarithmic inequality

**حل المعادلات اللوغاريتمية:** تحتوي المعادلات اللوغاريتمية على لوغاريتم واحد أو أكثر. ويمكنك استعمال تعريف اللوغاريتم للمساعدة على حل معادلات لوغاريتمية.

### حل معادلات باستعمال تعريف اللوغاريتم

#### مثال 1

حلّ المعادلة  $\log_{36} x = \frac{3}{2}$ ، ثم تحقق من صحة حلّك.

المعادلة الأصلية  $\log_{36} x = \frac{3}{2}$

تعريف اللوغاريتم  $x = 36^{\frac{3}{2}}$

$36 = 6^2$   $x = (6^2)^{\frac{3}{2}}$

خاصية قوة القوة  $x = 6^3 = 216$

**التحقق:** عوض عن  $x$  بـ 216 في المعادلة الأصلية.

المعادلة الأصلية  $\log_{36} x \stackrel{?}{=} \frac{3}{2}$

عوض 216 بدلاً من  $x$   $\log_{36} 216 \stackrel{?}{=} \frac{3}{2}$

حلّ  $\log_{36} (36)(6) \stackrel{?}{=} \frac{3}{2}$

خاصية ضرب اللوغاريتميات ولوغاريتم القوة  $\log_{36} 36 + \log_{36} (36)^{\frac{1}{2}} \stackrel{?}{=} \frac{3}{2}$

بسّط  $1 + \frac{1}{2} \stackrel{?}{=} \frac{3}{2}$

الحل صحيح  $\frac{3}{2} = \frac{3}{2} \checkmark$

تحقق من فهمك

$$\log_{16} x = \frac{5}{2} \quad (1B)$$

$$\log_9 x = \frac{3}{2} \quad (1A)$$



ويمكنك استعمال خاصية المساواة للدوال اللوغاريتمية لحل معادلات لوغاريتمية تحتوي لوغاريتمات في كلا الطرفين.

## مثال 2 على اختبار

$$\text{حلّ المعادلة } \log_2 (x^2 - 4) = \log_2 3x$$

4 D

2 C

-1 B

-2 A

**اقرأ فقرة الاختبار:** المطلوب هو إيجاد قيمة  $x$  في المعادلة اللوغاريتمية.  
**حل فقرة الاختبار:**

المعادلة الأصلية	$\log_2 (x^2 - 4) = \log_2 3x$
خاصية المساواة للدوال اللوغاريتمية	$x^2 - 4 = 3x$
اطرح $3x$ من كلا الطرفين	$x^2 - 3x - 4 = 0$
حلّل إلى العوامل	$(x - 4)(x + 1) = 0$
خاصية الضرب الصفري	$x - 4 = 0$ أو $x + 1 = 0$
حل كل معادلة	$x = 4$ أو $x = -1$

**التحقق:** عوّض بكل من القيمتين في المعادلة الأصلية.

$x = 4$	$x = -1$
$\log_2 (4^2 - 4) \stackrel{?}{=} \log_2 3(4)$	$\log_2 [(-1)^2 - 4] \stackrel{?}{=} \log_2 3(-1)$
$\log_2 12 = \log_2 12$ ✓	$\log_2 (-3) = \log_2 (-3)$ ✗

بما أن  $\log_2 (-3)$  غير معرف، فالإجابة -1 مرفوضة، والإجابة الصحيحة هي D

**تحقق من فهمك** ✓

$$(2) \text{ حلّ المعادلة } \log_3 (x^2 - 15) = \log_3 2x$$

15 D

5 C

-1 B

-3 A

ويمكنك استعمال خصائص اللوغاريتمات في حل المعادلات اللوغاريتمية.

## مثال 3 حل معادلات باستعمال خاصية الضرب في اللوغاريتمات

$$\text{حلّ المعادلة } \log_6 x + \log_6 (x - 9) = 2, \text{ ثم تحقق من صحة حلك.}$$

المعادلة الأصلية	$\log_6 x + \log_6 (x - 9) = 2$
خاصية الضرب في اللوغاريتمات	$\log_6 x (x - 9) = 2$
تعريف اللوغاريتم	$x(x - 9) = 6^2$
بسّط ثم اطرح 36 من كلا الطرفين	$x^2 - 9x - 36 = 0$
حلّ	$(x - 12)(x + 3) = 0$

$$\text{خاصية الضرب الصفري} \quad x - 12 = 0 \quad \text{أو} \quad x + 3 = 0$$

$$\text{حل كل معادلة} \quad x = 12 \quad \text{أو} \quad x = -3$$



وزارة التعليم

Ministry of Education

الدرس 5-2 حل المعادلات والمتباينات اللوغاريتمية 113 2023

### إرشادات للدراسة

#### التعويض

اختصارًا للوقت، يمكنك تعويض كل متغير بقيمته في المعادلة الأصلية للتحقق من صحة الحل.

### إرشادات للدراسة

#### تحديد الحلول الدخيلة

يمكن تحديد الحلول الدخيلة من خلال إيجاد مجال المعادلة، ففي مثال 3 مجال  $\log_6 x$  هو  $x > 0$ ، بينما مجال  $\log_6 (x - 9)$  هو  $x > 9$ ؛ لذا يكون مجال المعادلة هو  $x > 9$ ، وبما أن  $-3 > 9$  فإن  $x = -3$  ليس حلًا للمعادلة.

$$\log_6 x + \log_6 (x - 9) = 2$$

$$\log_6 12 + \log_6 (12 - 9) \stackrel{?}{=} 2$$

$$\log_6 12 + \log_6 3 \stackrel{?}{=} 2$$

$$\log_6 (12 \cdot 3) \stackrel{?}{=} 2$$

$$\log_6 36 \stackrel{?}{=} 2$$

$$2 = 2 \checkmark$$

$$\log_6 x + \log_6 (x - 9) = 2 \text{ :التحقق}$$

$$\log_6 (-3) + \log_6 (-3 - 9) \stackrel{?}{=} 2$$

$$\log_6 (-3) + \log_6 (-12) \stackrel{?}{=} 2$$

بما أن  $\log_6 (-12)$  و  $\log_6 (-3)$  غير

معرفين فإن  $-3$  حل مرفوض.

وبذلك يكون الحل هو  $x = 12$ .

تحقق من فهمك

$$\log_6 x + \log_6 (x + 5) = 2 \text{ (3B)}$$

$$2 \log_7 x = \log_7 27 + \log_7 3 \text{ (3A)}$$

**حل المتباينات اللوغاريتمية:** المتباينة اللوغاريتمية هي متباينة تتضمن عبارة لوغاريتمية أو أكثر، ويمكن استعمال الخاصية الآتية لحل متباينات لوغاريتمية تتضمن عبارة لوغاريتمية واحدة.

### خاصية التباين للدوال اللوغاريتمية

### مفهوم أساسي

إذا كان  $x > 0$ ،  $b > 1$  و  $\log_b x > y$ ، فإن  $x > b^y$

تتحقق هذه الخاصية أيضاً إذا احتوت المتباينة رمزي التباين  $\geq$ ،  $\leq$

### حل متباينات تتضمن عبارة لوغاريتمية واحدة

### مثال 4

أوجد مجموعة حل المتباينة  $\log_3 x > 4$ ، ثم تحقق من صحة حلك.

$$\log_3 x > 4$$

المتباينة الأساسية

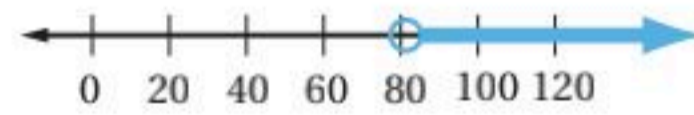
$$x > 3^4$$

خاصية التباين للدوال اللوغاريتمية

$$x > 81$$

بسّط

إذن مجموعة الحل هي  $\{x \mid x > 81, x \in \mathbb{R}\}$



**التحقق:** عوض بعدد أقل من 81، وعدد أكبر من 81 في المتباينة الأصلية.

$$x = 243$$

$$\log_3 243 \stackrel{?}{>} 4$$

$$5 > 4 \checkmark$$

$$x = 9$$

$$\log_3 9 \stackrel{?}{>} 4$$

$$2 > 4 \times$$

إذن الحل صحيح.

تحقق من فهمك

أوجد مجموعة حل كل متباينة مما يأتي، ثم تحقق من صحة حلك.

$$\log_2 x < 4 \text{ (4B)}$$

$$\log_4 x \geq 3 \text{ (4A)}$$

### إرشادات للدراسة

حل المعادلة اللوغاريتمية، عند حل متباينة لوغاريتمية يستثنى قيم المتغير التي لا يكون اللوغاريتم عندها معرّفاً.



يمكنك استعمال الخاصية الآتية لحل متباينات تتضمن عبارتين لوغاريتميتين لهما الأساس نفسه في كلا الطرفين. استثن من حلك القيم التي ينتج عن تعويضها في المتباينة الأصلية أخذ اللوغاريتم لأعداد أقل من أو تساوي الصفر.

### مفهوم أساسي

### خاصية التباين للدوال اللوغاريتمية

الرموز: إذا كان  $b > 1$  ، فإن  $\log_b x > \log_b y$  إذا وفقط إذا كان  $x > y$   
 $x > 0, y > 0$

مثال: إذا كان  $\log_6 x > \log_6 35$  ، فإن  $x > 35$  .

تتحقق هذه الخاصية أيضًا إذا احتوت المتباينة رمزي التباين  $\geq$  ،  $\leq$  ،

### مثال 5

### حل متباينات تتضمن عبارتين لوغاريتميتين لهما الأساس نفسه

أوجد مجموعة حل المتباينة  $\log_4 (x + 3) > \log_4 (2x + 1)$  ، ثم تحقق من صحة حلك.

$$\log_4 (x + 3) > \log_4 (2x + 1) \quad \text{المتباينة الأساسية}$$

$$x + 3 > 2x + 1 \quad \text{خاصية التباين للدوال اللوغاريتمية}$$

$$2 > x \quad \text{اطرح } x + 1 \text{ من كلا الطرفين}$$

ثم استثن قيم  $x$  التي تجعل  $x + 3 \leq 0$  أو  $2x + 1 \leq 0$  ( $x \leq -\frac{1}{2}$  أو  $x \leq -3$ )

إذن مجموعة الحل هي  $\left\{ x \mid -\frac{1}{2} < x < 2, x \in \mathbb{R} \right\}$  .



**التحقق:** عوض بعدد يقع في الفترة  $(-\frac{1}{2}, 2)$  ، وآخر يقع خارج الفترة  $(-\frac{1}{2}, 2)$  .

$$x = 3$$

$$x = 1$$

$$\log_4 (3+3) \stackrel{?}{>} \log_4 (2 \times 3 + 1)$$

$$\log_4 (1+3) \stackrel{?}{>} \log_4 (2+1)$$

$$\log_4 6 \stackrel{?}{>} \log_4 7$$

$$\log_4 4 \stackrel{?}{>} \log_4 3$$

$$\log_4 6 > \log_4 7 \quad \times$$

الدالة اللوغاريتمية  
متزايدة عندما تكون  
قيمة الأساس أكبر من 1

$$\log_4 4 > \log_4 3 \quad \checkmark$$

إذن الحل صحيح.

**تحقق من فهمك** ✓

(5) أوجد مجموعة حل المتباينة  $\log_5 (2x + 1) \leq \log_5 (x + 4)$  ، ثم تحقق من صحة حلك.



$$\log_2 x \leq -2 \quad (22) \quad \log_3 x \geq -4 \quad (21)$$

أوجد مجموعة حل كل متباينة مما يأتي، ثم تحقق من صحة حلك: (مثال 5)

$$\log_4 (2x + 5) \leq \log_4 (4x - 3) \quad (23)$$

$$\log_8 (2x) > \log_8 (6x - 8) \quad (24)$$

$$\log_2 (4x - 6) > \log_2 (2x + 8) \quad (25)$$

$$\log_7 (x + 2) \geq \log_7 (6x - 3) \quad (26)$$

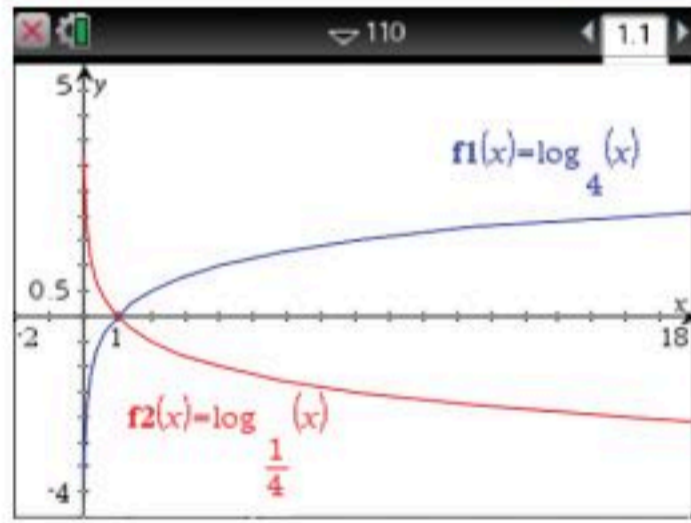
(27) **صوت:** يعطى ارتفاع الصوت  $L$  بالصيغة  $L = 10 \log_{10} R$ ، حيث  $R$  هي شدة الصوت. احسب شدة صوت منبه ارتفاع صوته 80 ديسبل.

