

حلول امتحان البجروت 472

شتاء 2025

حل أسئلة الامتحان كاملة بخطوات حسابية وتعليقات مفصلة

أجيبوا عن ثلاثة أسئلة، على الأقلّ عن سؤال واحد من كل فصل، وفق تعليمات هذه الدورة.

تتضمن هذه النسخة ورقة كل سؤال، ثم المعطيات والقوانين والتعويض وترتيب الحساب والجواب النهائي. جدول التغير أفقي، والتعويضات موضحة تحته.

يمكن استعمالها مستقلة عن البيئة التفاعلية.

حقوق النشر والطباعة | mathbagrut.com

© 2026 mathbagrut.com — حقوق الشرح والحلول والتصميم محفوظة. يُسمح بالتنزيل والطباعة للتعلم الشخصي أو الصفي مع إبقاء اسم الموقع. إعادة النشر أو البيع أو إزالة النسبة تحتاج إذنًا خطيًا. حقوق نصوص الأسئلة الأصلية ورسومها لأصحابها.

ورقة الأسئلة عربية رسمية من وزارة التربية والتعليم. الحلول والرسوم التوضيحية أصلية من إعداد mathbagrut.com، وليست حلولاً رسمية للوزارة.

السؤال 1 . متواليتان هندسية وحسابية

نعتبر متواليتين حسابية وهندسية (a_n) و (b_n) :

1. معطاة متوالية هندسية A أساسها هو q ، وفيها 10 حدود .
الحدّ السادس في المتوالية هو 81 ضعف الحدّ الثاني في المتوالية .
أ . جدوا قيمتي q .
معطى أنّ مجموع الحدّين الأوسطين في المتوالية A هو 1,944 ، وأنّ جميع حدود المتوالية هي موجبة .
ب . جدوا الحدّ الأوّل في المتوالية .
معطاة متوالية حسابية B . مجموع المتوالية A هو 11 ضعف مجموع المتوالية B .
ج . جدوا مجموع المتوالية B .
في المتوالية B يوجد 33 حدًا .

المجموع الكلي للقيم التي يمكن أن تأخذها q هو :

البند أ

جدوا قيمتي q .

1 . استعمال النسبة المعطاة

$$a_6 = 81a_2$$

$$a_1q^5 = 81a_1q$$

$$q^4 = 81$$

$$q = 3 \quad \text{or} \quad q = -3$$

الجواب النهائي

$$q = \pm 3$$

البند ب

جدوا الحدّ الأوّل إذا كانت جميع الحدود موجبة ومجموع الحدّين الأوسطين 1944.

1 . اختيار الأساس

جميع الحدود موجبة، لذلك نختار $q=3$. الأساس -3 يولّد إشارات متناوبة.

2. معادلة الحدّين الأوسطين

$$a_5 + a_6 = a_1(3^4 + 3^5) = 1944$$

$$a_1(81 + 243) = 1944$$

$$324a_1 = 1944 \implies a_1 = 6$$

الجواب النهائي

$$a_1 = 6$$

البند ج

جدوا مجموع المتوالية الحسابية B.

1. مجموع A

$$S_A = 6 \frac{3^{10} - 1}{3 - 1}$$

$$S_A = 3(59049 - 1) = 177144$$

2. مجموع B

$$S_A = 11S_B$$

$$S_B = \frac{177144}{11} = 16104$$

الجواب النهائي

$$S_B = 16104$$

البند د

جدوا فرق المتوالية B إذا كان حدّها الثاني 46 ضعف الفرق.

1. الحدّ الأوّل بدلالة الفرق

$$b_2 = b_1 + d = 46d \implies b_1 = 45d$$

2 . معادلة المجموع

$$16104 = \frac{33}{2} [2(45d) + 32d]$$

$$16104 = \frac{33}{2} \cdot 122d = 2013d$$

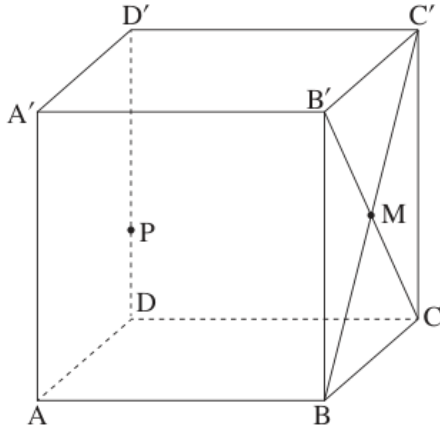
$$d = 8$$

الجواب النهائي

$$d = 8$$

السؤال 2 . صندوق ونقطة في مركز وجهه

د. جدوا فرق المتوالية B .



