

الرياضيات للثالثة ثانوي شعبة الرياضيات

رياضي والتقني رياضي



3 AS M - 3AS TM

40 تمرين محلول في القسمة ---*بكالوريا خارجية*---

المعداد الأستاذ: قليل مصطفى

تمارين محلولة (40 تمرين) بالتفصيل حول : القواسم والمضاعفات والقسمة في Z والموافقة والاعداد الأولية والتعداد من بكالوريات خارجية

تمارين بكالوريا خارجية

المعاد الأستاذ : مصطفى قليل



التمرين (1) Polynésie, juin 1999

- (1) بين انه من اجل كل عدد طبيعي n : $(2^{3n} - 1)$ يقبل القسمة على 7
استنتج ان $(2^{3n+1} - 2)$ مضاعف لـ 7 و $(2^{3n+2} - 4)$ مضاعف لـ 7
(2) عين بواقي قسمة 2^n على 7
(3) ليكن p عدد طبيعي و نعتبر $A_p = 2^p + 2^{2p} + 2^{3p}$ حيث :
(أ) إذا كان $p = 3n$ فما هو باقي قسمة A_p على 7
(ب) بين أنه إذا كان $p = 3n+1$ فان A_p يقبل القسمة على 7
(ج) ادرس الحالة $p = 3n+2$
(4) نعتبر a و b المكتوبان في النظام الثنائي على الشكل : $b = 1000100010000$ و $a = 1001001000$
تحقق أن a و b من الشكل A_p هل يقبلان القسمة على 7 ؟

حل التمرين (1) Polynésie, juin 1999

- لنضع $p(n)$ الخاصية $(2^{3n} - 1)$ مضاعف لـ 7
(1) نستعمل البرهان بالتراجع على $p(n)$: الخاصية صحيحة من اجل $n=0$ لان $(2^{3 \times 0} - 1) = 0$ مضاعف لـ 7
نفرض الخاصية صحيحة من اجل كل n : اي ان $(2^{3n} - 1) \equiv 0[7]$ ومنه نستنتج أن $2^{3n} \equiv 1[7]$ ونبرهن ان
 $2^{3n+3} \equiv 1[7]$ اي $2^{3(n+1)} \equiv 1[7]$
لدينا $2^{3n} \equiv 1[7]$ و منه $2^3 \times 2^{3n} \equiv 2^3[7]$ اي ان $2^{3n+3} \equiv 8[7]$ وهذا يعني $2^{3n+3} \equiv 1[7]$
إن $(2^{3n+3} - 1)$ مضاعف لـ 7 و منه الخاصية صحيحة من اجل كل عدد طبيعي n ان $(2^{3n} - 1)$ مضاعف لـ 7

- (2) دراسة بواقي قسمة 2^n على 7 :
 $2^0 \equiv 1[7]$ و $2^1 \equiv 2[7]$ و $2^2 \equiv 4[7]$ و $2^3 \equiv 1[7]$
إن بواقي قسمة 2 على 7 تشكل متتالية دورية دورها هو 3 و منه : من اجل : $n = 3k$: $2^n \equiv 1[7]$
و من اجل $n = 3k+1$: $2^n \equiv 2[7]$ و من اجل $n = 3k+2$: $2^n \equiv 4[7]$

- (3) (أ) إذا كان $p = 3n$ منه $A_p = 2^{3n} + 2^{6n} + 2^{9n}$ حيث $2^{3k} \equiv 1[7]$ منه $A_p \equiv 1+1+1[7]$

$$A_p \equiv 3[7] \text{ أي}$$

- (ب) إذا كان $p = 3n+1$ منه $A_p = 2^{3n+1} + 2^{6n+2} + 2^{9n+3}$ منه $A_p \equiv 2+4+1[7]$

$$A_p \equiv 0[7] \text{ أي منه مضاعف لـ 7}$$

- (ج) إذا كان $p = 3n+2$ فان $A_p = 2^{3n+2} + 2^{6n+4} + 2^{9n+6}$

فان $A_p = 2^{3n+2} + 2^{3(2n+1)+1} + 2^{3(3n+6)}$ منه $A_p \equiv 4+2+1[7]$ أي $A_p \equiv 0[7]$ منه مضاعف لـ 7

(4) في النظام الثنائي $a = 1 \times 2^9 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^3$ اذن $a = 2^p + 2^{2p} + 2^{3p}$ مع $p = 3$

اذن a من الشكل A_p

وكذلك $b = 1 \times 2^{12} + 1 \times 2^8 + 1 \times 2^4$ أي $a = 2^p + 2^{2p} + 2^{3p}$ مع $p = 4$ اذن b من الشكل

A_p

العدد a لا يقبل القسمة على 7 لأن $p = 3n$ و لدينا في هذه الحالة $A_p \equiv 3[7]$ اذن $a \equiv 3[7]$
العدد b يقبل القسمة على 7 لأن $p = 3n+1$ و $n=1$ وفي هذه الحالة $A_p \equiv 0[7]$ اذن b مضاعف لـ 7



التمرين (2) : Liban, juin 1999

نعتبر العدد الطبيعي غير المعدوم n ونضع :

$$a = 4n + 3 \text{ و } b = 5n + 2 \text{ و } d = \text{PGCD } a, b$$

(1) أتمم الجدول المقابل .

ماذا يمكن الاستنتاج بالنسبة للعدد d

(2) احسب $5a - 4b$ ثم استنتج القيم الممكنة لـ d

(3) نعتبر المعادلة : $E : 7k - 4n = 3$

حيث n و k عدنان طبيعيين غير معدومين

(أ) عين حلا خاصا للمعادلة E ثم جميع الحلول n, k لها

(ب) استنتج جميع الثنائيات الطبيعية n, k حلول E بحيث $4n + 3 = 7k$

(4) عين جميع الاعداد الطبيعية n بحيث يكون $5n + 2$ يقبل القسمة على 7

(5) ليكن r باقي القسمة الاقليدية للعدد n على 7 . استنتج من الأسئلة السابقة قيمة العدد r بحيث يكون $d = 7$

- من أجل أي قيمة للعدد r يكون $d = 1$ ؟

حل التمرين (2) Liban, juin 1999

(1) إتمام الجدول :

يظهر انه لما $n \equiv 1 \pmod{7}$ فان $d = 7$ وإلا فان $d = 1$

(2) حساب $5a - 4b$

$$5a - 4b = 7 \text{ اذن } 5a - 4b = 20n + 15 - 20n - 8 = 7$$

d يقسم العددين a و b ومنه d يقسم $5a$ و يقسم $4b$

ومنه يقسم $5a - 4b$ أي ان d لقسم 7

ومنه نستنتج ان القيم الممكنة لـ d هي 1 او 7

n	a	b	d
8	35	42	7
9	39	47	1
10	43	52	1
11	47	57	1
12	51	62	1
13	55	67	1
14	59	72	1
15	63	77	7
16	67	82	1
17	71	87	1

$$E \quad 7k - 4n = 3 \quad (3)$$

(أ) نلاحظ ان الثنائية 1;1 حل خاص للمعادلة E

$$\text{ومنه نجد : } \begin{cases} 7k - 4n = 3 \\ 7 \times 1 - 4 \times 1 = 3 \end{cases} \quad \text{اذن } 7k - 1 - 4n - 1 = 0$$

ومنه $7k - 1 = 4n - 1$ وهذا يعني 4 يقسم $7k - 1$

وبما أن 4 لا يقسم 7 فحسب مبرهنة

غوص فان العدد 4 يقسم $k - 1$ أي ان $k - 1 = 4p$

وينفس العمل نجد : $n - 1 = 7p$

$$\text{ومنه مجموعة الحلول } n; k \text{ هي : } \begin{cases} n = 1 + 7p \\ k = 1 + 4p \end{cases}, p \in \mathbb{N}$$

(ب) استنتاج جميع الثنائيات الطبيعية $n; k$ بحيث : $4n + 3 = 7k$ أي ان $7k - 4n = 3$ ومنه

$$\text{اذن } \begin{cases} p \geq -1/4 \\ p \geq -1/7 \end{cases} \text{ معناه } (n = 1 + 7p \geq 0 \text{ و } k = 1 + 4p \geq 0) \text{ اذن } p \geq 0$$

اذن الثنائيات التي تحقق هي : $1 + 7p; 1 + 4p$ حيث $p \geq 0$

(4) تعيين الاعداد الطبيعية n بحيث $5n + 2$ يقبل القسمة على 7 : أي $5n + 2 \equiv 0 \pmod{7}$

ليكن جدول بواقي القسمة التالي :

$n \equiv \dots 7$	0	1	2	3	4	5	6
$5n + 2 \equiv \dots 7$	2	0	5	3	1	6	4

من الجدول ينتج ان $5n + 2$ يقبل القسمة على 7 اذا كان $n \equiv 1 \pmod{7}$ أي ان $n = 7m + 1$ حيث m طبيعي

(5) لدينا $n \equiv 1 \pmod{7}$ ومن الأسئلة السابقة (3) لدينا $4n + 3 = 7k$ عندما $n \equiv 1 \pmod{7}$

وأیضا يكون $5n + 2 = 7k$ عندما $n \equiv 1 \pmod{7}$

وبالتالي لما يكون $n \equiv 1 \pmod{7}$ (أي $r = 1$) فان العددين a و b يقبلان القسمة على 7 ومنه $d = 7$

- من اجل كل القيم الأخرى للعدد r العددين a و b لا يقبلان القسمة على 7 وبالتالي $d = 1$



التمرين (3) France Juin 1999

n عدد طبيعي ، نعتبر الاعداد $a_n = 4 \times 10^n - 1$ ، $b_n = 2 \times 10^n - 1$ ، $c_n = 2 \times 10^n + 1$

(1) (أ) احسب a_1 ، b_1 ، c_1 ، a_2 ، b_2 ، c_2 و a_3 ، b_3 ، c_3 .

(ب) - بكم رقم في النظام العشري يتكون العددين a_n و c_n

- بين ان a_n و c_n يقبلان القسمة على 3 ، و ان b_3 عدد اولي .

(ج) بين انه من اجل كل عدد طبيعي n غير معدوم : $b_n \times c_n = a_{2n}$

- استنتج تحليلًا الى جداء عوامل أولية للعدد a_6

(د) بين انه من اجل كل عدد طبيعي n غير معدوم : $PGCD(b_n; c_n) = PGCD(c_n; 2)$

- (هـ) استنتج ان b_n و c_n اوليان فيما بينهما .
- (2) نعتبر في المجموعة $\mathbb{Z}^2$ المعادلة (E) $b_3x + c_3y = 1 \dots$
- (أ) بين ان المعادلة (E) تقبل على الأقل حلا في $\mathbb{Z}^2$.
- (ب) استعمل خوارزمية اقليدس للعددين b_3 ، c_3 ثم عين حلا خاصا للمعادلة (E) ،
- (ج) حل في $\mathbb{Z}^2$ هذه المعادلة .

حل التمرين (3) France Juin 1999

- (1) (أ) حساب الاعداد : $a_1 = 39$ ، $b_1 = 19$ ، $c_1 = 21$ و $a_2 = 399$ ، $b_2 = 199$ و $c_2 = 201$ و $a_3 = 3999$ ، $b_3 = 1999$ ، $c_3 = 2001$.
- (ب) من تعريف الكتابة العشرية لعدد يمكن القول ان a_n و c_n لهما $(n+1)$ رقما -
 تبيان ان a_n و c_n يقبلان القسمة على 3 : لدينا $10 \equiv 1[3]$ ومنه $10^n \equiv 1[3]$ و $4 \equiv 1[3]$ ومنه $4 \times 10^n - 1 \equiv 0[3]$ اذن $a_n \equiv 0[3]$ وهذا يعني a_n يقبل القسمة على 3 و $10^n \equiv 1[3]$ و $2 \equiv -1[3]$ ومنه $2 \times 10^n + 1 \equiv 0[3]$ اذن $c_n \equiv 0[3]$ وهذا يعني c_n يقبل القسمة على 3
 تبيان ان b_3 عدد اولي : لدينا $\sqrt{1999} \approx 44,7$.
 العدد 1999 لا يقبل القسمة على اي من الاعداد التالية $\{1; 2; 3; 5; 7; 11; 13; 17; 19; 23; 29; 31; 37; 41; 43\}$
 فهو اذن اولي ومنه b_3 عدد اولي

- (ج) تبيان ان : $b_n \times c_n = a_{2n}$ بتعويض c_n و b_n .
 $b_n \times c_n = (2 \times 10^n - 1)(2 \times 10^n + 1)$
 $b_n \times c_n = a_{2n}$ ومنه $b_n \times c_n = ((2 \times 10^n)^2 - (1)^2) = 4 \times 10^{2n} - 1 = a_{2n}$
 -استنتاج تحليل الى جداء عوامل أولية للعدد a_6 : من المساواة $a_{2n} = b_n \times c_n$ نجد
 $a_6 = a_{2(3)} = b_3 \times c_3 = 1999 \times 2001 = 1999 \times 3 \times 23 \times 29$
 (د) تبيان ان : $PGCD(b_n; c_n) = PGCD(c_n; 2)$: لدينا $b_n = 2 \times 10^n - 1$ ، $c_n = 2 \times 10^n + 1$ ومنه $c_n = 1 \times b_n + 2$ وبالتالي نجد
 $PGCD(b_n; c_n) = PGCD(c_n, 2)$

- (هـ) استنتاج ان b_n و c_n اوليان فيما بينهما : نضع $d = PGCD(b_n; c_n)$ ومنه $d = PGCD(c_n; 2)$ وبما ان $c_n = 2 \times 10^n + 1$ فانه فردي وبالتالي $d = PGCD(c_n; 2) = 1$ أي ان $d = PGCD(b_n; c_n) = 1$ وبالتالي b_n و c_n اوليان فيما بينهما

- (2) (E) $b_3x + c_3y = 1 \dots$ وهذه تعني $1999x + 2001y = 1$ ، $b_3 = 1999$ ، $c_3 = 2001$ اوليان فيما بينهما
 اي $PGCD(1999; 2001) = 1$ ومنه حسب مبرهنة بيزو المعادلة (E) تقبل على الأقل حلا في $\mathbb{Z}^2$.
 (ب) خوارزمية اقليدس للعددين b_3 ، c_3 : بقسمة c_3 على b_3 ثم القسمة المتتابعة بخوارزمية اقليدس نجد :
 $2001 = 1999 \times 1 + 2 = b_3 + 2$ و $c_3 = 2001 = 1999 \times 1 + 2 = b_3 + 2$ اذن $999c_3 = 999b_3 + 2 \times 999$
 ومنه $999c_3 = 999b_3 + (b_3 - 1)$ ومنه ينتج $1000b_3 - 999c_3 = 1$
 اذن $(1000; -999)$ حلا خاصا للمعادلة (E) ،
 (ج) حل في $\mathbb{Z}^2$ المعادلة :

$$\text{لدينا } \begin{cases} 1000b_3 - 999c_3 = 1 \\ b_3x + c_3y = 1 \end{cases} \text{ بالطرح نجد : } (1000-x)b_3 = (999+y)c_3 \dots (*)$$

b_3 يقسم $(999+y)c_3$ وبما ان b_3 ، c_3 اوليان فيما بينهما فانه حسب مبرهنة غوص b_3 يقسم $(999+y)$ ومنه $y = -999 + 1999k$ ومنه $999 + y = b_3.k$

وبالتعويض في (*) نجد $(1000-x)b_3 = b_3.kc_3$ ومنه $(1000-x) = kc_3$

اذن $x = 1000 - 2001.k$ وبالتالي $x = 1000 - c_3.k$

اذن مجموعة الحلول هي : $\{(1000 - 2001.k); (-999 + 1999k)\}$



التمرين (4): Asie Jain 1999

نعتبر في المجموعة $\mathbb{Z}^2$ المعادلة : $8x + 5y = 1 \dots (E)$

(1) جد حلا خاصا للمعادلة (E) ، ثم حل في المجموعة $\mathbb{Z}^2$ هذه المعادلة .

(2) ليكن N عددا طبيعيا حيث يوجد عدنان طبيعيان a و b يحققان : $\begin{cases} N = 8a + 1 \\ N = 5b + 2 \end{cases}$

(أ) بين ان الثنائية $(a; -b)$ حل للمعادلة (E) .

(ب) جد باقي القسمة الاقليدية للعدد N على 40 .

(3) حل في المجموعة $\mathbb{Z}^2$ المعادلة : $8x + 5y = 100$

(4) في القرن الثامن ، دفع مجموعة من الاشخاص من الجنسين 100 قطعة نقدية لفندق ، حيث دفع كل ذكر 8 قطع نقدية و دفعت كل انثى 5 قطع نقدية .
ما هو عدد الذكور و عدد الاناث في هذه المجموعة .

حل التمرين (4): Asie Jain 1999

$$8x + 5y = 1 \dots (E)$$

(1) الثنائية $(2; -3)$ حل خاص للمعادلة : $8(2) + 5(-3) = 1$

$$\text{لدينا : } \begin{cases} 8x + 5y = 1 \\ 8(2) + 5(-3) = 1 \end{cases} \text{ بالطرح نجد : } 8(x-2) + 5(y+3) = 0 \text{ ومنه } 8(x-2) = 5(-y-3)$$

$$x-2 = 5/8(x-2) \text{ فانه حسب مبرهنة غوص } 5/(x-2) \text{ أي } x-2 = 5k$$

$$\text{ومنه } x = 5k + 2$$

$$\text{وبالتعويض في } 8(x-2) = 5(-y-3) \text{ نجد } 8(5k) = 5(-y-3) \text{ أي } 8(5k) = 5(-y-3) \text{ اذن } -y-3 = 8k \text{ أي } y = -8k-3$$

$$S = \{(5k+2; -8k-3); k \in \mathbb{Z}\}$$

$$(2) \text{ لدينا } \begin{cases} N = 8a + 1 \\ N = 5b + 2 \end{cases}$$

(أ) الثنائية $(a; -b)$ حل للمعادلة (E) : $8a = N-1$ و $5b = N-2$ ومنه $8a - 5b = N-1 - N+2 = 1$

وهذه تعني : $8a + 5(-b) = 1$ ومنه $(a; -b)$ حل للمعادلة

(ب) باقي القسمة الاقليدية للعدد N على 40 :

لدينا من السؤال السابق $(a; -b)$ حل للمعادلة ومنه : $a = 5k + 2$ وبالتالي : $N = 8(5k + 2) + 1 = 40k + 17$

اذن $N = 40k + 17$ وتعني $N \equiv 17 [40]$ اذن باقي القسمة هو 17

(3) حل المعادلة (*) : $8x + 5y = 100$

بما ان $(2; -3)$ حل خاص للمعادلة (E) فان $(200; -300)$ حل خاص للمعادلة (*)

لدينا اذن : $\begin{cases} 8x + 5y = 100 \\ 8(200) + 5(-300) = 100 \end{cases}$ وبالتالي نفس الخطوات السابقة نجد مجموعة الحلول :

$$S = \{(5k + 200; -8k - 300)\}; k \in \mathbb{Z}$$

(4) من المعطيات نكتب : نسمي x عدد الذكور و y عدد الاناث : ومنه $8x + 5y = 100$

اذن حلول المسألة هي حلول المعادلة (*) ومنه $x = 5k + 200$ و $y = -8k - 300$ حيث $x > 0$ و $y > 0$

اذن $\begin{cases} 5k + 200 > 0 \\ -8k - 300 > 0 \end{cases}$ ومنه $\begin{cases} k > -40 \\ k < -37,5 \end{cases}$ اي $k \in \{-38, -39\}$ وبالتعويض في قيم x و y

نجد $(x; y) \in \{(10, 4); (5, 12)\}$



التمرين (5) : Pondichery, mai 2000

(1) (أ) من اجل $1 \leq n \leq 6$ احسب بواقي القسمة الاقليدية للعدد 3^n على 7

(ب) برهن انه من اجل كل عدد طبيعي n : $3^{n+6} - 3^n$ يقبل القسمة على 7 ثم استنتج ان 3^n و 3^{n+6} لهما

نفس باقي القسمة على 7

(ج) باستعمال النتائج السابقة , احسب باقي القسمة الاقليدية للعدد 3^{1000} على 7

(د) بصفة عامة كيف يمكن حساب بواقي القسمة الاقليدية للعدد 3^n على 7 من اجل n كيفي

(هـ) استنتج انه من اجل كل عدد طبيعي n فان 3^n اولي مع 7

$$(2) \text{ نضع من اجل } n \geq 2 : u_n = 1 + 3 + 3^2 + \dots + 3^{n-1} = \sum_{i=0}^{n-1} 3^i$$

$$(أ) \text{ بين أن : } u_n = \frac{1}{2} 3^n - 1$$

(ب) عين قيم العدد الطبيعي n بحيث يكون u_n قابلا للقسمة على 7

(ج) عين جميع قواسم u_6

حل التمرين (5) Pondichery, mai 2000

$$(1) (أ) 3^2 = 9 \equiv 2[7], 3^1 = 3 \equiv 3[7], 3^0 = 1 \equiv 1[7]$$

$$3^6 \equiv 1[7], 3^5 \equiv 5[7], 3^4 \equiv 4[7], 3^3 \equiv 3 \times 2[7] \equiv 6[7]$$

نلاحظ ان بواقي القسمة دورية ودورها 6

(ب) برهان ان : $3^{n+6} - 3^n$ يقبل القسمة على 7

$$3^6 - 1 = 3^6 - 3^0 = 3^6 - 1 \equiv 0[7] \text{ ونعلم ان } 3^6 \equiv 1[7] \text{ اذن } 3^6 - 1 \text{ يقبل القسمة على 7}$$

وبالتالي العدد : $3^{n+6} - 3^n$ يقبل القسمة على 7 أي ان : $3^{n+6} - 3^n \equiv 0 \pmod{7}$
و من الموافقة $3^{n+6} - 3^n \equiv 0 \pmod{7}$ نجد : $3^{n+6} \equiv 3^n \pmod{7}$ وهذا يعني ان 3^{n+6} و 3^n لهما نفس باقي القسمة على 7

(ج) لدينا $1000 = 6 \times 166 + 4$ اذن $3^{1000} = 3^{6 \times 166 + 4} = (3^6)^{166} \times 3^4$ وبما ان $3^6 \equiv 1 \pmod{7}$ و $3^4 \equiv 4 \pmod{7}$ فان $3^{1000} \equiv 4 \pmod{7}$

(د) من السؤال (1) (أ) وبما ان $3^6 \equiv 1 \pmod{7}$ يمكن الاستنتاج ان : $(3^6)^k \equiv 1^k \pmod{7}$ ومنه $3^{6k} \equiv 1 \pmod{7}$
وبالتالي : $3^{6k+1} \equiv 3 \pmod{7}$ و $3^{6k+2} \equiv 2 \pmod{7}$ و $3^{6k+3} \equiv 6 \pmod{7}$ و $3^{6k+4} \equiv 4 \pmod{7}$ و $3^{6k+5} \equiv 5 \pmod{7}$
(هـ) من هذه البواقي وهي : 1 او 3 او 2 او 6 او 4 او 5 فانه لا يوجد عدد طبيعي n يكون من اجله 3^n يقبل القسمة على 7
وبالتالي من اجل كل عدد طبيعي n فان 3^n اولي مع 7

(2) (أ) u_n هو مجموع n حدا لمتتالية هندسية حدها الأول 1 واساسها 3 ومنه :

$$u_n = \frac{1}{2} (3^n - 1) \quad \text{ومنه} \quad u_n = u_0 \times \frac{1 - q^n}{1 - q} = 1 \times \frac{1 - 3^n}{1 - 3}$$

(ب) يكون u_n قابلا القسمة على 7 عندما يكون $3^n \equiv 1 \pmod{7}$
ومن السؤال (1) (د) نجد ان $3^{6k+5} \equiv 5 \pmod{7}$ أي ان $n = 6k$ أي مضاعف للعدد 6
(ج) تعيين قواسم u_6 :

$$u_6 = \frac{3^6 - 1}{2} = \frac{1}{2} (3^3 - 1)(3^3 + 1) = \frac{1}{2} (2^2 \times 7 \times 13) \quad \text{وعدد قواسمه : } 3 \times 2 \times 2 = 12$$

اذن قواسم u_6 هي : 1 , 2 , 4 , 7 , 13 , 14 , 26 , 28 , 52 , 91 , 182 , 364



التمرين (6): La Réunion juin 2000

من أجل كل عدد طبيعي $n \geq 5$ نعتبر العددين الطبيعيين a و b بحيث : $a = n^3 - n^2 - 12n$ و

$$b = 2n^2 - 7n - 4$$

(1) بين أن a و b يقبلان القسمة على $(n-4)$.