(28) **علوم:** تُقاس قوة الهزات الأرضية بمقياس لوغاريتمي ذي درجات يُسمى مقياس ريختر، وتُعطى قوة الهزة الأرضية  $M$  بالمعادلة  $M = 1 + \log_{10} x$ ، حيث  $x$  تمثل شدة الهزة الأرضية.

(a) كم تبلغ شدة هزة أرضية سجلت 7 درجات على مقياس ريختر؟

(b) كم مرة تبلغ شدة هزة أرضية قوتها 8 درجات بمقياس ريختر مقارنة بشدة هزة أرضية قوتها 5 درجات على المقياس نفسه؟

(29) **تمثيلات متعددة:** ستكتشف في هذه المسألة العلاقة بين الدالتين  $y = \log_4 x$ ،  $y = \log_{\frac{1}{4}} x$ .



(a) **تحليلياً:** قارن بين منحنىي الدالتين من حيث خطوط التقارب ومقاطع المحور  $x$ ؟

(b) **لفظياً:** صف العلاقة بين منحنىي الدالتين.

(c) **تحليلياً:** صف العلاقة بين كل من الدالتين  $y = \log_4 x$  و  $y = -1(\log_4 x)$  وما مجال ومدى كل منهما؟

(30) **علوم:** تُعطى سرعة الرياح  $w$  بالميل لكل ساعة قرب مركز الإعصار بالمعادلة  $w = 93 \log_{10} d + 65$ ، حيث  $d$  المسافة التي يقطعها الإعصار بالميل.



(a) اكتب المعادلة بصورة أسية.

حل كل معادلة مما يأتي، ثم تحقق من صحة حلك: (مثال 1)

$$\log_8 x = \frac{4}{3} \quad (1)$$

$$\log_{16} x = \frac{4}{3} \quad (2)$$

$$\log_{81} x = \frac{3}{4} \quad (3)$$

$$\log_{25} x = \frac{5}{2} \quad (4)$$

$$\log_8 \frac{1}{2} = x \quad (5)$$

$$\log_6 \frac{1}{36} = x \quad (6)$$

$$\log_x 32 = \frac{5}{2} \quad (7)$$

$$\log_x 27 = \frac{3}{2} \quad (8)$$

حل كل معادلة مما يأتي، ثم تحقق من صحة حلك: (المثالان 2, 3)

$$5 \log_2 x = \log_2 32 \quad (9)$$

$$3 \log_2 x = \log_2 8 \quad (10)$$

$$\log_4 48 - \log_4 n = \log_4 6 \quad (11)$$

$$\log_3 2x + \log_3 7 = \log_3 28 \quad (12)$$

$$\log_2 (4x) + \log_2 5 = \log_2 40 \quad (13)$$

$$\log_7 (x-3) + \log_7 (x-2) = \log_7 (2x+24) \quad (14)$$

$$\log_2 n = \frac{1}{3} \log_2 27 + \log_2 36 \quad (15)$$

$$3 \log_{10} 8 - \frac{1}{2} \log_{10} 36 = \log_{10} x \quad (16)$$

أوجد مجموعة حل كل متباينة مما يأتي، ثم تحقق من صحة حلك: (مثال 4)

$$\log_8 x \leq -2 \quad (18)$$

$$\log_5 x > 3 \quad (17)$$

$$\log_4 x \geq 4 \quad (20)$$

$$\log_6 x < -3 \quad (19)$$

## مراجعة تراكمية

حلّ كلاً مما يأتي، وتحقق من صحة حلك: (الدرس 2-2)

$$3^{3x-2} > 81 \quad (39)$$

$$3^{4x-7} = 27^{2x+3} \quad (40)$$

$$8^{x-4} = 2^{4-x} \quad (41)$$

أوجد قيمة كل عبارة مما يأتي: (الدرس 2-3)

$$\log_4 256 \quad (42)$$

$$\log_2 \frac{1}{8} \quad (43)$$

$$\log_6 216 \quad (44)$$

$$\log_7 2401 \quad (45)$$

بسّط كلاً مما يأتي. مفترضاً أن أيّاً من المتغيرات لا يساوي الصفر:  
(مهارة سابقة)

$$(2p^2n)^3 \quad (47)$$

$$x^5 \cdot x^3 \quad (46)$$

$$\left(\frac{c^9}{d^7}\right)^0 \quad (49)$$

$$\frac{x^4y^6}{xy^2} \quad (48)$$

## تدريب على اختبار

(50) أي الدوال الأسية الآتية يمر تمثيلها البياني بالنقطتين  $(0, -10)$ ،  $(4, -160)$ ؟

$$f(x) = -10(2)^x \quad \text{A}$$

$$f(x) = 10(2)^x \quad \text{B}$$

$$f(x) = -10(4)^x \quad \text{C}$$

$$f(x) = 10(4)^x \quad \text{D}$$

(51) أي مما يأتي يمثل حلاً للمعادلة  $\log_4 x - \log_4(x-1) = \frac{1}{2}$ ؟

$$-2 \quad \text{C} \quad -\frac{1}{2} \quad \text{A}$$

$$2 \quad \text{D} \quad \frac{1}{2} \quad \text{B}$$



(31) **صوت:** تُعطى العلاقة بين شدة الصوت بالواط لكل متر مربع  $I$  وعدد وحدات الديسبل  $\beta$  بالمعادلة  $\beta = 10 \log_{10} \left( \frac{I}{10^{-12}} \right)$ .

(a) أوجد عدد وحدات الديسبل لصوت شدته 1 واط لكل متر مربع، وكذلك لصوت شدته  $10^{-2}$  واط لكل متر مربع.

(b) إذا كانت شدة الصوت 1 واط لكل متر مربع تعادل 100 مرة من شدة الصوت الذي مقداره  $10^{-2}$  واط لكل متر مربع، فهل تضاعف عدد وحدات الديسبل بمقدار 100 مرة؟

## مسائل مهارات التفكير العليا

(32) **اكتشف الخطأ:** تقوم لينا وريم بحل المتباينة  $\log_2 x \geq -2$ . أي منهما حلها صحيح؟

ريم	لينا
$\log_2 x \geq -2$	$\log_2 x \geq -2$
$x \geq 2^{-2}$	$x \leq 2^{-2}$
$x \geq \frac{1}{4}$	$0 < x \leq \frac{1}{4}$

(33) **تحّد:** أوجد قيمة

$$\log_3 27 + \log_9 27 + \log_{27} 27 + \log_{81} 27 + \log_{243} 27$$

(34) **تبرير:** نص خاصية التباين للدوال اللوغاريتمية هو: إذا كان  $b > 1$ ، فإن  $\log_b x > \log_b y$  إذا وفقط إذا كان  $x > y$ . كيف يصبح نص الخاصية إذا كان  $0 < b < 1$ ، وضح إجابتك.

(35) **اكتب:** وضح العلاقة بين مجال ومدى الدالة اللوغاريتمية ومجال ومدى الدالة الأسية المناظرة لها.

(36) **مسألة مفتوحة:** أعط مثلاً على معادلة لوغاريتمية ليس لها حل.

(37) **تبرير:** ضع خطاً تحت التعبير الذي يجعل الجملة صحيحة، مع ذكر السبب: (علماً بأن جميع المعادلات اللوغاريتمية المذكورة على الصورة  $y = \log_b x$ ).

(a) إذا كان أساس اللوغاريتم أكبر من 1 وتقع قيمة  $x$  بين 0، 1، فإن قيمة  $y$  تكون (أصغر من، أكبر من، مساوية لـ) الصفر.

(b) إذا كان أساس اللوغاريتم بين 0، 1 وقيمة  $x$  أكبر من 1، فإن قيمة  $y$  تكون (أصغر من، أكبر من، مساوية لـ) الصفر.

(c) المعادلة  $y = \log_b 0$  (لا حل لها، لها حل واحد، لها عدد لا نهائي من الحلول) بالنسبة لـ  $b$ .

(d) المعادلة  $y = \log_b 1$  (لا حل لها، لها حل واحد، لها عدد لا نهائي من الحلول) بالنسبة لـ  $b$ .

(38) **اكتب:** فسّر لماذا يقطع منحنى أي دالة لوغاريتمية على الصورة  $y = \log_b x$  المحور  $x$  عند النقطة  $(1, 0)$  ولا يقطع المحور  $y$ .

# اللوغاريتمات العشرية

## Common Logarithms

رابط الدرس الرقمي



www.ien.edu.sa

### لماذا؟

يستعمل علماء الهزات الأرضية مقياس ريختر لقياس قوة الهزات الأرضية أو شدتها، ويتم تحديد قوة الهزة الأرضية بحساب لوغاريتم شدة الهزة المسجلة بجهاز السيزموغراف (seismographs).

درجة مقياس ريختر	1	2	3	4	5	6	7	8
الشدة	$10^1$ مايكرو	$10^2$ ضعيفة	$10^3$ ضعيفة	$10^4$ خفيفة	$10^5$ متوسطة	$10^6$ قوية	$10^7$ قوية جداً	$10^8$ عظمى
التأثير في المناطق السكنية.	لا يشعر بها، ولكن يتم تسجيلها.	عادة لا يشعر بها، ولكن تتأرجح بعض العلفات.	يشعر بها، ولكن لا تحدث أضراراً أو قليلة الأضرار.	يشعر بها، وتحدث أضراراً بسيطة.	تدمير بسيط للمباني في منطقة محدودة.	تدمير في منطقة قد تصل مساحتها إلى $100 \text{ mi}^2$ .	قوة تدمير كبيرة في مناطق شاسعة.	تدمير كبير جداً في مناطق شاسعة جداً تصل إلى مئات الأميال.

### فيما سبق:

درست تبسيط عبارات لوغاريتمية وحل معادلات لوغاريتمية باستعمال خصائص اللوغاريتمات. (الدروس من 2-3 إلى 2-5)

### والآن:

- أحل معادلات ومتباينات أسية باستعمال اللوغاريتمات العشرية.
- أجد قيمة عبارات لوغاريتمية باستعمال صيغة تغيير الأساس.

### المفردات:

اللوغاريتم العشري  
common logarithm

صيغة تغيير الأساس  
Change of Base Formula

يستعمل مقياس ريختر لوغاريتمات الأساس 10 لحساب قوة الهزة الأرضية، فمثلاً تُعطي قوة هزة أرضية سجلت 6.4 درجات على مقياس ريختر بالمعادلة  $6.4 = 1 + \log_{10} x$ ، حيث  $x$  شدة الهزة الأرضية.

**اللوغاريتمات العشرية:** لعلك لاحظت أن دالة لوغاريتم الأساس 10 على الصورة " $y = \log_{10} x$ " تستعمل في كثير من التطبيقات. وتسمى لوغاريتمات الأساس 10 **اللوغاريتمات العشرية**، وتكتب دون كتابة الأساس 10.

$$\log_{10} x = \log x, x > 0$$

تحتوي معظم الحاسبات العلمية  $\log_x$  كونه أمراً أساسياً، ويستعمل المفتاح LOG لإيجاد قيمته.

### مثال 1 إيجاد قيمة اللوغاريتم العشري

استعمل الحاسبة لإيجاد قيمة كل مما يأتي مقرباً إلى أقرب جزء من عشرة آلاف:

$$\log 5 \text{ (a)}$$

اضغط على المفاتيح: LOG 5 ENTER تجد أن:

$$\log 5 \approx 0.6990$$

$$\log 0.3 \text{ (b)}$$

اضغط على المفاتيح: LOG 0.3 ENTER تجد أن:

$$\log 0.3 \approx -0.5229$$

تحقق من فهمك ✓

$$\log 7 \text{ (1A)}$$

$$\log 0.5 \text{ (1B)}$$

### قراءة الرياضيات

اللوغاريتم العشري عند كتابة اللوغاريتم دون أساس، فإن ذلك يعني أن الأساس هو 10 أي أن  $\log x$  تعني  $\log_{10} x$ .



ترتبط اللوغاريتمات العشرية ارتباطاً وثيقاً بقوى العدد 10. تذكر أن اللوغاريتم هو أس، فمثلاً في المعادلة  $y = \log x$ ،  $y$  هو الأس الذي يرفع إليه العدد 10 للحصول على قيمة  $x$ .

$$\begin{array}{lcl} \log x = y & \leftrightarrow & 10^y = x \\ \log 1 = 0 & \leftrightarrow & 10^0 = 1 \\ \log 10 = 1 & \leftrightarrow & 10^1 = 10 \\ \log 10^m = m & \leftrightarrow & 10^m = 10^m \end{array}$$

تستعمل اللوغاريتمات العشرية لقياس ارتفاع الصوت.



