

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا

الدورة العادية 2013

الموضوع

NS24



4	مدة الإختبار	الرياضيات	المادة
9	المعامل	شعبة العلوم الرياضية (أ) و (ب)	الشعبة أو المسلك

- مدة إنجاز الموضوع هي أربع ساعات.
- يتكون الموضوع من ثلاثة تمارين ومسألة مستقلة فيما بينها .
- يمكن إنجاز التمارين والمسألة حسب الترتيب الذي يرغب فيه المترشح.

- التمرين الأول يتعلق بالبنىات الجبرية.....(3.5ن)
- التمرين الثاني يتعلق بالأعداد العقدية.....(3.5ن)
- التمرين الثالث يتعلق بالحسابيات.....(3ن)
- المسألة تتعلق بالتحليل.....(10ن)

يسمح باستعمال الآلة الحاسبة غير القابلة للبرمجة

لا يسمح باستعمال اللون الأحمر بورقة التحرير

التمرين الأول : (3.5 نقط)

نذكر أن $(\square, +, \times)$ حلقة واحدة تبادلية و كاملة .

1- نزود \square بقانون التركيب الداخلي $*$ المعروف بما يلي: $x * y = x + y - 2$; $(\forall (x, y) \in \square^2)$

(أ) بين أن القانون $*$ تبادلي و تجميعي . 0.5

(ب) بين أن $(\square, *)$ يقبل عنصرا محايدا يتم تحديده. 0.25

(ج) بين أن $(\square, *)$ زمرة تبادلية . 0.5

2- نزود \square بقانون التركيب الداخلي T المعروف بما يلي: $xTy = xy - 2x - 2y + 6$; $(\forall (x, y) \in \square^2)$

ونعتبر التطبيق f من \square نحو \square المعروف بما يلي: $f(x) = x + 2$; $(\forall x \in \square)$

(أ) بين أن التطبيق f تشاكل تقابلي من (\square, \times) نحو (\square, T) 0.5

(ب) بين أن: $(x * y)Tz = (xTz) * (yTz)$; $(\forall (x, y, z) \in \square^3)$ 0.25

3- استنتج من كل ما سبق أن $(\square, *, T)$ حلقة تبادلية و واحدة. 0.75

4- (أ) بين أن: $xTy = 2$ إذا و فقط إذا كان $x = 2$ أو $y = 2$ 0.25

(ب) استنتج أن الحلقة $(\square, *, T)$ كاملة . 0.25

(ج) هل $(\square, *, T)$ جسم ؟ (علل جوابك) 0.25

التمرين الثاني: (3.5 نقط)

I - ليكن a عددا عقديا غير منعدم.

نعتبر في المجموعة \square المعادلة ذات المجهول z : $2z^2 - (3 + i\sqrt{3})az + (1 + i\sqrt{3})a^2 = 0$: (E)

1- تحقق أن مميز المعادلة (E) هو: $(-1 + i\sqrt{3})^2 a^2$ 0.25

2- حل في \square المعادلة (E) 0.5

II - المستوى العقدي منسوب إلى معلم متعامد ممنظم و مباشر (O, \vec{u}, \vec{v}) .

نعتبر النقط A و B و M التي ألقاها على التوالي a و $b = ae^{i\frac{\pi}{3}}$ و z

ليكن r الدوران الذي مركزه M وزاويته $\frac{\pi}{3}$

نضع : $A_1 = r^{-1}(A)$ و $B_1 = r(B)$ (حيث r^{-1} هو الدوران العكسي للدوران r)

ليكن a_1 و b_1 لحقي A_1 و B_1 على التوالي .

1- تحقق أن المثلث OAB متساوي الأضلاع. 0.5

- 0.5 2- (أ) بين أن : $a_1 = \left(\frac{1}{2} - i\frac{\sqrt{3}}{2}\right)a + \left(\frac{1}{2} + i\frac{\sqrt{3}}{2}\right)z$ و $b_1 = \left(-\frac{1}{2} + i\frac{\sqrt{3}}{2}\right)a + \left(\frac{1}{2} - i\frac{\sqrt{3}}{2}\right)z$
- 0.5 (ب) بين أن الرباعي OA_1MB_1 متوازي الأضلاع.
- 3- نفترض أن $M \neq A$ و $M \neq B$
- 0.5 (أ) بين أن : $\frac{z-b_1}{z-a_1} = -\frac{z-b}{z-a} \times \frac{a}{b}$
- 0.75 (ب) بين أن النقط M و A_1 و B_1 مستقيمية إذا و فقط إذا كانت النقط M و O و A و B متداورة.