(2) نضع $\alpha = 2n+1$ و $\beta = n+3$ وليكن d القاسم المشترك الأكبر لـ α و β

(أ) أوجد علاقة بين α و β مستقلة عن n .

(ب) بين أن d قاسم لـ 5 .

(ج) بين أن العددين α و β مضاعفان للعدد 5 إذا وفقط إذا كان $(n-2)$ مضاعفا لـ 5.

(د) عين قيم n التي من اجلها يكون $d = 5$

(3) بين أن $(2n+1)$ و n أوليان فيما بينهما.

(4) (أ) عين حسب قيم n القاسم المشترك الأكبر للعددين a و b .

(ب) تحقق من النتائج المحصل عليها في حالة $n = 11$ و $n = 12$.

حل التمرين (6): La Reunion juin 2000

(1) من أجل $n = 4$ نجد $a = 0$ و $b = 0$ أي ان العدد 4 جذر لكل من a و b ومنه كل من a و b يقبلان القسمة على $(n-4)$ وعليه نكتب: $b = (n-4)p(n) = (n-4)(2n+1)$ (باستعمال القسمة على $(n-4)$)

و $a = (n-4)Q(n) = n(n-4)(n+3)$ (باستعمال القسمة على $(n-4)$)

(2) لدينا $\alpha = 2n+1$ و $\beta = n+3$ و $d = PGCD(\alpha; \beta)$

(أ) لإيجاد علاقة مستقلة عن n تربط α و β لابد من التخلص من n .

$$2\beta - \alpha = 2(n+3) - (2n+1) = 5$$

اذن العلاقة التي تربط α و β هي: $2\beta - \alpha = 5$.

(ب) بما أن d يقسم α ويقسم β فإنه يقسم $2\beta - \alpha$ أي d يقسم 5. ومنه $d \in \{1, 5\}$

(ج) برهان ان : العددان α و β مضاعفان للعدد 5 تعني $(n-2)$ مضاعفا لـ 5 .

- نفرض 5 يقسم α ومنه 5 يقسم $2n+1$ بالتالي يقسم $2n+1-5 = 2n-4 = 2(n-2)$

وبما ان 5 اولي مع 2 فانه حسب مبرهنة غوص 5 يقسم $n-2$

- نفرض 5 يقسم β ومنه 5 يقسم $n+3$ بالتالي يقسم $n+3-5 = (n-2)$

و بالعكس إذا كان $(n-2)$ مضاعف للعدد 5 فإن $n-2 = 5k$ ومنه $n = 5k+2$ مع $k \in \mathbb{N}^*$

و بالتالي و $\beta = 5k+2+3 = 5k+5 = 5(k+1)$ أي ان β مضاعف للعدد 5

و يكون ايضا $\alpha = 2n+1 = 2(5k+2)+1 = 5(2k+1)$ أي ان α مضاعف للعدد 5

إذن يكون α و β مضاعفين للعدد 5

(د) $d = 5$ معناه $\alpha \equiv 0[5]$ و $\beta \equiv 0[5]$ (ومنه من السؤال (ج) $n-2 \equiv 0[5]$) اذن $n \equiv 2[5]$

أي ان قيم n حتى يكون $PGCD(\alpha; \beta) = 5$ هي: $n = 5k+2$ حيث k طبيعي

(3) بما أن $1(2n+1) + (-2)n = 1$ فهذا يعني وجود عدنان صحيحان u و v يحققان $u.(2n+1) + v.n = 1$

ومنه فإنه حسب مبرهنة بيزو $(2n+1)$ و n أوليان فيما بينهما

(4)(أ): تعيين $PGCD(a; b) = d$ حسب قيم n :

$$PGCD(a; b) = PGCD((n-4)n(n+3); (n-4)(2n+1))$$

$$= (n-4)PGCD(n(n+3); (2n+1))$$

و $n-4 > 0$ (لان $PGCD(a; b)$ عدد موجب) ومنه $n \geq 5$

ونضع $\delta = PGCD(n(n+3); (2n+1))$ ونبرهن ان $\delta = d$

لدينا من جهة $PGCD(\delta; n)$ يقسم n . ومن جهة أخرى $PGCD(\delta; n)$ يقسم δ اذن فانه يقسم

$2n+1$. ولينا ايضا $PGCD(\delta; n)$ هو قاسم مشترك لـ n و $2n+1$ الاوليين فيما بينهما حسب (3)

اذن $PGCD(\delta; n) = 1$ أي ان δ و n أوليان فيما بينهما

وبما ان δ يقسم $n(n+3)$ وهو اولي مع n فانه حسب غوص δ يقسم $n+3$

وهذا يبين ان δ قاسم مشترك للعددين $n+3$ و $2n+1$ وبالتالي δ يقسم قاسمهما المشترك الاكبر d واخيرا $d/n+3$ و $d/2n+1$ ومنه d قاسم مشترك لـ $2n+1$ و $n(n+3)$ وهذا يبين ان d/δ ان $d > 0$ و $\delta > 0$ و d/δ و δ/d) ان $d = \delta$

$$\text{لدينا } PGCD(a;b) = (n-4).d$$

- حسب ما سبق اذا كان $n \neq 5k+2$ (أي $n-2$ ليس مضاعف لـ 5) فان $PGCD(a;\beta) = 1$ وعليه $PGCD(n(n+3);2n+1) = 1$ إذن $PGCD(a;b) = (n-4) \times 1 = n-4$
- واذا كان $n = 5k+2$ ($n-2$ مضاعف للعدد 5) فان $PGCD(a;\beta) = 5$ (حسب السؤال السابق)

$$\text{إذن } PGCD(a;b) = (n-4) \times \delta = 5(n-4)$$

$$\text{الخلاصة : } PGCD(a;b) = (n-4).d = \begin{cases} 5(n-4) & n \equiv 2[5] \\ n-4 & n \not\equiv 2[5] \end{cases}$$

(ب) في حالة $n = 11$ يكون $(n-2)$ ليس مضاعفا للعدد 5 . (9 ليس مضاعف 5)
وبالتالي $PGCD(a;b) = n-4 = 11-4 = 7$ ($a = 11^3 - 11^2 - 12(11) = 1078 = 7 \times 154$ و $b = 2(11)^2 - 7(11) - 4 = 161 = 7 \times 23$)
في حالة $n = 12$ يكون $(n-2)$ مضاعف للعدد 5 ($a = 1440 = 40 \times 36$ و $b = 200 = 40 \times 5$)
و $PGCD(a;b) = 5(n-4) = 5(12-4) = 40$



التمرين (7) Asie juin 2000

- (1) - عَيِّن $PGCD(2688;3024)$
(2) - (أ) - تحقق ان المعادلتين $2688x + 3024y = -3360 \dots (1)$ و $8x + 9y = -10 \dots (2)$ متكافئتين .
(ب) - تحقق ان $(1; -2)$ حل خاص للمعادلة (2) .
(3) - نعتبر في الفضاء المنسوب إلى معلم متعامد ومتجانس $(O; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$ المستويين (P) و (P') اللذين معادلتهما على الترتيب : $(P): x + 2y - z + 2 = 0$ و $(P'): 3x - y + 5z = 0$
(أ) - بَيِّن أنَّ المستويين (P) و (P') يتقاطعان وفق مستقيم (D) .
(ب) - بَيِّن أنَّ إحداثيات نقط (D) تحقق المعادلة (2) ، ثم استنتج (E) مجموعة نقط (D) التي إحداثياتها أعداد صحيحة.

حل التمرين (7) Asie juin 2000

- (1) - تعيين $PGCD(2688;3024)$
 $2688 = 2^7 \times 3 \times 7$ و $3024 = 2^4 \times 3^3 \times 7$ ومنه $PGCD(2688;3024) = 2^4 \times 3 \times 7 = 336$
(2) (أ) - التحقق ان المعادلتين (1) و (2) متكافئتين .
 $2688x + 3024y = -3360$ بقسمة طوفا المعادلة بالعدد 336 نجد $8x + 9y = -10$

ومنه المعادلتان (1) و (2) متكافئتان .

(ب)- التحقق أن $(1; -2)$ حل خاص للمعادلة (2) :

$$8(1) + 9(-2) = -10 \text{ ومنه الثنائية } (1; -2) \text{ حل خاص للمعادلة (2)}$$

$$(3) \quad (P): x + 2y - z = -2 \text{ و } (P'): 3x - y + 5z = 0$$

(أ)- بيان أن المستويين (P) و (P') يتقاطعان وفق مستقيم (D) :

$$\vec{n}(1; 2; -1) \text{ و } \vec{n}'(3; -1; 5) \text{ هما الشعاعان الناظميان للمستويين وبما أن } \frac{1}{3} \neq \frac{2}{-1} \text{ فإن المستويين غير متوازيين}$$

ومنه فإنهما متقاطعين وفق مستقيم $(D) = (P) \cap (P')$

(ب)- بيان أن إحداثيات نقط (D) تحقق المعادلة (2) :

$$\begin{cases} 5z + 10y - 5z = -10 \\ 3x - y + 5z = 0 \end{cases} \text{ وتعني أيضا } \begin{cases} x + 2y - z = -2 \\ 3x - y + 5z = 0 \end{cases} \text{ معناه } M(x; y; z) \in (D)$$

وبالجمع نجد : $8x + 9y = -10$ وهي نفسها المعادلة (2)

نستنتج أن إحداثيات نقط (D) تحقق المعادلة (2)

- استنتاج (E) مجموعة نقط (D) التي إحداثياتها أعداد صحيحة:

$$\begin{cases} 8x + 9y = -10 \\ 8(1) + 9(-2) = -10 \end{cases} \text{ ومنه نجد بالطرح } 8(x-1) + 9(y+2) = 0$$

$$\text{اذن } 8(x-1) = 9(-y-2)$$

$$\text{لدينا } \begin{cases} 9/8(x-1) \\ PGCD(8; 9) = 1 \end{cases} \text{ ومنه حسب غوص } 9/(x-1) \text{ أي } x-1 = 9k \text{ ومنه نجد : } x = 9k + 1$$

$$\text{وبالتعويض نجد } 8(9k) = 9(-y-2) \text{ اذن } y = -8k - 2 \text{ حيث } k \in \mathbb{Z}$$

نستنتج أن مجموعة نقط (D) التي إحداثياتها أعداد صحيحة هي :

$$(E) = \{M(9k+1; -8k-2; z)\} \text{ حيث } (k; z) \in \mathbb{Z}^2$$

التمرين (8): Pondichery, juin 2001

(1) نعتبر في المجموعة $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$ المعادلة ذات المجهولين (n, m) : $11n - 24m = 1$: (1).....

(أ)- برر أن المعادلة (1) تقبل على الأقل حلا .

(ب)- باستخدام خوارزمية إقليدس عين حلا خاصا للمعادلة (1) .

(ج)- عين مجموعة حلول المعادلة (1) .

(2) ليكن (n, m) ثنائية كيفية من الأعداد الطبيعية حلا للمعادلة (1)

$$(أ)- \text{بين أنه يمكن أن نكتب : } (10^{11n} - 1) - 10(10^{24m} - 1) = 9$$

$$(ب)- \text{بين أن : } 10^{11} - 1 \text{ يقسم } (10^{11n} - 1) \text{ و أن } 10^{24} - 1 \text{ يقسم } (10^{24m} - 1)$$

$$(2) \quad \frac{a^n - 1}{a - 1} = (a^{n-1} + a^{n-2} + \dots + a + 1) : \text{ نذكر أنه من أجل كل عدد طبيعي غير معدوم } n$$

استنتج من السؤال السابق وجود عددين صحيحين N و M بحيث $(10^{11}-1)N - (10^{24}-1)M = 9$

(ج) - بين ان كل قاسم مشترك لـ $10^{24}-1$ و $10^{11}-1$ فهو يقسم كذلك 9

(د) - بين أن 9 يقسم $10^{11}-1$ و $10^{24}-1$.

هـ - استنتج مما سبق $PGCD(10^{11}-1; 10^{24}-1)$.

حل التمرين (8) *Pondichery, juin 2001*

(1) (أ) - لدينا $PGCD(11; 24) = 1$ إذن حسب مبرهنة بيزو يوجد عدنان صحيحان u و v بحيث

$$11u + 24v = 1 \quad . \quad \text{يكفي أن نضع } n = u \text{ و } m = -v$$

$$24 = 11 \times 2 + 2$$

(ب) - باستخدام خوارزمية إقليدس : $11 = 2 \times 5 + 1$

$$1 = 11 - 2 \times 5$$

إذن : $1 = 11 - (24 - 11 \times 2) \times 5$ الحل الخاص هو : $(11; 5)$

$$1 = 11 \times 11 - 24 \times 5$$

$$11n - 24m = 1$$

(ج) - لدينا

$$11 \times 11 - 24 \times 5 = 1$$

$$11(n-11) - 24(m-5) = 0$$

بالطرح طرفا من طرف نجد :

$$11(n-11) = 24(m-5)$$

بتطبيق مبرهنة غوص : 11 يقسم $24(m-5)$ و بما ان 11 و 24 اوليان فيما بينهما فان 11 يقسم $m-5$ أي

$m-5 = 11k$ ومنه $m = 5 + 11k$ وبالمثل نجد $n = 24k + 11$ وبالتالي مجموعة الحلول هي :

$$S = \{(24k + 11; 11k + 5); k \in \mathbb{Z}\}$$

(2) (أ) بالنشر نجد : $(10^{11n} - 1) - 10(10^{24m} - 1) = 10^{11n} - 1 - 10^{24m+1} + 10 = 10^{11n} - 10^{24m+1} + 9$

وبما ان : $11n = 24m + 1$ فان $10^{11n} = 10^{24m+1}$ ومنه $10^{11n} - 10^{24m+1} = 0$ وبالتالي

$$(10^{11n} - 1) - 10(10^{24m} - 1) = 9$$

(ب) اثبات أن : $10^{11} - 1$ يقسم $(10^{11n} - 1)$:

$$10^{11n} - 1 = (10^{11})^n - 1$$

ومن المساواة $a^n - 1 = (a-1)(a^{n-1} + a^{n-2} + \dots + a + 1)$ يمكن أن نكتب :

$$10^{11n} - 1 = (10^{11})^n - 1 = (10^{11} - 1)(1 + 10^{11} + (10^{11})^2 + \dots + (10^{11})^{n-1})$$

و بنفس الطريقة نبين ان : $10^{24} - 1$ يقسم $(10^{24m} - 1)$

$$10^{24m} - 1 = (10^{24})^m - 1 = (10^{24} - 1)(1 + 10^{24} + (10^{24})^2 + \dots + (10^{24})^{m-1})$$

وهذا يعني $10^{24} - 1$ يقسم $(10^{24m} - 1)$

- بما ان $10^{11} - 1$ يقسم $10^{11n} - 1$ هذا يعني يوجد عدد صحيح N بحيث : $10^{11n} - 1 = (10^{11} - 1)N$

و بما ان $10^{24} - 1$ يقسم $(10^{24m} - 1)$ هذا يعني يوجد عدد صحيح M' بحيث :

$$M' = 10M \quad \text{حيث} \quad (10^{24m} - 1) = (10^{24} - 1)M'$$

$$M' = 1 + 10^{24} + (10^{24})^2 + \dots + (10^{24})^{m-1} \quad \text{و} \quad M = 10(1 + 10^{24} + (10^{24})^2 + \dots + (10^{24})^{m-1})$$

$$N = (1 + 10^{11} + (10^{11})^2 + \dots + (10^{11})^{n-1}) \quad \text{و} \quad (10^{11n} - 1) - 10(10^{24m} - 1) = 9$$

ولدينا سابقا $(10^{11} - 1)N - (10^{24} - 1)M = 9$ ومنه d يقسم مجموع مضاعفاتهما

(ج) - ليكن d قاسما مشتركا لـ $10^{11} - 1$ و $10^{24} - 1$ ومنه d يقسم $(10^{11} - 1)N$ و $(10^{24} - 1)M$

إذن : d يقسم $(10^{11} - 1)N - (10^{24} - 1)M$ أي ان d يقسم العدد 9

(د) لدينا $10 \equiv 1[9]$ إذن $10^{11} \equiv 1[9]$ ومنه $10^{11} - 1 \equiv 0[9]$ وهذا يعني 9 يقسم $10^{11} - 1$

وبنفس الطريقة نبين أن : 9 يقسم $10^{24} - 1$

$10 \equiv 1[9]$ ومنه $10^{24} \equiv 1[9]$ وبالتالي : $10^{24} - 1 \equiv 0[9]$

(هـ) من السؤال (ج) بينا ان كل قاسم مشترك لـ $10^{24} - 1$ و $10^{11} - 1$ فهو يقسم كذلك 9

إذن قاسمهما المشترك الأكبر يقسم العدد 9

و في السؤال (د) بينا ان 9 هو قاسم مشترك للعديدين $10^{24} - 1$ و $10^{11} - 1$

إذن $PGCD(10^{11} - 1; 10^{24} - 1) = 9$



التمرين (9) Amérique du Nord juin 2001

- (1) بين انه من اجل كل عدد n صحيح فان العددين الصحيحين $14n + 3$ و $5n + 1$ اوليان فيما بينهما
- (2) نعتبر في $\mathbb{Z}^2$ المعادلة $E : 87x + 31y = 2$
- (أ) تأكد باستعمال السؤال الأول ان العددين 87 و 31 اوليان فيما بينهما
- (ب) استنتج ثنائية $(u; v)$ من الاعداد الصحيحة بحيث : $87u + 31v = 1$
- (ج) استنتج حلا خاصا $(x_0; y_0)$ للمعادلة E
- (3) لتكن في $\mathbb{Z}^2$ المعادلة $E' : 87x + 31y = 0$...
- (أ) برهن التكافؤ المنطقي التالي : $x; y$ حل للمعادلة E تكافئ $(x - x_0; y - y_0)$ حل للمعادلة E'
- (ب) حل المعادلة E'
- (ج) استنتج مجموعة حلول المعادلة E

حل التمرين (9) Amérique du Nord juin 2001

- (1) يمكن ان نكتب : $5 \times (14n + 3) - 14 \times (5n + 1) = 70n + 15 - 70n - 14 = 15 - 14 = 1$
- إذن يوجد عدنان صحيحان $u = 5$ و $v = -14$ بحيث : $(14n + 3)u + (5n + 1)v = 1$ و منه حسب مبرهنة بيزو فان $14n + 3$ و $5n + 1$ اوليان فيما بينهما من اجل كل عدد صحيح n

(2)(أ) من أجل $n=6$ نعوض في العددين من السؤال (1) نجد $14n+3=14 \times 6 + 3 = 87$

و $5n+1=5 \times 6 + 1 = 31$ ومنه نستنتج ان العددين 87 و 31 اوليان فيما بينهما

(ب) استنتاج ثنائية $(u;v)$ بحيث : $87u+31v=1$

بما أن 87 و 31 اوليان فيما بينهما فانه حسب السؤال (1) يوجد عدنان صحيحان $u=5$ و $v=-14$

يحققان : $87 \times 5 + 31 \times (-14) = 1$ ومنه الثنائية $(u;v) = 5; -14$ تحقق المطلوب

(ج) استنتاج حلا خاصا $(x_0; y_0)$ للمعادلة $E : 87x+31y=2$

بالضرب بـ 2 يمكن ان نكتب : $87 \times 10 + 31 \times (-28) = 2$ اذن الثنائية $(x_0; y_0) = 10; -28$ حل

خاص للمعادلة

$$(3) \text{ (أ) } 87x+31y=0$$

$x; y$ حل للمعادلة E تعني : $87x+31y=2$

ومنه $87x+31y=2$ تكافئ $87x-87x_0+31y-31y_0=2-87x_0+31y_0$

و $87x_0+31y_0=2$ اذن $87x-87x_0+31y-31y_0=2-2$ أي ان

$87x-87x_0+31y-31y_0=0$ وهذا يعني $(x-x_0; y-y_0)$ حل للمعادلة E'

(ب) $87x+31y=0$ تعني : $87x=-31y$

وهذه تعني ان 87 يقسم $-31y$ وبما ان 87 و 31 اوليان فيما بينهما فانه حسب مبرهنة غوص 87 يقسم y

لدينا اذن : $y=87k$ و نعوض فنجد : $x=-31k$ حيث k عدد صحيح

اذن حلول المعادلة E' هي : $-31k; 87k$ حيث : $87k-31k+31 \times 87k=0$

(ج) استنتاج حلول المعادلة E

حسب السؤال (3) (أ) فان $(x-x_0; y-y_0)$ حل للمعادلة E' أي $(x-x_0; y-y_0) = -31k; 87k$