#### الربط مع الحياة

الديسبل (dB) هو وحدة قياس ارتفاع الصوت، على سبيل المثال: 90-100dB تعادل ارتفاع صوت الرعد، 140dB تعادل ارتفاع صوت إطلاق صاروخ إلى الفضاء.

### مثال 2 من واقع الحياة حل معادلات لوغاريتمية

**شدة الصوت:** يقاس ارتفاع الصوت  $L$  بالديسبل، ويُعطى بالقانون  $L = 10 \log \frac{I}{m}$ ، حيث  $I$  شدة الصوت،  $m$  أدنى حدًا من شدة الصوت تسمعها أذن الإنسان. إذا سُمع صوت ما ارتفاعه 66.6 dB تقريبًا. فكم مرة تساوي شدة هذا الصوت شدة أدنى صوت تسمعه أذن الإنسان إذا كانت  $m = 1$ ؟

$$L = 10 \log \frac{I}{m} \quad \text{المعادلة الأصلية}$$

$$66.6 = 10 \log \frac{I}{1} \quad L = 66.6, m = 1$$

$$6.66 = \log I \quad \text{اقسم كل طرف على 10 ثم التبسيط}$$

$$I = 10^{6.66} \quad \text{الصورة الأسية}$$

$$I \approx 4570882 \quad \text{استعمل الحاسبة}$$

شدة هذا الصوت تساوي 4570000 مرة تقريبًا من شدة أدنى صوت تسمعه أذن الإنسان.

#### تحقق من فهمك

(2) **هزات أرضية:** ترتبط كمية الطاقة  $E$  مقيسة بوحدة الإيرج التي تطلقها الأرض مع قوة الهزة الأرضية على مقياس ريختر  $M$  بالمعادلة  $\log E = 11.8 + 1.5M$ . استعمل المعادلة لتجد كمية الطاقة التي تطلقها الأرض عند هزة أرضية بقوة 9 درجات على مقياس ريختر.

إذا كان من الصعب كتابة طرفي المعادلة الأسية بدلالة الأساس نفسه، فإنه يمكنك حلها بأخذ اللوغاريتم العشري لكلا الطرفين.

#### إرشادات للدراسة

**وحدة الجول:**  
تذكر أن الجول هو وحدة قياس الطاقة، وكذلك الإيرج، حيث 1 إيرج =  $10^{-7}$  جول

### مثال 3 حل معادلات أسية باستعمال اللوغاريتم العشري

حل المعادلة  $4^x = 19$  وقرب الناتج إلى أقرب جزء من عشرة آلاف.

$$4^x = 19 \quad \text{المعادلة الأصلية}$$

$$\log 4^x = \log 19 \quad \text{خاصية المساواة للدوال اللوغاريتمية}$$

$$x \log 4 = \log 19 \quad \text{خاصية لوغاريتم القوة}$$

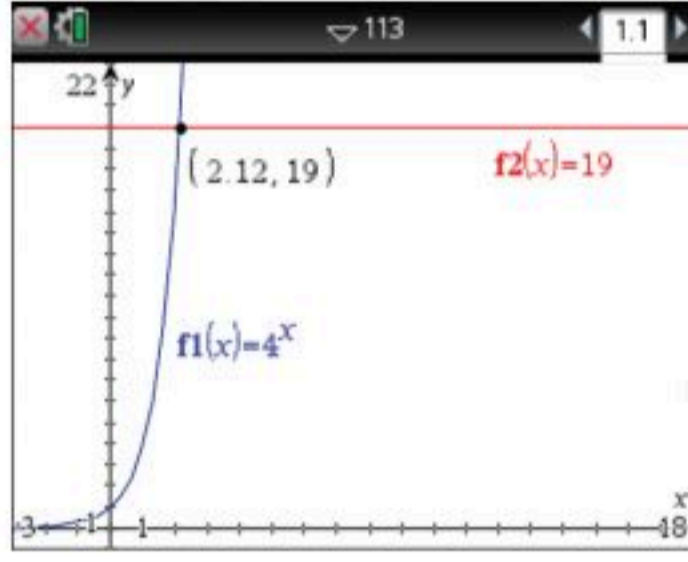
$$x = \frac{\log 19}{\log 4} \quad \text{اقسم كلا الطرفين على } \log 4$$

$$x \approx 2.1240 \quad \text{استعمل الحاسبة}$$

الحل هو 2.1240 تقريبًا.







**تحقق:** يمكنك التحقق من الإجابة بيانياً باستعمال ميزة نقاط التقاطع في الحاسبة البيانية TI-nspire. مثل المعادلة  $f1(x) = 4^x$  والمستقيم  $f2(x) = 19$  بيانياً على الشاشة نفسها. ثم أوجد نقطة تقاطع التمثيلين البيانيين بالضغط على مفتاح **menu**، ثم اختر **6: تحليل الرسم البياني** واختر منها **4: نقاط التقاطع**، ثم اضغط في أي نقطة على الشاشة، وحرك المؤشر مروراً بنقطة التقاطع، سيظهر الزوج المرتب  $(2.12, 19)$ . الإحداثي  $x$  لنقطة التقاطع قريب من الإجابة التي تم إيجادها جبرياً. ✓

**تحقق من فهمك** ✓

$$6^x = 42 \quad (3B)$$

$$3^x = 15 \quad (3A)$$

يمكنك استعمال استراتيجيات حل المعادلات الأسية لحل متباينات أسية.

#### مثال 4 حل متباينات أسية باستعمال اللوغاريتم العشري

أوجد مجموعة حل المتباينة  $3^{5y} < 7^{y-2}$ ، وقرب الناتج إلى أقرب جزء من عشرة آلاف.

المتباينة الأصلية

$$3^{5y} < 7^{y-2}$$

خاصية التباين للدوال اللوغاريتمية

$$\log 3^{5y} < \log 7^{y-2}$$

خاصية لوغاريتم القوة

$$5y \log 3 < (y-2) \log 7$$

خاصية التوزيع

$$5y \log 3 < y \log 7 - 2 \log 7$$

اطرح  $y \log 7$  من كلا الطرفين

$$5y \log 3 - y \log 7 < -2 \log 7$$

خاصية التوزيع

$$y(5 \log 3 - \log 7) < -2 \log 7$$

اقسم كلا الطرفين على  $5 \log 3 - \log 7$

$$y < \frac{-2 \log 7}{5 \log 3 - \log 7}$$

استعمل الحاسبة

$$\{y \mid y < -1.0972, y \in R\}$$

**التحقق:** اختبر  $y = -2$

المتباينة الأصلية

$$3^{5y} < 7^{y-2}$$

$$y = -2$$

$$3^{5(-2)} \geq 7^{(-2)-2}$$

بسّط

$$3^{-10} \geq 7^{-4}$$

خاصية الأس السالب

$$\frac{1}{59049} < \frac{1}{2401} \quad \checkmark$$

**تحقق من فهمك** ✓

$$4^y < 5^{2y+1} \quad (4B)$$

$$3^{2x} \geq 6^{x+1} \quad (4A)$$

#### إرشادات للدراسة

##### حل المتباينات

تذكر أن تعكس اتجاه رمز التباين عند ضرب كلا طرفي المتباينة في عدد سالب أو قسمتهما عليه. وبما أن  $5 \log 3 - \log 7 > 0$  فلا يعكس اتجاه رمز التباين.



**صيغة تغيير الأساس:** يمكنك استعمال صيغة تغيير الأساس لكتابة عبارات لوغاريتمية مكافئة لأخرى بأساس مختلف.

### مفهوم أساسي

### صيغة تغيير الأساس

الرموز: لأي أعداد موجبة  $a, b, n$ ، حيث  $a \neq 1$  و  $b \neq 1$ ،

$$\log_a n = \frac{\log_b n}{\log_b a}$$

← لوغارتيم العدد الأصلي للأساس  $b$   
← لوغارتيم الأساس القديم للأساس  $b$

مثال:  $\log_3 11 = \frac{\log_5 11}{\log_5 3}$

لإثبات صيغة تغيير الأساس، افرض أن  $\log_a n = x$ .

تعريف اللوغاريتم  $a^x = n$

خاصية المساواة للدوال اللوغاريتمية  $\log_b a^x = \log_b n$

خاصية لوغاريتم القوة  $x \log_b a = \log_b n$

اقسم كلا الطرفين على  $\log_b a$   $x = \frac{\log_b n}{\log_b a}$

$x = \log_a n$   $\log_a n = \frac{\log_b n}{\log_b a}$

يمكنك استعمال صيغة تغيير الأساس لإيجاد قيمة عبارة لوغاريتمية تحتوي لوغاريتمات مختلفة الأساس، وذلك بتحويل جميع اللوغاريتمات إلى لوغاريتمات عشرية.

### مثال 5 استعمال صيغة تغيير الأساس

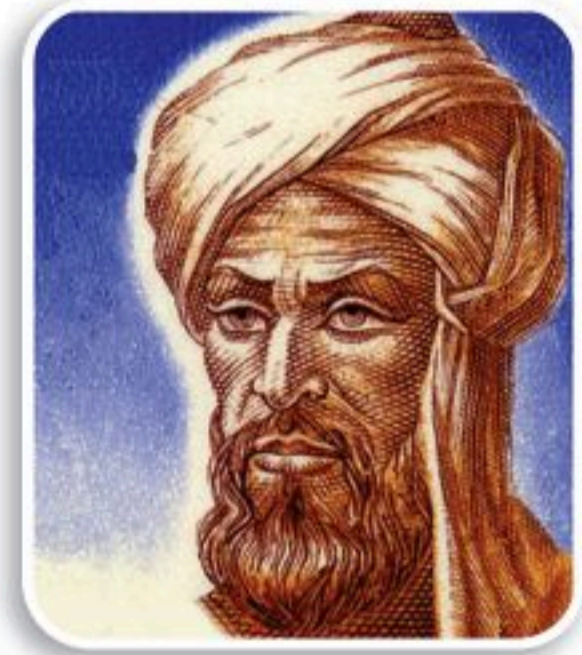
اكتب  $\log_3 20$  بدلالة اللوغاريتم العشري، ثم أوجد قيمته مقرباً إلى أقرب جزء من عشرة آلاف.

صيغة تغيير الأساس  $\log_3 20 = \frac{\log_{10} 20}{\log_{10} 3}$

استعمل الحاسبة  $\approx 2.7268$

تحقق من فهمك

5 اكتب  $\log_6 8$  بدلالة اللوغاريتم العشري، ثم أوجد قيمته مقرباً إلى أقرب جزء من عشرة آلاف.



### تاريخ الرياضيات

#### الخوارزمي

هو أبو عبدالله محمد بن موسى الخوارزمي (848م-780م) تُقَبُّ بأبي الجبر، وهو عالم عربي، أسس علم الجبر ووضع أسسه وابتكر حساب اللوغاريتمات.



## مثال 6

### استعمال صيغة تغيير الأساس

**حواسيب:** البرامج الحاسوبية عبارة عن مجموعة من التعليمات تسمى خوارزميات، ولتنفيذ مهمة في برنامج حاسوبي يجب تحليل ترميز الخوارزمية، ويعطى الزمن اللازم بالثواني  $R$  لتحليل خوارزمية مكونة من  $n$  خطوة بالصيغة  $R = \log_2 n$ . مستعملًا صيغة تغيير الأساس حدد الزمن اللازم لتحليل خوارزمية مكونة من 240 خطوة.

$$\begin{aligned} R &= \log_2 n && \text{المعادلة الأصلية} \\ &= \log_2 240 && n = 240 \\ &= \frac{\log 240}{\log 2} && \text{صيغة تغيير الأساس} \\ &\approx 7.9 && \text{بسط} \end{aligned}$$

الزمن اللازم لتحليل خوارزمية مكونة من 240 خطوة يساوي 7.9 ثوانٍ تقريبًا.

### تحقق من فهمك

6 حدد الزمن اللازم لتحليل خوارزمية مكونة من 160 خطوة.

## تدرب وحل المسائل

(a) فكم مرة من شدة أدنى صوت تسمعه أذن الإنسان تساوي شدة الصوت قبل إغلاق نوافذ السيارة إذا كانت  $m = 1$ ؟

(b) كم مرة من شدة أدنى صوت تسمعه أذن الإنسان تساوي شدة الصوت بعد إغلاق نوافذ السيارة؟ أوجد نسبة انخفاض شدة الصوت بعد إغلاق النوافذ.