التمرين الثالث: (3 نقط)

الهدف من التمرين هو البحث عن الأعداد الصحيحة الطبيعية n الأكبر قطعا من 1 و التي تحقق الخاصية :

$$(R): 3^n - 2^n \equiv 0 [n]$$

1- نفترض أن n يحقق الخاصية (R) و ليكن p أصغر قاسم أولى موجب للعدد n

0.75 (أ) بين أن : $3^n - 2^n \equiv 0 [p]$ ثم استنتج أن $p \geq 5$

0.5 (ب) بين أن : $2^{p-1} \equiv 1 [p]$ و $3^{p-1} \equiv 1 [p]$

0.5 (ج) بين أنه يوجد زوج (a, b) من \mathbb{Z}^2 بحيث : $an - b(p-1) = 1$

0.5 (د) ليكن r و q باقي و خارج القسمة الاقليدية للعدد a على $p-1$

$$(q \in \mathbb{Z} \text{ و } 0 \leq r < p-1 \text{ حيث : } a = q(p-1) + r)$$

بين أنه يوجد عدد صحيح طبيعي k بحيث : $rn = 1 + k(p-1)$

0.75 2- استنتج من كل ما سبق أنه لا يوجد عدد صحيح طبيعي n أكبر قطعا من 1 يحقق الخاصية (R)

مسألة: (10 نقط)

نعتبر الدالة العددية h المعرفة على المجال $[1, +\infty[$ بما يلي : $h(1) = 1$ و $h(x) = \frac{x-1}{x \ln x}$ ($\forall x > 1$)

الجزء الأول:

0.25 1- (أ) بين أن الدالة h متصلة على اليمين في 1

0.75 (ب) بين أن : $\ln x < x - 1$ ($\forall x > 1$) ثم استنتج أن الدالة h تناقصية قطعا على المجال $[1, +\infty[$

0.5 2- (أ) احسب $\lim_{x \rightarrow +\infty} h(x)$ ثم ضع جدول تغيرات الدالة h

0.25 (ب) استنتج أن : $0 < h(x) \leq 1$ ($\forall x \geq 1$)

الجزء الثاني:

نعتبر الدالة العددية g المعرفة على المجال $[1, +\infty[$ بما يلي : $g(1) = \ln 2$ و $g(x) = \int_x^{x^2} \frac{1}{\sqrt{t} \ln t} dt$ ($\forall x > 1$)

و ليكن (C) المنحنى الممثل للدالة g في معلم متعامد ممنظم (O, \vec{i}, \vec{j})

- 0.25 1- (أ) تحقق أن : $\int_x^{x^2} \frac{1}{t \ln t} dt = \ln 2$; $(\forall x > 1)$
- 0.25 (ب) تحقق أن : $g(x) - \ln 2 = \int_x^{x^2} \frac{\sqrt{t} - 1}{t \ln t} dt$; $(\forall x > 1)$
- 0.5 (ج) بين أن : $g(x) - \ln 2 = \int_{\sqrt{x}}^x \frac{t - 1}{t \ln t} dt$; $(\forall x > 1)$
- 0.5 2- (أ) بين أن : $(x - \sqrt{x})h(x) \leq g(x) - \ln 2 \leq (x - \sqrt{x})h(\sqrt{x})$; $(\forall x > 1)$
- 0.5 (ب) استنتج أن الدالة g قابلة للاشتقاق على اليمين في 1
- 0.75 (ج) بين أن : $\lim_{x \rightarrow +\infty} g(x) = +\infty$ و أن : $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{g(x)}{x} = 0$
- 0.75 3- (أ) بين أن الدالة g قابلة للاشتقاق على المجال $]1, +\infty[$ و أن : $g'(x) = \frac{1}{2}h(\sqrt{x})$; $(\forall x > 1)$
- 0.5 (ب) استنتج أن : $0 < g'(x) \leq \frac{1}{2}$; $(\forall x \geq 1)$ ثم ضع جدول تغيرات الدالة g
- 0.5 (ج) أنشئ المنحنى (C)
- الجزء الثالث:**
- 0.5 I- 1- بين أن الدالة $k : x \mapsto g(x) - x + 1$ تقابل من المجال $[1, +\infty[$ نحو المجال $]-\infty, \ln 2]$
- 0.25 2- استنتج أنه يوجد عدد حقيقي وحيد α من المجال $]1, +\infty[$ بحيث : $1 + g(\alpha) = \alpha$
- II- نعتبر المتتالية العددية $(u_n)_{n \geq 0}$ المعرفة بما يلي : $1 \leq u_0 < \alpha$ و $u_{n+1} = 1 + g(u_n)$; $(\forall n \geq 0)$
- 0.5 1- (أ) بين أن : $1 \leq u_n < \alpha$; $(\forall n \geq 0)$
- 0.5 (ب) بين أن المتتالية $(u_n)_{n \geq 0}$ تزايدية قطعاً.
- 0.75 (ج) استنتج أن المتتالية $(u_n)_{n \geq 0}$ متقاربة و أن : $\lim_{n \rightarrow +\infty} u_n = \alpha$
- 0.5 2- (أ) بين أن : $|u_{n+1} - \alpha| \leq \frac{1}{2}|u_n - \alpha|$; $(\forall n \geq 0)$
- 0.5 (ب) بين أن : $|u_n - \alpha| \leq \left(\frac{1}{2}\right)^n |u_0 - \alpha|$; $(\forall n \geq 0)$
- 0.25 (ج) استنتج مرة ثانية أن : $\lim_{n \rightarrow +\infty} u_n = \alpha$

انتهى

التمرين الاول (البنيات الجبرية)

(1) أ لدينا: $(\forall (x, y) \in \mathbb{Z}^2); x * y = x + y - 2 = y + x - 2 = y * x$ إذن $(\forall (x, y) \in \mathbb{Z}^2); x * y = y * x$

ومنه القانون * تبادلي.