ومنه $x=x_0-31k$ و $y=y_0+87k$ وبالتالي حلول المعادلة E هي : $-31k+10; 87k-28$



التمرين (10) Polynésie, juin 2001

(1) نعتبر في مجموعة الاعداد الصحيحة المعادلة : (1) $91x+10y=1$

(أ) بين ان المعادلة (1) تقبل على الأقل حلا ثم عين حلا خاصا لها عين حلا خاصا للمعادلة (E) ثم عين حلا خاصا

للمعادلة : (2) $91x+10y=412$

(ج) حل المعادلة (2)

(2) بين ان الاعداد $A_n = 3^{2n} - 1$ تقبل القسمة على 8 حيث n عدد طبيعي

(3) نعتبر المعادلة : (3) $A_3 \cdot x + A_2 \cdot y = 3296$ حيث x و y صحيحان

(أ) عين الثنائيات $(x; y)$ حلول المعادلة (3)

(ب) بين ان المعادلة (3) تقبل حلا وحيدا من الاعداد الطبيعية يطلب تعيينه

حل التمرين (10) Polynésie, juin 2001

(1)(أ) العددين 91 و 10 أوليان فيما بينهما فحسب مبرهنة بيزو توجد ثنائية من الاعداد الصحيحة $(u; v)$

تحقق: $91.u + 10.v = 1$ اذن المعادلة تقبل حلا في $\mathbb{Z}^2$

(ب) لدينا $91 = 9 \times 10 + 1$ ومنه $1 = 91 - 9 \times 10$ اذن $91(1) + 10(-9) = 1$

اذن الثنائية $(1; -9)$ حل خاص للمعادلة (1)

ومنه نجد $(412; -3708) = (91(1); 10(-9))$ حلا خاصا للمعادلة (2)

(ج) الثنائية $(412; -3708)$ حل خاص لـ (2) تعني: $91(412) + 10(-3708) = 412$

و $91x + 10y = 412$ ومنه $91(412) + 10(-3708) = 412$

وبالتالي: $91(x - 412) = -10(3708 + y)$... (1)

10 يقسم الجداء $91(x - 412)$ وبما أن 10 أولي مع 91 فانه حسب مبرهنة غوص 10 يقسم $x - 412$

أي ان: $x - 412 = -10k$ ومنه $x = -10k + 412$

وبالتعويض في (1) نجد: $91 \times (-10k) = 10(3708 + y)$ اذن: $y = 91k - 3708$

اذن الحلول للمعادلة (2) هي: $(x; y) = (-10k + 412; 91k - 3708)$

(2) تبين ان الاعداد $A_n = 3^{2n} - 1$ تقبل القسمة على 8

لدينا: $3^{2n} - 1 \equiv 0[8]$ ومنه $3^{2n} = (3^2)^n = 9^n \equiv 1^n[8] \equiv 1[8]$

(3) (أ) حل المعادلة $A_3.x + A_2.y = 3296$

لدينا $A_3 = 3^{2 \times 3} - 1 = 3^6 - 1 = 728$ و $A_2 = 80$ تصبح المعادلة: $728.x + 80.y = 3296$

بما ان الاعداد 80 و 728 و 3296 قابلة للقسمة على 8 فان: المعادلة تصبح: $91x + 10y = 412$

اذن حلولها هي حلول المعادلة (2) ومنه $(x; y) = (-10k + 412; 91k - 3708)$

(ب) الحلول ينبغي ان تكون موجبة $x \geq 0$ و $y \geq 0$ أي: $-10k + 412 \geq 0$ و $91k - 3708 \geq 0$

وبالتالي: $\begin{cases} k \leq 41, 2 \\ k \geq 3708/91 = 40, 7 \end{cases}$ وبالتالي $k = 41$

ومنه الحل الوحيد الموجب للمعادلة (3) هو: $(x; y) = (2; 23)$

التمرين (11) Pondichéry juin 2002 بتصرف

(1) احسب $PGCD((4^6 - 1), (4^5 - 1))$

(2) a عدد طبيعي غير معدوم ويختلف عن 1. p عدد طبيعي.

(أ). أثبت أنه إذا كان d قاسما للعددين $a^p - 1$ و $a^{p+1} - 1$ فإن d يكون قاسما للعدد $a^p(a - 1)$.

(ب). أعط القيم الممكنة لـ $PGCD(4^{p+1} - 1, 4^p - 1)$.

(3) نعتبر المتتالية (u_n) المعرفة بـ: $u_0 = 0$ و $u_1 = 1$ ومن أجل كل عدد طبيعي n , $u_{n+2} = 5u_{n+1} - 4u_n$.

(أ). تحقق من أن العددين u_2 و u_3 أوليان فيما بينهما.

(ب). برهن أنه من أجل كل عدد طبيعي n , $u_{n+1} = 4u_n + 1$.

(ج). برهن أنه من أجل كل عدد طبيعي n , u_n هو عدد طبيعي.

(د) . عين من اجل كل عدد طبيعي n : $PGCD(u_{n+1}, u_n)$. (يمكن استعمال خوارزمية أقليدس) .

(4) نعتبر المتتالية (v_n) المعرفة من أجل كل عدد طبيعي n بـ : $v_n = u_n + \frac{1}{3}$.

(أ) . برهن أن (v_n) متتالية هندسية يطلب تعيين اساسها وحدها الاول

(ب) أكتب v_n ثم u_n بدلالة n .

(ج) . استنتج $PGCD(4^{n+1}-1, 4^n-1)$ من أجل p عدد طبيعي .

(5) (أ) ادرس حسب قيم العدد الطبيعي n بواقي قسمة 4^n على 7.

(ب) احسب بدلالة n المجموع S_n حيث : $S_n = v_0 + v_1 + \dots + v_{3n}$

(ج) عين قيم العدد الطبيعي n حيث العدد $9S_n + 8n$ يقبل القسمة على 7.

حل التمرين (11) Pondichéry juin 2002

(1) حساب $PGCD(4^6-1, 4^5-1)$:

$$4^6-1=2^{12}-1=4095 \text{ و } 4^5-1=2^{10}-1=1023$$

$$1023=3 \times 11 \times 31 \text{ و } 4095=3^2 \times 5 \times 7 \times 13 \text{ ومنه } PGCD(4^6-1, 4^5-1)=3$$

(2) a عدد طبيعي غير معدوم ويختلف عن 1 . p عدد طبيعي .

(أ) إذا كان d قاسما للعددين a^p-1 و $a^{p+1}-1$ فإن d يقسم العدد فرقهما أي يقسم

$$(a^{p+1}-1)-(a^p-1)=a^{p+1}-a^p=a^p(a-1) \text{ ومنه } d \text{ يقسم العدد } a^p(a-1)$$

(ب) القيم الممكنة لـ $PGCD(4^{p+1}-1, 4^p-1)$:

$$\text{نضع } a=4 \text{ في العددين } a^p-1 \text{ و } a^{p+1}-1 \text{ نجد : } a^p-1=4^p-1 \text{ و } a^{p+1}-1=4^{p+1}-1$$

ونضع $PGCD(4^{p+1}-1, 4^p-1)=d$ اذن $d/4^p-1$ و $d/4^{p+1}-1$ ومنه $d/4^p(4-1)$ حسب (أ)

أي $d/4^p \times 3$ ومنه $d/3$ (أو $d/4^p$) إضافة الى انه يقسم العدد الفردي $4^{p+1}-1$

وبالتالي d لا يقسم 4^p ومنه ينتج $d/3$ ومنه القيم الممكنة لـ d هي : 1 أو 3

$$(3): u_0=0 \text{ و } u_1=1 \text{ و } u_{n+2}=5u_{n+1}-4u_n$$

(أ) . التحقق من أن u_2 و u_3 أوليان فيما بينهما:

بالحساب نجد $u_2=5$ و $u_3=21$ ولضح انهما أوليان فيما بينهما

(ب) . البرهان بالتراجع أن : $u_{n+1}=4u_n+1$

من اجل $n=0$: $u_1=1$ و $u_1=4u_0+1=4(0)+1=1$ اذن محققة

نفرض الخاصية صحيحة من اجل كل n ونبرهن صحتها من اجل $n+1$ أي $u_{n+2}=4u_{n+1}+1$

لدينا $u_{n+2}=5u_{n+1}-4u_n$ و لدينا فرضا $u_{n+1}=4u_n+1$ وبالتعويض نجد :

$$u_{n+2} = 5u_{n+1} - 4u_n = 5(4u_n + 1) - 4u_n = 16u_n + 5$$

ولدينا من جهة أخرى $4u_{n+1} + 1 = 4(4u_n + 1) + 1 = 16u_n + 4 + 1 = 16u_n + 5$ ومنه المساواة محققة

اذن الخاصية صحيحة من اجل كل عدد طبيعي

(ج). برهان أن u_n هو عدد طبيعي : لدينا $u_{n+1} = 4u_n + 1$ نبرهن ذلك بالتراجع

من اجل $n = 0$ فان $u_0 = 0$ و $u_1 = 1$ عدنان طبيعيان

نفرض الخاصية صحيحة من اجل n ونبرهن صحتها من اجل $n + 1$

من الفرض ان u_n هو عدد طبيعي فان $4u_n + 1$ أي u_{n+1} عدد طبيعي ومنه فان u_n هو عدد طبيعي من اجل كل n

(د). تعيين: $PGCD(u_{n+1}, u_n)$. (يمكن استعمال خوارزمية أقليدس) :

نضع $PGCD(u_{n+1}, u_n) = D$ ومنه D / u_{n+1} و D / u_n اذن $D / 4u_n$ و D / u_{n+1} ومنه

$D / (u_{n+1} - 4u_n)$ أي $D / (4u_n + 1 - 4u_n)$ وبالتالي $D / 1$ أي ان $D = 1$

اذن $PGCD(u_{n+1}, u_n) = 1$ اي ان u_n و u_{n+1} اوليان فيما بينهما

(4) (أ). برهان أن (v_n) هندسية حيث $v_n = u_n + \frac{1}{3}$:

$$v_{n+1} = 4u_n + \frac{4}{3} = 4\left(u_n + \frac{1}{3}\right) = 4v_n \text{ ومنه } v_{n+1} = u_{n+1} + \frac{1}{3} = 4u_n + 1 + \frac{1}{3} = 4u_n + \frac{4}{3}$$

ومنه (v_n) هندسية اساسها 4 وحدها الاول $v_0 = u_0 + \frac{1}{3} = \frac{1}{3}$

(ب) كتابة v_n ثم u_n بدلالة n :

$$u_n = \frac{1}{3}(4^n - 1) \text{ اذن } u_n = v_n - \frac{1}{3} = \frac{1}{3} \times 4^n - \frac{1}{3} = \frac{1}{3}(4^n - 1) \text{ و } v_n = v_0 \times q^n = \frac{1}{3} \times 4^n$$

(ج). استنتاج $PGCD(4^{n+1} - 1, 4^n - 1)$ من أجل n عدد طبيعي :

$$\text{لدينا } u_{n+1} = 4u_n + 1 \text{ و } u_n = \frac{1}{3}(4^n - 1) \text{ و } u_{n+1} = \frac{1}{3}(4^{n+1} - 1)$$

و منه ينتج $3u_n = (4^n - 1)$ و $3u_{n+1} = (4^{n+1} - 1)$ اذن

$$\text{وبالتالي : } PGCD(4^{n+1} - 1, 4^n - 1) = PGCD(3u_{n+1}, 3u_n) = 3 \times PGCD(u_{n+1}, u_n)$$

ومن السؤال السابق لدينا $PGCD(u_{n+1}, u_n) = 1$ ومنه $PGCD(4^{n+1} - 1, 4^n - 1) = 3$ حيث n طبيعي

(5) (أ) دراسة بواقي قسمة 4^n على 7 :

$$4^0 \equiv 1[7] \text{ و } 4^1 \equiv 4[7] \text{ و } 4^2 \equiv 2[7] \text{ و } 4^3 \equiv 1[7]$$

بواقي قسمة 4^n على 7 تشكل متتالية دورية و دورها هو 3 ومنه :

$$4^{3k+2} \equiv 2[7] \text{ و } 4^{3k+1} \equiv 4[7] \text{ و } 4^{3k} \equiv 1[7]$$

(ب) حساب المجموع S_n : هو مجموع $3n + 1$ حد لمتتالية هندسية

$$S_n = v_0 + v_1 + \dots + v_{3n} = v_0 \times \frac{1 - q^{3n+1}}{1 - q} = \frac{1}{3} \times \frac{1 - 4^{3n+1}}{1 - 4} = \frac{1}{9} (4^{3n+1} - 1)$$

(ج) تعيين قيم n بحيث العدد $9S_n + 8n \equiv 0[7]$ يقبل القسمة على 7: معناه $9S_n + 8n \equiv 0[7]$ لدينا $8n \equiv n[7]$ و $9S_n = (4^{3n+1} - 1)$ ومنه $9S_n + 8n \equiv 0[7]$ تعني $4^{3n+1} - 1 + n \equiv 0[7]$ ومن بواقي القسمة لدينا $4^{3n+1} \equiv 4[7]$ وبالتالي نجد $n + 3 \equiv 0[7]$ ومنه $n \equiv 4[7]$ اي $n = 7k + 4$ حيث k عدد طبيعي



التمرين (12): Polynésie, juin 2002

- n عدد طبيعي اكبر او يساوي 2 .
- (1) بين ان العددين n و $2n+1$ اوليان فيما بينهما
- (2) ليكن العددين α و β حيث : $\alpha = n + 3$ و $\beta = 2n + 1$ ونضع $PGCD \alpha, \beta = \delta$
- (أ) أحسب $2\alpha - \beta$ ثم استنتج القيم الممكنة للعدد δ
- (ب) بين ان α و β من مضاعفات 5 اذا فقط اذا كان $n - 2$ مضاعف للعدد 5
- (3) نعتبر العددين a و b حيث : $a = n^3 + 2n^2 - 3n$ و $b = 2n^2 - n - 1$
- بين ان العددين a و b يقبلان القسمة على $n - 1$
- (4) (أ) نضع $d = PGCD n, n + 3, 2n + 1$ بين ان δ يقسم العدد d ثم بين ان $\delta = d$
- (ب) استنتج القاسم المشترك الأكبر Δ للعددين a و b بدلالة n
- (ج) تطبيق : عين Δ من اجل $n = 2001$
- عين Δ من اجل $n = 2002$

حل التمرين (12): Polynésie, juin 2002

- (1) يمكن ان نكتب : $1 \times (2n + 1) - 2 \times n = 2n + 1 - 2n = 1$ يوجد اذن عدنان u و v بحيث :
- $u \times (2n + 1) + v \times n = 1$ ومنه حسب مبرهنة بيزو فان العددين n و $2n + 1$ اوليان فيما بينهما
- (2) (أ) $PGCD \alpha, \beta = \delta$ و $\alpha = n + 3$ و $\beta = 2n + 1$
- $2\alpha - \beta = 2(n + 3) - (2n + 1) = 5$
- وبما ان δ يقسم α و β فان δ يقسم $2\alpha - \beta$ أي يقسم 5 ومنه القيم الممكنة لـ δ هي 1 و 5
- (ب) α و β من مضاعفات 5 تعني $\alpha \equiv 0[5]$ و $\beta \equiv 0[5]$ أي $(n + 3 \equiv 0[5])$ و $(2n + 1 \equiv 0[5])$
- ومنه $(n \equiv 2[5] \text{ و } 2n \equiv 4[5])$ ومنه $(n - 2 \equiv 0[5] \text{ و } 2n - 4 \equiv 0[5])$ أي ان
- $n - 2 \equiv 0[5] \text{ و } 2n - 2 \equiv 0[5]$ وبالتالي $n - 2 \equiv 0[5]$
- اذن α و β من مضاعفات 5 اذا فقط اذا كان $n - 2$ مضاعف للعدد 5
- (3) $a = n^3 + 2n^2 - 3n$ و $b = 2n^2 - n - 1$

لدينا $a = n^2 + 2n - 3 = (n-1)(n+3)$ ونلاحظ أيضا ان العدد 1 جذر لكثير الحدود $2n^2 - n - 1$ ومنه $b = 2n^2 - n - 1 = (n-1)(2n+1)$ وبما ان $n \geq 2$ فان $n+3$ و $2n+1$ عدنان طبيعيين ومنه ينتج ان العددين a و b يقبلان القسمة على $n-1$

(4) (أ) لدينا $PGCD \alpha, \beta = \delta$ ومنه δ يقسم $n+3$ وبالتالي يقسم $n(n+3)$ و δ يقسم β أي يقسم $2n+1$ اذن δ هو قاسم مشترك للعددين $n(n+3)$ و $2n+1$ ونعلم ان القواسم المشتركة لعددين هي قواسم القاسم المشترك الأكبر لهما ومنه δ يقسم d ومن السؤال الأول لدينا $(2n+1) - 2n = 1$ (ب) $(2n+1)$ و n اوليان فيما بينهما) بضرب الطرفين بـ $n+3$ نجد : $n+3 = 2n+1 - n$ وبما ان $d = PGCD(n(n+3), 2n+1)$ اذن d يقسم $n(n+3)$ ويقسم $2n+1$ ومنه d يقسم $2n+1 - n = n+3$ أي انه قاسم لـ $n+3$ اذن d هو قاسم مشترك لـ $n+3$ و $2n+1$ وبالتالي قاسم مشترك للعددين α و β وهذا يعني d قاسم للقاسم المشترك الأكبر لـ α و β اذن d قاسم لـ δ وهكذا برهنا ان δ يقسم d و d قاسم لـ δ وبالتالي $\delta = d$

(ب) لدينا $\Delta = PGCD(a; b) = PGCD(n-1, n(n+3); n-1, 2n+1)$
 $= (n-1) PGCD(n(n+3); 2n+1)$
 ونعلم $d = PGCD(n(n+3); 2n+1)$ ومنه $\Delta = (n-1)d = (n-1)\delta$

- اذا كان $n-2$ مضاعف للعدد 5 . اذن حسب السؤال (2) (ب) العددين α و β مضاعفان لـ 5 ومنه ينتج باستعمال (2) (أ) أن $\delta = 5$ اذن : $\Delta = (n-1)5$ (اذا كان $n-2$ مضاعف للعدد 5)

- اذا كان $n-2$ ليس مضاعف للعدد 5 فانه حسب (2) (ب) العددين α و β ليسا مضاعفان لـ 5 ومنه ينتج باستعمال (2) (أ) أن $\delta = 1$ اذن : $\Delta = n-1$ (اذا كان $n-2$ ليس مضاعف للعدد 5)

(ج) تطبيقات :

من اجل $n = 2001$ فان $n-2 = 1999$ فهو ليس مضاعف للعدد 5 . اذن $\Delta = 2000$

من اجل $n = 2002$ فان $n-2 = 2000$ فهو مضاعف للعدد 5 . اذن $\Delta = (n-1)5 = 2001 \times 5 = 10005$

ملاحظة : من اجل $n = 2001$ لدينا $a = 8020008000$ و $b = 8006000$ وبيننا ان $PGCD(8020008000; 8006000) = 2000$

من اجل $n = 2002$ لدينا $a = 8032034010$ و $b = 8014005$ وبيننا ان : $PGCD(8032034010; 8014005) = 10005$



التمرين (13) France, juin 2002

نعتبر في $\mathbb{Z}^2$ المعادلة : $6x + 7y = 57 \dots (E)$.

(1) (أ) - عَيِّن الثنائية (u, v) التي تحقق $6u + 7v = 1$ ، ثم استنتج حلا خاصا للمعادلة (E) .

(ب) - حل في $\mathbb{Z}^2$ المعادلة (E) .

(2) - نعتبر في الفضاء المنسوب إلى المعلم المتعامد والمتجانس $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ المستوى (P) ذي المعادلة

$$6x + 7y + 8z - 57 = 0 \text{ ولتكن مجموعة النقاط } (D) \text{ تقاطع } (P) \text{ مع المستوى } (O, \vec{i}, \vec{j}) .$$

بين أنه توجد نقطة وحيدة من هذه المجموعة (D) إحداثياتها اعداد طبيعية يطلب تعيينها

$$(3) - M(x, y, z) \text{ نقطة من } (P) \text{ حيث } x, y, z \text{ اعداد طبيعية .}$$

(أ) بين أن y فردي .

(ب) - نضع : $y = 2p + 1$ حيث p عدد طبيعي .

- بين ان باقي قسمة العدد $(p + z)$ على 3 هو 1

(ج) - ليكن q عددا طبيعيا حيث : $3q + 1 = p + z$.

برهن أن : $x + p + 4q = 7$ ، ثم استنتج ان القيم الممكنة للعدد q هي 0 و 1

(د) - استنتج كل النقاط M من (P) ذات الإحداثيات الطبيعية .