حل كل معادلة مما يأتي، وقرب الناتج إلى أقرب جزء من عشرة آلاف: (مثال 3)

$$(12) \quad 6^x = 40$$

$$(13) \quad 2.1^a + 2 = 8.25$$

$$(14) \quad 7^{x^2} = 20.42$$

$$(15) \quad 11^{b-3} = 5^b$$

$$(16) \quad 8^x = 40$$

$$(17) \quad 9^{b-1} = 7^b$$

$$(18) \quad 15^{x^2} = 110$$

$$(19) \quad 2^y = \sqrt{3^{y-1}}$$

استعمل الحاسبة لإيجاد قيمة كل مما يأتي مقربًا إلى أقرب جزء من عشرة آلاف: (مثال 1)

$$(1) \quad \log 5 \quad (2) \quad \log 21 \quad (3) \quad \log 0.4$$

$$(4) \quad \log 3 \quad (5) \quad \log 11 \quad (6) \quad \log 3.2$$

$$(7) \quad \log 8.2 \quad (8) \quad \log 0.9 \quad (9) \quad \log 0.04$$

(10) **علوم:** ترتبط كمية الطاقة  $E$  المقاسة بوحدة الإيرج التي تطلقها الأرض مع قوة الهزة على مقياس ريختر  $M$  بالمعادلة  $\log E = 11.8 + 1.5M$  التي تطلقها الأرض عند هزة أرضية بقوة 8.5 درجات على مقياس ريختر. (مثال 2)

(11) **صوت:** أغلق حسن نوافذ سيارته فانخفض ارتفاع الصوت من 85 dB إلى 73 dB، إذا علمت أن ارتفاع الصوت  $L$  بالديسبل يُعطى بالعلاقة  $L = 10 \log \frac{I}{m}$ ، حيث  $I$  شدة الصوت،  $m$  أدنى حد من شدة الصوت تسمعه أذن الإنسان. (مثال 2)



حل كلاً مما يأتي، وقرب الناتج إلى أقرب جزء من عشرة آلاف:  
(مثال 4)

$$5^{4n} > 33 \quad (20) \quad 6^{p-1} \leq 4^p \quad (21)$$

$$3^{y-1} \leq 4^y \quad (22) \quad 5^{p-2} \geq 2^p \quad (23)$$

$$2^{4x} \leq 20 \quad (24) \quad 6^{3n} > 36 \quad (25)$$

اكتب كلاً مما يأتي بدلالة اللوغاريتم العشري، ثم أوجد قيمته مقرباً إلى أقرب جزء من عشرة آلاف: (مثال 5)

$$\log_3 7 \quad (26) \quad \log_2 16 \quad (27)$$

$$\log_4 9 \quad (28) \quad \log_3 21 \quad (29)$$

$$\log_5 (2.7)^2 \quad (30) \quad \log_7 \sqrt{5} \quad (31)$$

(32) **شحن:** اشترت إحدى شركات خدمة الشحن سيارة شحن جديدة بسعر 168000 ريال. افترض أن  $\frac{V}{P} = \log_{(1-r)} t$ ، حيث  $t$  عدد السنوات التي مرت منذ الشراء،  $P$  سعر الشراء،  $V$  السعر الحالي،  $r$  المعدل السنوي لانخفاض السعر. (مثال 6)

(a) إذا كان السعر الحالي للشاحنة 120000 ريال، وانخفض سعرها بمعدل 15% سنوياً، فما عدد السنوات التي مرت منذ شرائها لأقرب سنة؟

(b) إذا كان السعر الحالي للشاحنة 102000 ريال، وانخفض سعرها بمعدل 10% سنوياً، فما عدد السنوات التي مرت منذ شرائها لأقرب سنة؟

(33) **علوم البيئة:** يقوم مهندس بيئي بفحص مياه الشرب في أحد الآبار

الجوفية؛ للتأكد من عدم تلوثها بمادة الزرنيخ، والتي يُقدر معدلها الطبيعي في ماء الشرب بـ 0.025 ppm (حيث ppm تعني جزءاً من المليون)، كما أن الرقم الهيدروجيني pH لمادة الزرنيخ يجب أن يقل عن 9.5، حتى يكون الماء صالحاً للشرب.

(a) إذا كان تركيز أيون الهيدروجين في الماء  $1.25 \times 10^{-11}$ ، فهل يعني ذلك ارتفاع الرقم الهيدروجيني لمادة الزرنيخ علماً بأن قانون تركيز أيون الهيدروجين هو  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ ؟

(b) إذا وجد المهندس 1mg من الزرنيخ في عينة حجمها 3L من ماء بئر، فهل هذا الماء صالح للشرب؟

(إرشاد: 1 kg من الماء يعادل 1L تقريباً. 1 ppm = 1 mg/kg)

(c) ما تركيز أيون الهيدروجين الذي يقابل الرقم الهيدروجيني  $\text{pH} = 9.5$  والذي يجعل الماء غير صالح للشرب؟

(34) **هزات أرضية:** يمكن تحديد قوة الهزة الأرضية على مقياس ريختر  $M$  باستعمال المعادلة  $M = \frac{2}{3} \log \frac{E}{10^{4.4}}$ ، حيث  $E$  كمية الطاقة الزلزالية التي تطلقها الأرض عند حدوث الهزة الأرضية مقيسة بوحدة الجول.

(a) استعمل خصائص اللوغاريتمات لتكتب المعادلة بالصورة المطولة.

(b) أطلقت الأرض طاقة زلزالية مقدارها  $7.94 \times 10^{11}$  جول عند حدوث هزة أرضية. كم قوة الهزة الأرضية على مقياس ريختر؟

(c) أطلقت الأرض طاقة زلزالية مقدارها  $4.47 \times 10^{12}$  جول عند حدوث زلزال ألوم روك في كاليفورنيا عام 2007 م. كما أطلقت الأرض طاقة زلزالية مقدارها  $1.58 \times 10^{18}$  جول عند حدوث زلزال انكورج في ألاسكا عام 1964. كم مرة تفوق قوة زلزال أنكورج قوة زلزال ألوم روك على مقياس ريختر؟

(d) بصورة عامة، لا يمكن الشعور بالهزة الأرضية إلا إذا بلغت قوتها 3 درجات على مقياس ريختر أو أكثر. ما الطاقة الزلزالية بالجول التي تطلقها الأرض عند حدوث هزة أرضية لها هذه القوة على مقياس ريختر؟

(35) **تمثيلات متعددة:** ستحل في هذه المسألة المعادلة الأسية  $4^x = 13$ .

(a) **جدولياً:** أدخل الدالة  $y = 4^x$  في الحاسبة البيانية وأنشئ جدول قيم للدالة، وذلك بتغيير قيم  $x$  بمقدار 0.1 في كل مرة. وابحث عن قيمتين تقع بينهما قيمة  $x$  المقابلة للقيمة  $y = 13$  في الجدول.

(b) **بيانياً:** مثل بيانياً المعادلة  $y = 4^x$  والمستقيم  $y = 13$  على الشاشة نفسها، واستعمل أمر intersect لإيجاد نقطة تقاطع التمثيلين البيانيين.

(c) **عددياً:** حل المعادلة جبرياً. هل طريقتا الحل تعطيان النتيجة نفسها؟ فسر إجابتك.



(36) **اكتشف الخطأ:** حل كل من بلال وخالد المعادلة الأسية  $4^{3p} = 10$ . أيهما كانت إجابته صحيحة؟ فسّر إجابتك.

**خالد**

$$4^{3p} = 10$$

$$\log 4^{3p} = \log 10$$

$$p \log 4 = \log 10$$

$$p = \frac{\log 10}{\log 4}$$

**بلال**

$$4^{3p} = 10$$

$$\log 4^{3p} = \log 10$$

$$3p \log 4 = \log 10$$

$$p = \frac{\log 10}{3 \log 4}$$

(37) **تحذّر:** حل المعادلة  $\log_{\sqrt{a}} 3 = \log_a x$  لتجد قيمة  $x$ . وفسّر كل خطوة.

(38) **اكتب:** منحنى  $g(x) = \log_b x$  هو في حقيقة الأمر تحويل هندسي لمنحنى  $f(x) = \log x$ . استعمل صيغة تغيير الأساس لتجد التحويل الهندسي الذي يربط بين هذين المنحنيين. ثم اشرح تأثير اختلاف قيم  $b$  على منحنى اللوغاريتم العشري.

(39) **برهان:** أوجد قيمة كل من  $\log_3 27$  و  $\log_{27} 3$ . واكتب تخميناً حول العلاقة بين  $\log_a b$ ,  $\log_b a$ ، وبرهن تخمينك.

(40) **اكتب:** فسّر العلاقة بين الأسس واللوغاريتمات، وضمّن تفسيرك أمثلة شبيهة بتلك التي توضح كيفية حل معادلات لوغاريتمية باستعمال الأسس، وحل معادلات أسية باستعمال اللوغاريتمات.

### مراجعة تراكمية

حل كل معادلة مما يأتي، وتحقق من صحة حلك: (الدرس 2-5)

$$\log_5 7 + \frac{1}{2} \log_5 4 = \log_5 x \quad (41)$$

$$2 \log_2 x - \log_2 (x + 3) = 2 \quad (42)$$

$$\log_6 48 - \log_6 \frac{16}{5} + \log_6 5 = \log_6 5x \quad (43)$$

حل كل متباينة مما يأتي، وتحقق من صحة حلك: (الدرس 2-5)

$$\log_8 (3y - 1) < \log_8 (y + 5) \quad (44)$$

$$\log_9 (9x + 4) \leq \log_9 (11x - 12) \quad (45)$$

(46) افترض أن هناك 3500 طائر من نوع مهدد بالانقراض في العالم، وأن عددها يتناقص بنسبة 5% في السنة.

تستعمل المعادلة اللوغاريتمية  $t = \log_{0.95} \frac{p}{3500}$  لتقدير عدد السنوات  $t$  ليصبح عدد هذا النوع من الطيور  $p$  طائراً. بعد كم سنة يصبح عدد الطيور من هذا النوع 3000 طائر؟ (الدرس 2-5)

A ستان

B 5 سنوات

C 3 سنوات

D 8 سنوات

### تدريب على اختبار

(47) أي العبارات الآتية تمثل  $f[g(x)]$  إذا كان  $f(x) = x^2 + 4x + 3$ ,  $g(x) = x - 5$