2. في الرسم الذي أمامكم الصندوق ABCDA'B'C'D' .

النقطة M هي ملتقى القطرتين في الوجه BCC'B' .

النقطة P تقع على الضلع DD' وتُحقق $\overrightarrow{DP} = \frac{1}{3}\overrightarrow{DD'}$.

نرمز: $\overrightarrow{AA'} = \underline{w}$, $\overrightarrow{BC} = \underline{v}$, $\overrightarrow{AB} = \underline{u}$.

أ. عبّروا عن المتجهين $\overrightarrow{AP}$ و $\overrightarrow{MP}$ بدلالة $\underline{u}$ و $\underline{v}$ و $\underline{w}$.

معطى أن: $|\underline{v}| = 6$, $|\underline{w}| = |\underline{u}| = 18$.

ب. (1) برهنوا أن المتجه $\overrightarrow{AP}$ يعامد المتجه $\overrightarrow{MP}$.

(2) احسبوا مساحة المثلث APM .

معطى أن: $D(0, 0, 0)$.

الرأس A يقع على الجزء الموجب للمحور x ،

والرأس C يقع على الجزء الموجب للمحور y ، والرأس D' يقع على الجزء الموجب للمحور z .

ج. (1) جدوا إحداثيات الرؤوس C ، B ، C' .

(2) جدوا إحداثيات النقطة M .

د. جدوا مقدار الزاوية PMB .

البند أ

عبّروا عن AP و MP بدلالة u و v و w.

1 . موضع P

$$\overrightarrow{AP} = \overrightarrow{AD} + \overrightarrow{DP} = \underline{v} + \frac{1}{3}\underline{w}$$

2 . موضع M ثم MP

$$\overrightarrow{AM} = \vec{u} + \frac{1}{2}\vec{v} + \frac{1}{2}\vec{w}$$

$$\overrightarrow{MP} = \overrightarrow{AP} - \overrightarrow{AM}$$

$$\overrightarrow{MP} = -\vec{u} + \frac{1}{2}\vec{v} - \frac{1}{6}\vec{w}$$

الجواب النهائي

$$\overrightarrow{AP} = \vec{v} + \frac{1}{3}\vec{w}$$

$$\overrightarrow{MP} = -\vec{u} + \frac{1}{2}\vec{v} - \frac{1}{6}\vec{w}$$

البند ب (1)

برهنوا أن AP يعامد MP.

1 . الضرب العددي

$$\vec{u} \cdot \vec{v} = \vec{u} \cdot \vec{w} = \vec{v} \cdot \vec{w} = 0$$

$$\overrightarrow{AP} \cdot \overrightarrow{MP} = \left(\vec{v} + \frac{1}{3}\vec{w} \right) \cdot \left(-\vec{u} + \frac{1}{2}\vec{v} - \frac{1}{6}\vec{w} \right)$$

$$= \frac{1}{2}|\vec{v}|^2 - \frac{1}{18}|\vec{w}|^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 36 - \frac{1}{18} \cdot 324 = 18 - 18 = 0$$

الجواب النهائي

$$AP \perp MP$$

البند ب (2)

احسبوا مساحة المثلث APM.

1 . الطولان

$$AP^2 = |\vec{v}|^2 + \frac{1}{9}|\vec{w}|^2 = 36 + 36 = 72$$

$$AP = 6\sqrt{2}$$

$$MP^2 = |\vec{u}|^2 + \frac{1}{4}|\vec{v}|^2 + \frac{1}{36}|\vec{w}|^2$$

$$MP^2 = 324 + 9 + 9 = 342 \implies MP = 3\sqrt{38}$$

2 . المساحة

$$S = \frac{1}{2} \cdot 6\sqrt{2} \cdot 3\sqrt{38}$$

$$S = 9\sqrt{76} = 18\sqrt{19}$$

الجواب النهائي

$$S = 18\sqrt{19}$$

وحدة مربعة.

البند ج (1)

جدوا إحداثيات C و B و C'.

1 . تعيين الرؤوس

لأن A على x الموجب و C على y الموجب و D على z الموجب، نحصل على:

$$A(6, 0, 0), \quad C(0, 18, 0)$$

$$B(6, 18, 0), \quad C'(0, 18, 18)$$

الجواب النهائي

$$C(0, 18, 0), \quad B(6, 18, 0), \quad C'(0, 18, 18)$$

البند ج (2)

جدوا إحداثيات M.