حل التمرين (13) France, juin 2002

$$6x + 7y = 57 \dots (E)$$

(1) (أ) - تعيين الثنائية (u, v) التي تحقق $6u + 7v = 1$ ، ثم استنتاج حلا خاصا للمعادلة (E) :

واضح ان $6(-1) + 7(1) = 1$ ومنه $(-1; 1)$ حل خاص ومنه $6(-57) + 7(57) = 57$ اذن الحل الخاص للمعادلة

$$(E) \text{ هو } (x_0, y_0) = (-57, 57)$$

(ب) - الحل في $\mathbb{Z}^2$ المعادلة (E) لدينا : وبالطرح نجد :

$$6(x + 57) + 7(y - 57) = 0 \text{ ومنه } 6(x + 57) = 7(-y + 57)$$

$$\begin{cases} 7 \mid 6(x + 57) \\ PGCD(6, 7) = 1 \end{cases} \text{ ومنه حسب مبرهنة غوص } 7 \mid (-y + 57) \text{ اذن } x + 57 = 7k$$

$$\text{ومنه } x = 7k - 57; k \in \mathbb{Z} \text{ وبالتعويض نجد :}$$

$$6(7k) + 7(-y + 57) \Rightarrow -y + 57 = 6k \Rightarrow y = -6k + 57; k \in \mathbb{Z}$$

$$S = \{(7k - 57; -6k + 57)\}; k \in \mathbb{Z}$$

(2) - نبيان أنه توجد نقطة وحيدة من (D) إحداثياتها اعداد طبيعية :

$$\cdot \begin{cases} x = 7k - 57 \\ y = -6k + 57 \\ z = 0 \end{cases} \text{ اذن } \begin{cases} 6x + 7y = 57 \\ z = 0 \end{cases} \text{ ومنه } \begin{cases} 6x + 7y + 8z - 57 = 0 \\ z = 0 \end{cases} \text{ تعني } M(x, y, z) \in (D)$$

$$k = 9 \text{ وبالتالي } \begin{cases} k \geq 8, 14 \\ k \leq 9, 5 \end{cases} \text{ ومنه } \begin{cases} 7k - 57 \geq 0 \\ -6k + 57 \geq 0 \end{cases} \text{ اذن } \begin{cases} x \geq 0 \\ y \geq 0 \end{cases} \text{ تعني } (x, y, z) \in \mathbb{N}^3$$

$$\text{ومنه النقطة هي } M_9(6; 3; 0)$$

(3) (أ) - بيان أن y فردي :

$$M(x, y, z) \in (P) \text{ تعني } 6x + 7y + 8z - 57 = 0 \text{ ونكتب كما يلي : } 7y = 57 - 6x - 8z \text{ ومنه}$$

$$7y-1=2(-3x-4z+28) \text{ وتعني } 7y-1 \text{ مضاعف للعدد } 2$$

اي ان $7y-1 \equiv 0[2]$ ومنه $y \equiv 1[2]$ وبالتالي y فردي

(ب)- نضع : $y=2p+1$ حيث p عدد طبيعي :

- اثبات ان باقي قسمة العدد $(p+z)$ على 3 هو 1 :

$$y=2p+1 \text{ ومنه } 6x+7(2p+1)+8z=57 \text{ اي } 6x+14p+8z=50 \text{ وتعني } 3x+7p+4z=25$$

$$\text{وتكتب } 3x+3p+7p+4z=25 \text{ ومنه } 3(x+p)+4(p+z)=25 \text{ ويمكن ان نكتب :}$$

$$4(p+z)=3(-x-p+8)+1 \text{ اي ان } 4(p+z) \equiv 1[3] \text{ ومنه } (p+z) \equiv 1[3]$$

$$(ج) \quad 3q+1=p+z \text{ برهان أن : } x+p+4q=7$$

$$\text{لدينا } 3q+1=p+z \text{ ومنه } z=3q-p+1 \text{ و } 6x+7y+8z=57 \text{ ومنه}$$

$$6x+7(2p+1)+8(3q-p+1)=57 \text{ أي ان } 6x+6p+24q=42 \text{ ان } x+p+4q=7$$

- استنتاج القيم 0 و 1 العدد q :

$$x+p+4q=7 \text{ ومنه } x+p=7-4q \text{ وبما ان } x+p \text{ موجب فان القيم الممكنة للعدد } q \text{ هي } 0 \text{ و } 1$$

(لأن x, q, p أعداد طبيعية)

(د)- استنتاج النقط M من (P) ذات الإحداثيات الطبيعية :

$$q=0: \begin{cases} p+z=3(0)+1 \\ x+p=7-4(0) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p+z=1 \\ x+p=7 \end{cases} \Rightarrow p=0 \text{ و } z=1$$

$$\Rightarrow (x; y; z) = (7; 1; 1) \text{ و } (6; 3; 0)$$

$$q=1: \begin{cases} p+z=3(1)+1 \\ x+p=7-4(1) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p+z=4 \\ x+p=3 \end{cases}$$

(حالة مرفوضة $x=-1 \Rightarrow p=4$) $p \in \{0; 1; 2; 3\}$ ان احداثيات النقط هي

$$(x; y; z) \in \{(3; 1; 4); (2; 3; 3); (1; 5; 2); (0; 7; 1)\}$$

التمرين (14) Centres étrangers, juin 2002

نقول عن العدد الطبيعي p أنه أولي إذا قبل قاسمين بالضبط هما 1 و p .

نعتبر ، في المجموعة $\mathbb{N}^*$ ، المعادلة (E) ذات المجهولين x و y التالية : $x^2 + y^2 = p^2$... (E) حيث p أولي .

(1) نضع $p=2$ بين أن المعادلة (E) لا تقبل حولا .

(2) نفرض أن $p \neq 2$ و $(x; y)$ حل للمعادلة (E) .

(أ) - برهن أن العددين x و y أحدهما زوجي والآخر فردي.

(ب) - برهن أن p لا يقسم x ولا y .

(ج) - برهن أن $PGCD(x^2, y^2)$ يقسم p^2 .

(د) - استنتج أن العددين x و y أوليان فيما بينهما.

(3) نفرض أن p هو مجموع مربعين تامين غير معدومين أي $p = u^2 + v^2$ مع u و v عددين طبيعيين غير معدومين

(أ) . تحقق أن $(|u^2 - v^2|; 2uv)$ هي حل للمعادلة (E) .

(ب) . أعط حلا للمعادلة (E) في حالة $p = 5$ ثم في حالة $p = 13$.

(4) في كل حالة من الحالتين التاليتين بين أن p ليس مجموع مربعين وأن المعادلة (E) لا تقبل حولا .

(أ) . $p = 3$. (ب) . $p = 7$.

حل التمرين (14) Centres étrangers, juin 2002

(1) $p = 2$ المعادلة (E) تصبح $x^2 + y^2 = 4$ و منه $y^2 = 4 - x^2$ و منه $y^2 = (2-x)(2+x)$

و عليه $2-x > 0$ و $2+x > 0$ لأن $y \in \mathbb{N}^*$ و منه $x > -2$ و $x \in \mathbb{N}^*$ إذن $x = 1$.

المعادلة (E) تصبح $y^2 = 3$ و هذه المعادلة الاخيرة لا تقبل حولا في $\mathbb{N}^*$ ، و عليه المعادلة (E) لا تقبل حولا في $\mathbb{N}^*$ من اجل $p = 2$.

(2) (أ) نفرض $p \neq 2$ و (x, y) حل لـ (E) .

نفرض ان x و y زوجيان أي $x = 2k$ و $y = 2k'$ حيث $k; k'$ عدنان طبيعيين ، و منه $4k^2 + 4k'^2 = p^2$

و منه $p^2 = 2(2k^2 + 2k'^2)$ و منه p^2 يقسم 2 نو منه 2 يقسم p و هذا تناقض لان p اولي و $p \neq 2$

ومنه العدنان x و y لا يمكن ان يكونا زوجيين

نفرض ان x و y فرديان أي $x = 2k+1$ و $y = 2k'+1$ حيث $k; k'$ عدنان طبيعيين ،

و منه $x^2 + y^2 = p^2$ تكافئ $2(2k^2 + 2k + 2k'^2 + 2k' + 1) = p^2$ و منه 2 يقسم p^2 أي 2 يقسم p

و هذا تناقض لان p اولي و $p \neq 2$ ومنه x و y لا يمكن ان يكونا فرديين

وبالتالي العدنان x و y احدهما زوجي والآخر فردي

(ب) نفرض ان p يقسم x و منه $x = pk$ حيث $k \in \mathbb{N}$ و منه $x^2 + y^2 = p^2$ تكافئ $y^2 = p^2(1 - k^2)$ ،

$$k=1 \text{ و } 1-k^2 \geq 0 \text{ و منه } 1 \geq k \text{ و عليه } k=0 \text{ او } k=1$$

من اجل $k=0$ نجد $x=0$ وهذا مرفوض لان x غير معدوم

و من اجل $k=1$ نجد $y=0$ وهذا ايضا مرفوض لان العددين x و y عدنان طبيعيان غير معدومين

و نصل الى نفس النتائج اذا فرضنا ان p يقسم y ، و عليه p لا يقسم x و لا يقسم y .

(ج) نضع $PGCD(x^2; y^2) = d$ ، d/x^2 و d/y^2 و منه $d/x^2 + y^2$ حيث $x^2 + y^2 = p^2$

و منه d/p^2 أي ان $d \in \{1; p; p^2\}$.

(د) بما ان p لا يقسم x و لا يقسم y حسب السؤال (2) (ب) فان $d \neq p$ و $d \neq p^2$ و منه $d=1$

اذن x و y اوليان فيما بينهما .

(3) (أ) لدينا $p = u^2 + v^2$ و $x^2 + y^2 = p^2$

$$(u^2 - v^2)^2 + (2uv)^2 = (u^2 + v^2)^2 \text{ معناه } (E) \text{ حل لـ } (u^2 - v^2; 2uv)$$

$$u^4 + v^4 - (2u^2v^2) + (4u^2v^2) = u^4 + v^4 + 2u^2v^2$$

$$\text{والطرف الايمن : } (u^2 + v^2)^2 = u^4 + v^4 + 2u^2v^2 \text{ و منه المساواة محققة اذن الثنائية حل للمعادلة}$$

(ب) في حالة $p=5$ أي $u^2 + v^2 = 5$ نجد مثلا $(u; v) = (1; 2)$ اي $p = 1^2 + 2^2$ و مما سبق نجد

$$(u^2 - v^2; 2uv) = (1^2 - 2^2; 2 \times 1 \times 2) = (-3; 4)$$

و في حالة $p=13$ أي $p = 3^2 + 2^2$ اذن $(5; 12)$ حل لـ (E) .

(4) (أ) في حالة $p=3$ ، نكتب $u^2 + v^2 = 3$ و منه $u^2 = 3 - v^2$ و منه $v^2 < 3$ لان $u^2 \geq 0$

و منه $v^2 = 1$ و منه $v = 1$ او $v = -1$ (مرفوض) اذن $u^2 = 2$ ، لكن 2 ليس مربعا تاما و منه 3 ليس مجموع

$$x^2 + y^2 = 9 \text{ تصبح } (E) \text{ مربعين و المعادلة } y^2 = 9 - x^2 = (3-x)(3+x) \text{ و منه}$$

وبما ان $y^2 > 0$ فان $x < 3$ و $x \neq 0$ أي ان $x=1$ او $x=2$

في حالة $x=1$ نجد $y^2 = 8$ وهذه ليس لها حل في $\mathbb{N}$

في حالة $x=2$ نجد $y^2 = 5$ وهذه ليس لها حل في $\mathbb{N}$ وبالتالي المعادلة لا تقبل حلا في حالة $p=3$

(ب) في حالة $p = 7$ نكتب $u^2 + v^2 = 7$ ومنه $u^2 = 7 - v^2$ ومنه $v^2 < 7$ أي $v^2 = 1$ أو $v^2 = 4$

في حالة $v^2 = 1$ المعادلة لا تقبل حلا (حالة سابقة)

في حالة $v^2 = 4$ فإن $v = 2$ و $u^2 = 3$ لا تقبل حلا و المعادلة (E) نكتب: $x^2 + y^2 = 49$

أي $y^2 = 49 - x^2$ حيث $x^2 < 49$ وهو مربع تام ومنه $x^2 \in \{1; 4; 9; 16; 25; 36\}$

x^2	1	4	9	16	25	36
$y^2 = 49 - x^2$	48	45	40	33	24	13
	$y \notin \mathbb{N}$	$y \notin \mathbb{N}$	$y \notin \mathbb{N}$	$y \notin \mathbb{N}$	$y \notin \mathbb{N}$	$y \notin \mathbb{N}$

في كل الحالات لا يوجد حل للمعادلة (E) في حالة $p = 7$



التمرين (15) Amérique du Nord juin 2002

نعتبر (E) مجموعة الاعداد الطبيعية المكتوبة في النظام العشري على الشكل $\overline{abba}$: حيث $a \geq 2$ و b رقم كفي

امثلة لعناصر المجموعة (E): 9119 , 3773 , 2002

الجزء (I) : عدد عناصر المجموعة (E) التي اصغر عنصر في تحليلها هو العدد 11

(1) (أ) حلل العدد 1001 الى جداء عوامل أولية

(ب) بين ان كل عنصر من (E) هو عدد يقبل القسمة على 11

(2) (أ) ما هو عدد عناصر المجموعة (E) ؟

(ب) ما هو عدد عناصر المجموعة (E) التي لا تقبل القسمة على 2 ولا على 5 ؟

(3) ليكن n عنصرا من (E) يكتب على الشكل $\overline{abba}$

(أ) بين ان العبارة (n يقبل القسمة على 3) تكافئ العبارة ($a + b$ يقبل القسمة على 3)

(ب) بين ان العبارة (n يقبل القسمة على 7) تكافئ (b يقبل القسمة على 7)

(4) استنتج من الأسئلة السابقة عدد عناصر المجموعة (E) التي تقبل العدد 11 كأصغر معامل اولي في تحليلها

الجزء (II) : دراسة عناصر المجموعة (E) يعادل سنة كبيسة

لتكن (F) مجموعة العناصر من (E) التي تعادل سنة كبيسة

نقبل انه من اجل كل n من (F) يوجد عدنان طبيعيين p و q بحيث : $n = 2000 + 4p$ و $n = 2002 + 11q$

(1) نعتبر المعادلة $(e) \quad 4p - 11q = 2 \dots$ حيث p و q عدنان صحيحان

بين ان الثنائية $(6; 2)$ حل للمعادلة (e) ثم حل هذه المعادلة

(2) استنتج ان كل n من (F) يمكن ان يكتب على الشكل $2024 + 44k$: حيث k عدد صحيح

(3) باستعمال الالة الحاسبة عين اصغر العناصر الستة من (F)

ملاحظة: الاعداد الأولية الأقل من 40 : 2 , 3 , 5 , 7 , 11 , 13 , 17 , 19 , 23 , 29 , 31 , 37

حل التمرين (15) Amérique du Nord juin 2002

(1) (أ) تحليل العدد 1001 : $1001 = 7 \times 11 \times 13$

(ب) تبيان ان كل عنصر من (E) هو عدد يقبل القسمة على 11 :

$$\overline{abba} = a \times 10^3 + b \times 10^2 + b \times 10 + a = 1001a + 110b = 11(7 \times 13a + 10b)$$

اذن $\overline{abba} = 11(7 \times 13a + 10b)$ وهذا يعني ان كل عنصر من (E) فانه يقبل القسمة على 11

(2) (أ) تعيين عدد عناصر المجموعة (E) :

لدينا $2 \leq a < 10$ ومنه a له 8 حالات للاختيار من 2 الى 9

ولدينا أيضا $0 \leq b < 10$ ومنه b له 10 خيارات من 0 الى 9

وحسب مبدأ الجداء (الاختيار المتتالي) لدينا ان $8 \times 10 \times 1 \times 1 = 80$ إمكانية للعديدين a و b

اذن عدد عناصر المجموعة (E) هو 80

(ب) عدد عناصر المجموعة (E) التي لا تقبل القسمة على 2 ولا على 5 :

العدد $\overline{abba}$ لا يكون قابلا للقسمة على 2 ولا على 5 اذا كان $a \in \{3; 7; 9\}$

لدينا ان 3 حالات للعدد a و 10 حالات للعدد b يكون فيها العدد $\overline{abba}$ لا يقبل القسمة على 2 ولا على 5

اذن عدد عناصر المجموعة (E) التي لا تقبل القسمة على 2 ولا على 5 هو $3 \times 10 = 30$

(3) العدد $n = \overline{abba}$ يكون قابلا للقسمة على 3 اذا فقط اذا كان $a + b + b + a$ يقبل القسمة على 3

أي $2(a + b)$ يقبل القسمة على 3 , اذن 3 يقسم $2(a + b)$, وبما ان 3 اولي مع 2 فانه حسب مبرهنة غوص

3 يقسم $(a + b)$

وعكسيا اذا كان 3 يقسم $(a+b)$ فانه يقسم $2(a+b)$ أي ان 3 يقسم $(a+b+b+a)$ أي ان 3 يقسم n

اذن العبارة (n يقبل القسمة على 3) تكافئ العبارة ($a+b$ يقبل القسمة على 3)

(ب) لدينا $n = \overline{abba} = 11(7 \times 13a + 10b)$ و n يقبل القسمة على 7 اذا وفقط اذا كان

$$11(7 \times 13a + 10b) = 7q \text{ حيث } q \in \mathbb{N}$$

وبما ان 7 اولي مع 11 فانه حسب مبرهنة غوص العدد 7 يقسم $7 \times 13a + 10b$

أي ان $7 \times 13a + 10b = 7q'$ ومنه $10b = 7(q' - 13a)$ وهذه تعني 7 يقسم $10b$

وبما ان 7 اولي مع 10 فان 7 يقسم b , اذن (b يقبل القسمة على 7)

وعكسيا اذا كان 7 يقسم b فان $b = 7k$ و $n = 11(7 \times 13a + 10 \times 7k)$ ومنه $n = 11(7 \times 13a + 10 \times 7k)$

أي ان $n = 7 \times 11(13a + 10k)$ وهذا يعني n يقبل القسمة على 7

اذن (n يقبل القسمة على 7) تكافئ (b يقبل القسمة على 7)

(4) استنتاج عدد عناصر (E) التي تقبل العدد 11 كأصغر معامل اولي في تحليلها:

اذا كان اصغر معامل في تحليلها هو 11 هذا يعني ان العدد n يجب ان يكون غير قابل للقسمة على 2 ولا على

3 ولا على 5 ولا على 7 .

اذن من العدد $n = \overline{abba}$ نجد ان $a \in \{3; 7; 9\}$ و $(a+b)$ غير مضاعف للعدد 3 و $b \neq 7$

$3113 = 11 \times 283$	$7117 = 11 \times 647$	$9119 = 11 \times 829$
$3223 = 11 \times 293$	$7337 = 11 \times 23 \times 29$	$9229 = 11 \times 839$
$3443 = 11 \times 313$	$7447 = 11 \times 677$	$9449 = 11 \times 859$
$3553 = 11 \times 17 \times 19$	$7667 = 11 \times 17 \times 41$	$9559 = 11^2 \times 79$
$3883 = 11 \times 353$	$7997 = 11 \times 727$	$9889 = 11 \times 29 \times 31$

وهكذا نجد :

الجزء (II): (F) هي مجموعة العناصر من (E) التي تعادل سنة كبيسة

n عدد طبيعي من (F) ونقبل وجود عددين طبيعيين p و q بحيث : $n = 2000 + 4p$ و $n = 2002 + 11q$

(1) تبيان ان الثنائية (6;2) حل للمعادلة (e) : $4p - 11q = 2 \dots$

واضح ان (6;2) حل للمعادلة (e) لان : $4(6) - 11(2) = 2$

$$\text{ومنه نجد : } \begin{cases} 4p - 11q = 2 \\ 4(p-6) - 11(q-2) = 2 \end{cases} \text{ وبالطرح نجد : } 4(p-6) = 11(q-2)$$

العدد 11 يقسم $4(p-6)$ وبما ان 11 اولي مع 4 فان 11 يقسم $(p-6)$ ومنه $p = 6 + 11k$ حيث $k \in \mathbb{Z}$

وبالتعويض نجد $q = 2 + 4k$

اذن مجموعة حلول المعادلة (e) هي : $\{6+11k; 2+4k\}$ حيث $k \in \mathbb{Z}$

(2) استنتج ان كل n من (F) يمكن ان يكتب على الشكل $2024 + 44k$:

لدينا $n = 2000 + 4p$ و $n = 2002 + 11q$ اي $n = 2002 + 11q = 2000 + 4p$ اذن $4p - 11q = 2$

وحلولها هي حلول (e) اي ان $p = 6 + 11k$ ومنه $n = 2000 + 4(6 + 11k) = 2024 + 44k$

اي $n = 2024 + 44k$ اذن كل عنصر من (F) يكتب على الشكل $n = 2024 + 44k$

(3) اصغر العناصر الستة من (F) : مع العلم ان $n = \overline{abba}$ و يكتب $n = 2024 + 44k$

وبتعويض قيم k وهي $\{2; 7; 12; 17; 22; 45\}$ نجد قيم n : $\{2112; 2332; 2552; 2772; 2992; 4004\}$



التمرين (16) Antilles, juin 2003

(1) (أ) احسب $(1+\sqrt{6})^2$ و $(1+\sqrt{6})^4$ و $(1+\sqrt{6})^6$

(ب) بين ان العددين 847 و 342 اوليين فيما بينهما

(2) ليكن العدد الطبيعي غير المعدوم n . نضع a_n و b_n الاعداد الطبيعية حيث : $(1+\sqrt{6})^n = a_n + b_n\sqrt{6}$

(أ) ماهي قيمتي a_1 و b_1 ؟ من خلال السؤال (1) أ- عين قيم أخرى لـ a_n و b_n

(ب) احسب a_{n+1} و b_{n+1} بدلالة a_n و b_n

(ج) برهن انه اذا كان العدد 5 لا يقسم $a_n + b_n$ فان 5 لا يقسم $a_{n+1} + b_{n+1}$

- استنتج انه من اجل كل عدد طبيعي غير معدوم n فان 5 لا يقسم $a_n + b_n$

(د) برهن انه اذا كان a_n و b_n اوليان فيما بينهما فان a_{n+1} و b_{n+1} اوليان فيما بينهما

- استنتج انه من اجل كل عدد طبيعي غير معدوم n فان a_n و b_n اوليان فيما بينهما

حل التمرين (16) Antilles, juin 2003

(1) (أ) الحساب : $(1+\sqrt{6})^2 = 1 + 2\sqrt{6} + 6 = 7 + 2\sqrt{6}$

$(1+\sqrt{6})^4 = (7 + 2\sqrt{6})^2 = 73 + 28\sqrt{6}$

$(1+\sqrt{6})^6 = (73 + 28\sqrt{6})(7 + 2\sqrt{6}) = 847 + 342\sqrt{6}$

(ب) تبين ان العددين 847 و 342 اوليين فيما بينهما :

باستعمال القسمة الاقليدية للعددين 847 و 342 نجد :

16 = 3 × 5 + 1 ; 163 = 16 × 10 + 3 ; 342 = 163 × 2 + 16 ; 847 = 342 × 2 + 163 ; اخر باقي غير معدوم هو 1

اذن العددين اوليان فيما بينهما

$$(1 + \sqrt{6})^n = a_n + b_n \sqrt{6} \quad (2)$$

$$(1 + \sqrt{6})^1 = 1 + \sqrt{6} = a_1 + b_1 \sqrt{6} : n=1 \text{ نجدها من اجل } a_1 \text{ و } b_1$$

$$\text{ومنه } a_1 = 1, b_1 = 1$$

$$(1 + \sqrt{6})^2 = a_2 + b_2 \sqrt{6} \text{ و } (1 + \sqrt{6})^3 = a_3 + b_3 \sqrt{6} \text{ وب نفس العمل نجد من اجل } n=2 \text{ و } n=3 :$$

$$a_2 = 7, b_2 = 2 \text{ و } a_3 = 73, b_3 = 28 \text{ وهكذا ...}$$

(ب) حساب a_{n+1} و b_{n+1} بدلالة a_n و b_n :

$$a_{n+1} + b_{n+1} \sqrt{6} = (1 + \sqrt{6})^{n+1} = (a_n + b_n \sqrt{6})(1 + \sqrt{6}) = a_n + 6b_n + (a_n + b_n) \sqrt{6}$$

$$a_{n+1} + b_{n+1} \sqrt{6} = a_n + 6b_n + (a_n + b_n) \sqrt{6} : \text{وبالتالي نجد :}$$

$$\begin{cases} a_{n+1} = a_n + 6b_n \\ b_{n+1} = a_n + b_n \end{cases} \text{ اذن}$$