ولدينا

 $(\forall (x, y, z) \in \mathbb{Z}^3); (x * y) * z = (x * y) + z - 2 = x + y - 2 + z - 2 = x + (y + z - 2) - 2 = x + (y * z) - 2 = x * (y * z)$ إذن $(\forall (x, y, z) \in \mathbb{Z}^3); (x * y) * z = x * (y * z)$

و منه القانون * تجميعي

خلاصة :

القانون * تبادلي و تجميعي

(ب) ليكن e من \mathbb{Z} $(\forall x \in \mathbb{Z}); x * e = x \Leftrightarrow x + e - 2 = x \Leftrightarrow e = 2$ و بما أن * تبادلي فإن

2 هو العنصر المحايد ل *

(ج) ليكن x و y من \mathbb{Z}

$$x * y = 2 \Leftrightarrow x + y - 2 = 2 \Leftrightarrow y = 4 - x$$

إذن لكل x من \mathbb{Z} مماثل بالنسبة ل * هو $4 - x$ القانون * تبادلي و تجميعي ويقبل عنصرا محايد هو 2 ولكل x من \mathbb{Z} مماثل بالنسبة ل * هو $4 - x$ إذن $(\mathbb{Z}, *)$ زمرة تبادلية.(2) أ لدينا $(\forall (x, y) \in \mathbb{Z}^2); f(x) T f(y) = (x + 2)(y + 2) - 2(x + 2) - 2(y + 2) + 6$

$$= xy + 2x + 2y + 4 - 2x - 4 - 2y - 4 + 6$$

$$= xy + 2$$

$$= f(xy)$$

إذن $(\forall (x, y) \in \mathbb{Z}^2); f(x \times y) = f(x) T f(y)$ نستنتج أن f تشاكل من (\mathbb{Z}, \times) نحو (\mathbb{Z}, T) وبما أن لكل x من \mathbb{Z} سابق و حيد ب f في \mathbb{Z} هو $x - 2$ فإن f تقابل من \mathbb{Z} نحو \mathbb{Z} و منه : f تشاكل تقابلي من (\mathbb{Z}, \times) نحو (\mathbb{Z}, T) (ب) لدينا $(\forall (x, y, z) \in \mathbb{Z}^3); (x * y) T z = (x + y - 2) T z$

$$= (x + y - 2) z - 2(x + y - 2) - 2z + 6$$

$$= (xz - 2x - 2z + 6) + (yz - 2y - 2z + 6) - 2$$

$$= (x T z) + (y T z) - 2$$

$$= (x T z) * (y T z)$$

و منه

$(\forall (x, y, z) \in \mathbb{Z}^3); (x * y) T z = (x T z) * (y T z)$

(3) لدينا $(\forall (x, y) \in \mathbb{Z}^2); x T y = y T x$ إذن القانون T تبادلي.وحسب السؤال (2) ب) نستنتج أن القانون T توزيعي على القانون *

بما أن f تشاكل تقابلي من (\mathbb{Z}, \times) نحو (\mathbb{Z}, T) و \times تجميعي في \mathbb{Z} فإن T تجميعي في \mathbb{Z}
و بما أن $(\mathbb{Z}, *)$ زمرة تبادلية و T تجميعي و تبادلي و توزيعي على القانون $*$ فإن $(\mathbb{Z}, *, T)$ حلقة تبادلية

لنبين أن القانون T يقبل عنصرا محايدا e في \mathbb{Z}
 $(\forall x \in \mathbb{Z}), xTe = x \Leftrightarrow xe - 2x - 2e + 6 = x$
 $\Leftrightarrow \forall x \in \mathbb{Z}; x(e - 3) = 2(e - 3)$
 $\Leftrightarrow e = 3$
 إذن $\forall x \in \mathbb{Z}; xT3 = 3Tx = x$ هو العنصر المحايد للقانون T
 نستنتج من كل ما سبق أن

$(\mathbb{Z}, *, T)$ حلقة تبادلية و واحدة

(4) أ) لدينا
 $xTy = 2 \Leftrightarrow xy - 2x - 2y + 6 = 2$
 $\Leftrightarrow xy - 2x - 2y + 4 = 0$
 $\Leftrightarrow x(y - 2) - 2(y - 2) = 0$
 $\Leftrightarrow (x - 2)(y - 2) = 0$
 $\Leftrightarrow x = 2 \text{ أو } y = 2$

إذن

$$xTy = 2 \Leftrightarrow x = 2 \text{ أو } y = 2$$

(ب) لدينا $xTy = 2 \Leftrightarrow x = 2 \text{ أو } y = 2$ حيث 2 هو صفر الحلقة $(\mathbb{Z}, *, T)$
 إذن

$(\mathbb{Z}, *, T)$ حلقة كاملة

(ج) لدينا $(\mathbb{Z}, *, T)$ حلقة تبادلية و واحدة
 ولدينا $(\forall x \in \mathbb{Z} / \{2\}); xTy = 3 \Leftrightarrow xy - 2x - 2y + 6 = 3$
 $\Leftrightarrow y(x - 2) = 2x - 3$
 $\Leftrightarrow y = \frac{2x - 3}{x - 2}$
 من أجل $x = 5$ نحصل على $y = \frac{7}{3} \notin \mathbb{Z}$
 إذن 5 ليس له مقلوبا بالنسبة ل T
 نستنتج أن