1 . قانون المنتصف

$$M = \left(\frac{6+0}{2}, \frac{18+18}{2}, \frac{0+18}{2} \right)$$

$$M = (3, 18, 9)$$

الجواب النهائي

$$M(3, 18, 9)$$

البند د

جدوا مقدار الزاوية PMB.

1 . المتجهان والضرب العددي

$$P = (0, 0, 6)$$

$$\overrightarrow{MP} = (-3, -18, -3), \quad \overrightarrow{MB} = (3, 0, -9)$$

$$\overrightarrow{MP} \cdot \overrightarrow{MB} = -9 + 0 + 27 = 18$$

2 . الطولان وجيب تمام الزاوية

$$|MP| = \sqrt{342}, \quad |MB| = \sqrt{9+81} = \sqrt{90}$$

$$\cos \angle PMB = \frac{18}{\sqrt{342}\sqrt{90}} = \frac{1}{\sqrt{95}}$$

$$\angle PMB \approx 84.11215^\circ$$

الجواب النهائي

$$\angle PMB \approx 84.11^\circ$$

السؤال 3 . تسرب الهواء ونفخ فرشاة البحر

3. اشترى أمير عوامة بحر وفرشاة بحر.
- في يوم الشراء، كان حجم العوامة 4,900 سم³، وكان حجم الفرشاة 9,800 سم³. بسبب تسرب الهواء، قلَّ حجم العوامة وحجم الفرشاة بنسبة مئوية ثابتة في كل يوم (كل واحدة منهما بنسبة مئوية مختلفة).
- بعد مرور 7 أيام منذ يوم الشراء، كان حجم العوامة مساوياً لحجم الفرشاة.
- أ. حدّدوا بالنسبة لكل واحد من الادّعاءين II-I، إذا كان صحيحاً أم غير صحيح.
- I. بعد مرور 6 أيام منذ يوم الشراء، كان حجم العوامة أكبر من حجم الفرشاة.
- II. بعد مرور 8 أيام منذ يوم الشراء، كان حجم العوامة أكبر من حجم الفرشاة.
- معطى أنّ حجم العوامة يقلّ بـ 4% في كل يوم.
- ب. جدّوا النسبة المئوية التي يقلّ بها حجم الفرشاة في كل يوم.
- بعد مرور t أيام منذ يوم الشراء، كان حجم الفرشاة $\frac{1}{3}$ حجم العوامة.
- ج. جدّوا قيمة t .
- بعد عدّة أسابيع، قرّر أمير أن ينفخ الفرشاة.
- أثناء النَّفْخ، ازداد حجم الفرشاة في كل دقيقة بـ 23%.
- في نهاية النَّفْخ، كان حجم الفرشاة 7.5 ضعف حجمها في بداية النَّفْخ.
- د. جدّوا عدد الدقائق التي استغرقها نَفْخ الفرشاة.

/يتبع في صفحة 4/

البند أ (I)

هل بعد ستة أيام حجم العوامة أكبر من الفرشاة؟

1 . نسبة المجمعين

$$\frac{R(t)}{M(t)} = \frac{1}{2} \left(\frac{q_R}{q_M} \right)^t$$

لكي تصل النسبة من 1/2 إلى 1 بعد سبعة أيام، يجب أن تزداد. لذلك قبل سبعة أيام تبقى أصغر من 1.

الجواب النهائي

الادعاء I غير صحيح؛ حجم العوامة أصغر بعد ستة أيام.

البند أ (II)

هل بعد ثمانية أيام حجم العوامة أكبر من الفرشة؟

1 . المقارنة بعد التساوي

عامل تضاؤل العوامة أكبر من عامل تضاؤل الفرشة، فتجاوزها بعد اليوم السابع.

الجواب النهائي

الادعاء II صحيح.

البند ب

جدوا نسبة الانخفاض اليومية في حجم الفرشة.

1 . معادلة التساوي

$$4900(0.96)^7 = 9800q_M^7$$

$$q_M^7 = \frac{(0.96)^7}{2}$$

$$q_M = \frac{0.96}{\sqrt[7]{2}}$$

$$q_M \approx 0.8694947177$$

2 . النسبة المئوية

$$p_M = 100(1 - q_M)$$

$$p_M \approx 13.05052823\%$$

الجواب النهائي

نحو 13.05% يومياً.

البند ج

جدوا t عندما يصبح حجم الفرشة ثلث حجم العوامة.