(ج) برهان انه اذا كان 5 لا يقسم $a_n + b_n$ فانه لا يقسم $a_{n+1} + b_{n+1}$:

$$a_{n+1} + b_{n+1} = 2a_n + 7b_n = 2(a_n + b_n) + 5b_n \text{ لدينا :}$$

نعلم ان $5b_n$ يقبل القسمة على 5 . فاذا كان 5 لا يقسم $a_n + b_n$ فانه لا يقسم $2(a_n + b_n) + 5b_n$

وبالتالي لا يقسم $2(a_n + b_n) + 5b_n$ ومنه 5 لا يقسم $a_{n+1} + b_{n+1}$

- الاستنتاج : بالتراجع

من اجل $n=1$: 5 لا يقسم $a_1 + b_1 = 2$ فالخاصية صحيحة من اجل $n=1$

نفرض الخاصية صحيحة من اجل n أي 5 لا يقسم $a_n + b_n$ وبالتالي لا يقسم $2(a_n + b_n) + 5b_n$

وبما ان $a_{n+1} + b_{n+1} = 2(a_n + b_n) + 5b_n$ فان 5 لا يقسم $a_{n+1} + b_{n+1}$

(د) برهان انه اذا كان $\gcd(a_n, b_n) = 1$ فان $\gcd(a_{n+1}, b_{n+1}) = 1$

$$\text{لدينا } \begin{cases} a_{n+1} = a_n + 6b_n \\ b_{n+1} = a_n + b_n \end{cases} \text{ وهذا يكافئ } \begin{cases} a_{n+1} - b_{n+1} = 5b_n \\ 6b_{n+1} - a_{n+1} = 5a_n \end{cases} (*)$$

وبما ان a_n و b_n اعداد طبيعية فان $a_{n+1} - b_{n+1}$ و $6b_{n+1} - a_{n+1}$ هي اعداد قابلة للقسمة على 5

اذا كان a_{n+1} و b_{n+1} غير اوليين فيما بينهما فإنه يوجد عدد صحيح k بحيث :

$$a_{n+1} = k\alpha \text{ و } b_{n+1} = k\beta \text{ (بما ان 5 لا يقسم } a_{n+1} + b_{n+1} \text{ فان } k \neq 5)$$

$$\text{نعوض في العلاقة } (*) \begin{cases} a_{n+1} - b_{n+1} = 5b_n \\ 6b_{n+1} - a_{n+1} = 5a_n \end{cases} \text{ نجد : } \begin{cases} 5b_n = k(\alpha - \beta) \\ 5a_n = k(6\beta - \alpha) \end{cases} \text{ وهذا يعني ان العددين}$$

a_n و b_n لهما قاسم مشترك هو 5 أي ان 5 يقسم $a_n + b_n$ وهو تناقض مع السؤال (2) (ج)

وبالتالي a_{n+1} و b_{n+1} اوليان فيما بينهما

- الاستنتاج : يمكن ان نثبت بالتراجع ان a_n و b_n اوليان فيما بينهما

من الواضح ان : $a_2 = 7, b_2 = 2$ اوليان فيما بينهما

نفرض ان a_n و b_n اوليان فيما بينهما ونبرهن ان a_{n+1} و b_{n+1} اوليان فيما بينهما

إذا فرضنا d قاسم مشترك للعددين a_{n+1} و b_{n+1} فإن d يقسم $a_{n+1} - b_{n+1}$ أي يقسم $5b_n$ وبما أن $d \neq 5$ فإن d يقسم b_n ويقسم أيضا $b_{n+1} - b_n = a_n$ أي يقسم a_n أي أن 5 قاسم مشترك لـ a_n و b_n . لكن الفرض a_n و b_n أوليان فيما بينهما إذن حتما $d = 1$ أي أن a_{n+1} و b_{n+1} أوليان فيما بينهما



التمرين (17) : *Asie, juin 2003*

(1). (أ) أنشر العبارة $(n+3)(3n^2-9n+16)$ مع $n \in \mathbb{N}$.

استنتج أنه من أجل كل عدد طبيعي n ، يكون العدد $3n^3-11n+48$ قابلا للقسمة على $n+3$.

(ب) بيّن أنه من أجل كل عدد طبيعي n ، $3n^2-9n+16$ هو عدد طبيعي غير معدوم .

(2) بيّن أنه ، من أجل كل الأعداد الطبيعية غير المعدومة a ، b و c ، تكون المساواة التالية صحيحة :

$$PGCD(a;b) = PGCD(bc-a;b)$$

(3). بيّن أنه ، من أجل كل عدد طبيعي n أكبر من أو يساوي 2 ، تكون المساواة التالية صحيحة :

$$PGCD(3n^3-11n;n+3) = PGCD(48;n+3)$$

(4). (أ) عين مجموعة القواسم الطبيعية للعدد الطبيعي 48 .

(ب) استنتج مجموعة قيم العدد الطبيعي n التي يكون من أجلها $A = \frac{3n^3-11n}{n+3}$ عددا طبيعيا .

حل التمرين (17) : *Asie, juin 2003*

(1) من أجل كل عدد طبيعي n لدينا : $(n+3)(3n^2-9n+16) = 3n^3-9n^2+16n+9n^2-27n+48$

$$= 3n^3-11n+48$$

بما أن $3n^2-9n+16$ هو مجموع أعداد صحيحة فإنه يكون عددا صحيحا وبالتالي $3n^3-11n+48$ يقبل القسمة على $n+3$.

(ب) مميزات كثير الحدود $3x^2-9x+16$ هو $\Delta = -111$ ومعامل x^2 هو 3 (موجب) إذن من أجل كل $x \in \mathbb{R}$ ، $3x^2-9x+16 > 0$ ومنه من أجل كل عدد طبيعي n ، $3n^2-9n+16$ هو عدد صحيح موجب تماما أي هو عدد طبيعي غير معدوم .

(2) نفرض d قاسما للعددين a و b إذن d يقسم bc وبالتالي يقسم $bc-a$ ومنه d قاسم مشترك للعددين b و $bc-a$ عكسيا : نفرض d قاسما للعددين b و $bc-a$ إذن هو قاسم bc و $bc-a$ ومنه d يقسم الفرق $bc-(bc-a)$ أي d يقسم a وبالتالي d قاسم مشترك للعددين a و b .

خلاصة مجموعة القواسم المشتركة للعددين a و b هي نفسها مجموعة القواسم المشتركة للعددين b و $bc-a$ وبالأخص

$$pgcd(a;b) = pgcd(bc-a;b)$$

(3) نستعمل النتيجة السابقة بوضع : $a = 48$ ، $b = n+3$ و $c = 3n^2-9n+16$

$$p \gcd(48; n+3) = p \gcd(3n^3 - 11n; n+3) \text{ ومنه } bc - a = 3n^3 - 11n$$

(4) (أ) $48 = 2^4 \times 3$ ، مجموعة القواسم الطبيعية للعدد 48 هي : $\{1; 2; 3; 4; 6; 8; 12; 16; 24; 48\}$.

$$(ب) A = \frac{3n^3 - 11n}{n+3} \text{ ؛ لدينا } n+3 > 0 \text{ لكي يكون } A \in \mathbb{N} \text{ يجب أن يكون } 3n^3 - 11n \geq 0 \text{ و } n+3 \text{ يقسم } 3n^3 - 11n$$

$$3n^3 - 11n \geq 0 \text{ معناه } 3n \left(n^2 - \frac{11}{3} \right) \geq 0 \text{ ويكافئ } n = 0 \text{ أو } n \geq \sqrt{\frac{11}{3}}$$

$$\text{أي } n = 0 \text{ أو } n \geq 2$$

$$n+3 \text{ يقسم } 3n^3 - 11n \text{ معناه } p \gcd(3n^3 - 11n; n+3) = n+3 \text{ ومن (3) ينتج } p \gcd(48; n+3) = n+3$$

$$\text{ويكافئ أن } n+3 \text{ يقسم } 48 \text{ ومعناه } n+3 \in \{1; 2; 3; 4; 6; 8; 12; 16; 24; 48\}$$

$$\text{باعتبار } n = 0 \text{ أو } n \geq 2 \text{ نجد } n \in \{0; 3; 5; 9; 13; 21; 45\}$$



التمرين (18) Metropole sept 2003

$$(1) (أ) \text{ عين عددين صحيحين } u \text{ و } v \text{ بحيث : } 123u + 2003v = 1 \text{ مع العلم ان 2003 اولي}$$

$$(ب) \text{ استنتج عددا صحيحا } k_0 \text{ بحيث : } 123k_0 \equiv 1[2003]$$

$$(ج) \text{ بين انه من اجل كل عدد صحيح } x : 123x \equiv 456[2003] \text{ اذا وفقط اذا كان } x \equiv 456k_0[2003]$$

$$(د) \text{ عين جميع الاعداد الصحيحة } x \text{ بحيث : } 123x \equiv 456[2003]$$

$$(هـ) \text{ بين انه يوجد عدد صحيح وحيد } n \text{ بحيث : } 1 \leq n \leq 2002 \text{ و } 123n \equiv 456[2003]$$

$$(2) \text{ ليكن } a \text{ عددا صحيحا حيث : } 1 \leq a \leq 2002$$

$$(أ) \text{ عين } PGCD(a; 2003)$$

$$\text{استنتج انه يوجد عدد صحيح } m \text{ بحيث : } am \equiv 1[2003]$$

$$(ب) \text{ بين انه من اجل كل عدد صحيح } b \text{ فانه يوجد عدد صحيح وحيد } x \text{ بحيث :}$$

$$ax \equiv b[2003] \text{ و } 0 \leq x \leq 2002$$

حل التمرين (18) Metropole sept 2003

$$(1) (أ) \text{ تعيين عددين صحيحين } u \text{ و } v \text{ بحيث : } 123u + 2003v = 1 \text{ مع العلم ان 2003 اولي}$$

$$\text{العددان 123 و 2003 اوليان فيما بينهما ومنه حسب مبرهنة بيزو يوجد عددان صحيحان } u \text{ و } v \text{ يحققان المعادلة}$$

$$\text{بالقسمات المتتابعة نجد : } 2003 = 123 \times 16 + 35 \text{ و } 123 = 35 \times 3 + 18 \text{ و } 35 = 18 \times 1 + 17$$

$$18 = 17 \times 1 + 1$$

$$1 = 18 - 17 = 18 - (35 - 18) = 2 \times 18 - 35 =$$

$$= 2(123 - 35 \times 3) - 35 = 2 \times 123 - 7 \times 35 = \text{ ومنه}$$

$$= 2 \times 123 - 7(2003 - 123 \times 16) = 114 \times 123 - 7 \times 2003$$

$$\text{لدينا اذن } u = 114 \text{ و } v = -7$$

$$(ب) \text{ استنتاج عددا صحيحا } k_0 \text{ بحيث : } 123k_0 \equiv 1[2003]$$

من السؤال السابق لدينا $114 \times 123 - 7 \times 2003 = 1$ ومنه $114 \times 123 = 7 \times 2003 + 1$ أي ان

$114 \times 123 \equiv 1 [2003]$ أي $k_0 = 114$ ومنه $123 \times 114 \equiv 1 [2003]$

(ج) تبيان ان : $123x \equiv 456 [2003]$ اذا فقط اذا كان $x \equiv 456k_0 [2003]$:

- ليكن x عددا صحيحا بحيث $x \equiv 456k_0 [2003]$ (1) ومن السؤال السابق لدينا $123k_0 \equiv 1 [2003]$ ومن خواص الضرب في الموافقات نجد : $123k_0 \times 456 \equiv 1 \times 456 [2003]$ (1)

وبطرح (2) من (1) نجد : $123(x - 456k_0) \equiv 0 [2003]$ وبما ان 123 و 2003 اوليان فيما بينهما فان

$(x - 456k_0) \equiv 0 [2003]$ اذن $x \equiv 456k_0 [2003]$

- وعكسيا اذا كان $x \equiv 456k_0 [2003]$ ومن السؤال (ب) لدينا $123k_0 \equiv 1 [2003]$ ومنه

$456 \times 123k_0 \equiv 456 \times 1 [2003]$ (أ) لكن $x \equiv 456k_0 [2003]$ ومنه $123x \equiv 123 \times 456k_0 [2003]$ (ب)

اذن بطرح (أ) من (ب) نجد $123x - 456 \equiv 0 [2003]$ أي ان $123x \equiv 456 [2003]$

(د) تعيين جميع الاعداد x بحيث : $123x \equiv 456 [2003]$

ومن النتيجة السابقة نجد ان الاعداد التي تحققها هي الاعداد $x \equiv 456k_0 [2003]$ أي $x \equiv 456 \times 114 [2003]$

اذن $x = 456 \times 114 + 2003k$ حيث k عدد صحيح لكن $456 \times 114 = 51984 = 25 \times 2003 + 1909$

اذن $x = 1909 + 2003k'$ حيث k' عدد صحيح

(هـ) تبيان انه يوجد n وحيد بحيث : $1 \leq n \leq 2002$ و $123n \equiv 456 [2003]$

العدد n هو احد حلول الموافقة السابقة $123x \equiv 456 [2003]$ فهو اذن من الشكل : $n = 1909 + 2003k'$

مع $1 \leq 1909 + 2003k' \leq 2002$ أي $-1908 \leq 2003k' \leq 93$ وتعني $-\frac{1908}{2003} \leq k' \leq \frac{93}{2003}$

ومنه القيمة الوحيدة للعدد k' هي 0 وبالتالي $n = 1909$

(2) (أ) تعيين $PGCD(a; 2003)$ حيث : $1 \leq a \leq 2002$

بما ان 2003 عدد اولي فانه اولي مع جميع الاعداد الأقل منه ومنه $PGCD(a; 2003) = 1$

وبما ان a و 2003 اوليان فيما بينهما فانه حسب مبرهنة بيزو يوجد عدنان صحيحان m و n بحيث :

$am + 2003n = 1$

وهذه تعني $am = 1 + 2003(-n)$ أي $am \equiv 1 [2003]$ ومنه نستنتج انه يوجد m بحيث : $am \equiv 1 [2003]$

(ب) تبيان انه من اجل كل b فانه يوجد x بحيث : $ax \equiv b [2003]$ و $0 \leq x \leq 2002$

لدينا من السؤال السابق $am \equiv 1 [2003]$ ومنه بضرب الطرفين بالعدد b نجد $b \times am \equiv b [2003]$

فاذا كان $ax \equiv b [2003]$ فاننا نحصل بطرح الموافقتين : $ax - abm \equiv 0 [2003]$ أي $a(x - bm) \equiv 0 [2003]$

وهذا يعني $a(x - bm)$ يقبل القسمة على 2003 وبما ان $PGCD(a; 2003) = 1$ فان 2003 يقسم $(x - bm)$

اذن $(x - bm) \equiv 0 [2003]$ أي $x \equiv bm [2003]$ و بالقسمة الاقليدية نجد $bm = 2003q + r$

حيث $r < 2003$ اذن $x \equiv r [2003]$ و $r < 2003$



(1) x عدد طبيعي . برهن أنه من أجل كل عدد طبيعي غير معدوم k ،

$$(x-1)(1+x+x^2+\dots+x^{k-1})=x^k-1$$

(2). (أ) d و n عدنان طبيعيان غير معدومين حيث d يقسم n . $n=dk$

برهن أنه من أجل كل عدد طبيعي غير معدوم a واكبر من 1، العدد a^d-1 يقسم العدد a^n-1 .

(ب) استنتج أن العدد $2^{2004}-1$ يقبل القسمة على 7 ثم على 63 ثم على 9 .

(3) (أ) ليكن العددين الطبيعيين m و n و $d = PGCD(m; n)$ ونضع $m = d.m'$ و $n = d.n'$

بتطبيق مبرهنة بيزو بين انه يوجد عدنان صحيحان u و v بحيث : $mu-nv=d$

(ب) نفرض عددين u و v موجبين تماما . بين : $a^d-1 = (a^{mu}-1)-(a^{nv}-1)a^d$ ثم بين ان a^d-1 هو

القاسم المشترك الأكبر للعددين : $a^{mu}-1$ و $a^{nv}-1$

(4) تطبيق. (أ) عين $PGCD(63; 60)$.

(ب) بين أن : $a^3-1 = (a^{60}-1)a^3 = a^3-1$

(ج) استنتج أن : $PGCD(a^{63}-1; a^{60}-1) = a^3-1$

(د) استنتج قيمة : $PGCD(2^{63}-1; 2^{60}-1)$

حل التمرين (19) France Juin 2004

(1) بنشر العبارة $(x-1)(1+x+x^2+\dots+x^{k-1})$ نجد

$$(x-1)(1+x+x^2+\dots+x^{k-1}) = (x+x^2+\dots+x^k) - (1+x+x^2+\dots+x^{k-1}) = x^k-1$$

إذن : $(x-1)(1+x+x^2+\dots+x^{k-1}) = x^k-1$ (*)

نستنتج أن $(x-1)$ يقسم x^k-1 مع k عدد طبيعي غير معدوم

(2) (أ) برهان على أنه من أجل كل عدد طبيعي غير معدوم a ، العدد a^d-1 يقسم العدد a^n-1 .

بما أن d يقسم n فإنه يوجد عد طبيعي غير معدوم k حيث $n = kd$ ومنه $a^n-1 = a^{kd}-1 = (a^d)^k-1$

بوضع $x = a^d$ نجد $a^d-1 = x-1$ و $a^n-1 = x^k-1$

وحسب (1) فإن : $(x-1)$ يقسم x^k-1 ومنه a^d-1 يقسم العدد a^n-1

(ب) . استنتج أن العدد $2^{2004}-1$ يقبل القسمة على 7 ثم على 63 ثم على 9 .

لدينا من السؤال السابق : العدد a^d-1 يقسم العدد a^n-1 وبوضع $a=2$ و $n=2004$ ولدينا ايضا

$$2^4-1=15 \text{ و } 2^3-1=7 \text{ و } 2^2-1=3 \text{ ومنه } 2^{2004}-1 = 2^2 \times 3 \times 167$$

* استنتج أن العدد $2^{2004}-1$ يقبل القسمة على 63

$$2^{2004}-1 = 2^{6(334)}-1 \text{ و } 63 = 64-1 = 2^6-1$$

بوضع $a=2$ و $n=2004$ و $d=6$

بما أن 2004 يقبل القسمة على 6 فإن : $2^{2004}-1$ يقبل القسمة على 2^6-1 أي $2^{2004}-1$ يقبل القسمة

على 63

* استنتج أن العدد $2^{2004}-1$ يقبل القسمة على 9 .

بما أن العدد $2^{2004}-1$ يقبل القسمة على 63 و $63=9 \times 7$ فإن العدد $2^{2004}-1$ يقبل القسمة على 9

أو : $2^{2004} - 1 = 63k / k \in \mathbb{N}^*$ ومنه $2^{2004} - 1 = 9(7k) = 9k' / k' \in \mathbb{N}^*$ ومنه العدد $2^{2004} - 1$

يقبل القسمة على 9

(3) (أ) تتص مبرهنة بيزو ان العددين n' و m' اوليين فيما بينهما اذا فقط اذا وجد عدنان صحيحان u و v بحيث $um' + vn' = 1$ او $um' - vn' = 1$ وبضرب الطرفين بالعدد d نجد : $u.d.m' + v.d.n' = d$ أي ان $um + vn = d$ او $um - vn = d$

(ب) اثبات ان : $(a^{mu} - 1) - (a^{nv} - 1)a^d = a^d - 1$ (*)

بالنشر نجد : $a^{mu} - 1 - a^{nv+d} + a^d = a^d - 1$ وهذا يعني : $a^{mu} - a^{nv+d} = 0$ وتعني $a^{mu} = a^{nv+d}$

وبالتالي : $mu = nv + d$ وهذا يعني $mu - nv = d$

بقسمة طرفي العلاقة (*) بالعدد $D = a^d - 1$ نجد : $\left(\frac{a^{mu} - 1}{a^d - 1}\right) - \left(\frac{a^{nv} - 1}{a^d - 1}\right)a^d = 1$ وهذا يعني وجود عددين

صحيحين بحيث : $1.A - a^d.B = 1$ حيث $A = \frac{a^{mu} - 1}{a^d - 1}$ و $B = \frac{a^{nv} - 1}{a^d - 1}$

وهذا يعني ان العددين A و B أوليان فيما بينهما وان $D = a^d - 1$ هو القاسم المشترك الأكبر للعددين : $a^{mu} - 1$ و $a^{nv} - 1$

(4). أ. تعيين $PGCD(63; 60)$.

$PGCD(63; 60) = PGCD(60; 3) = 3$ لأن 3 تقسم 60

(ب) تبيان أن : $(a^{63} - 1) - (a^{60} - 1)a^3 = a^3 - 1$

بالنشر : $(a^{63} - 1) - (a^{60} - 1)a^3 = a^{63} - 1 - a^{63} + a^3 = a^3 - 1$

(ج). برهان أن : $PGCD(a^{63} - 1; a^{60} - 1) = a^3 - 1$

$PGCD(a^{63} - 1; a^{60} - 1) = PGCD(a^{60} - 1; a^3 - 1) = a^3 - 1$ لأن $a^3 - 1$ يقسم $a^{60} - 1$

(د) استنتاج القيمة لـ : $PGCD(2^{63} - 1; 2^{60} - 1)$

بتعويض $a = 2$ نجد : $PGCD(2^{63} - 1; 2^{60} - 1) = 2^3 - 1 = 7$

التمرين (20) : Asie juin 2004

a عدد طبيعي غير معدوم .

نسعى (E) مجموعة الأعداد الطبيعية التي تكتب على الشكل $9 + a^2$. مثلا : $10 = 9 + 1^2$, $13 = 9 + 2^2$...

(1) دراسة المعادلة ذات المجهول العدد الطبيعي a التالية : $a^2 + 9 = 2^n$ حيث $n \geq 4$

(أ) - برهن أنه إذا قبلت المعادلة حلا a فإن a يكون فرديا.

(ب) - باستعمال الموافقة بترديد 4 برهن أن المعادلة لا تقبل حلا.

(2) دراسة المعادلة ذات المجهول الطبيعي a التالية : $a^2 + 9 = 3^n$ حيث $n \geq 3$

(أ) - برهن أنه إذا كان $n \geq 3$ فإن 3^n يوافق 1 او 3 بترديد 4

(ب) - برهن أنه إذا قبلت المعادلة حلا a فإن a يكون زوجيا ؛ واستنتج أن n يكون كذلك زوجيا .

(ج) - نضع $n = 2p$ حيث $p \geq 2$ حل العدد $3^n - a^2$ ثم استنتج أن المعادلة لا تقبل حلا.