$(\mathbb{Z}, *, T)$ ليس جسم

التمرين الثاني

I

(1) مميز المعادلة: $2z^2 - (3 + i\sqrt{3})az + (1 + i\sqrt{3})a^2 = 0$

لدينا $\Delta = (3 + i\sqrt{3})^2 a^2 - 8(1 + i\sqrt{3}) a^2 = (9 + 6i\sqrt{3} - 3 - 8(1 + i\sqrt{3})) a^2 = (-2 - 2i\sqrt{3}) a^2 = (-1 + i\sqrt{3})^2 a^2$

إذن

$$\Delta = (-1 + i\sqrt{3})^2 a^2$$

(2) بما أن $a \in \mathbb{C}^*$ فإن لـ (E) حلين مختلفين هما :

$$z_2 = \frac{(3+i\sqrt{3})a - (-1+i\sqrt{3})a}{4} = a \text{ و } z_1 = \frac{(3+i\sqrt{3})a + (-1+i\sqrt{3})a}{4} = \frac{a + ai\sqrt{3}}{2}$$

ومنه مجموعة حلول (E) هي :

$$S = \left\{ a, \frac{a + ai\sqrt{3}}{2} \right\}$$

II

$$\frac{a}{b} = e^{i\frac{-\pi}{3}} \Rightarrow \begin{cases} \left| \frac{a}{b} \right| = 1 \\ \arg\left(\frac{a}{b}\right) \equiv \frac{-\pi}{3} [2\pi] \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{OA}{OB} = 1 \\ \widehat{(OA, OB)} \equiv \frac{-\pi}{3} [2\pi] \end{cases} \quad (1) \text{ لدينا}$$

إذن

المثلث OAB متساوي الأضلاع

(2) أ) لدينا r دوران مركزه M وزاويته $\frac{\pi}{3}$ إذن r^{-1} دوران مركزه M وزاويته $-\frac{\pi}{3}$

$$\begin{cases} B_1 = r(B) \\ A_1 = r^{-1}(A) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b_1 - z = e^{i\frac{\pi}{3}}(b - z) \\ a_1 - z = e^{-i\frac{\pi}{3}}(a - z) \end{cases} \quad \text{إذن}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a_1 = z + \left(\frac{1}{2} - \frac{i\sqrt{3}}{2} \right) (a - z) \\ b_1 = z + \left(\frac{1}{2} + \frac{i\sqrt{3}}{2} \right) (b - z) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a_1 = \left(\frac{1}{2} - \frac{i\sqrt{3}}{2} \right) a + z \left(1 - \frac{1}{2} + \frac{i\sqrt{3}}{2} \right) \\ b_1 = z \left(1 - \frac{1}{2} - \frac{i\sqrt{3}}{2} \right) + \left(\frac{1}{2} + \frac{i\sqrt{3}}{2} \right)^2 a \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a_1 = \left(\frac{1}{2} - \frac{i\sqrt{3}}{2}\right)a + z\left(\frac{1}{2} + \frac{i\sqrt{3}}{2}\right) \\ b_1 = z\left(\frac{1}{2} - \frac{i\sqrt{3}}{2}\right) + \left(-\frac{1}{2} + \frac{i\sqrt{3}}{2}\right)a \end{cases}$$

و منه

$$\begin{cases} a_1 = \left(\frac{1}{2} - \frac{i\sqrt{3}}{2}\right)a + \left(\frac{1}{2} + \frac{i\sqrt{3}}{2}\right)z \\ b_1 = \left(-\frac{1}{2} + \frac{i\sqrt{3}}{2}\right)a + \left(\frac{1}{2} - \frac{i\sqrt{3}}{2}\right)z \end{cases}$$

ب) لدينا $a_1 + b_1 = z$ إذن $\overrightarrow{OA_1} + \overrightarrow{OB_1} = \overrightarrow{OM}$ و منه

الرابعي OA_1MB_1 متوازي أضلاع

$$\begin{cases} a_1 - z = \left(\frac{1}{2} - \frac{i\sqrt{3}}{2}\right)a + \left(-\frac{1}{2} + \frac{i\sqrt{3}}{2}\right)z \\ b_1 - z = \left(-\frac{1}{2} + \frac{i\sqrt{3}}{2}\right)a + \left(-\frac{1}{2} - \frac{i\sqrt{3}}{2}\right)z \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} z - a_1 = e^{\frac{-i\pi}{3}}(z - a) \\ b_1 - z = ae^{\frac{i2\pi}{3}} - e^{\frac{i\pi}{3}}z \end{cases} \quad (3) \text{ لدينا}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a_1 - z = e^{\frac{i2\pi}{3}}(z - a) \\ b_1 - z = -e^{\frac{i\pi}{3}}\left(z - ae^{\frac{i\pi}{3}}\right) \end{cases} \Rightarrow \frac{z - b_1}{z - a_1} = -e^{\frac{-i\pi}{3}} \frac{\left(z - a \times \frac{b}{a}\right)}{z - a}$$

$$\Rightarrow \frac{z - b_1}{z - a_1} = -\frac{a}{b} \times \frac{(z - b)}{z - a}$$

وأخيرا

$$\frac{z - b_1}{z - a_1} = -\frac{a}{b} \times \frac{z - b}{z - a}$$

ب) المثلث OAB متساوي الأضلاع إذن النقط M و O و A و B غير مستقيمة .

$$M \text{ و } O \text{ و } A \text{ و } B \text{ متداورة} \Leftrightarrow \frac{b-z}{a-z} \div \frac{b-0}{a-0} \in \mathbb{R}$$