A  $x^2 + 4x - 2$

B  $x^2 - 6x + 8$

C  $x^2 - 9x + 23$

D  $x^2 - 14x + 6$

(48) أي مما يأتي يمثل حلاً للمعادلة  $27 \left(\frac{3}{5}\right)^{x+1} = 125$ ؟

A -4

B -2

C 2

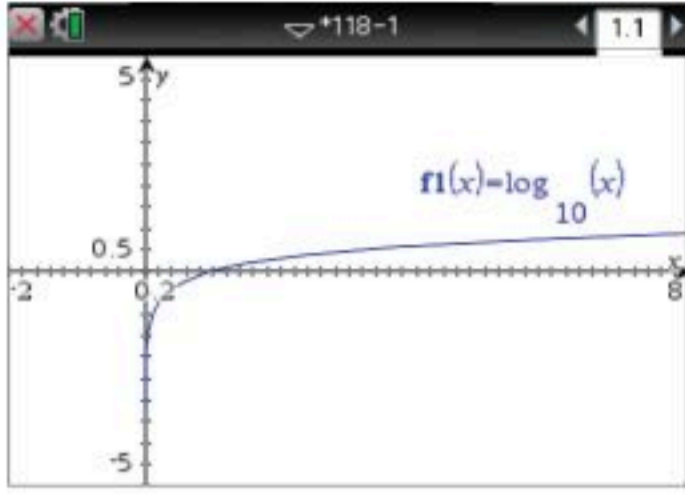
D 4





# حل المعادلات والمتباينات اللوغاريتمية

## Solving Logarithmic Equations and Inequalities

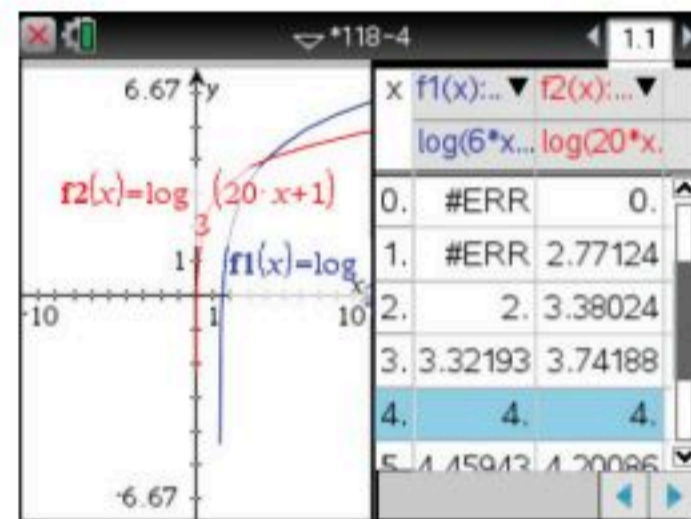
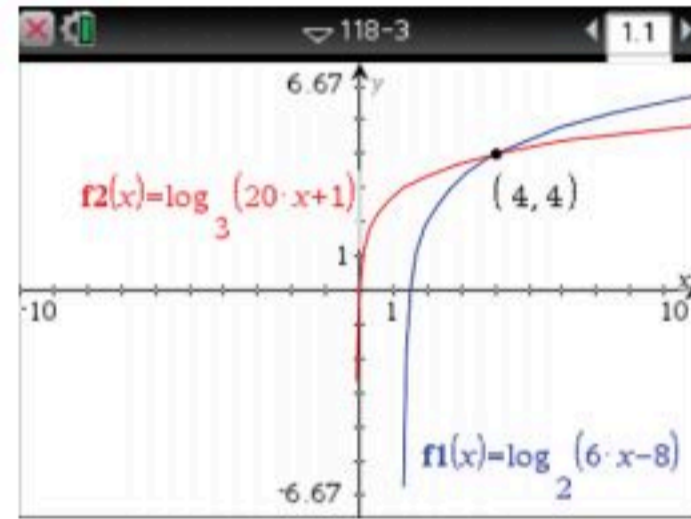
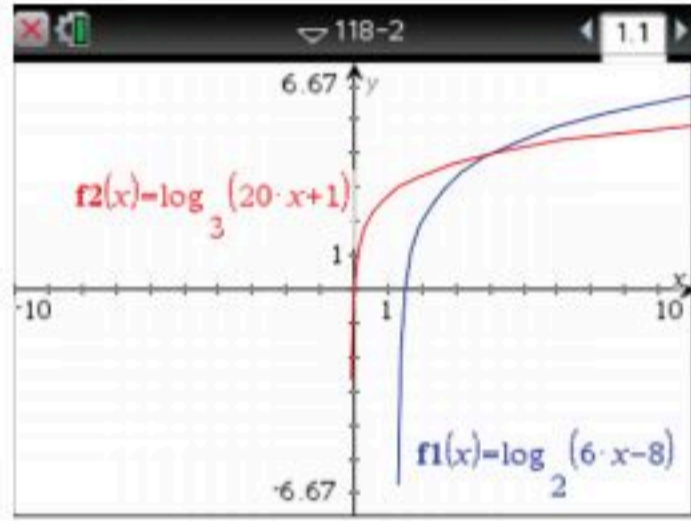


لقد قمت بحل معادلات لوغاريتمية جبرياً، ويمكنك أيضاً حلها بيانياً أو باستعمال جدول.  
فالحاسبة البيانية TI-nspire تحتوي على  $y = \log_{10} x$  باعتبارها أمراً أساسياً.

اضغط على المفاتيح:  $\log(x)$   $\text{enter}$  لعرض التمثيل البياني للدالة  $y = \log_{10} x$ ، ويمكن أيضاً تمثيل الدوال اللوغاريتمية بأساسات لا تساوي عشرة من دون استعمال صيغة تغيير الأساس، وذلك باستعمال أوامر مباشرة لكتابة الدالة اللوغاريتمية.

### نشاط 1

استعمل الحاسبة البيانية TI-nspire؛ لحل المعادلة:  $\log_2(6x - 8) = \log_3(20x + 1)$ .



#### الخطوة 1:

تمثيل طرفي المعادلة بيانياً.  
مثل كل طرف بيانياً على أنه دالة مستقلة.  
أدخل  $\log_2(6x - 8)$  لتكون f1، و  $\log_3(20x + 1)$  لتكون f2.  
ثم مثل المعادلتين بيانياً، وذلك بالضغط على المفاتيح:

$\text{ctrl}$   $10^x$   $\log_2(6x - 8)$   $\text{enter}$   $\text{tab}$   $\text{ctrl}$   $10^x$   $\log_3(20x + 1)$   $\text{enter}$

#### الخطوة 2:

استعمال ميزة نقاط التقاطع  
استعمل ميزة  $\text{4: نقاط التقاطع}$  في قائمة  $\text{6: تحليل الرسم البياني}$ ، لتقدير إحداثي الزوج المرتب لنقطة تقاطع التمثيلين البيانيين.  
اضغط على مفتاح  $\text{menu}$  واختر  $\text{6: تحليل الرسم البياني}$  واختر منها  $\text{4: نقاط التقاطع}$ ، ثم اضغط في أي نقطة على الشاشة وحرك المؤشر مروراً بنقطة التقاطع، سيظهر الزوج المرتب (4, 4)، وحيث إن الإحداثي x لنقطة التقاطع يساوي 4؛ إذن حل المعادلة يساوي 4.

#### الخطوة 3:

استعمل خاصية الجدول للتحقق من الحل.  
تحقق من صحة حلك باستعمال خاصية الجدول وذلك بالضغط على مفتاح  $\text{menu}$  واختيار  $\text{7: الجدول}$  ثم اختيار  $\text{1: اظهر الجدول في شاشة جانبية (Ctrl + T)}$   
اختبر قيم الجدول لتجد قيمة x التي تساوي عندها قيم y للتمثيلين البيانيين وهي  $x = 4$ ، عند القيمة  $x = 4$ ، تكون قيمتا y للدالتين متساويتين؛ لذا فإن حل المعادلة يساوي 4.

### تمارين:

استعمل الحاسبة البيانية TI-nspire لحل كل معادلة فيما يأتي، ثم تحقق من صحة حلك:

$$\log_6(7x + 1) = \log_4(4x - 4) \quad (2)$$

$$\log_2(3x + 2) = \log_3(12x + 3) \quad (1)$$

$$\log_{10}(1 - x) = \log_5(2x + 5) \quad (4)$$

$$\log_2 3x = \log_3(2x + 2) \quad (3)$$

$$\log_3(3x - 5) = \log_3(x + 7) \quad (6)$$

$$\log_4(3x + 7) = \log_3(5x - 6) \quad (5)$$

$$\log_2 2x = \log_4(x + 3) \quad (8)$$

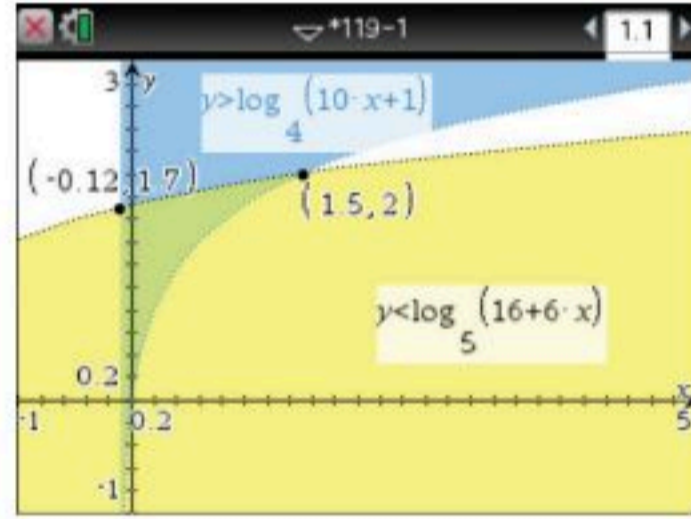
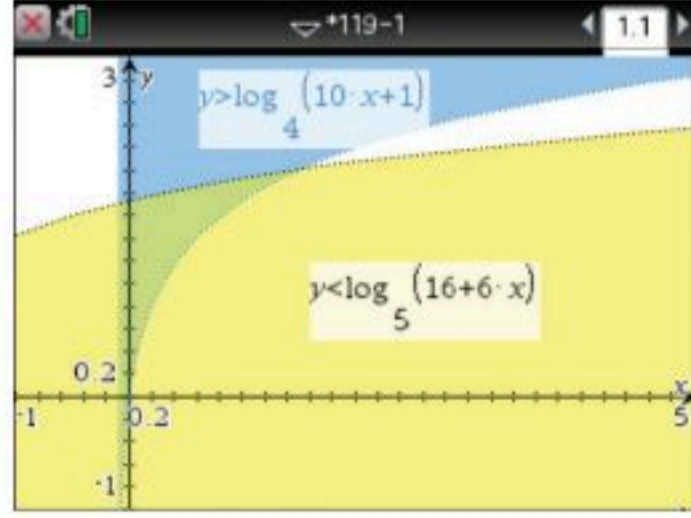
$$\log_5(2x + 1) = \log_4(3x - 2) \quad (7)$$



وبطريقة مشابهة، يمكنك استعمال الحاسبة البيانية TI-nspire لحل متباينات لوغاريتمية

## نشاط 2

استعمل الحاسبة البيانية TI-nspire؛ لحل المتباينة اللوغاريتمية:  $\log_4(10x + 1) < \log_5(16 + 6x)$ .



x	y1	y2
	=log(10*x)-log(16+6*x)	
1.1	1.79248	1.93729
1.2	1.85022	1.95357
1.3	1.90368	1.96944
1.4	1.95345	1.98491
1.5	2.	2.
1.6	2.04272	2.01174

### الخطوة 1: تمثيل المتباينات المناظرة

أعد كتابة المسألة على صورة نظام من المتباينات.

المتباينة الأولى هي  $\log_4(10x + 1) < y$ ، أو  $y > \log_4(10x + 1)$ ، والمتباينة الثانية هي  $y < \log_5(16 + 6x)$ ، ثم مثلها بالضغط على المفاتيح:

$\left[ \text{ctrl} \right] \left[ 10^x \right] \left[ \log_4(10x - 1) \right] \left[ \text{enter} \right] \left[ \text{tab} \right] \left[ \log_5(16 + 6x) \right] \left[ \text{enter} \right]$

### الخطوة 2: تحديد مجموعة الحل

الحد الأيسر لمجموعة الحل هو عندما تكون المتباينة الأولى غير معروفة، وهي كذلك عندما  $10x + 1 \leq 0$ .

$$10x + 1 \leq 0$$

$$10x \leq -1$$

$$x \leq -\frac{1}{10}$$

استعمل ميزة نقاط التقاطع لإيجاد الحد الأيمن، وذلك بالضغط على مفتاح  $\left[ \text{menu} \right]$  واختيار  $\left[ 6: \text{تحليل الرسم البياني} \right]$  ومنها  $\left[ 4: \text{نقاط التقاطع} \right]$  ثم اضغط في أي نقطة على الشاشة وحرك المؤشر مروراً بنقطة التقاطع، سيظهر الزوج المرتب  $(1.5, 2)$ ، ويمكنك استنتاج أن مجموعة الحل هي  $\{x \mid -0.1 < x < 1.5\}$ .

### الخطوة 3: استعمال ميزة تطبيق القوائم وجدول البيانات للتحقق من الحل.

ابدأ الجدول عند  $-0.1$ ، واستعرض قيم  $x$  بزيادة  $0.1$  كل مرة، وحرك المؤشر باحثاً في الجدول. اضغط على المفاتيح:  $\left[ \text{ctrl on} \right]$ ، وكتب  $y1 = \log_4(10x + 1)$  في العمود الثاني،  $y2 = \log_5(16 + 6x)$  في العمود الثالث، واختر  $\left[ \text{مرجع المتغير} \right]$  في كل مرة، ستري أن قيم الجدول تؤكد أن مجموعة حل المتباينة هي:  $\{x \mid -0.1 < x < 1.5\}$ .

## تمارين:

استعمل الحاسبة البيانية TI-nspire؛ لحل كل متباينة مما يأتي، ثم تحقق من صحة حلّك:

$$\log_5(12x + 5) \leq \log_5(8x + 9) \quad (10)$$

$$\log_7 x < -1 \quad (9)$$

$$\log_5(3 - 2x) \geq \log_5(4x + 1) \quad (12)$$

$$\log_3(7x - 6) < \log_3(4x + 9) \quad (11)$$

$$\log_3(3x - 5) \geq \log_3(x + 7) \quad (14)$$

$$\log_4(9x + 1) > \log_3(18x - 1) \quad (13)$$

$$\log_2 2x \leq \log_4(x + 3) \quad (16)$$

$$\log_5(2x + 1) < \log_4(3x - 2) \quad (15)$$



## المفردات

الدالة اللوغاريتمية ص 99	الدالة الأسية ص 82
المعادلة اللوغاريتمية ص 112	النمو الأسي ص 83
المتباينة اللوغاريتمية ص 114	عامل النمو ص 84
اللوغاريتم العشري ص 118	الاضمحلال الأسي ص 84
صيغة تغيير الأساس ص 121	عامل الاضمحلال ص 84
	المعادلة الأسية ص 92
	الربح المركب ص 93
	المتباينة الأسية ص 94
	اللوغاريتم ص 97

## اختبر مفرداتك

اختر المفردة المناسبة من القائمة أعلاه لإكمال كل جملة فيما يأتي:

(1) الدالة التي على الصورة  $f(x) = b^x$ ، حيث  $b > 1$  تسمى دالة \_\_\_\_\_.

(2) في المعادلة  $x = b^y$  المتغير  $y$  يسمى \_\_\_\_\_  $x$  للأساس  $b$ .

(3) يسمى اللوغاريتم ذو الأساس 10 \_\_\_\_\_.

(4) \_\_\_\_\_ هي معادلة يظهر فيها المتغير على صورة أس.

(5) يمكنك باستعمال \_\_\_\_\_ كتابة عبارات لوغاريتمية مكافئة للوغاريتم بأساس مختلف.