1 . معادلة النسبة

$$9800q_M^t = \frac{1}{3} \cdot 4900(0.96)^t$$

$$6\left(\frac{q_M}{0.96}\right)^t = 1$$

$$6 \cdot 2^{-t/7} = 1$$

2 . الحل باللوغاريتم

$$2^{t/7} = 6$$

$$\frac{t}{7} \ln 2 = \ln 6$$

$$t = \frac{7 \ln 6}{\ln 2}$$

$$t \approx 18.09473751$$

الجواب النهائي

بعد نحو 18.09 يوماً منذ الشراء.

البند د

جدوا عدد الدقائق التي استغرقها النفخ.

1 . معادلة النمو

$$V_0(1.23)^t = 7.5V_0$$

$$(1.23)^t = 7.5$$

$$t = \frac{\ln 7.5}{\ln 1.23}$$

$$t \approx 9.73316477$$

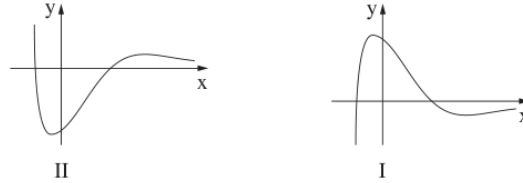
الجواب النهائي

نحو 9.73 دقيقة.

السؤال 4 . دالة أسية ونقطتا تقاطع ومساحة

الفصل الثاني: حساب التفاضل والتكامل للدوال الأسية واللوغريتمية

4. الدالة $f(x)$ ودالة مشتقتها $f'(x)$ معرفتان لكل x .
للدالة $f(x)$ توجد نقطة نهاية عظمى واحدة فقط، وإحداثيتها x موجب.
أمامكم رسمان بيانيان، I و II، أحدهما يصف دالة المشتقة $f'(x)$.



أ. حدّدوا أيّاً من الرسمين البيانيين يصف دالة المشتقة $f'(x)$ ، وعلّلوا تحديدكم.

معطى أن: $f(x) = (x^2 - 2) \cdot e^{(-2x + 1)}$.

ب. (1) جدوا إحداثيات نقاط تقاطع الرسم البياني للدالة $f(x)$ مع المحور x .

(2) جدوا إحداثيات النقاط القصوى للدالة $f(x)$ ، وحدّدوا نوع هذه النقاط.

ج. ارسموا رسماً بيانياً تقريبياً للدالة $f(x)$.

معطاة الدالة $g(x) = 7 \cdot e^{(-2x + 1)}$ ، المعرّفة لكل x .

د. (1) فسّروا لماذا الدالة $g(x)$ موجبة لكل x .

(2) جدوا إحداثيات نقاط تقاطع الرسم البياني للدالة $f(x)$ مع الرسم البياني للدالة $g(x)$.

هـ. مرّروا عموداً على المحور x عبر كلّ واحدة من النقاط التي وجدتموها في البند "د".

احسبوا المساحة المحصورة بين الرسم البياني للدالة $g(x)$ والمحور x والأعمدة.

/ يتبع في صفحة 5 /

البند أ

أي الرسمين I أم II يصف المشتقة؟

1 . قراءة الإشارات

في الرسم I يحدث الانتقال من موجب إلى سالب عند التقاطع الموجب مع محور x ؛ هذا يعطي عظمى عند x موجب. الرسم II يعطي صغرى عند إحداثي موجب.

الجواب النهائي

الرسم I يصف f .

البند ب (1)

جدوا تقاطعات f مع محور x .

1 . حل معادلة التقاطع

$$f(x) = (x^2 - 2)e^{-2x+1}$$

$$f(x) = 0 \iff x^2 - 2 = 0 \iff x = \pm\sqrt{2}$$

الجواب النهائي

$$(-\sqrt{2}, 0), (\sqrt{2}, 0)$$

البند ب (2)

جدوا النقاط القصوى ونوعها.