ومنه النقط

$$\Leftrightarrow \frac{b-z}{a-z} \times \frac{a}{b} \in \mathbb{R}$$

$$\Leftrightarrow -\frac{z-b_1}{z-a_1} \in \mathbb{R}$$

$$\Leftrightarrow M \text{ و } A_1 \text{ و } B_1 \text{ مستقيمة}$$

نستنتج أن

النقط M و O و A و B متداورة يكافئ M و A_1 و B_1 مستقيمة

التمرين الثالث (الحسابيات)

(1) لدينا $n > 1$ و يحقق $3^n - 2^n \equiv 0[n]$ و p أصغر قاسم أولي موجب ل n

$$\left\{ \begin{array}{l} n | 3^n - 2^n \\ p | n \end{array} \right. \text{ و منه } p | 3^n - 2^n \text{ و بالتالي } 3^n - 2^n \equiv 0[p]$$

لنبين أن $p \geq 5$

لدينا $\left(p = 3 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 3 | 2^n \\ 3 | 3^n - 2^n \end{array} \Rightarrow 3 | 2^n \Rightarrow 3 | 2 \right. \right) \text{ و } \left(p = 2 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 2 | 2^n \\ 2 | 3^n - 2^n \end{array} \Rightarrow 2 | 3^n \Rightarrow 2 | 3 \right. \right)$
و بما أن 2 لا يقسم 3 و 3 لا يقسم 2 فإن (الإستلزام المضاى للعكس) $p \neq 2$ و $p \neq 3$ نستنتج أن $p \geq 5$ و منه

$$p \geq 5 \text{ و } 3^n - 2^n \equiv 0[p]$$

(ب) بما أن $p \geq 5$ فإن p لا يقسم 2 و p لا يقسم 3
إذن حسب مبرهنة فرما الصغرى

$$3^{p-1} \equiv 1[p] \text{ و } 2^{p-1} \equiv 1[p]$$

(ج) بما أن p أصغر قاسم أولي موجب ل n فإن جميع قواسم $p-1$ لا تقسم n باستثناء 1
نستنتج أن $(p-1) \wedge n = 1$

إذن حسب مبرهنة بوزو يوجد (α, β) من \mathbb{Z}^2 بحيث $\alpha n + \beta(p-1) = 1$
و بوضع $\alpha = a$ و $\beta = -b$ نحصل على المطلوب

$$\exists (a, b) \in \mathbb{Z}^2; an - b(p-1) = 1$$

$$\left\{ \begin{array}{l} an - b(p-1) = 1 \\ a = q(p-1) + r \end{array} \right. \Rightarrow 1 + b(p-1) = nq(p-1) + nr \Rightarrow nr = 1 + (b - nq)(p-1) \quad \text{د) لدينا}$$

بوضع $k = b - nq$ نحصل على $nr = 1 + k(p-1)$ مع $k \in \mathbb{Z}$

بقي أن نبين أن $k \in \mathbb{N}$

يكفي أن نبين أن $r \geq 1$

حسب السؤال ج) لدينا $(p-1) \wedge a = 1$ وبما أن $p-1 \geq 4$ فإن $p-1$ لا يقسم a ومنه $r \geq 1$

وبما أن $n > 1$ فإن $nr > 1$ ومن $nr-1 = k(p-1)$ نستنتج أن $k \in \mathbb{N}$

خلاصة

يوجد عدد صحيح طبيعي k يحقق $nr = 1 + k(p-1)$

(2) نفترض أنه يوجد $n > 1$ و يحقق الخاصية (R)

لدينا حسب السؤال ب) $2^{p-1} \equiv 1[p]$ و $3^{p-1} \equiv 1[p]$ ولدينا $k \in \mathbb{N}$ إذن $2^{k(p-1)} \equiv 1[p]$ و $3^{k(p-1)} \equiv 1[p]$

وبما أن $nr-1 = k(p-1)$ فإن $2^{nr-1} \equiv 1[p]$ و $3^{nr-1} \equiv 1[p]$ ومنه $2^{nr} \equiv 2[p]$ و $3^{nr} \equiv 3[p]$

نستنتج أن $3^{nr} - 2^{nr} \equiv 1[p]$ (1)

و حسب السؤال 1) $3^n - 2^n \equiv 0[p]$ (أ)

يعني أن $3^n \equiv 2^n[p]$ أي أن $3^{nr} \equiv 2^{nr}[p]$ ما يعني أن $3^{nr} - 2^{nr} \equiv 0[p]$ (2)

من (1) و (2) نستنتج أن $1 \equiv 0[p]$ أي أن p يقسم 1 وهذا تناقض

إذن الافتراض الأول خاطئ

خلاصة:

لا يوجد عدد صحيح طبيعي n أكبر قطعاً من 1 و يحقق الخاصية (R)

المسألة

الجزء الأول

(1) لدينا $h(1) = 1 = \lim_{x \rightarrow 1^+} \frac{1}{x} \frac{1}{\ln x} = \lim_{x \rightarrow 1^+} \frac{x-1}{x \ln x} = \lim_{x \rightarrow 1^+} h(x)$ (لأن $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{\ln x}{x-1} = 1$)

نستنتج أن

h متصلة على يمين 1

ب) لدينا $\ln x < x-1 \Rightarrow \int_1^x \frac{1}{t} dt < \int_1^x 1 dt \Rightarrow \ln x < x-1$ ($\forall t \geq x > 1$); $\frac{1}{t} < 1$