(6) يُسمى الأساس  $1 - r$  في الدالة الأسية  $A(t) = a(1 - r)^t$  \_\_\_\_\_.

(7) تُسمى الدالة  $y = \log_b x$ ، حيث  $b > 0, b \neq 1$  \_\_\_\_\_.

## ملخص الفصل

## المفاهيم الأساسية

## الدوال الأسية (الدرس 2-1, 2-2)

- تكون الدوال الأسية على الصورة  $y = ab^x$ ، حيث  $a \neq 0, b > 0, b \neq 1$ .
- خاصية المساواة للدوال الأسية: إذا كان  $b$  عددًا موجبًا، حيث  $b \neq 1$ ، فإن  $b^x = b^y$  إذا وفقط إذا كان  $x = y$ .
- خاصية التباين للدوال الأسية: إذا كان  $b > 1$ ، فإن  $b^x > b^y$  إذا وفقط إذا كان  $x > y$ .
- الدالة الأسية  $f(x) = b^x, b > 1$  دالة نمو أسي.
- الدالة الأسية  $f(x) = b^x, 0 < b < 1$  دالة اضمحلال أسي.

## اللوغاريتمات والدوال اللوغاريتمية (الدرس 2-3)

- إذا كان  $b > 0, b \neq 1, x > 0$  فإن الصورة الأسية للمعادلة اللوغاريتمية  $y = \log_b x$  هي  $b^y = x$ ، والصورة اللوغاريتمية للمعادلة الأسية  $x = b^y$  هي  $\log_b x = y$ .

## خصائص اللوغاريتمات (الدرس 2-4)

- خاصية المساواة للدوال اللوغاريتمية: إذا كان  $b$  عددًا موجبًا، حيث  $b \neq 1$ ، فإن  $\log_b x = \log_b y$  إذا وفقط إذا كان  $x = y$ .
- الضرب والقسمة: إذا كانت  $x, y, b$  أعدادًا حقيقية موجبة، حيث  $b \neq 1$  فإن:
 
$$\log_b xy = \log_b x + \log_b y$$
 و  $\log_b \frac{x}{y} = \log_b x - \log_b y$
- لوغاريتم القوة: لأي عدد حقيقي  $m$ ، وأي عددين موجبين  $x, b$  حيث  $b \neq 1$  فإن:  $\log_b x^m = m \log_b x$ .
- خاصية التباين للدوال اللوغاريتمية: إذا كان  $b > 1$ ، فإن  $\log_b x > \log_b y$  إذا وفقط إذا كان  $x > y$ .

## اللوغاريتم العشري (الدرس 2-6)

- اللوغاريتم العشري هو اللوغاريتم الذي أساسه 10.
- صيغة تغيير الأساس:  $\log_a n = \log_b n \cdot \log_b a$



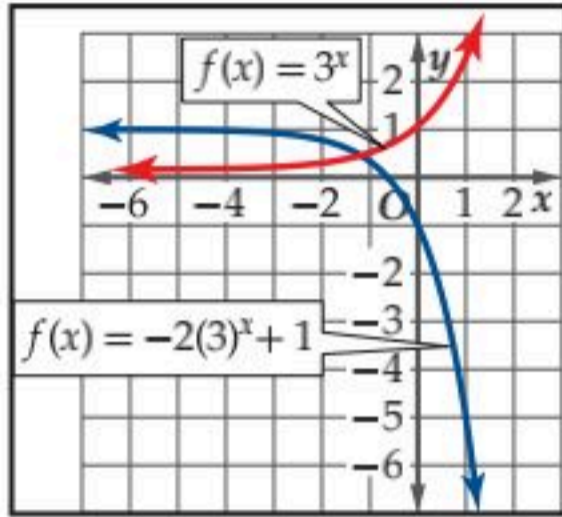


## مراجعة الدروس

الدوال الأسية (الصفحات 82 - 89)

2-1

## مثال 1



مثّل الدالة  $f(x) = -2(3)^x + 1$  بيانياً، وحدد مجالها ومداهما.

التمثيل البياني للدالة هو تحويل للتمثيل البياني للدالة  $f(x) = 3^x$

- $a = -2$ : ينعكس التمثيل البياني حول المحور  $x$  ويتسع رأسياً.
  - $h = 0$ : لا يوجد انسحاب أفقي.
  - $k = 1$ : يسحب التمثيل البياني وحدة واحدة إلى الأعلى.
- المجال هو مجموعة الأعداد الحقيقية.  
المدى هو  $\{f(x) \mid f(x) < 1\}$

مثّل كل دالة مما يأتي بيانياً، وحدد مجالها ومداهما:

$$f(x) = 3^x \quad (8) \quad f(x) = -5(2)^x \quad (9)$$

$$f(x) = 3(4)^x - 6 \quad (10) \quad f(x) = 3^{2x} + 5 \quad (11)$$

$$f(x) = 3\left(\frac{1}{4}\right)^{x+3} - 1 \quad (12) \quad f(x) = \frac{3}{5}\left(\frac{2}{3}\right)^{x-2} + 3 \quad (13)$$

(14) **سكان**: يبلغ عدد سكان مدينة ما 120000 نسمة، وقد بدأ العدد بالتناقص بمعدل 3% سنوياً.

(a) اكتب دالة تمثل عدد سكان المدينة بعد  $t$  سنة.

(b) كم سيكون عدد السكان بعد 10 سنوات؟

حل المعادلات والمتباينات الأسية (الصفحات 92 - 96)

2-2

## مثال 2

$$\text{حلّ المعادلة } 4^{3x} = 32^{x-1}$$

المعادلة الأصلية  $4^{3x} = 32^{x-1}$

أعد الكتابة لتوحيد الأساس  $(2^2)^{3x} = (2^5)^{x-1}$

بسّط  $2^{6x} = 2^{5x-5}$

خاصية المساواة للأسس  $6x = 5x - 5$

بسّط  $x = -5$

الحل هو -5.

حلّ كل معادلة أو متباينة مما يأتي:

$$3^{4x} = 9^{3x+7} \quad (16) \quad 16^x = \frac{1}{64} \quad (15)$$

$$8^3 - 3y = 256^{4y} \quad (18) \quad 64^{3n} = 8^{2n-3} \quad (17)$$

$$27^{3x} \leq 9^{2x-1} \quad (20) \quad 9^{x-2} > \left(\frac{1}{81}\right)^{x+2} \quad (19)$$

(21) **بكتيريا**: بدأت عينة خلايا بكتيرية بـ 5000 خلية. وبعد 8 ساعات أصبح عددها 28000 خلية تقريباً.

(a) اكتب دالة أسية تمثل عدد الخلايا البكتيرية بعد  $x$  ساعة إذا استمر تغير عدد الخلايا بالمعدل نفسه مقرباً الناتج إلى أقرب ثلاث منازل عشرية.

(b) ما عدد الخلايا البكتيرية المتوقعة بعد 32 h؟



## مثال 3

أوجد قيمة  $\log_2 64$ .

$$\log_2 64 = y \quad \text{افرض أن العبارة تساوي } y$$

$$64 = 2^y \quad \text{تعريف اللوغاريتم}$$

$$64 = 2^6 \quad 2^6 = 2^y$$

$$6 = y \quad \text{خاصية المساواة للدوال الأسية}$$

$$\text{إذن } \log_2 64 = 6$$

$$(22) \text{ اكتب } \log_2 \frac{1}{16} = -4 \text{ على الصورة الأسية.}$$

$$(23) \text{ اكتب } 10^2 = 100 \text{ على الصورة اللوغاريتمية.}$$

أوجد قيمة كل مما يأتي:

$$(24) \log_4 256 \quad (25) \log_2 \frac{1}{8}$$

مثل الدالتين الآتيتين بيانياً:

$$(26) f(x) = 2 \log_{10} x + 4 \quad (27) f(x) = \frac{1}{6} \log_{\frac{1}{3}} (x - 2)$$

## مثال 4

استعمل  $\log_5 2 \approx 0.4307$ ,  $\log_5 16 \approx 1.7227$  لتقريب قيمة  $\log_5 32$ .

$$\log_5 32 = \log_5 (16 \times 2) \quad 32 = 16 \times 2$$

$$= \log_5 16 + \log_5 2 \quad \text{خاصية الضرب في اللوغاريتمات}$$

$$\approx 1.7227 + 0.4307 \quad \text{استعمل الحاسبة}$$

$$\approx 2.1534 \quad \text{بسّط}$$

## مثال 5

اكتب  $\log_3 x^2 y^{-4} z$  بالصورة المطولة:العبارة هي لوغاريتم حاصل ضرب  $x^2, y^{-4}, z$ 

$$\log_3 x^2 y^{-4} z$$

$$= \log_3 x^2 + \log_3 y^{-4} + \log_3 z \quad \text{خاصية الضرب في اللوغاريتمات}$$

$$= 2 \log_3 x - 4 \log_3 y + \log_3 z \quad \text{خاصية لوغاريتم القوة}$$

استعمل  $\log_5 2 \approx 0.4307$ ,  $\log_5 16 \approx 1.7227$  لتقريب قيمة كل مما يأتي:

$$(28) \log_5 8 \quad (29) \log_5 64$$

$$(30) \log_5 4 \quad (31) \log_5 \frac{1}{8}$$

$$(32) \log_5 \frac{1}{2}$$

اكتب كل عبارة لوغاريتمية مما يأتي بالصورة المطولة:

$$(33) \log_3 2x^5 y^2 z^3 \quad (34) \log_5 ab^{-3} c^4 d^{-2}$$

اكتب كل عبارة لوغاريتمية مما يأتي بالصورة المختصرة:

$$(35) 3 \log_2 x^2 - \frac{1}{3} \log_2 (x - 4)$$

$$(36) 2 \log_2 (z - 1) - \log_2 (2z - 1)$$

(37) **هزات أرضية:** تقاس قوة الهزة الأرضية بمقياس لوغاريتمي يُسمى مقياس ريختر، وتعطى قوة الهزة  $M$  بالمعادلة  $M = 1 + \log_{10} x$ ، حيث  $x$  شدة الهزة الأرضية. كم مرة تعادل شدة هزة أرضية سجّلت 10 درجات على مقياس ريختر شدة هزة أرضية أخرى سجّلت 7 درجات على المقياس نفسه؟

## مثال 6

حلّ المعادلة  $\log_3 3x + \log_3 4 = \log_3 36$ ، ثم تحقق من صحة حلك.

المعادلة الأصلية	$\log_3 3x + \log_3 4 = \log_3 36$
خاصية الضرب في اللوغاريتمات	$\log_3 3x(4) = \log_3 36$
خاصية المساواة للدوال اللوغاريتمية	$3x(4) = 36$
اضرب	$12x = 36$
اقسم كلا الطرفين على 12	$x = 3$

التحقق:

$$\begin{aligned} \log_3 3x + \log_3 4 &\stackrel{?}{=} \log_3 36 \\ \log_3 3 \times 3 + \log_3 4 &\stackrel{?}{=} \log_3 36 \\ \log_3 9 + \log_3 4 &\stackrel{?}{=} \log_3 36 \\ \log_3 (9 \times 4) &\stackrel{?}{=} \log_3 36 \\ \log_3 36 &\stackrel{?}{=} \log_3 36 \end{aligned}$$

الحل صحيح.

## مثال 7

حلّ المتباينة  $\log_{27} x < \frac{2}{3}$ ، ثم تحقق من صحة حلك.

المتباينة الأصلية	$\log_{27} x < \frac{2}{3}$
خاصية التباين للدوال اللوغاريتمية	$x < 27^{\frac{2}{3}}$
بسّط	$x < 9$

إذن مجموعة الحل هي  $\{x \mid x < 9, x \in \mathbb{R}\}$

التحقق:

عوض بعدد أقل من 9، وعدد أكبر من 9 في المتباينة الأصلية

$x = 27$	$x = 1$
$\log_{27} 27 \stackrel{?}{<} \frac{2}{3}$	$\log_{27} 1 \stackrel{?}{<} \frac{2}{3}$
$1 \stackrel{?}{<} \frac{2}{3}$	$0 \stackrel{?}{<} \frac{2}{3}$
$1 < \frac{2}{3} \quad \times$	$0 < \frac{2}{3} \quad \checkmark$

حلّ كل معادلة أو متباينة مما يأتي إن أمكن، ثم تحقق من صحة حلك:

$$\log_{16} x = \frac{3}{2} \quad (38)$$

$$\log_2 \frac{1}{64} = x \quad (39)$$

$$\log_4 x < 3 \quad (40)$$

$$\log_5 x < -3 \quad (41)$$

$$\log_9 (3x - 1) = \log_9 (4x) \quad (42)$$

$$\log_2 (x^2 - 18) = \log_2 (-3x) \quad (43)$$

$$\log_3 (3x + 4) \leq \log_3 (x - 2) \quad (44)$$

(45) صوت: استعمل القانون  $L = 10 \log_{10} R$ ، حيث  $L$  ارتفاع

الصوت،  $R$  الشدة النسبية للصوت لإيجاد الفرق بين ارتفاع

أصوات 20 شخصًا يتكلمون في الوقت نفسه وارتفاع صوت

شخص واحد على فرض أن الشدة النسبية لصوت الشخص

الواحد يساوي 80 dB.