1 . الاشتقاق والتحليل

$$f'(x) = 2xe^{-2x+1} - 2(x^2 - 2)e^{-2x+1}$$

$$f'(x) = e^{-2x+1}(-2x^2 + 2x + 4)$$

$$f'(x) = -2e^{-2x+1}(x - 2)(x + 1)$$

$$f'(x) = 0 \iff x = -1 \text{ or } x = 2$$

2 · جدول الإشارة والقيم

x	$(-\infty, -1)$	-1	$(-1, 2)$	2	$(2, \infty)$
قيمة فحص	-2	-1	0	2	3
f'(x)	-	0	+	0	-
f(x)	تناقص ↘	صغرى	تزايد ↗	عظمى	تناقص ↘

الفترة مرتبة من اليسار إلى اليمين؛ نقاط عدم التعريف ليست نقاطاً قصوى.

$$f'(-2) = -8e^5 < 0, \quad f'(0) = 4e > 0, \quad f'(3) = -8e^{-5} < 0$$

$$f(-1) = -e^3, \quad f(2) = 2e^{-3}$$

الجواب النهائي

$$(-1, -e^3)$$

نقطة صغرى مطلقة.

$$(2, 2e^{-3})$$

نقطة عظمى محلية.

البند جـ

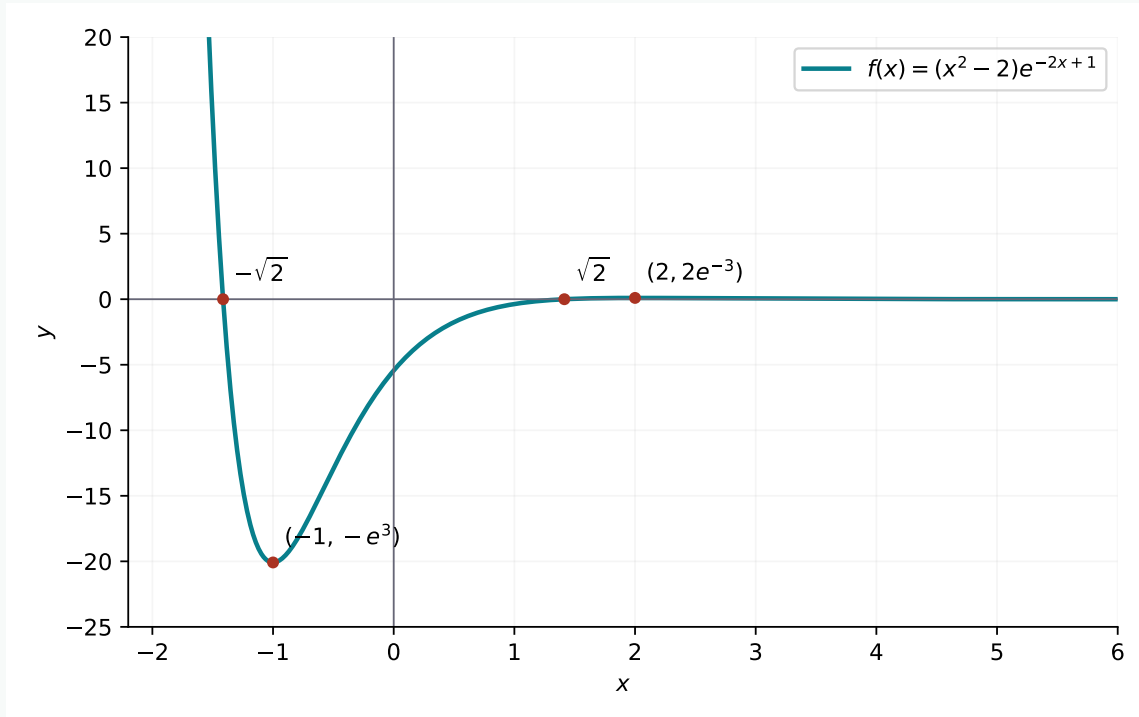
ارسموا رسماً تقريبياً للدالة f.

1 · النهايات والتقاطع مع y

$$f(0) = -2e$$

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

$$\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = 0^+$$



العظمى اليمنى صغيرة نسبياً؛ قيمتها الدقيقة معطاة في الحل.

الجواب النهائي

الرسم موضح أعلاه، و $y=0$ خط تقارب عند الطرف الأيمن.

البند د (1)

فسروا لماذا $g(x)=7e^{(-2x+1)}$ موجبة لكل x .

1 . فحص الإشارة

$$7 > 0, \quad e^{-2x+1} > 0$$

إذن حاصل الضرب موجب لكل عدد حقيقي.

الجواب النهائي

$$g(x) > 0 \quad \forall x \in \mathbb{R}$$

البند د (2)

جدوا نقاط تقاطع f و g.