- (3) دراسة المعادلة ذات المجهول الطبيعي a التالية : $a^2 + 9 = 5^n$ حيث $n \geq 2$
- (أ) . باستعمال الموافقة بترديد 3 برهن أنه إذا كان n فرديا فإن المعادلة لا تقبل حلا.
- (ب) نضع $n = 2p$ ، برهن كما في السؤال (2) (ج) أنه يوجد عدد طبيعي وحيد a الذي يكون من أجله العدد $a^2 + 9$ من قوى العدد 5 .

حل التمرين (20) : Asie juin 2004

- (1) (أ) - برهان أنه إذا قبلت المعادلة $a^2 + 9 = 2^n$ حلا a فإن a يكون فرديا حيث $n \geq 4$
- نفرض a زوجي ومنه $a^2 + 9 = 2^n$ تعني $9 = 2^n - a^2$ وهذه المعادلة لا يمكن ان تتحقق لان الفرق بين زوجيين هو عدد زوجي وبالتالي اذا وجد a يجب ان يكون فرديا
- (ب) برهان أن المعادلة لا تقبل حلا:

بما ان a يجب ان يكون فرديا نضع $a = 2k + 1$ اذن $a^2 + 9 = 2^n$ تكافئ $4k^2 + 4k + 10 = 2^n$

ولدينا $4k^2 + 4k + 10 \equiv 2[4]$ و $2^n \equiv 0[4]$ لان $n \geq 4$ اذن $4k^2 + 4k + 10$ و 2^n غير متوافقان بترديد 4

اذن لا يوجد حل للمعادلة $a^2 + 9 = 2^n$

(2) $a^2 + 9 = 3^n$

- (أ) - برهان أنه اذا كان $n \geq 3$ فان 3^n يوافق 1 او 3 بترديد 4 :
- من اجل $n \geq 3$ $3^n \equiv -1[4]$ ومنه $3^n \equiv (-1)^n[4]$
- اذا كان n زوجيا فان $3^n \equiv 1[4]$ واذا كان n فرديا فان $3^n \equiv -1[4]$ أي ان $3^n \equiv 3[4]$
- (ب) - برهان أن اذا كانت $a^2 + 9 = 3^n$ تقبل حلا a فإن a يكون زوجيا :
- اذا كان a فرديا فان مربعه ايضا فردي ومنه $a^2 + 9$ زوجي (مجموع عددين فرديين هو عدد زوجي)
- لكن 3^n عدد فردي من اجل كل عدد n , فهذا تناقض , ومنه اذا وجد حل للمعادلة $a^2 + 9 = 3^n$ فانه زوجي
- بما ان a يكون زوجيا فانه يكتب على الشكل $a = 2p$ حيث p طبيعي ومنه $a^2 = 4p^2$
- أي ان $a^2 \equiv 0[4]$ و منه $a^2 + 9 \equiv 9[4]$ أي $a^2 + 9 \equiv 1[4]$
- لكن $a^2 + 9 = 3^n$ أي ان $3^n \equiv 1[4]$ لكن هذه الموافقة لا يمكن ان تكون صحيحة الا اذا كان n زوجيا
- الخلاصة : اذا كان $a^2 + 9 = 3^n$ فان n يجب ان يكون زوجيا .

(ج) - تحليل العدد $3^n - a^2$ حيث $n = 2p$ و $p \geq 2$: $a^2 + 9 = 3^n$ تعني $9 = 3^n - a^2$

$$3^n - a^2 = 3^{2p} - a^2 = (3^p)^2 - a^2 = (3^p - a)(3^p + a) = 9$$

قواسم العدد 9 هي : 1 و 3 و 9 ومنه توجد امكانيتان فقط وهي :

$$\begin{cases} 3^p + a = 3 \\ 3^p - a = 3 \end{cases} (*)$$

وبما ان $a \neq 0$ و $3^p + a > 3^p - a$ فهذه لا تقبل حولا

$$\begin{cases} 3^p + a = 9 \\ 3^p - a = 1 \end{cases} (*)$$

وبالجمع نجد : $2 \times 3^p = 10$ أي $3^p = 5$ وهذه لا تقبل حلا لان العدد 5 ليس قوة للعدد 3

خلاصة : المعادلة $a^2 + 9 = 3^n$ لا تقبل حلا

(أ) برهان أنه إذا كان n فرديا فإن المعادلة $a^2 + 9 = 5^n$ لا تقبل حلا حيث $n \geq 2$
 باستعمال الموافقة بتريديد 3: نفرض ان n فردي أي $n = 2k + 1$ ومنه $5^n = 5^{2k+1} = 5^{2k} \times 5$

وبما ان $5 \equiv 2[3]$ و $5^2 \equiv 2^2[3]$ أي $5^2 \equiv 1[3]$ فان $(5^2)^k \equiv 1[3]$ ان $5^n \equiv 2[3]$
 اذن اذا وجد حل a فان $5^n \equiv 2[3]$ أي $a^2 + 9 \equiv 2[3]$

وبما ان $a \equiv 0[3]$ او $a \equiv 1[3]$ او $a \equiv 2[3]$ فان مربعه يكون يوافق 0 او 1 بتريديد 3
 وبما ان $9 \equiv 0[3]$ فان $(a^2 + 9 \equiv 0[3] \text{ او } a^2 + 9 \equiv 1[3])$ لكن $5^n \equiv 2[3]$

اذن المقداران $a^2 + 9$ و 5^n غير متساويين

خلاصة: اذا كان n فرديا فإن المعادلة $a^2 + 9 = 5^n$ لا تقبل حلا

(ب) نضع $n = 2k$ ونبرهن أنه يوجد عدد طبيعي وحيد a الذي يكون من أجله العدد $a^2 + 9 = 5^n$:
 المعادلة $a^2 + 9 = 5^n$ تكتب $5^{2k} - a^2 = 9$ أي $(5^k - a)(5^k + a) = 9$ ومنه توجد اماكنيتان

$$\begin{cases} 5^k + a = 3 \\ 5^k - a = 3 \end{cases} (*)$$

وهذه لا تقبل حلا لان $a \neq 0$ و $5^k + a > 5^k - a$

$$\begin{cases} 5^k + a = 9 \\ 5^k - a = 1 \end{cases} (*)$$

وبالجمع نجد : $2 \times 5^k = 10$ أي $5^k = 5$ ومنه $k = 1$ وبالتالي $a = 4$

خلاصة : المعادلة $a^2 + 9 = 5^n$ تقبل حلا وحيدا $a = 4$ من اجل كل $n \geq 2$

التمرين (21) Antilles, sept 2004

اذكر صحة أو خطأ الجمل التالية مع التبرير

- (1) القاسم المشترك الأكبر للعديدين 2004 و 4002 هو 6
- (2) اذا كان p و q عددين طبيعيين غير معدومين فان $2^{pq} - 1$ يقبل القسمة على $2^p - 1$ و على $2^q - 1$
- (3) من اجل كل عدد طبيعي غير معدوم n فان $2^n - 1$ لا يمكن ايدا ان يكون قابلا للقسمة على 9
- (4) مجموعة الحلول في Z للمعادلة $24x + 35y = 9$ هي الثنائيات : $(-144 + 70k; 99 - 24k)$ $k \in \mathbb{Z}$

حل التمرين (21) Antilles, sept 2004

(1) صحيحة لان :

$$4002 = 2004 \times 1 + 1998 \quad \text{و} \quad 2004 = 1998 \times 1 + 6 \quad \text{اخر باقي غير معدوم هو 6}$$

(2) صحيحة :

$$a^m - 1 = (a - 1)(a^{m-1} + a^{m-2} + \dots + 1) \quad \text{و نعلم ان} \quad 2^{pq} - 1 = (2^p)^q - 1 = (2^q)^p - 1$$

$$2^{pq} - 1 = (2^p)^q - 1 = (2^p - 1)((2^p)^{q-1} + (2^p)^{q-2} + \dots + (2^p)^1 + 1) \quad \text{اذن}$$

$$2^p - 1 \quad \text{اذن} \quad 2^{pq} - 1 \quad \text{يقبل القسمة على}$$

$$2^{pq} - 1 = (2^q)^p - 1 = (2^q - 1)((2^q)^{p-1} + (2^q)^{p-2} + \dots + (2^q)^1 + 1) \quad \text{وبنفس التحليل نجد :}$$

$$2^q - 1 \quad \text{اذن} \quad 2^{pq} - 1 \quad \text{يقبل القسمة على}$$

$$(3) \quad \text{خاطئة} \quad \text{لانه من اجل} \quad n = 6 \quad \text{فان} \quad 2^6 - 1 = 63 \quad \text{و} \quad 63 \quad \text{يقبل القسمة على} \quad 9$$

(4) خاطئة .

$$\text{الثانية} \quad (-144; 99) \quad \text{حل خاص للمعادلة لان:} \quad 24(-144) + 35(99) = 9$$

$$\text{ومنه} \quad 24x + 35y = 24(-144) + 35(99) \quad \text{أي} \quad 24(x + 144) = 35(99 - y)$$

$$35 \quad \text{يقسم} \quad 24(x + 144) \quad \text{وبما انه اولي مع} \quad 24 \quad \text{فان} \quad 35 \quad \text{يقسم} \quad x + 144 \quad \text{أي ان} \quad x + 144 = 35k$$

$$\text{اذن} \quad x = 35k - 144 \quad \text{و بالتعويض نجد :} \quad 24k = (99 - y)$$

$$\text{اذن الحلول هي :} \quad (x; y) = (-144 + 35k; 99 - 24k)$$



التمرين (22) Nelle-Calédonie, Nov 2004

a و b عدنان طبيعيان غير معدومين .

(1)(أ). برهن أنه إذا وجد عدنان صحيحان u و v حيث $au + bv = 1$ فإن a و b أوليان فيما بينهما .

(ب). استنتج أنه إذا كان $(a^2 + ab - b^2)^2 = 1$ ، فإن a و b أوليان فيما بينهما .

(2). نريد تعيين كل الثنائيات $(a; b)$ من الأعداد الطبيعية غير المعدومة حيث $(a^2 + ab - b^2)^2 = 1$.

كل ثنائية $(a; b)$ تحقق الشرط تسمى حلا .

(أ) عين a عندما يكون $b = a$.

(ب) تحقق من أن $(1; 1)$ ، $(2; 3)$ و $(5; 8)$ هي ثلاث حلول خاصة .

(ج) بين أنه إذا كانت $(a; b)$ حلا وإذا كان $a < b$ فإن $a^2 - b^2 < 0$.

(3). (أ) بين أنه إذا كانت $(x; y)$ حلا يختلف عن $(1; 1)$ فإن $(y - x; x)$ و $(y; y + x)$ هما كذلك حلان.

(ب) استنتج من (2). (ب) ثلاث حلول أخرى .

(4). نعتبر المتتالية (a_n) حدودها أعداد طبيعية غير معدومة والمعرفة بـ : $a_0 = a_1 = 1$ ومن أجل كل عدد

طبيعي n ، $a_{n+2} = a_{n+1} + a_n$. (تسمى هذه المتتالية ، متتالية فيبوناكشي) (Fibonacci)

- برهن أنه من أجل كل عدد طبيعي n ، $(a_n; a_{n+1})$ هي حل .

- استنتج أن العددين a_n و a_{n+1} أوليان فيما بينهما .

حل التمرين (22) Nelle-Calédonie, Nov 2004

(1) (أ) ليكن d القاسم المشترك الأكبر للعددين a و b الصحيحين غير المعدومين
ومنه فإن d يقسم كل مضاعفات a أي يقسم na و يقسم كل مضاعفات b أي يقسم mb
وبالتالي يقسم $na + mb$ ومنه على الخصوص يقسم $au + bv$ وبما أن $au + bv = 1$ أي أن d يقسم 1
وبالتالي : $d = 1$ وهذا يعني a و b أوليان فيما بينهما

(ب) العبارة $(a^2 + ab - b^2)^2 = 1$ تعني $\begin{cases} a^2 + ab - b^2 = 1 \\ a^2 + ab - b^2 = -1 \end{cases}$ وهذا يعني :

$$\begin{cases} a(a+b) - b \times b = 1 \\ b(b-a) - a \times a = 1 \end{cases} \text{ وفي الحالتين يمكن أن نكتب : } au + bv = 1$$

في الحالة الأولى : $u = a + v, v = -b$ وفي الحالة الثانية $u = b - a, v = -a$

وهذا يعني أن العددين a و b أوليان فيما بينهما .

(2) تعيين الثنائيات $(a; b)$ حيث $(a^2 + ab - b^2)^2 = 1$

(أ) في حالة $b = a$ فإن $(a^2 + ab - b^2)^2 = (a^2 + a^2 - a^2)^2 = 1$ أي أن $a^4 = 1$

ومنه $a = 1$ لأن a موجب

(ب) التحقق أن $(1; 1)$ ، $(2; 3)$ و $(5; 8)$ هي حلول : نعوض فنجد :

واضح أن $(1; 1)$ حل حسب (أ) $b = a = 1$

وفي حالة $(2; 3)$ نجد : $(2^2 + 2 \cdot 3 - 3^2)^2 = 1$

في حالة $(5; 8)$ نجد : $(5^2 + 5 \cdot 8 - 8^2)^2 = (25 + 40 - 64)^2 = 1$

(ج) تبين أنه إذا كانت $(a; b)$ حلا وإذا كان $a < b$ فإن $a^2 - b^2 < 0$:

لدينا $a^2 + ab - b^2 = 1$ فإذا كان $a^2 - b^2 > 0$ فإن $a^2 + ab - b^2$ لا يمكن أن يكون مساويا 1

وأیضا لا يمكن أن يكون $a^2 + ab - b^2$ مساويا لـ -1 لأنه سيكون في هذه الحالة موجبا تماما

اذن في كل الحالات $a^2 - b^2 < 0$

طريقة أخرى: اذا كان $a < b$ فإن $a - b < 0$ وبما أن a و b موجبان فإن $a + b$ موجب

وبالتالي : $a^2 - b^2 = (a + b)(a - b) < 0$

(3). (أ) تبين أنه إذا كانت $(x; y)$ حلا يختلف عن $(1; 1)$ فإن $(y - x; x)$ حلا.

$(x; y)$ حل معناه : $(x^2 + xy - y^2)^2 = 1$ أي أن : $x^4 + x^2y^2 + y^4 + 2x^3y - 2x^2y^2 - 2xy^3 = 1$

و $(y - x; x)$ حل فنعوض في المعادلة $(a^2 + ab - b^2)^2 = 1$ نجد :

$$\left((y-x)^2 + (y-x)x - x^2 \right)^2 = \left(y^2 - 2xy + x^2 + xy - x^2 - x^2 \right)^2 = \left(y^2 - xy - x^2 \right)^2 = 1$$

و منه $\left(y^2 - xy - x^2 \right)^2 = \left(-(-y^2 + xy + x^2) \right)^2 = \left(x^2 + xy - y^2 \right)^2 = 1$

وبنفس الحساب نجد $(y; y + x)$ هي أيضا حل

(ب) استنتاج ثلاث حلول أخرى:

بما أن $(2; 3)$ هي حل فانه حسب السؤال (أ) الثنائيات:

$(3; 3+2) = (3; 5)$ و $(3-2; 2) = (1; 2)$ حل

وبما أن $(5; 8)$ حل فإن الثنائيات $(8-5; 5) = (3; 5)$ و $(8; 5+8) = (8; 13)$ حل

اذن الحلول الجديدة هي : (1;2) و (3;5) و (8;13)

(4) (a_n) حدودها طبيعية غير معدومة و : $a_0 = a_1 = 1$ و ، $a_{n+2} = a_{n+1} + a_n$

برهان أن الثنائية $(a_n; a_{n+1})$ هي حل لـ : $(a^2 + ab - b^2)^2 = 1$

نبرهن ذلك بالتراجع : لدينا $a_0 = a_1 = 1$ و $a_{0+1} = 1$ و $a_0 = 1$ والثنائية (1;1) حل حسب (أ)

اذن الخاصية صحيحة من اجل 0

نفرض $(a_n; a_{n+1})$ حلا ، ومنه حسب (3) (أ) $(a_{n+1}; a_{n+2}) = (a_{n+1}; a_n + a_{n+1}) = (a_{n+1}; y+x)$ هي أيضا حل

اذن الخاصية صحيحة من اجل كل عدد طبيعي n

- استنتاج أن العددين a_n و a_{n+1} أوليان فيما بينهما :

من السؤال (1)(ب) برهنا انه اذا كانت $(a; b)$ حلا فان العددين a و b اوليين فيما بينهما وبما ان الثنائية

$(a_n; a_{n+1})$ حلا للمعادلة فانه ينتج ان a_n و a_{n+1} أوليان فيما بينهما

ملاحظة : يمكن البرهان عليها بالتراجع .



التمرين (23) QCM, France sept. 2005

اختر الجواب الصحيح من بين الاجوبة الاربعة المقترحة

(1) نعتبر في مجموعة الاعداد الصحيحة المعادلة : $x^2 - x + 4 \equiv 0 [6]$

(أ) كل حلول المعادلة هي اعداد زوجية

(ب) لا تقبل أي حل

(ج) الحلول تحقق : $x \equiv 2 [6]$

(د) الحلول تحقق : $x \equiv 2 [6]$ أو $x \equiv 5 [6]$

(2) نريد حل المعادلة : $24x + 34y = 2$ (E) حيث x و y عدنان صحيحان

(أ) كل حلول المعادلة (E) هي من الشكل : $(x; y) = (34k - 7; 5 - 24k)$ و k عدد صحيح

(ب) المعادلة (E) لا تقبل أي حل .

(ج) حلول المعادلة (E) هي من الشكل : $(x; y) = (17k - 7; 5 - 12k)$ و k عدد صحيح

(د) حلول المعادلة (E) هي من الشكل : $(x; y) = (-7k; 5k)$ و k عدد صحيح

(3) نعتبر العددين $n = 1789$ و $p = 1789^{2005}$ لدينا اذن :

(أ) $n \equiv 4 [17]$ و $p \equiv 0 [17]$ (ب) العدد p أولي (ج) $p \equiv 4 [17]$ (د) $p \equiv 1 [17]$

حل التمرين (23) QCM, France sept. 2005

(1) الجواب الصحيح هو (د)

- اذا كان $x \equiv 2 [6]$ فان $x^2 \equiv 4 [6]$ ومنه : $x^2 - x + 4 \equiv 4 - 2 + 4 [6] \equiv 6 [6] \equiv 0 [6]$ اذن صحيحة

- اذا كان $x \equiv 5 [6]$ فان $x^2 \equiv 1 [6]$ ومنه : $x^2 - x + 4 \equiv 25 - 5 + 4 [6] \equiv 24 [6] \equiv 0 [6]$ اذن صحيحة

(2) نختصر المعادلة على 2 نجد : $12x+17y=1$ وهذه المعادلة تقبل دائما حولا لان العددين 12 و 17 أوليان فيما بينهما حسب مبرهنة غوص أي يوجد عدنان صحيحان u و v يحققان $12u+17v=1$ ومنه الجواب (ب) خاطئ

ولايجاد حلا خاصا فان الجواب (ج) يعطينا فكرة وهي ان الثنائية $(-7,5)$ تحقق المطلوب :

$$12 \times -7 + 17 \times 5 = 1$$

ولايجاد الحلول نتبع نفس الطرق المتبعة : $12x+17y=1$ و $12 \times -7 + 17 \times 5 = 1$

ومنه : $12x+17y=12 \times -7 + 17 \times 5$ اذن $12(x+7)=17(5-y)$

17 يقسم الجداء $12(x+7)$ وبما انه اولي مع 12 فانه حسب مبرهنة بيزو العدد 17 يقسم $x+7$ أي ان

$$x+7=17k \quad \text{وبالتالي} \quad x=-7+17k \quad \text{وبالتعويض نجد} \quad y=5-12k$$

اذن الجواب الصحيح هو (ج)

(3) الجواب الصحيح هو (ج)

لدينا : $1789=17 \times 105+4$ ومنه $1789 \equiv 4[17]$ و $2005=2 \times 1002+1$

$$1789^{2005} \equiv 4^{2005}[17] \quad \text{أي} \quad 1789^{2005} \equiv 4^{2 \times 1002+1}[17] \quad \text{و} \quad 4^2=16 \equiv -1[17]$$

$$p \equiv 4[17] \quad \text{اذن} \quad 4^{2 \times 1002+1} = (16)^{1002} \times 4 \equiv (-1)^{1002} \times 4[17] \equiv 4[17]$$



التمرين (24) Polynésie, juin 2005

نعتبر المتتالية العددية المعرفة بـ : $u_0=14$ و من اجل كل طبيعي n : $u_{n+1}=5u_n-6$

(1) (أ) احسب u_1, u_2, u_3 و u_4

(ب) ماذا يمكن الاستنتاج بالنسبة للرقمين الأخيرين للحد : u_n ؟

(2) - بين انه من اجل كل عدد طبيعي n : $u_{n+2} \equiv u_n[4]$

- استنتج انه من اجل كل عدد طبيعي k : $u_{2k} \equiv 2[4]$ و $u_{2k+1} \equiv 0[4]$

(3) (أ) برهن بالتراجع انه من اجل كل عدد طبيعي n : $2u_n = 5^{n+2} + 3$

(ب) استنتج انه من اجل كل عدد طبيعي n : $2u_n \equiv 28[100]$

(4) عين الرقمين الأخيرين في النظام ذا الأساس 10 (الكتابة العشرية) لـ u_n وذلك حسب قيم n

(5) بين ان القاسم المشترك الأكبر لحددين متتابعين للمتتالية (u_n) هو عدد ثابت , عين قيمته

حل التمرين (24) Polynésie, juin 2005

(1) (أ) حساب الحدود : $u_1=64$, $u_2=314$, $u_3=1564$ و $u_4=7814$

(ب) يمكن القول ان : $u_{2k} = \dots 14$ و $u_{2k+1} = \dots 64$ الرقمين الأخيرين اما 14 او 64

(2) اثبات ان : $u_{n+2} \equiv u_n[4]$

لدينا : $u_{n+2} = 5u_{n+1} - 6 = 5(5u_n - 6) - 6 = 25u_n - 36$ ونعلم ان $25 \equiv 1[4]$ و $36 \equiv 0[4]$

ومنه $24u_n - 36 \equiv 0[4]$ يمكن ان نكتب : $u_{n+2} \equiv (u_n + 24u_n - 36)[4] \equiv (u_n + 0)[4] \equiv u_n[4]$
ومنه $u_{n+2} \equiv u_n[4]$