## مثال 8

حلّ المعادلة:  $5^{3x} = 7^{x+1}$ ، وقرب الناتج إلى أقرب جزء من عشرة آلاف.

المعادلة الأصلية

$$5^{3x} = 7^{x+1}$$

خاصية المساواة للدوال اللوغاريتمية

$$\log 5^{3x} = \log 7^{x+1}$$

خاصية القوة للوغاريتمات

$$3x \log 5 = (x+1) \log 7$$

خاصية التوزيع

$$3x \log 5 = x \log 7 + \log 7$$

اطرح  $x \log 7$  من كلا الطرفين

$$3x \log 5 - x \log 7 = \log 7$$

أخرج  $x$  عامل مشترك

$$x(3 \log 5 - \log 7) = \log 7$$

اقسم كلا الطرفين على  $3 \log 5 - \log 7$ 

$$x = \frac{\log 7}{3 \log 5 - \log 7}$$

استعمل الحاسبة

$$x \approx 0.6751$$

حلّ كل معادلة أو متباينة مما يأتي، وقرب الناتج إلى أقرب جزء من عشرة آلاف.

$$3^x = 15 \quad (46)$$

$$6^{x^2} = 28 \quad (47)$$

$$8^{m+1} = 30 \quad (48)$$

$$12^{r-1} = 7^r \quad (49)$$

$$3^{5n} > 24 \quad (50)$$

$$5^{x+2} \leq 3^x \quad (51)$$

(52) اكتب كلاً مما يأتي بدلالة اللوغاريتم العشري، ثم أوجد قيمته مقرباً إلى أقرب جزء من عشرة آلاف.

$$\log_4 11 \quad (a)$$

$$\log_2 15 \quad (b)$$

(53) مال: استثمر خالد مبلغ 10000 ريال في مشروع تجاري، وتوقع

ربحاً سنوياً نسبته 5%، وتضاف الأرباح إلى رأس المال كل 4

أشهر. استعمل القانون  $A = P(1 + \frac{r}{n})^{nt}$ ، حيث  $A$  المبلغ

الكلّي بعد  $t$  سنة،  $P$  المبلغ الأصلي الذي تم استثماره أو رأس

المال،  $r$  معدّل الربح السنوي،  $n$  عدد مرات إضافة الأرباح إلى

رأس المال في السنة.

(a) كم يكون الزمن المتوقع ليصبح المبلغ الكلّي 15000 ريال؟

(b) كم يكون الزمن المتوقع ليصبح المبلغ الكلّي مثلي المبلغ الأصلي؟



## دليل الدراسة والمراجعة

## تطبيقات ومسائل

**(58) زلازل:** مقياس ريختر هو نظام عددي لتحديد قوة الزلازل. وتعتمد درجة مقياس ريختر  $R$  على الطاقة الصادرة عن الزلزال  $E$  بوحدة الكيلوواط لكل ساعة. وتُعطى  $R$  بالعلاقة:

$$R = 0.67 \cdot \log_{10} (0.37E) + 1.46 \quad (\text{الدرس 2-5})$$

- (a) أوجد قيمة  $R$  لزلزال أصدر 1000000 كيلوواط في الساعة.  
(b) قدر كمية الطاقة الصادرة عن زلزال قوته 7.5 على مقياس ريختر.

**(59) أحياء:** يعرف زمن الجيل  $G$  بأنه الزمن اللازم ليصبح عدد فصيلة نادرة من الحيوانات مثلي ما كان عليه، ويُعطى بالصيغة

$$G = \frac{t}{2.5 \log_b d}$$

حيث  $b$  العدد الأصلي،  $d$  العدد النهائي،  $t$  الفترة الزمنية. إذا كان زمن الجيل لهذه الفصيلة 6 سنوات، ويوجد الآن من هذه الفصيلة 5 حيوانات، فما الفترة الزمنية اللازمة ليصبح عدد حيوانات هذه الفصيلة 3125 حيواناً؟ (الدرس 2-5)

**(60) صوت:** تُعطى العلاقة بين شدة الصوت بالواط لكل متر مربع (I)، وعدد وحدات الديسبل  $\beta$  بالمعادلة

$$\beta = 10 \log_{10} \frac{I}{10^{-12}} \quad (\text{الدرس 2-6})$$

- (a) حدّد شدة الصوت إذا كان عدد وحدات الديسبل 100.  
(b) قارنت سميرة الصوت في الفرع a مع صوت آخر عدد وحدات الديسبل فيه 50 ديسبل، فاستنتجت أن شدة الصوت الثاني تساوي نصف شدة الصوت الأول. هل استنتاجها صحيح؟ برّر إجابتك.  
(c) صوت شدته  $1 \times 10^{-8}$  واط لكل متر مربع. كم يزيد عدد وحدات الديسبل إذا ضوعفت شدته؟

**(61) مال:** السعر الأصلي لسلعة 8000 ريال، وازداد سعرها باستمرار؛ بسبب التضخم بطريقة الربح المركب حتى بلغ 12000 ريال بعد 5 سنوات. (الدرس 2-6)

- (a) إذا كان معدل التضخم 6% سنوياً، فبعد كم سنة يصبح سعر السلعة 12000 ريال؟  
(b) ما معدل التضخم الذي يصبح عنده سعر السلعة 12000 ريال بعد 5 سنوات؟

**(54) أسعار:** تزداد أسعار السلع سنوياً؛ بسبب ما يسمى التضخم. ونتيجة لذلك، يزداد سعر إحدى السلع بمعدل 4.5% سنوياً، ويُعطى سعر هذه السلعة بالدالة  $M(t) = 275(1.045)^t$ ، حيث  $t$  عدد السنوات بعد عام 1432هـ. (الدرس 2-1)

- (a) كم كان سعر السلعة عام 1432هـ؟  
(b) إذا استمر تضخم سعر السلعة بمعدل 4.5% سنوياً، فكم سيكون سعرها عام 1447هـ تقريباً؟

**(55) سيارات:** ينخفض سعر سيارة جديدة سنوياً بدءاً من لحظة شرائها، ويُعطى سعر هذه السيارة بعد  $t$  سنة من شرائها بالمعادلة

$$f(t) = 80000(0.8)^t \quad (\text{الدرس 2-2})$$

- (a) ما معدل انخفاض سعر السيارة سنوياً؟  
(b) متى يصبح سعر السيارة مساوياً لنصف سعرها الأصلي؟

**(56) استثمار:** ورثت فاطمة عن والدها مبلغ 250000 ريال، واستثمرته في مشروع، وتزايد كما في الجدول أدناه: (الدرس 2-2)

السنة	المبلغ (ريال)
1422هـ	250000
1430هـ	329202
1435هـ	390989

- (a) اكتب دالة أسية يمكن استعمالها لإيجاد المبلغ الكلي بعد  $t$  سنة من الاستثمار.  
(b) إذا استمر تزايد المبلغ بالمعدل نفسه، ففي أي سنة يصبح المبلغ الكلي 500000 ريال تقريباً؟  
**(57) كيمياء:** يُعطى عدد السنوات  $t$  اللازمة لاضمحلال الكمية الأصلية  $N_0$  جرام من مادة مشعة لتصبح  $N$  جرام بالمعادلة
- $$t = \frac{16 \log_{10} \frac{N}{N_0}}{\log_{10} \frac{1}{2}} \quad (\text{الدرس 2-3})$$
- (a) بشكل تقريبي، بعد كم سنة تقريباً يضمحل 100g من المادة المشعة لتصبح 30g؟  
(b) ما النسبة التقريبية لما يتبقى من 100g بعد 40 سنة؟



## اختبار الفصل

مثل كل دالة مما يأتي بيانيًا، وحدد مجالها ومداهما:

$$f(x) = 3^x - 3 + 2 \quad (1)$$

$$f(x) = 2\left(\frac{3}{4}\right)^{x+1} - 3 \quad (2)$$

حل كل معادلة أو متباينة مما يأتي، وقرب الناتج إلى أقرب أربع منازل عشرية كلما لزم ذلك:

$$8^c + 1 = 16^{2c} + 3 \quad (3)$$

$$9^x - 2 > \left(\frac{1}{27}\right)^x \quad (4)$$

$$2^a + 3 = 3^{2a} - 1 \quad (5)$$

$$\log_2(x^2 - 7) = \log_2 6x \quad (6)$$

$$\log_5 x > 2 \quad (7)$$

$$\log_3 x + \log_3(x - 3) = \log_3 4 \quad (8)$$

$$6^n - 1 \leq 11^n \quad (9)$$

استعمل  $\log_5 11 \approx 1.4899$ ,  $\log_5 2 \approx 0.4307$  لتقريب قيمة كل مما يأتي إلى أقرب جزء من عشرة آلاف:

$$\log_5 44 \quad (10)$$

$$\log_5 \frac{11}{2} \quad (11)$$

(12) **سكان:** كان عدد سكان مدينة ما قبل 10 أعوام 150000 نسمة، ثم تزايد بعد ذلك عددهم بمعدل ثابت كل سنة، ليصبح الآن 185000 نسمة.

(a) اكتب دالة أسية يمكن أن تمثل عدد السكان بعد  $x$  سنة إذا استمرت الزيادة بالمعدل نفسه تقريبًا الناتج إلى أقرب أربع منازل عشرية.

(b) كم يصبح عدد السكان بعد 25 سنة؟

(13) اكتب  $\log_9 27 = \frac{3}{2}$  على الصورة الأسية.

(14) **اختيار من متعدد:** ما قيمة  $\log_4 \frac{1}{64}$ ؟

$$\frac{1}{3} \quad \text{C} \quad -3 \quad \text{A}$$

$$3 \quad \text{D} \quad -\frac{1}{3} \quad \text{B}$$

(15) **زراعة:** تمثل المعادلة  $y = 3962520(0.98)^x$  تراجع عدد المزارع في بلد ما، حيث  $x$  عدد الأعوام منذ عام 1380 هـ،  $y$  عدد المزارع.

(a) كيف يمكنك أن تعرف أن عدد المزارع يتناقص؟

(b) بأي نسبة يتناقص عدد المزارع؟

(c) تنبأ بعد كم سنة يصبح عدد المزارع مليون مزرعة.

(16) **توفير:** استثمر سلمان مبلغ 75000 ريال في مشروع تجاري متوقعًا ربحًا سنويًا نسبته 9%، بحيث يتم إضافة الأرباح إلى رأس المال شهريًا.

(a) ما المبلغ الكلي المتوقع بعد 5 سنوات؟

(b) بعد كم سنة يتوقع أن يصبح المبلغ الكلي مثلي المبلغ المستثمر عند البداية؟

(c) بعد كم سنة يتوقع أن يصبح المبلغ الكلي 100000 ريال؟

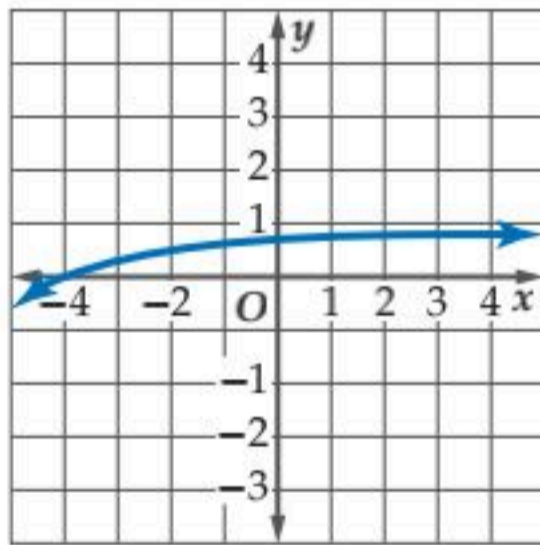
(17) **اختيار من متعدد:** ما حل المعادلة

$$? \log_4 16 - \log_4 x = \log_4 8$$

$$2 \quad \text{C} \quad \frac{1}{2} \quad \text{A}$$

$$8 \quad \text{D} \quad 4 \quad \text{B}$$

(18) **اختيار من متعدد:** أي الدوال الآتية لها التمثيل البياني أدناه؟



$$y = \log_{10}(x - 5) \quad \text{A}$$

$$y = 5 \log_{10} x \quad \text{B}$$

$$y = \log_{10}(x + 5) \quad \text{C}$$

$$y = -5 \log_{10} x \quad \text{D}$$

(19) اكتب العبارة اللوغاريتمية

$$-2 \log_3 x + 6 \log_3(z - 2) + \log_3 t^2$$

المختصرة.