1. حل المعادلة

$$(x^2 - 2)e^{-2x+1} = 7e^{-2x+1}$$

$$x^2 - 2 = 7 \implies x^2 = 9 \implies x = \pm 3$$

2. قيم y

$$g(-3) = 7e^7, \quad g(3) = 7e^{-5}$$

الجواب النهائي

$$(-3, 7e^7), \quad (3, 7e^{-5})$$

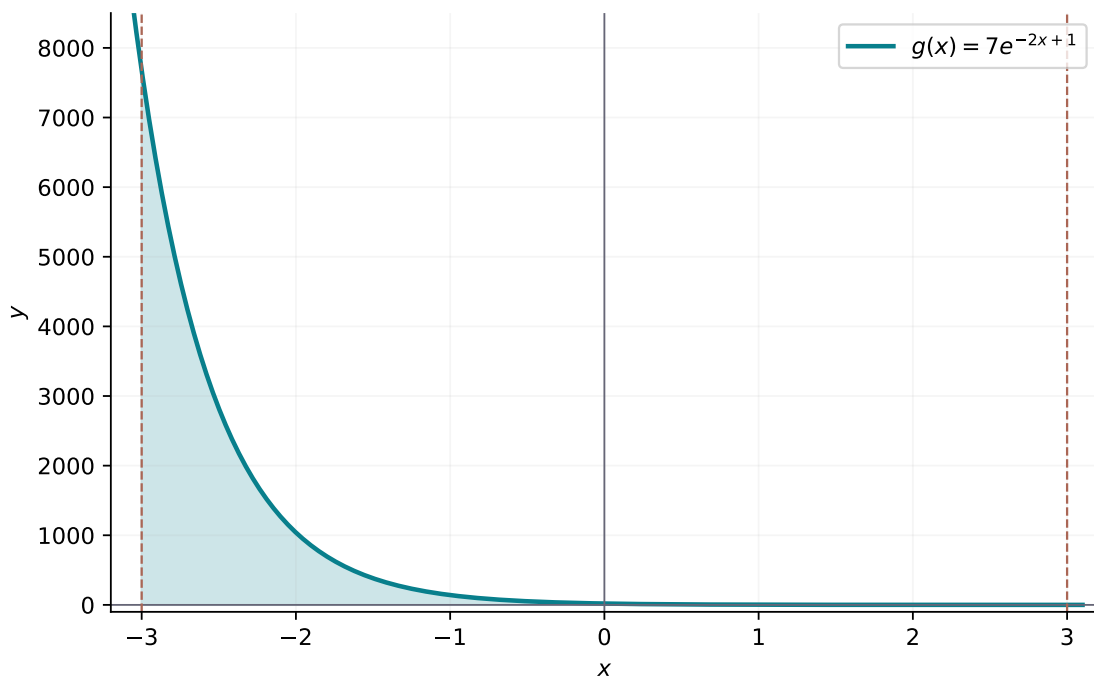
البند هـ

احسبوا المساحة بين g ومحور x والعمودين عبر نقطتي التقاطع.

1. التكامل

$$S = \int_{-3}^3 7e^{-2x+1} dx$$

$$S = \left[-\frac{7}{2}e^{-2x+1} \right]_{-3}^3$$



2. التعويض وترتيب الإشارات

$$S = -\frac{7}{2}e^{-5} - \left(-\frac{7}{2}e^7\right)$$

$$S = \frac{7}{2}(e^7 - e^{-5})$$

الجواب النهائي

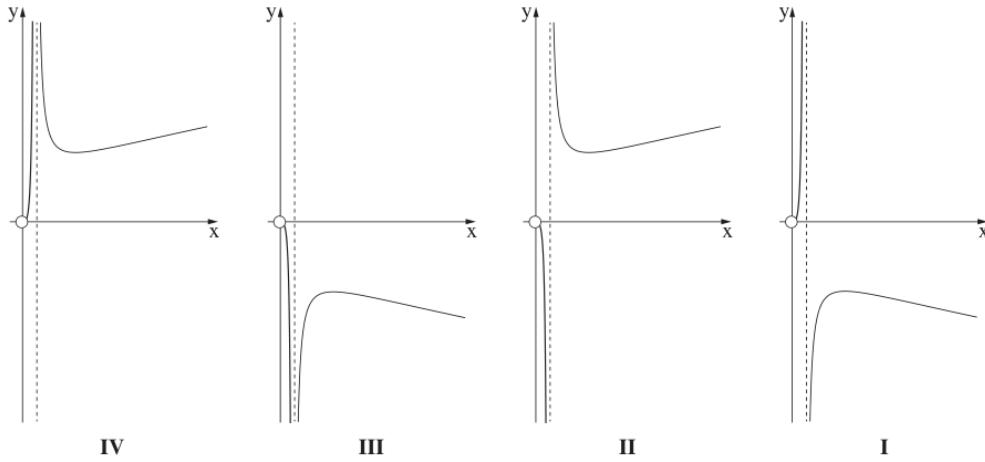
$$S = \frac{7}{2}(e^7 - e^{-5})$$

وحدة مربعة.