إذن

$(\forall x > 1); \ln x < x-1$

لدينا $h'(x) = \frac{x \ln x - (x-1)(\ln x + 1)}{(x \ln x)^2} = \frac{\ln x - (x-1)}{(x \ln x)^2}$ ($\forall x > 1$)

وبما أن $(\forall x > 1); \ln x < x-1$ فإن $(\forall x > 1); h'(x) < 0$

إذن

h تناقصية قطعاً على $]1, +\infty[$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{x} = 0 \text{ و } \lim_{x \rightarrow +\infty} \ln x = +\infty \text{ لأن } \lim_{x \rightarrow +\infty} h(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{x-1}{x \ln x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1-\frac{1}{x}}{\ln x} = 0 \quad (2)$$

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

جدول تغيرات h

x	1	$+\infty$
$h'(x)$		-
$h(x)$	1	0

ب) بما أن h متصلة و تناقصية قطعاً على $[1, +\infty[$ فإن $]0, 1[= \lim_{x \rightarrow +\infty} h(x); h(1) =]0, 1[$ ومنه $\forall x \geq 1; h(x) \in]0, 1[$ نستنتج أن

$$\forall x \geq 1; 0 < h(x) \leq 1$$

الجزء الثاني

$$(\forall x > 1); \int_x^{x^2} \frac{1}{t \ln t} dt = \left[\ln |\ln t| \right]_x^{x^2} = \ln |\ln x^2| - \ln |\ln x| = \ln \left| \frac{2 \ln x}{\ln x} \right| = \ln 2 \quad (1) \text{ لدينا}$$

إذن

$$\forall x > 1; \int_x^{x^2} \frac{1}{t \ln t} dt = \ln 2$$

ب) لدينا

$$(\forall x > 1); g(x) - g(2) = \int_x^{x^2} \frac{1}{\sqrt{t} \ln t} dt - \ln 2 = \int_x^{x^2} \frac{1}{\sqrt{t} \ln t} dt - \int_x^{x^2} \frac{1}{t \ln t} dt = \int_x^{x^2} \left(\frac{1}{\sqrt{t} \ln t} - \frac{1}{t \ln t} \right) dt = \int_x^{x^2} \frac{\sqrt{t}-1}{t \ln t} dt$$

إذن

$$(\forall x > 1); g(x) - g(2) = \int_x^{x^2} \frac{\sqrt{t}-1}{t \ln t} dt$$

$$\begin{cases} t = x \Rightarrow \alpha = \sqrt{t} = \sqrt{x} \\ t = x^2 \Rightarrow \alpha = \sqrt{t} = x \end{cases} \quad \text{ج) باستعمال مكاملة بتغيير المتغير و بوضع } \sqrt{t} = \alpha \text{ نحصل على}$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{1}{2\sqrt{t}} \Rightarrow dt = 2\sqrt{t} d\alpha$$

$$(\forall x > 1); g(x) - g(2) = \int_x^{x^2} \frac{\sqrt{t}-1}{t \ln t} dt = \int_{\sqrt{x}}^x \frac{\alpha-1}{\alpha^2 \ln \alpha^2} 2\alpha d\alpha = \int_{\sqrt{x}}^x \frac{\alpha-1}{\alpha \ln \alpha} d\alpha = \int_{\sqrt{x}}^x \frac{t-1}{t \ln t} dt \quad \text{ومنه}$$

نستنتج أن

$$(\forall x > 1); g(x) - g(2) = \int_{\sqrt{x}}^x \frac{t-1}{t \ln t} dt$$

(2) أ) لدينا $\forall x > 1; \sqrt{x} \leq t \leq x$

h تناقصية قطعاً على $[1, +\infty[$ و $[1, +\infty[\subset]\sqrt{x}, x]$ إذن h تناقصية قطعاً على $[\sqrt{x}, x]$

$$\forall x > 1; \sqrt{x} \leq t \leq x \Rightarrow h(x) \leq h(t) \leq h(\sqrt{x}) \Rightarrow \int_{\sqrt{x}}^x h(x) dt \leq \int_{\sqrt{x}}^x h(t) dt \leq \int_{\sqrt{x}}^x h(\sqrt{x}) dt \quad \text{ومنه}$$

$$\Rightarrow (x - \sqrt{x})h(x) \leq g(x) - \ln 2 \leq (x - \sqrt{x})h(\sqrt{x})$$

و بالتالي

$$(\forall x > 1); (x - \sqrt{x})h(x) \leq g(x) - \ln 2 \leq (x - \sqrt{x})h(\sqrt{x})$$

$$(\forall x > 1); \frac{(x - \sqrt{x})h(x)}{x-1} \leq \frac{g(x) - \ln 2}{x-1} \leq \frac{(x - \sqrt{x})h(\sqrt{x})}{x-1} \quad \text{ب) لدينا حسب (2) أ) من الجزء الثاني}$$

$$(\forall x > 1); \frac{\sqrt{x}h(x)}{\sqrt{x}+1} \leq \frac{g(x) - \ln 2}{x-1} \leq \frac{\sqrt{x}h(\sqrt{x})}{\sqrt{x}+1} \quad \text{و بعد إختزال } \sqrt{x}-1 \text{ نحصل على}$$

$$\lim_{x \rightarrow 1^+} \frac{g(x) - \ln 2}{x-1} = \frac{1}{2} \quad \text{فإن} \quad \lim_{x \rightarrow 1^+} \frac{\sqrt{x}h(x)}{\sqrt{x}+1} = \lim_{x \rightarrow 1^+} \frac{\sqrt{x}h(\sqrt{x})}{\sqrt{x}+1} = \frac{1}{2}$$