العمليات على الدوال

$(f \cdot g)(x) = f(x) \cdot g(x)$	الضرب	$(f + g)(x) = f(x) + g(x)$	الجمع
$\left(\frac{f}{g}\right)(x) = \frac{f(x)}{g(x)}, g(x) \neq 0$	القسمة	$(f - g)(x) = f(x) - g(x)$	الطرح

الدوال الأسية واللوغاريتمية

$A = P\left(1 + \frac{r}{n}\right)^{nt}$	الربح المركب	$\log_b x^p = p \log_b x$	خاصية لوغاريتم القوة
$\log_b xy = \log_b x + \log_b y$	خاصية الضرب في اللوغاريتمات	$\log_b x = \frac{\log_a x}{\log_a b}$	صيغة تغيير الأساس
		$\log_b \frac{x}{y} = \log_b x - \log_b y$	خاصية القسمة في اللوغاريتمات

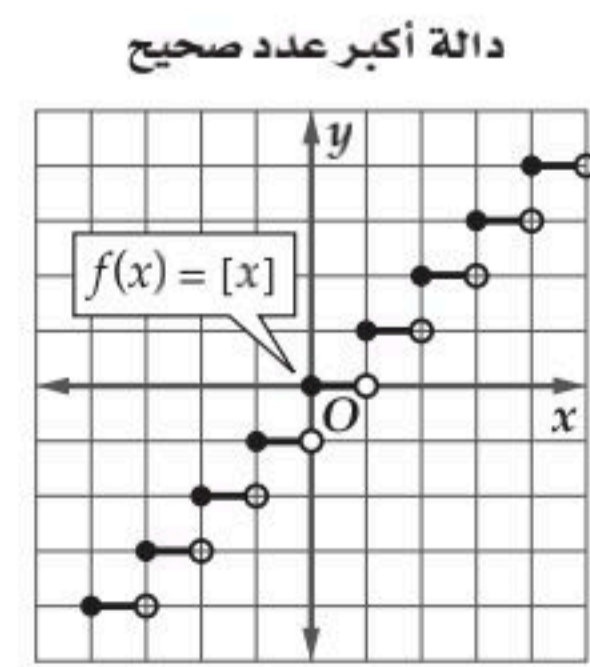
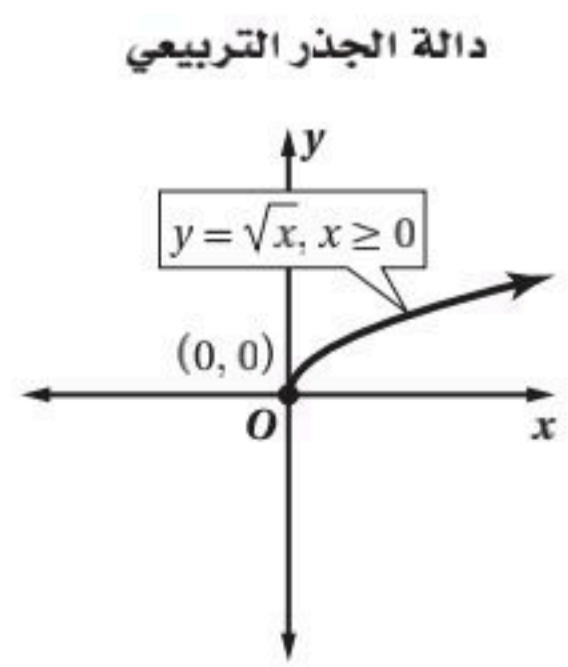
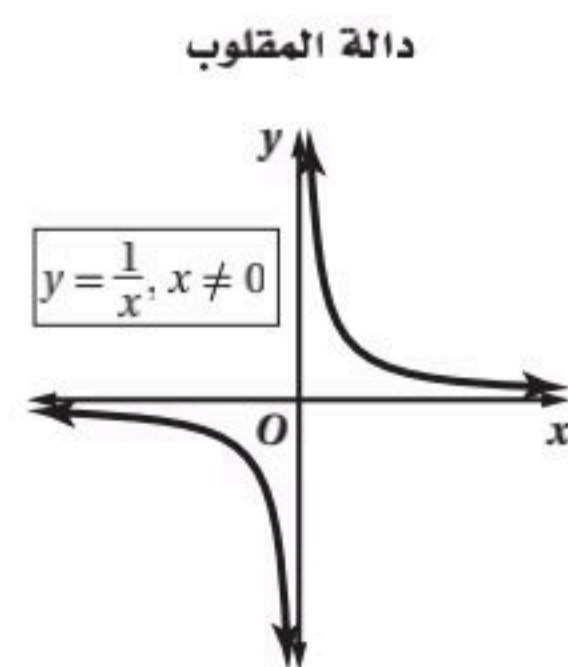
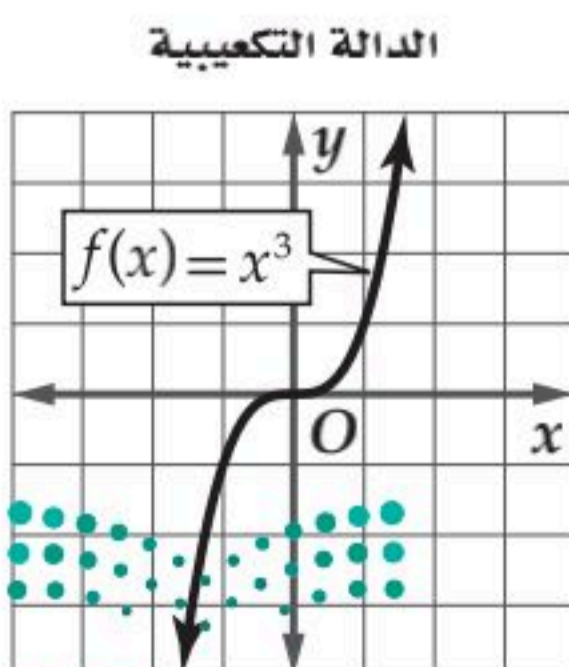
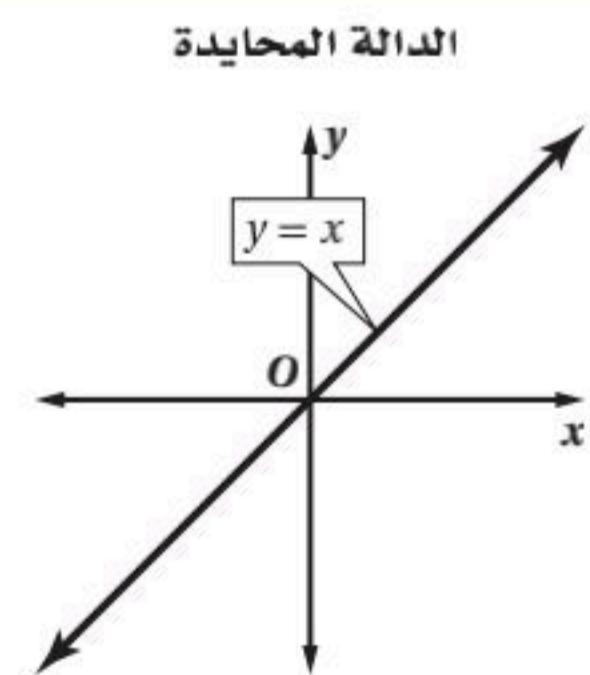
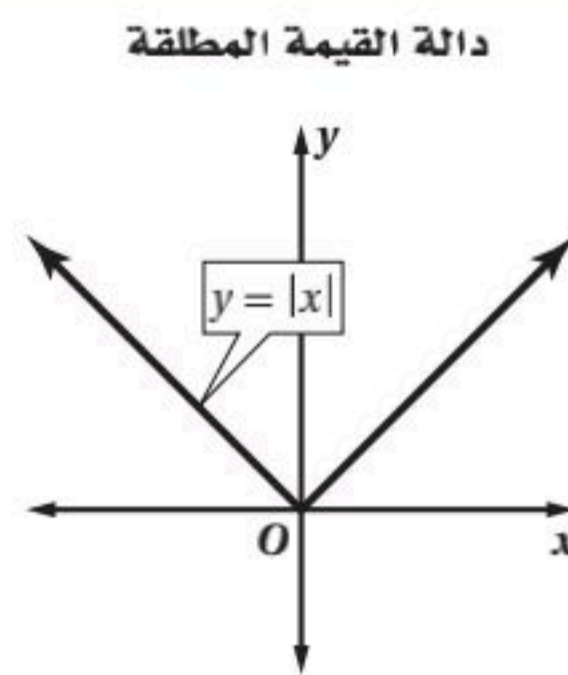
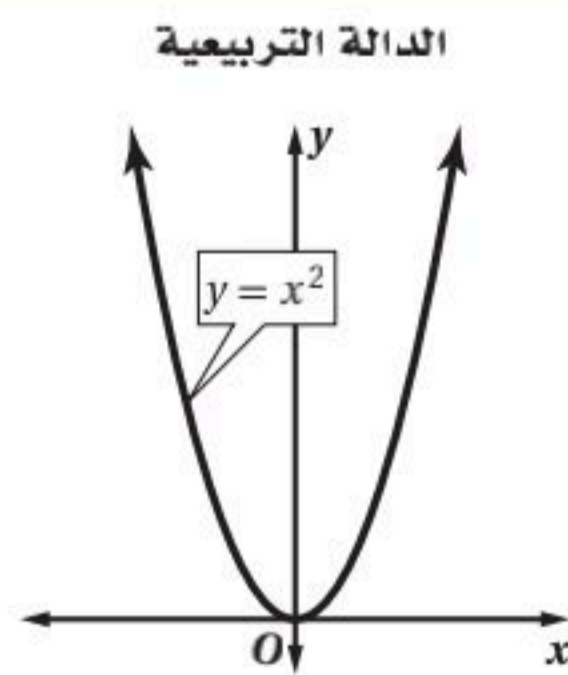
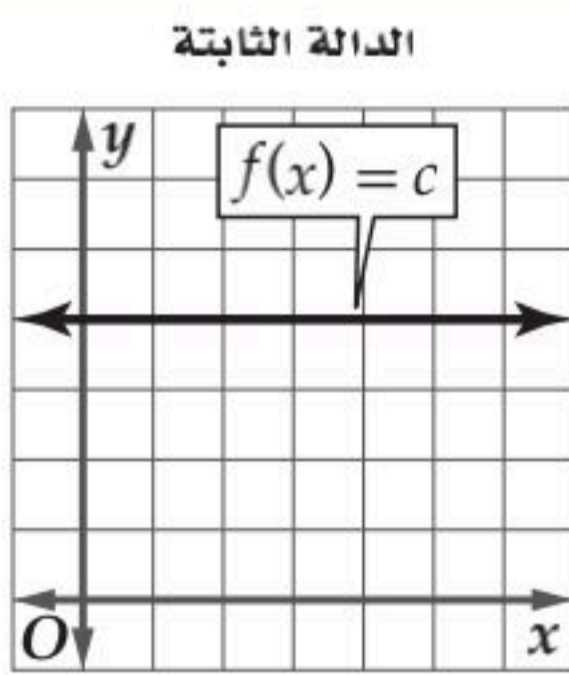
الهندسة الإحداثية

$M = \left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2}\right)$	نقطة المنتصف	$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$	المسافة
		$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, x_2 \neq x_1$	الميل

كثيرات الحدود

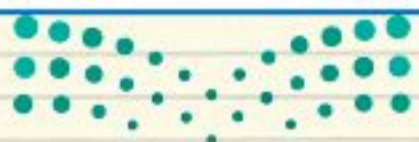
$(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$	مربع الفرق	$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, a \neq 0$	القانون العام
$a^2 - b^2 = (a - b)(a + b)$	الفرق بين مربعين	$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$	مربع المجموع

التمثيل البياني للدوال الرئيسية (الأم)



## الرموز

$\infty$	مالانهاية	R	مجموعة الأعداد الحقيقية
$-\infty$	سالب مالانهاية	Q	مجموعة الأعداد النسبية
$f(x) =  x $	دالة القيمة المطلقة	I	مجموعة الأعداد غير النسبية
$f(x) = \{$	الدالة متعددة التعريف	Z	مجموعة الأعداد الصحيحة
$f(x) = [x]$	دالة أكبر عدد صحيح	W	مجموعة الأعداد الكلية
$f^{-1}$	معكوس الدالة $f$	N	مجموعة الأعداد الطبيعية
$\log_b x$	لوغاريتم $x$ للأساس $b$	$f(x)$	دالة $f$ بمتغير $x$
$\log x$	اللوغاريتم العشري	$\approx$	يساوي تقريباً
		$f(x) = \{$	الدالة المتعددة التعريف
		$f(x) =  x $	دالة القيمة المطلقة
		$f(x) = [x]$	دالة أكبر عدد صحيح
		$f(x, y)$	دالة بمتغيرين
		$[f \circ g](x)$	تركيب الدالتين $f$ و $g$
		$f^{-1}(x)$	الدالة العكسية للدالة $f$
		$b^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{b}$	الجذر النوني لـ $b$
		D	المجال
		R	المدى
		$\cap$	تقاطع
		U	اتحاد
		$\emptyset$	المجموعة الخالية







وزارة التعليم

Ministry of Education

2023 - 1445