- استنتاج بالتراجع انه من اجل كل عدد طبيعي k : $u_{2k} \equiv 2[4]$ و $u_{2k+1} \equiv 0[4]$
من اجل $k=0$ فان : $u_0 \equiv 2[4]$ ونعلم ان $u_0 = 14$ أي $u_0 \equiv 2[4]$ اذن صحيحة
نفرض انها صحيحة من اجل k ونبرهن انها صحيحة من اجل $k+1$ أي نبرهن ان $u_{2(k+1)} \equiv 2[4]$
من الفرض : $u_{2k} \equiv 2[4]$ و $u_{2k+1} \equiv 0[4]$ (حسب (2)) ومنه $u_{2(k+1)} \equiv 2[4]$ اذن محققة من اجل كل k

اذن $u_{2k} \equiv 2[4]$
و بنفس العمل نبرهن ان $u_{2k+1} \equiv 0[4]$. من اجل $k=0$ محققة لان $u_1 = 64 \equiv 0[4]$
ومنه $u_{2k+1} \equiv u_1[4]$ وبالتالي من اجل كل k فان $u_{2k+1} \equiv 0[4]$
(3) (أ) البرهان بالتراجع ان $2u_n = 5^{n+2} + 3$.
من اجل $n=0$: $2u_0 = 5^2 + 3 = 28$ و نعلم $u_0 = 14$ اذن $2u_0 = 28$ محققة
نفرض انها صحيحة من اجل n ونبرهن انها صحيحة من اجل $n+1$ أي نبرهن ان : $2u_{n+1} = 5^{n+3} + 3$.
لدينا $2u_n = 5^{n+2} + 3$ وحيث ان $u_{n+1} = 5u_n - 6$
و $2u_{n+1} = 2(5u_n - 6) = 5 \times 2u_n - 12 = 5(5^{n+2} + 3) - 12 = 5^{n+3} + 15 - 12 = 5^{n+3} + 3$
اذن $2u_{n+1} = 5^{n+3} + 3$ وبالتالي الخاصية محققة من اجل كل عدد طبيعي أي $2u_n = 5^{n+2} + 3$.
(ب) استنتاج ان : $2u_n \equiv 28[100]$

لدينا : $2u_n = 5^{n+2} + 3$ ونعلم ان $5 \equiv 1[4]$ وبالتالي $5^n \equiv 1[4]$ ومنه $5^{n+2} \equiv 25[100]$
وبالتالي $2u_n \equiv 28[100]$ اذن $5^{n+2} + 3 \equiv 25 + 3[100]$
(4) تعيين الرقمين الأخيرين لـ u_n :

من العلاقة الأخيرة $2u_n \equiv 28[100]$ نجد : $u_n \equiv 14[50]$ ومنه $u_n = 14 + 50m$, $m \in \mathbb{Z}$
وبما ان $u_{2k} \equiv 2[4]$ و $14 \equiv 2[4]$ ينبغي ان يكون $50m \equiv 0[4]$
اذن اذا كان k زوجي فان $u_k \equiv 14[100]$ و اذا كان k فردي $u_k \equiv 14 + 50[100] \equiv 64[100]$
أي ان الرقمين الأخيرين هما : 14 في حالة k زوجي و 64 في حالة k فردي
(5) القاسم المشترك الأكبر لـ u_n متتابعين للـ u_n

نلاحظ ان $PGCD(u_0; u_1) = PGCD(14; 64) = 2$ وبالتالي يجب برهان ان $PGCD(u_{n+1}; u_n) = 2$
لدينا من العلاقة $u_{n+1} = 5u_n - 6$ ان $5u_n - u_{n+1} = 6$
فاذا كان d هو القاسم المشترك الأكبر لـ u_n و u_{n+1} فانه يقسم الفرق $5u_n - u_{n+1}$ أي ان d هو احد قواسم العدد 6
ونعلم ان $2u_n = 5^{n+2} + 3$ وبما ان 3 يقسم 3 ولا يقسم 5 فانه لا يمكن ان يكون قاسما لـ $2u_n = 5^{n+2} + 3$
وبالتالي $PGCD(u_{n+1}; u_n) = 2$



التمرين (25) : Liban, juin 2005

(1). نعتبر المعادلة (E) : $109x - 226y = 1$ حيث x و y عدنان صحيحان .

(أ) عين القاسم المشترك الأكبر للعددين 109 و 226 . ماذا يمكن استنتاجه فيما يخص المعادلة (E) ؟

(ب) برهن أن مجموعة حلول المعادلة (E) هي الثنائيات من الشكل $(141 + 226k; 68 + 109k)$ حيث k صحيح .

(ج) استنتج أنه يوجد عدد طبيعي وحيد غير معدوم d أصغر من أو يساوي 226؛ ويوجد عدد طبيعي وحيد غير معدوم e يحقق $109d = 1 + 226e$ (يطلب تعيين قيمتي d و e).

(2) برهن أن 227 عدد أولي .

3. نسمي A مجموعة الأعداد الطبيعية a حيث $a \leq 226$. نعتبر الدالتين f و g للمجموعة A في نفسها .

f ترفق بكل عدد a ، باقي قسمة a^{109} على 227 ؛ g ترفق بكل عدد a ، باقي قسمة a^{141} على 227 .

(أ) تحقق من أن $g[f(0)] = 0$.

(ب) برهن أنه من أجل كل $a \in A - \{0\}$ ، $a^{226} \equiv 1[227]$.

(ج) استنتج من (1)(ب) أنه من أجل كل $a \in A - \{0\}$ ، $g[f(a)] = a$. ما القول عن $f[g(a)] = a$ ؟

حل التمرين (25) : Liban, juin 2005

(1). (أ) باستعمال خوارزمية أقليدس نحصل على $p \gcd(226, 109) = 1$.

حسب مبرهنة بيزو يوجد على الأقل عدنان صحيحان x و y يحققان (E)

(ب) نخمن من الثنائية $(141 + 226k; 68 + 109k)$ أن (141, 68) حل خاص للمعادلة (E) وبالتحقيق نجد $109 \times 141 - 226 \times 68 = 1$. ومنه $109x - 226y = 109 \times 141 - 226 \times 68$ أي $109(x - 141) = 226(y - 68)$. نسميها (E') . 226 يقسم $109(x - 141)$ و $p \gcd(226, 109) = 1$ إذن حسب غوص 226 يقسم $(x - 141)$ أي $x - 141 = 226k$ مع $k \in \mathbb{Z}$ وبالتعويض في (E') نجد $-68 = 109k - 226y$ إذن $y = 109k + 68$ مع $k \in \mathbb{Z}$. وعكسيا بالتعويض $(141 + 226k; 68 + 109k)$ في (E) نجد $109(141 + 226k) - 226(68 + 109k) = 1$.

(ج) $109d = 1 + 226e$ معناه $109d - 226e = 1$. ومما سبق ينتج أن

$d = 226k + 141$ و $e = 109k + 68$ وبما أن $0 < d \leq 226$ معناه $0 < 226k + 141 \leq 226$ فنجد $k = 0$ أي $d = 141$ و $e = 68$.

(2). $\sqrt{227} \approx 15,07$ والقواسم الأولية التي تكون أصغر من $\sqrt{227}$ هي 2، 3، 5، 7، 11، 13 والعدد 227 لا يقبل القسمة على أي منها إذن 227 أولي

(3)(أ) $0^{109} \equiv 0[227]$ إذن $f(0) = 0$ ومنه $[f(0)]^{141} = 0$ إذن $[f(0)]^{141} \equiv 0[227]$ أي $g[f(0)] = 0$

(ب) لكي نطبق المبرهنة الصغيرة لـ فيرما يجب البرهان على الشرط أن a لا يقبل القسمة على العدد الأولي 227 .

227 عدد أولي إذن هو أولي مع كل a حيث $0 < a < 227$ ومنه a لا يقبل القسمة على 227 وحسب المبرهنة الصغيرة لفرما $a^{226} \equiv 1[227]$.

(ج) من أجل كل $a \in A - \{0\}$ ، $g[f(a)] = [f(a)]^{141} [227]$ ، بما أن $f(a) \equiv a^{109} [227]$ فإن $g[f(a)] \equiv a^{109 \times 141} [227]$ وحسب 1. ب $109 \times 141 = 1 + 226 \times 68$ ومنه $[f(a)]^{141} \equiv (a^{109})^{141} [227]$ ، بما أن $a^{109 \times 141} = a(a^{226})^{68} \equiv a [227]$ فإن $a^{226} \equiv 1 [227]$ ومنه $(a^{226})^{68} \equiv a [227]$ إذن $g[f(a)] \equiv a [227]$

وبالمثل $f[g(a)] \equiv [g(a)]^{109} [227]$ أي $f[g(a)] \equiv (a^{141})^{109} [227]$ ومنه $f[g(a)] \equiv a [227]$



التمرين (26) : Antilles, juin 2005

- (1) أ. عين حسب قيم العدد الطبيعي n بواقي القسمة الأقلدية للعدد 7^n على 9 .
ب. برهن إذن $7[9] \equiv 2005^{2005}$.
- (2) أ. برّر أنه من أجل كل عدد طبيعي n ، $10^n \equiv 1[9]$.
ب. N عدد طبيعي مكتوب في النظام العشري ، نسمي S مجموع أرقامه . برهن العلاقة التالية : $N \equiv S [9]$.
ج. استنتج أن : يكون N قابلا للقسمة على 9 إذا وفقط إذا كان S قابلا للقسمة على 9 .
- (3) نفترض أن $A = 2005^{2005}$.
نضع : B مجموع أرقام العدد A ، C مجموع أرقام العدد B ، D مجموع أرقام العدد C .
(أ) . برر أن $A \equiv D [9]$.
(ب) . علما أن $2005 < 10000$ ، برهن أن العدد A يكتب في التعداد العشري على الأكثر بـ 8020 رقما .
استنتج أن $B \leq 72180$.
ج. برهن أن $C \leq 45$.
د. بدراسة قائمة الأعداد الطبيعية الأصغر من 45 ، عين عنصرا حدا للعدد D أصغر من 15 .
هـ. برهن أن $D = 7$.

حل التمرين (26) : Antilles, juin 2005

- (1) (أ) 1/1 ندرس حسب قيم n بواقي قسمة 7^n على 9 :
 $7^0 \equiv 1[9]$ و $7^1 \equiv 7[9]$ و $7^2 \equiv 4[9]$ ، $7^3 \equiv 1[9]$ ومنه من أجل كل عدد طبيعي k ،
 $7^{3k} \equiv 1[9]$ وعليه $7^{3k+1} \equiv 7[9]$ و $7^{3k+2} \equiv 4[9]$.
(ب) . $2005 \equiv 7[9]$ ومنه $2005^{2005} \equiv 7^{2005} [9]$ ولدينا $2005 = 3 \times 668 + 1 = 3k + 1$ إذن $7^{2005} = 7^{3 \times 668 + 1} \equiv 7[9]$ ومنه $2005^{2005} \equiv 7[9]$.
- (2) (أ) . نعلم أن $10 \equiv 1[9]$ ومنه من أجل كل $n \in \mathbb{N}$ ، $10^n \equiv 1^n [9]$ أي $10^n \equiv 1[9]$.
(ب) برهان العلاقة : $N \equiv S [9]$ حيث N عدد طبيعي مكتوب في النظام العشري ، و S مجموع أرقامه .
نضع $N = a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0$ مكتوب في النظام العشري ومنه $S = a_n + a_{n-1} + \dots + a_1 + a_0$.
لدينا $N = a_n \times 10^n + a_{n-1} \times 10^{n-1} + \dots + a_1 \times 10 + a_0$ وبما أنه من أجل كل $n \in \mathbb{N}$ $10^n \equiv 1[9]$ حسب السؤال (أ)
فإن $N \equiv a_n \times 1 + a_{n-1} \times 1 + \dots + a_1 \times 1 + a_0 \equiv [9] \equiv a_n + a_{n-1} + \dots + a_1 + a_0 [9]$

اذن $N \equiv S [9]$ أي $N \equiv a_n + a_{n-1} + \dots + a_1 + a_0 [9]$.

(ج) استنتاج أن : N قابل للقسمة على 9 إذا وفقط إذا كان S قابلا للقسمة على 9 :

N يقبل للقسمة على 9 معناه $N \equiv 0 [9]$ ومعناه $N \equiv S [9]$ وبكافئ $S \equiv 0 [9]$ أي S يقبل للقسمة على 9 .

(3). $A = 2005^{2005}$ و B مجموع أرقام العدد A . C مجموع أرقام العدد B . D مجموع أرقام العدد C .

(أ) . اثبات أن $A \equiv D [9]$

من السؤال (2) ب . لدينا $N \equiv S [9]$ حيث N عدد طبيعي مكتوب في النظام العشري ، و S مجموع أرقامه

ينتج $A \equiv B [9]$ ؛ و $B \equiv C [9]$ و $C \equiv D [9]$ ومنه بالتعدي نستنتج $A \equiv D [9]$.

(ب) . برهان أن العدد $A = 2005^{2005}$ يكتب في التعداد العشري على الأكثر بـ 8020 رقما حيث $2005 < 10000$

$10^4 < 2005$ ومنه $10^{2005 \times 4} < 2005^{2005}$ أي $10^{8020} < 2005^{2005}$ إذن $A < 10^{8020}$

لدينا $10^k = 10 \dots 0$ إذن يكتب العدد 10^k بـ $(k+1)$ رقما ومنه كل عدد أصغر من 10^k يكتب بـ k رقما على الأكثر .

بما أن $A < 10^{8020}$ فإن العدد A يكتب بـ 8020 رقما على الأكثر .

لو كانت أرقام A كلها 9 فإن العدد B يكون مساويا لـ $9 \times 8020 = 72180$

أكبر الأعداد التي تتكون من 2080 رقما هي $\underbrace{99 \dots 99}_{2080 \text{ fois}}$ مجموع هذه الأرقام هي $72180 = 9 \times 2080$

علما أن $A < 10^{8020}$

وكل رقم من العدد A يكون أصغر من أو يساوي 9 إذن $B \leq 9 \times 8020$ أي $B \leq 72180$.

(ج) برهان أن $C \leq 45$.

لدينا من السؤال السابق $B \leq 72180$ ونعلم أن $72180 \leq 99999$ ومنه $72180 < 10^5$

أي أن B يكتب في النظام العشري على الأكثر بـ 5 أرقام إذن $B < 10^5$ حيث $B \equiv C [9]$

(كل رقم من العدد B يكون أصغر من أو يساوي 9 إذن $C \leq 5 \times 9$ أي $C \leq 45$.)

ومنه المجموع C لأرقام B أقل من $9 \times 5 = 45$ أي $C \leq 45$

(د) تعيين عنصرا حادا للعدد D أصغر من 15 حيث D مجموع أرقام العدد C

(في قائمة الأعداد الطبيعية الأصغر من 45)

نضع $C = \overline{ab}$ في النظام العشري إذن $D = a + b$

(من بين جميع الأعداد الأقل من أو تساوي 45 ، العدد الذي له أكبر مجموع لأرقامه هو 39)

لدينا $C \leq 45$ إذن $0 \leq a \leq 4$ ولدينا أيضا $0 \leq b \leq 9$ ؛

ومنه $0 \leq a + b \leq 4 + 9$ أي $0 \leq a + b \leq 13$ ومعناه $D \leq 13$. (العنصر الحاد من الأعلى هو 13)

(هـ) برهان أن $D = 7$.

لدينا حسب السؤال (3) (أ) $A \equiv D [9]$ معناه $A \equiv 7 [9]$. ومن (1) (ب) لدينا $A \equiv 7 [9]$ إذن $D \equiv 7 [9]$

وبما أن $0 < D \leq 13$ فإن $D = 7$.



التمرين (27) La Réunion, juin 2005

في هذا التمرين يمكن استعمال النتيجة التالية : $PGCD(a; b) = 1$ يكافئ $PGCD(a^2; b^2) = 1$.

نعتبر المتتالية (S_n) المعرفة من أجل كل عدد طبيعي غير معدوم n : $S_n = 1^3 + 2^3 + \dots + n^3$.

نريد حساب من أجل كل عدد طبيعي n القاسم المشترك الأكبر للعددين S_n و S_{n+1}

$$(1) \text{ برهن بالتراجع أنه من أجل كل عدد طبيعي غير معدوم } n, s_n = \left(\frac{n(n+1)}{2} \right)^2$$

(2) دراسة الحالة التي يكون فيها n زوجي : نعتبر العدد k الطبيعي غير معدوم حيث $n = 2k$

(أ) برهن أن $PGCD(s_{2k}; s_{2k+1}) = (2k+1)^2 \cdot PGCD(k^2; (k+1)^2)$ من أجل k عدد طبيعي غير معدوم

(ب) عين : $PGCD(k; k+1)$

(ج) أحسب $PGCD(s_{2k}; s_{2k+1})$

(3) دراسة الحالة التي يكون فيها n فردي : نعتبر العدد k الطبيعي غير معدوم حيث $n = 2k+1$

(أ) بين أن $2k+1$ و $2k+3$ أوليان فيما بينهما

(ب) أحسب $PGCD(s_{2k+1}; s_{2k+2})$ من أجل $k \in \mathbb{N}$

(4) استنتج من الاسئلة السابقة انه توجد قيمة وحيدة للعدد n يطلب تعيينها يكون من اجلها S_n و S_{n+1} اوليين فيما بينهما

حل التمرين (27): La Réunion, juin 2005

$$(1) S_n = 1^3 + 2^3 + \dots + n^3 \quad \text{البرهان بالتراجع أن: } s_n = \left(\frac{n(n+1)}{2} \right)^2$$

$$\text{من أجل } n=1 : s_1 = 1^3 = 1 \text{ و } \left(\frac{1(1+1)}{2} \right)^2 = 1 \text{ الخاصية صحيحة}$$

نفرض صحة الخاصية من أجل n ونبرهن انها صحيحة من أجل $n+1$

$$\text{نفرض اذن: } s_n = \left(\frac{n(n+1)}{2} \right)^2 \text{ ونبرهن ان } s_{n+1} = \left(\frac{(n+1)(n+2)}{2} \right)^2$$

$$s_{n+1} = s_n + (n+1)^3 = \left(\frac{n(n+1)}{2} \right)^2 + (n+1)^3 = (n+1)^2 \left[\frac{n^2}{4} + n + 1 \right]$$

$$\text{اذن الخاصية محققة من أجل كل } n \quad s_{n+1} = \frac{(n+1)^2}{4} (n^2 + 4n + 4) = \frac{(n+1)^2}{4} (n+2)^2 = \frac{(n+1)^2 (n+2)^2}{4}$$

$$\text{ومنه من أجل كل } n > 0 \quad s_n = \sum_{p=1}^n p^3 = \left[\frac{n(n+1)}{2} \right]^2$$

(2) دراسة الحالة التي يكون فيها n زوجي : $n = 2k$

$$(أ) \text{ برهان أن } PGCD(s_{2k}; s_{2k+1}) = (2k+1)^2 \cdot PGCD(k^2; (k+1)^2)$$

حسب السؤال السابق: $k^2(2k+1)^2 = \left[\frac{2k(2k+1)}{2} \right]^2$ و s_{2k}

$s_{2k+1} = \left[\frac{(2k+1)(2k+2)}{2} \right]^2 = (2k+1)^2(k+1)^2$ ومنه المجموعان لهما على الاقل $(2k+1)^2$ كقاسم مشترك

$$\begin{aligned} PGCD(s_{2k}; s_{2k+1}) &= PGCD((2k+1)^2 k^2; (2k+1)^2 (k+1)^2) = \\ &= (2k+1)^2 PGCD(k^2; (k+1)^2) \end{aligned}$$

(ب) تعيين : $PGCD(k; k+1)$: نلاحظ ان $1(k+1) + (-1)k = 1$ ومنه حسب مبرهنة بيزو العدان k و

$$PGCD(k; k+1) = 1$$

(ج) حساب $PGCD(s_{2k}; s_{2k+1})$:

لدينا $PGCD(k; k+1) = 1$ وباستعمال الخاصية المعطاة في بداية التمرين نجد : $PGCD(k^2; (k+1)^2) = 1$

ومنه من النتيجة (2) (أ) فان $PGCD(s_{2k}; s_{2k+1}) = (2k+1)^2 \times 1 = (2k+1)^2$

(3) دراسة حالة n فردي : $n = 2k+1$.

(أ) تبيان ان $2k+1$ و $2k+3$ اوليان فيما بينهما : كل قاسم مشترك لهذين العددين فهو قاسم لفرقهما

اذن اذا كان d يقسم $2k+1$ ويقسم $2k+3$ فان d يقسم $2 = (2k+3) - (2k+1)$ ومنه قيم d هي 1 او 2

وبما ان $2k+1$ و $2k+3$ فرديان فان $d = 1$ اذن فهما اوليان فيما بينهما

(ب) حساب $PGCD(s_{2k+1}; s_{2k+2})$:

وينفس العمل السابق نجد: $s_{2k+1} = (2k+1)^2(k+1)^2$ و $s_{2k+2} = (2k+3)^2(k+1)^2$

$$\begin{aligned} PGCD(s_{2k+1}; s_{2k+2}) &= PGCD((2k+1)^2(k+1)^2; (2k+3)^2(k+1)^2) = \\ &= (k+1)^2 PGCD((2k+1)^2; (2k+3)^2) \end{aligned}$$

وبما ان $PGCD(2k+1; 2k+3) = 1$ فان $PGCD((2k+1)^2; (2k+3)^2) = 1$ حسب المعطيات

$$PGCD(s_{2k+1}; s_{2k+2}) = (k+1)^2$$

(4) استنتاج قيمة للعدد n بحيث S_n و S_{n+1} اوليين فيما بينهما :

من الاسئلة السابقة نستنتج ان: اذا كان $n = 2k$ فان $PGCD(s_n; s_{n+1}) = (2k+1)^2$ ويكون S_n و S_{n+1} اوليين

فيما بينهما معناه $(2k+1)^2 = 1$ ومنه نجد $k = 0$ وهذا مستحيل لان s_0 غير موجود

و اذا كان $n = 2k+1$ فان $PGCD(s_n; s_{n+1}) = (k+1)^2$ ويكون S_n و S_{n+1} اوليين فيما بينهما معناه

$(k+1)^2 = 1$ ومنه نجد $k = 0$ أي ان $n = 1$ ومنه توجد ثنائية وحيدة $(s_1; s_2)$ أي العدان 1 و 9



التمرين (28) : France Juin 2006

$$(1) \text{ الهدف هو الحل في } \mathbb{Z} \text{ الجملة } (S) \begin{cases} n \equiv 13[19] \\ n \equiv 6[12] \end{cases}$$

(أ) برهن أنه يوجد ثنائية $(u; v)$ من الاعداد الصحيحة بحيث : $19u + 12v = 1$.