و بما أن

نستنتج أن

$$g'_d(1) = \frac{1}{2} \quad \text{قابلة للإشتقاق على يمين 1 وأن}$$

$$(\forall x > 1); (x - \sqrt{x})h(x) \leq g(x) - \ln 2 \quad \text{ج) لدينا}$$

$$(\forall x > 1); (x - \sqrt{x}) \frac{x-1}{x \ln x} + \ln 2 \leq g(x) \quad \text{يستلزم}$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} (x - \sqrt{x}) \frac{x-1}{x \ln x} + \ln 2 = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\sqrt{x}}{\ln x} (\sqrt{x}-1) \frac{x-1}{x} + \ln 2 = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\sqrt{x}}{2 \ln \sqrt{x}} (\sqrt{x}-1) \left(1 - \frac{1}{x}\right) + \ln 2 = +\infty$$

و لدينا $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\sqrt{x}}{2 \ln \sqrt{x}} (\sqrt{x}-1) \left(1 - \frac{1}{x}\right) + \ln 2 = +\infty$

إذن حسب خاصيات النهايات و الترتيب نستنتج أن

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

$$(\forall x > 1); \frac{(x - \sqrt{x})h(x) + \ln 2}{x} \leq \frac{g(x)}{x} \leq \frac{(x - \sqrt{x})h(\sqrt{x}) + \ln 2}{x} \text{ كما لدينا}$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{(x - \sqrt{x})h(x) + \ln 2}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{(x - \sqrt{x}) \frac{x-1}{x \ln x} + \ln 2}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \left(\frac{1}{\ln x} - \frac{1}{\sqrt{x} \ln x} \right) \left(1 - \frac{1}{x} \right) + \frac{\ln 2}{x} = 0 \text{ وبما أن}$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{(x - \sqrt{x})h(\sqrt{x}) + \ln 2}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{(x - \sqrt{x}) \frac{\sqrt{x}-1}{\sqrt{x} \ln \sqrt{x}} + \ln 2}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{(\sqrt{x}-1)^2}{x \ln \sqrt{x}} + \frac{\ln 2}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{x}}\right)^2}{\ln \sqrt{x}} + \frac{\ln 2}{x} = 0 \text{ و}$$

فإن حسب خاصيات النهايات و الترتيب نستنتج أن

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{g(x)}{x} = 0$$

(3) (أ) الدالة $t \rightarrow \frac{1}{\sqrt{t} \ln t}$ متصلة على المجال $]1, +\infty[$ إذن تقبل دالة أصلية φ على هذا المجال

نستنتج أن $\forall x > 1; g(x) = \varphi(x^2) - \varphi(x)$

بما أن φ قابلة للاشتقاق على المجال $]1, +\infty[$ فإن g قابلة للاشتقاق على المجال $]1, +\infty[$ كمركب دوال قابلة للاشتقاق

$$(\forall x > 1); g'(x) = 2x\varphi'(x^2) - \varphi'(x) = 2x \frac{1}{x \ln x^2} - \frac{1}{\sqrt{x} \ln x} = \frac{\sqrt{x}-1}{\sqrt{x} \ln x} = \frac{\sqrt{x}-1}{2\sqrt{x} \ln \sqrt{x}} = \frac{1}{2} h(\sqrt{x}) \text{ ولدينا}$$

و منه

$$\forall x > 1; g'(x) = \frac{1}{2} h(\sqrt{x})$$

$$(\forall x \geq 1); 1 \leq \sqrt{x} \leq x \xrightarrow{h \searrow} h(x) \leq h(\sqrt{x}) \leq h(1) \xrightarrow{(h(x) > 0)} \frac{1}{2} h(x) \leq \frac{1}{2} h(\sqrt{x}) \leq \frac{h(1)}{2} \Rightarrow 0 < g'(x) \leq \frac{1}{2} \text{ لدينا: (ب)}$$

إذن

$$\forall x \geq 1; 0 < g'(x) \leq \frac{1}{2}$$

و منه جدول تغيرات الدالة g

x	1	$+\infty$
$g'(x)$		+
$g(x)$	$\ln 2$	$+\infty$

(ج) منحنى الدالة g

الجزء الثالث

I (1) الدالة قابلة للإشتقاق على $[1, +\infty[$ و $k'(x) = g'(x) - 1$ ($\forall x \in [1, +\infty[$)ولدينا $\forall x \in [1, +\infty[; -1 < g'(x) - 1 \leq -\frac{1}{2} \Rightarrow \forall x \in [1, +\infty[; -1 < k'(x) \leq -\frac{1}{2}$ نستنتج أن $\forall x \in [1, +\infty[; k'(x) < 0$ ومنه k تناقصية قطعاً على $[1, +\infty[$ و بما أنها متصلة عليه فإنها تقابل من $[1, +\infty[$ نحو $k([1, +\infty[)$ مع $k([1, +\infty[) =]\lim_{x \rightarrow +\infty} k(x), k(1)]$

$$k(1) = \ln 2 \text{ و } \left(\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{g(x)}{x} = 0 \text{ لأن } \lim_{x \rightarrow +\infty} k(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} g(x) - x + 1 = \lim_{x \rightarrow +\infty} x \left(\frac{g(x)}{x} - 1 \right) = -\infty \right)$$