السؤال 5 . كسر لوغريتمي وقصوى دالة أصلية

5. معطاة الدالة $f(x) = \frac{12x}{(\ln x)^2}$.

- أ. (1) جدوا مجال تعريف الدالة $f(x)$.
 (2) جدوا معادلة خط التقارب المعامد للمحور x ، للدالة $f(x)$.
 (3) هل توجد للرسم البياني للدالة $f(x)$ نقاط تقاطع مع المحورين؟ علّلوا إجابتكم.
 ب. (1) جدوا إحداثيات النقطة القصوى للدالة $f(x)$ ، وحددوا نوع هذه النقطة.
 (2) جدوا مجالات تصاعد الدالة $f(x)$.
 ج. حددوا أيًا من الرسوم البيانية I–IV التي في آخر السؤال يصف الدالة $f(x)$.
 د. $g(x)$ هي دالة مجال تعريفها يطابق مجال تعريف الدالة $f(x)$.
 مشتقة الدالة $g(x)$ تحقق $g'(x) = f(x) - c$ ، c هو پارامتر.
 (1) جدوا بالنسبة لـ $c = 4$ كم نقطة قصوى توجد للدالة $g(x)$ ، وحددوا نوع هذه النقاط (إذا وُجدت مثل هذه النقاط). علّلوا إجابتكم.
 (2) اكتبوا قيمة ما لـ c توجد بالنسبة لها ثلاث نقاط قصوى للدالة $g(x)$. علّلوا إجابتكم.



בהצלחה!

נשמתי לכם התנח!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.

אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.

חقوق الطبع محفوظة לדولة إسرائيل.

النسخ أو النشر ممنوعان إلا بإذن من وزارة التربية والتعليم.

البند أ (1)

جدوا مجال $f(x) = 12x/(\ln x)^2$.

1 . شرط التعريف

$$x > 0, \quad \ln x \neq 0$$

$$x > 0, \quad x \neq 1$$

الجواب النهائي

$$D_f = (0, 1) \cup (1, \infty)$$

البند أ (2)

جدوا خط التقارب العمودي.

1 . فحص النهاية

$$\lim_{x \rightarrow 1^-} f(x) = \lim_{x \rightarrow 1^+} f(x) = +\infty$$

الجواب النهائي

$$x = 1$$

البند أ (3)

هل توجد تقاطعات مع المحورين؟

1 . المحوران

داخل المجال x موجب، لذلك البسط $12x$ موجب ولا ينعدم. $x=0$ خارج المجال أيضاً؛ فلا يوجد تقاطع مع أي من المحورين.

الجواب النهائي

لا توجد نقاط تقاطع مع المحورين.

البند ب (1)

جدوا النقطة القصوى ونوعها.

1 . الاشتقاق

مشتقة البسط ضرب المقام، سالب مشتقة المقام ضرب البسط، تقسيم مربع المقام.

$$f'(x) = \frac{12(\ln x)^2 - 12x \cdot 2 \ln x / x}{(\ln x)^4}$$

2 . التبسيط وحل معادلة المشتقة

$$f'(x) = \frac{12 \ln x (\ln x - 2)}{(\ln x)^4} = \frac{12(\ln x - 2)}{(\ln x)^3}$$

$$f'(x) = 0 \iff x = e^2$$

3 . الإشارة والتعويض

x	(0, 1)	1	(1, e ²)	e ²	(e ² , ∞)
قيمة فحص	e ⁻¹	—	e	e ²	e ³
f(x)	+	×	—	0	+
f(x)	تزايد ↗	غير معرفة	تناقص ↘	صغرى	تزايد ↗

الفترة مرتبة من اليسار إلى اليمين؛ نقاط عدم التعريف ليست نقاطاً قصوى.

$$f'(e^{-1}) = 36 > 0, \quad f'(e) = -12 < 0, \quad f'(e^3) = 4/9 > 0$$

$$f(e^2) = \frac{12e^2}{4} = 3e^2$$

الجواب النهائي

$$(e^2, 3e^2)$$

نقطة صغرى محلية.

البند ب (2)

جدوا مجالات التصاعد.