نستنتج أن $k([1, +\infty[) =]-\infty, \ln 2]$

ومنه

$$k \text{ تقابل من } [1, +\infty[\text{ نحو }]-\infty, \ln 2]$$

(2) بما أن $0 \in]-\infty, \ln 2]$ فإن ل 0 سابق وحيد α بالدالة k من المجال $[1, +\infty[$ إذن $k(\alpha) = 0$ ومنه $g(\alpha) - \alpha + 1 = 0$

نستنتج أنه

$$\exists ! \alpha \in [1, +\infty[/ 1 + g(\alpha) = \alpha$$

II (1) برهان بالترجع

لدينا $1 \leq u_0 < \alpha$ ليكن n من \mathbb{N} نفترض أن $1 \leq u_n < \alpha$

$$1 \leq u_n < \alpha \xrightarrow{(g \nearrow)} g(1) \leq g(u_n) < g(\alpha) \quad \text{لدينا}$$

$$\Rightarrow \ln 2 \leq u_{n+1} - 1 < \alpha - 1$$

$$\Rightarrow \ln 2 + 1 \leq u_{n+1} < \alpha$$

$$\Rightarrow 1 \leq u_{n+1} < \alpha$$

إذن حسب مبدأ التراجع

$$\forall n \in \mathbb{N}; 1 \leq u_n < \alpha$$

(ب) لدينا $(\forall n \in \mathbb{N}); u_{n+1} - u_n = 1 + g(u_n) - u_n = k(u_n)$ كما لدينا $(\forall n \in \mathbb{N}); u_n < \alpha \xrightarrow{(k \searrow)} k(u_n) > k(\alpha)$ وبما أن $k(\alpha) = g(\alpha) - \alpha + 1 = 0$ نستنتج أن $\forall n \in \mathbb{N}; u_{n+1} - u_n > 0$

(u_n) متتالية تزايدية قطعاً

(ج) (u_n) متتالية تزايدية قطعاً و مكبورة ب α إذن فهي متقاربة و لتكن l نهايتها
لدينا $1 \leq l \Rightarrow \forall n \in \mathbb{N}; 1 \leq u_n < \alpha \Rightarrow g$ متصلة على $[1, +\infty[$ فإن g متصلة عند l
إذن $(\forall n \in \mathbb{N}); u_{n+1} = 1 + g(u_n) \Rightarrow l = 1 + g(l) \Rightarrow k(l) = 0 \Rightarrow l = \alpha$
و بالتالي

$$\lim u_n = \alpha$$

(2) أ) لدينا $\forall n \in \mathbb{N}; [u_n, \alpha] \subset [1, +\infty[$
إذن g متصلة على $[u_n, \alpha]$ و قابلة للإشتقاق على $]u_n, \alpha[$ و منه حسب مبرهنة التزايديات المنتهية لدينا

$$\exists c \in]u_n, \alpha[; \frac{g(u_n) - g(\alpha)}{u_n - \alpha} = g'(c)$$

و بما أن لكل n من \mathbb{N} لدينا: $1 \leq u_n < c < \alpha \Rightarrow c > 1 \Rightarrow 0 < g'(c) \leq \frac{1}{2} \Rightarrow |g'(c)| \leq \frac{1}{2}$
فإن $\forall n \in \mathbb{N}; \left| \frac{g(u_n) - g(\alpha)}{u_n - \alpha} \right| = |g'(c)| \leq \frac{1}{2}$ ما يستلزم أن $|g(u_n) - g(\alpha)| \leq \frac{1}{2} |u_n - \alpha|$
و بما أن $(\forall n \in \mathbb{N}); g(u_n) - g(\alpha) = u_{n+1} - \alpha$ فإن

$$\forall n \in \mathbb{N}; |u_{n+1} - \alpha| \leq \frac{1}{2} |u_n - \alpha|$$

(ب) برهان بالترجع
من أجل $n = 0$ العلاقة تكتب $|u_0 - \alpha| \leq |u_0 - \alpha|$ وهذا صحيح
ليكن n من \mathbb{N} نفترض أن $|u_n - \alpha| \leq \left(\frac{1}{2}\right)^n |u_0 - \alpha|$ و نبين أن $|u_{n+1} - \alpha| \leq \left(\frac{1}{2}\right)^{n+1} |u_0 - \alpha|$
لدينا $(\forall n \in \mathbb{N}); |u_{n+1} - \alpha| \leq \frac{1}{2} |u_n - \alpha| \leq \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2}\right)^n |u_0 - \alpha| \Rightarrow |u_{n+1} - \alpha| \leq \left(\frac{1}{2}\right)^{n+1} |u_0 - \alpha|$
و بالتالي و حسب مبدأ التراجع

$$\forall n \geq 0; |u_n - \alpha| \leq \left(\frac{1}{2}\right)^n |u_0 - \alpha|$$

(ج) بما أن $\lim \left(\frac{1}{2}\right)^n |u_0 - \alpha| = 0$ فإن $\lim |u_n - \alpha| = 0$
نستنتج أن

$$\lim u_n = \alpha$$

مرحب بملاحظاتكم عبر العنوان : y_mghazli@hotmail.com