1 . استخلاص المجالات

المشتقة موجبة على الفرع الأيسر وفي الجزء الواقع يمين الصغرى.

الجواب النهائي

$$(0, 1), \quad (e^2, \infty)$$

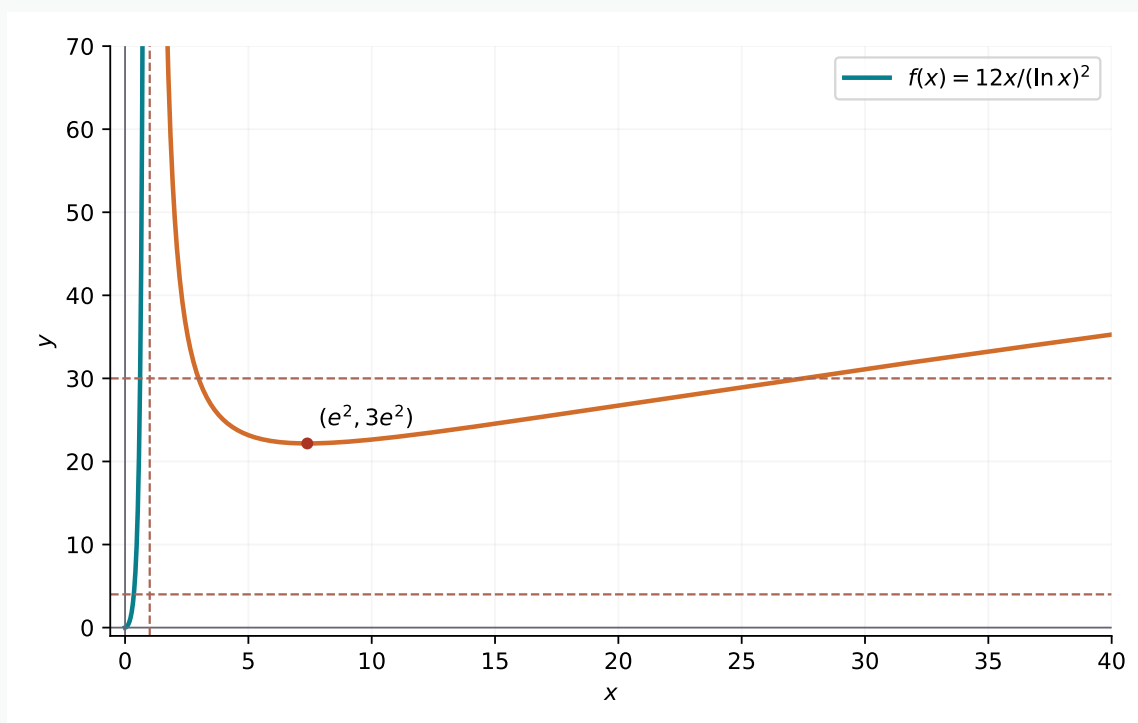
البند ج

أي الرسوم I-IV يصف f ؟ علّوا.

1 . مطابقة الصفات

$$\lim_{x \rightarrow 0^+} f(x) = 0^+$$

الفرع الأيسر يتصاعد إلى ما لا نهاية عند 1. الفرع الأيمن موجب وله صغرى ثم يتصاعد. هذه صفات الرسم IV.



الجواب النهائي

الرسم IV.

البند د (1)

كم نقطة قصوى لـ g عندما $g' = f - 4$ ؟ وما نوعها؟

1. الفرع الأيسر

على $(0,1)$ تتصاعد f باستمرار من صفر إلى ما لا نهاية، فتقطع $y=4$ مرة واحدة. تتغير g' من سالب إلى موجب؛ إذن نحصل على صغرى.

2. الفرع الأيمن

$$f(x) \geq 3e^2 \approx 22.17 > 4 \quad (x > 1)$$

لا يوجد صفر للمشتقة على هذا الفرع. $x=1$ خارج المجال ولا يُعدّ نقطة قصوى.

الجواب النهائي

نقطة قصوى واحدة فقط، وهي نقطة صغرى.

البند د (2)

اكتبوا قيمة c تعطي ثلاث نقاط قصوى للدالة g .

1. اختيار وفحص

$$c = 30 > 3e^2$$

يوجد تقاطع واحد على الفرع الأيسر، وتقاطعان على الفرع الأيمن. عندها تتغير إشارة $f-30$ في كل تقاطع، فنحصل على صغرى ثم عظمى ثم صغرى.

الجواب النهائي

$$c = 30$$

وتصلح كل قيمة $c > 3e^2$.