(لا يطلب إعطاء مثال لثنائية تكون حلا)

(ب) برهن ان الثنائية حيث العدد $N = 13 \times 12v + 6 \times 19u$ هي حل للجملة (S)

$$(2) \text{ (أ) ليكن } n_0 \text{ حلا للجملة } (S) \text{ . بين انها تكافئ } \begin{cases} n \equiv n_0[19] \\ n \equiv n_0[12] \end{cases}$$

$$\text{(ب) برهن ان الجملة } \begin{cases} n \equiv n_0[19] \\ n \equiv n_0[12] \end{cases} \text{ تكافئ } n \equiv n_0[12 \times 19]$$

(3) (أ) عين ثنائية $(u; v)$ حلا للمعادلة $19u + 12v = 1$ ثم احسب قيمة العدد N

(ب) عين جميع الحلول للجملة (S) (يمكن الاستعانة بالسؤال (2) (ب))

(4) نعتبر n عددا طبيعيا . عند قسمته على 12 يكون الباقي 6 وعند قسمته على 19 يكون الباقي 13

نقسم العدد n على $228 = 12 \times 19$, ماهو الباقي r لهذه القسمة

حل التمرين (28) : France Juin 2006

$$\text{لدينا } (S) \begin{cases} n \equiv 13[19] \\ n \equiv 6[12] \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} n = 13 + 19k \\ n = 6 + 12k' \end{cases}$$

(1) (أ) برهان أنه يوجد ثنائية $(u; v)$: $19u + 12v = 1$.

بما ان العددين 19 و 12 اوليين فيما بينهما فانه حسب مبرهنة بيزو توجد ثنائية $(u; v)$ من الاعداد الصحيحة

بحيث : $19u + 12v = 1$

(ب) العدد $N = 13 \times 12v + 6 \times 19u$ هي حل للجملة (S) : معناه العدد N يكتب على الشكل :

$$N = 13 + 19k \text{ و } N = 6 + 12k'$$

ولدينا $19u + 12v = 1$ تعني $12v = 1 - 19u$ اذن

$$N = 13 \times 12v + 6 \times 19u = 13(1 - 19u) + 6 \times 19u = 13 + 19 \times (-7u)$$

$$\text{اذن } N = 13 + 19 \times (-7u) = 13 + 19 \times k \text{ أي } N = 13 + 19k \text{ و } k = -7u$$

ولدينا أيضا $19u + 12v = 1$ تعني : $19u = 1 - 12v$

$$\text{ويمكن الكتابة أيضا : } N = 13 \times 12v + 6 \times 19u = 13 \times 12v + 6(1 - 12v) = 6 + 12 \times 7v$$

$$\text{اذن } N = 6 + 12k' \text{ و } k' = 7v$$

$$(2) \text{ (أ) اذا كان } n_0 \text{ حلا للجملة } (S) \text{ فان } \begin{cases} n_0 \equiv 13[19] \\ n_0 \equiv 6[12] \end{cases} \text{ وهذا يعني } \begin{cases} n_0 = 13 + 19k_0 \\ n_0 = 6 + 12k'_0 \end{cases}$$

$$\text{و لدينا } \begin{cases} n \equiv 13[19] \\ n \equiv 6[12] \end{cases} \text{ وهذا يعني } \begin{cases} n = 13 + 19k \\ n = 6 + 12k' \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n \equiv n_0 [19] \\ n \equiv n_0 [12] \end{array} \right\} \text{ ومنه: } \left\{ \begin{array}{l} n - n_0 \equiv 0 [19] \\ n - n_0 \equiv 0 [12] \end{array} \right\} \text{ أي أن } \left\{ \begin{array}{l} n - n_0 = 19(k - k_0) \\ n - n_0 = 12(k' - k'_0) \end{array} \right.$$

$$(ب) \text{ برهان أن الجملة } \left\{ \begin{array}{l} n \equiv n_0 [19] \\ n \equiv n_0 [12] \end{array} \right\} \text{ تكافئ } n \equiv n_0 [12 \times 19]$$

لدينا الجملة الأخير تعني 19 يقسم $n - n_0$ وكذلك العدد 12 يقسم $n - n_0$ وبما أن العددين 12 و 19 أوليين فيما بينهما فإن العدد 19×12 يقسم $n - n_0$ وهذا يعني $n - n_0 \equiv 0 [19 \times 12]$ أي أن $n \equiv n_0 [12 \times 19]$

$$(3) \text{ (أ) تعيين ثنائية } (u; v) \text{ تحقق: } 19u + 12v = 1$$

باستعمال القسمة الإقليدية للعدد 19 على 12

$$19 = 1 \times 12 + 7 \text{ و } 12 = 1 \times 7 + 5 \text{ و } 7 = 1 \times 5 + 2 \text{ و } 5 = 2 \times 2 + 1$$

$$\text{ومنه } 1 = 19(-5) + 12(8) \text{ ومنه الثنائية } (-5; 8) \text{ هي حل للمعادلة}$$

وبالتالي يمكن أخذ : $u = -5$ و نعوض في العدد N نجد :

$$N = 13 + 19 \times (-7u) = 13 + 19 \times (-7)(-5) = 678$$

$$\text{ويمكن المرور بالموافقة : } 19u + 12v = 1 \text{ تعني } 19u \equiv 1 [12] \text{ أي } 19u \equiv 1 [12]$$

$$\text{ونعلم أن } 7 \times 7 \equiv 1 [12] \text{ وبالتالي يمكن أن نأخذ } u = 7 \text{ فيكون } 12v = 1 - 19(7) \text{ ومنه } v = -11$$

$$\text{وبالتالي نجد } N = 13 + 19 \times (-7u) = 13 + 19 \times (-7)(7) = -918$$

(ب) تعيين جميع حلول (S) : حسب السؤال (2) (ب) فإن n حل للجملة (S) فهذا يكافئ $n \equiv n_0 [12 \times 19]$ وهذا يعني $n \equiv 678 [12 \times 19]$ أو $n \equiv -918 [12 \times 19]$ أي $n \equiv 678 [228]$ أو $n \equiv -918 [228]$

أي أن n من الشكل $228k + 678$ أو من الشكل $228k - 918$ حيث k عدد صحيح

وبما أن $678 \equiv 222 [228]$ و $-918 \equiv 222 [228]$ يمكن القول أيضا أن العدد n حل للجملة معناه

$$n = 228k + 222 \text{ حيث } k \text{ عدد صحيح}$$

(4) عند قسمة n على 12 يكون الباقي 6 وعند قسمته على 19 يكون الباقي 13 فهذا يعني :

$$n \equiv 6 [12] \text{ و } n \equiv 13 [19] \text{ أي أن } n \text{ حل للجملة } (S) \text{ وبالتالي يكتب على الشكل } n = 228k + 222$$

وهذه الأخيرة تعني $n \equiv 222 [228]$ وبالتالي باقي قسمة العدد n على 228 هو 222



التمرين (29) Nouvelle Calédonie, mars 2007

(1) (أ) عين باقي القسمة الإقليدية للعدد 6^{10} على 11

(ب) عين باقي القسمة الإقليدية للعدد 6^4 على 5

(ج) استنتج أن $6^{40} \equiv 1 [11]$ وأن $6^{40} \equiv 1 [5]$

(د) استنتج أن العدد $6^{40} - 1$ يقبل القسمة على 55

(2) x و y عدنان صحيحان نسبيا.

(أ) بين أن المعادلة: $65x - 40y = 1$.. (1) لا تقبل حلا.

(ب) بين أن المعادلة: $17x - 40y = 1$.. (2) تقبل حلا على الأقل .

(ج) باستعمال خوارزمية إقليدس ، عين حلا خاصا للمعادلة (2)

(د) حل المعادلة $17x - 40y = 1$ ثم استنتج وجود عدد طبيعي وحيد x_0 حيث: $x_0 < 40$ و $17x_0 \equiv 1[40]$

(3) من اجل كل عدد طبيعي a , برهن انه اذا كان $a^{17} \equiv b[55]$ و اذا كان $a^{40} \equiv 1[55]$ فان $b^{33} \equiv a[55]$

حل التمرين (29) Nouvelle Calédonie, mars 2007

(1) (أ) تعيين باقي القسمة الإقليدية للعدد 6^{10} على 11 :

$$3^5 = 243 \text{ و } 36^5 \equiv 3^5[11] \text{ ومنه } 36 \equiv 3[11] \text{ و } 6^{10} = (6^2)^5 = 36^5$$

$$\text{ومنه } 3^5 \equiv 1[11] \text{ اذن } \boxed{6^{10} \equiv 1[11]}$$

(ب) تعيين باقي القسمة الإقليدية للعدد 6^4 على 5 :

$$\text{لدينا } 6 \equiv 1[5] \text{ ومنه } 6^4 \equiv 1[5]$$

(ج) الاستنتاج ان $6^{40} \equiv 1[11]$ وأن $6^{40} \equiv 1[5]$:

$$\text{لدينا } 6^{10} \equiv 1[11] \text{ ومنه } (6^{10})^4 \equiv 1[11] \text{ اذن } \boxed{6^{40} \equiv 1[11]}$$

(د) بيان ان $6^{40} - 1$ يقبل القسمة على 55 :

$$\begin{cases} 6^{40} \equiv 1[11] \\ 6^{40} \equiv 1[5] \end{cases} \text{ و } PGCD(11;5)=1 \text{ ومنه } 6^{40} \equiv 1[55] \text{ ومنه } 6^{40} - 1 \equiv 0[55]$$

(2) (أ) تبيان أن $65x - 40y = 1$ لا تقبل حلا :

$$PGCD(65,40)=5 \text{ و } 65x - 40y = 1 \text{ وبما ان } 5 \text{ لا يقسم } 1 \text{ , فإن المعادلة } (E) \text{ ليس لها حلول}$$

(ب) تبيان أن $17x - 40y = 1$ تقبل حلا على الأقل :

$$PGCD(17,40)=1 \text{ و } 17x - 40y = 1 \text{ ومنه المعادلة } (E') \text{ تقبل على الأقل حلا .}$$

(ج) تعيين حل خاص للمعادلة (2) :

$$40 = 17 \times 2 + 6; \quad 6 = 40 - 17 \times 2; \quad 17 = 6 \times 2 + 5; \quad 5 = 17 - 6 \times 2$$

$$6 = 5 + 1; \quad 1 = 6 - 5 = 6 - (17 - 6 \times 2) = 17(-1) + 6(3)$$

$$= 17(-1) + 3(40 - 17 \times 2) = 17(-7) - 40(-3)$$

$$\Rightarrow \boxed{(x_0, y_0) = (-7, -3)}$$

(د) حل المعادلة $17x - 40y = 1$:

$$\begin{cases} 17x - 40y = 1 \\ 17(-7) - 40(-3) = 1 \end{cases} \text{ ومنه } 17(x+7) - 40(y+3) = 0 \text{ و } \begin{cases} 40/17(x+7) \\ PGCD(40;17)=1 \end{cases}$$

$$40/(x+7) \text{ اذن } x+7 = 40k \Rightarrow x = 40k - 7$$

$$\text{نعوض في المعادلة نجد } 17(40k) = 40(y+3) \text{ ومنه } y+3 = 17k \Rightarrow y = 17k - 3$$

$$\text{اذن مجموعة الحلول } \boxed{S = \{(40k - 7; 17k - 3); k \in \mathbb{Z}\}}$$

استنتاج وجود x_0 حيث : $x_0 < 40$ و $17x_0 \equiv 1[40]$.

$$x_0 = 40k - 7 \text{ اذن } 17x_0 - 40\alpha = 1 \text{ ومنه } 17x_0 = 40\alpha + 1 \text{ معناه } 17x_0 \equiv 1[40]$$

$$0 \leq x_0 \leq 40 \Rightarrow 0 \leq 40k - 7 \leq 40 \Rightarrow 7 \leq 40k \leq 47$$

$$0,175 \leq k \leq 1,175 \Rightarrow k = 1 \Rightarrow \boxed{x_0 = 33}$$

(3) برهان انه اذا كان $a^{17} \equiv b[55]$ و $a^{40} \equiv 1[55]$ فان $b^{33} \equiv a[55]$:

$$b^{33} \equiv a^{561}[55] \text{ اذن } b^{33} \equiv (a^{17})^{33}[55] \text{ ومنه } \begin{cases} a^{17} \equiv b[55] \\ a^{40} \equiv 1[55] \end{cases}$$

$$b^{33} \equiv (a^{40})^{14} \times a[55]$$

$$\Rightarrow \boxed{b^{33} \equiv a[55]}$$

و $b^{33} \equiv a^{560} \times a[55]$ ومنه



التمرين (30): N. Caledonie, mars 2008.

(1) لتكن الأرقام 0 , 1 , 2 , ..., 9 , α , β ارقام الكتابة في نظام التعداد ذي الأساس 12

مثلا : $\overline{\beta\alpha 7}^{12} = \beta \times 12^2 + \alpha \times 12 + 7 = 11 \times 144 + 10 \times 12 + 7 = 1711$ يكتب 1711 في النظام العشري

(أ) ليكن العدد N_1 يكتب في النظام ذي الأساس 12 : $N_1 = \overline{\beta 1 \alpha}^{12}$, اكتب N_1 في النظام العشري

(ب) ليكن العدد N_2 يكتب في النظام العشري : $N_2 = 1131 = 1 \times 10^3 + 1 \times 10^2 + 3 \times 10 + 1$

اكتب N_2 في نظام التعداد ذي الأساس 12

(2) في كل ما يلي كل عدد طبيعي N يكتب في التعداد ذي الأساس 12 بـ : $N = \overline{a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0}^{12}$

(أ) بين ان $N \equiv a_0[3]$. استنتج خاصية لقابلية القسمة على 3 لعدد مكتوب في نظام التعداد ذي الأساس 12

(ب) باستعمال كتابته في نظام التعداد ذي الأساس 12 , هل العدد N_2 يقبل القسمة على 3 ؟

- تأكد من ذلك باستعمال الكتابة في النظام العشري

(3) (أ) برهن أن : $N \equiv a_n + a_{n-1} + \dots + a_1 + a_0[11]$

- استنتج خاصية لقابلية القسمة على 11 لعدد طبيعي مكتوب في النظام ذي الأساس 12

(ب) باستعمال كتابته في نظام التعداد ذي الأساس 12 , هل العدد N_1 يقبل القسمة على 11 ؟

- تأكد من ذلك باستعمال الكتابة في النظام العشري

(4) العدد N يكتب : $N = \overline{x4y}^{12}$. عين قيم العددين x و y التي يكون من اجلها العدد N يقبل القسمة على 33

حل التمرين (30): N. Calédonie, mars 2008

(1) (أ) كتابة N_1 في النظام العشري حيث : $N_1 = \overline{\beta 1 \alpha}^{12}$

$$N_1 = \overline{\beta 1 \alpha}^{12} = 12^2 \times 11 + 12 \times 1 + 10 = 1606$$

(ب) نقسم على 12 عدة مرات : $1131 \equiv 12 \times 94 + 3$ و $94 \equiv 12 \times 7 + 10 = 12 \times 7 + \alpha$

$$N_2 = \overline{7 \alpha 3}^{12} = 7 \times 12^2 + \alpha \times 12 + 3 = 7 \times 144 + 10 \times 12 + 3 = 1131$$

$$N = \overline{a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0}^{12} \quad (2)$$

(أ) تبيان ان $N \equiv a_0 [3]$:

$$N = 12^{n-1} \times a_n + \dots + 12 \times a_1 + a_0 \equiv a_0 [12] \equiv a_0 [3]$$

استنتاج خاصية لقابلية القسمة على 3 لعدد مكتوب في نظام التعداد ذي الأساس 12 :

$N \equiv a_0 [12] \equiv a_0 [3]$ اذا كان الرقم الأخير $a_0 \equiv 0 [3]$ (اي مضاعف لـ 3) يكون العدد N يقبل القسمة على 3

(ب) لدينا $N_2 = \overline{7 \alpha 3}^{12}$ فالعدد N_2 تنتهي كتابته بالرقم 3 في نظام التعداد 12 فهو اذن يقبل القسمة على 3

- في النظام العشري كتابته $N_2 = 1131$ مجموع ارقامه 6 مضاعف لـ 3 ومنه العدد يقبل القسمة على 3

(3) (أ) برهان أن : $N \equiv a_n + a_{n-1} + \dots + a_1 + a_0 [11]$

$$N = \overline{a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0}^{12}$$

$$N = a_0 + a_1 \times 12 + a_2 \times 12^2 + \dots + a_n \times 12^n$$

ويما ان $12 \equiv 1 [11]$ فانه من اجل كل عدد طبيعي p : $12^p \equiv 1 [11]$

اذن : $N \equiv a_0 + a_1 + a_2 + \dots + a_n [11]$ اي $N \equiv a_n + a_{n-1} + \dots + a_1 + a_0 [11]$

- استنتاج خاصية لقابلية القسمة على 11 لعدد طبيعي مكتوب في النظام ذي الأساس 12

من هذه الكتابة : $N \equiv a_n + a_{n-1} + \dots + a_1 + a_0 [11]$ يكون عدد يقبل القسمة على 11 اذا كان مجموع ارقامه

$(a_n + a_{n-1} + \dots + a_1 + a_0)$ يقبل القسمة على 11

(ب) في نظام التعداد ذي الأساس 12 : $N_1 = \overline{\beta 1 \alpha}^{12} = 12^2 \times 11 + 12 \times 1 + 10$ ومجموع ارقامه في نظام التعداد ذي الأساس 12 هو : $\beta + 1 + \alpha = 11 + 1 + 10 = 22$ 22 مضاعف لـ 11 اذن N_1 يقبل القسمة على 11
- في الكتابة العشرية : $N_1 = \overline{\beta 1 \alpha}^{12} = 12^2 \times 11 + 12 \times 1 + 10 = 1606$ و $1606 = 11 \times 146$ ومنه N_1 يقبل القسمة على 11

ملاحظة : يمكن التأكد من قابلية القسمة على 11 لعدد مكتوب في النظام العشري بالطريقة التالية :
اذا كان ((مجموع الأرقام ذات الرتبة الزوجية) ناقص (مجموع الأرقام ذات الرتبة الفردية)) يقبل القسمة على 11 في حالة N_1 : $N_1 = 1606$ ($(6+6) - (0+1) = 11$) اذن N_1 يقبل القسمة على 11
(4) $N = \overline{x4y}^{12}$ تعيين قيم x و y التي يكون من اجلها العدد N يقبل القسمة على 33
العدد N يقبل القسمة على 33 معناه $N \equiv 0[33]$ اي اذا كان $(N \equiv 0[11] \text{ و } N \equiv 0[3])$
من الشرط الأول نجد $y = 3k$ ومن الشرط الثاني نجد $x + 4 + y = 11k'$
نحل الجملة : $\begin{cases} y = 3k \\ x + 4 + 3k = 11k' \end{cases}$ ومنه $\begin{cases} y = 3k \\ x = 11k' - 3k - 4 \end{cases}$ اي $x + 4 + y \equiv 0[11]$ و $y \equiv 0[3]$
القيم الممكنة للعدد y هي 0 و 3 و 6 و 9 ومنه قيم k هي 0 و 1 و 2 و 3
من اجل $y = 0$ نجد $x + 4 + 0 \equiv 0[11]$ ومنه $x \equiv -4[11]$ اي $x \equiv 7[11]$ ومنه $x = 7$
من اجل $y = 3$ نجد $x + 4 + 3 \equiv 0[11]$ ومنه $x \equiv -7[11]$ اي $x \equiv 4[11]$ ومنه $x = 4$
من اجل $y = 6$ نجد $x + 4 + 6 \equiv 0[11]$ ومنه $x \equiv -10[11]$ اي $x \equiv 1[11]$ ومنه $x = 1$
من اجل $y = 9$ نجد $x + 4 + 9 \equiv 0[11]$ ومنه $x \equiv -2[11]$ اي $x \equiv 9[11]$ ومنه $x = 9$

N (ن عشري)	N	k'	x	y	k
1056	$\overline{740}^{12}$	1	7	0	0
627	$\overline{443}^{12}$	1	4	3	1
198	$\overline{146}^{12}$	1	1	6	2
1353	$\overline{949}^{12}$	2	9	9	3

التمرين (31) France Juin 2009

- (1) أ) عين الثنائيات $(x; y)$ من الأعداد الصحيحة حلول المعادلة (E) : $8x - 5y = 3$
ب) ليكن m عدد صحيح بحيث يوجد عدنان صحيحان $(p; q)$ يحققان : $m = 8p + 1$ و $m = 5q + 4$
- بين أن الثنائية $(p; q)$ حل للمعادلة (E) و استنتج أن $m \equiv 9[40]$
ج) عين أصغر عدد صحيح m أكبر من 2000
(2) ليكن n عدد طبيعي

- أ) بين أنه من أجل كل عدد طبيعي k لدينا $2^{3k} \equiv 1[7]$
ب) ما هو باقي القسمة الإقليدية للعدد 1437^{2016} على 7. (تغيير للعدد 2^{2009})

(3) ليكن a و b عدنان طبيعيان كلاهما أصغر من 9 مع $a \neq 0$
 نعتبر العدد N حيث : $N = a \times 10^3 + b$
 نذكر أن العدد N يكتب في النظام العشري : $N = \overline{a00b}^{10}$
 نريد تعيين الأعداد الطبيعية N التي تقبل القسمة على 7
 تحقق أن $10^3 \equiv -1[7]$ ثم استنتج كل الأعداد المطلوبة N التي تقبل القسمة على 7

حل التمرين (31) France Juin 2009

(1) تعيين الثنائيات $(x; y)$ حلول المعادلة $(E) : 8x - 5y = 3$
 (أ) واضح أن $(1; 1)$ حل خاص للمعادلة (E) ومنه $8(x-1) - 5(y-1) = 0$ أي $8(x-1) = 5(y-1)$
 وبتطبيق مبرهنة غوص نجد $x = 5k + 1$ وبالتعويض في المعادلة نجد $y = 8k + 1$
 إذن الحلول هي الثنائيات $(5k + 1; 8k + 1)$ مع $k \in \mathbb{Z}$
 (ب) ليكن m عدد صحيح بحيث $m = 8p + 1$ و $m = 5q + 4$ أي أن $p = \frac{m-1}{8}$ و $q = \frac{m-1}{5}$
 نعوض في المعادلة $8x - 5y = 3$ نجد $8\left(\frac{m-1}{8}\right) - 5\left(\frac{m-4}{5}\right) = m - 1 - m + 4 = 3$
 ومنه $(p; q)$ حل للمعادلة (E) وهي من شكل الحلول في السؤال السابق أي
 $m = 8p + 1 = 8(1 + 5k) + 1 = 9 + 40k$
 $m = 5q + 4 = 5(8k + 1) + 4 = 40k + 9$
 استنتج أن $m \equiv 9[40]$: بما أن $(p; q)$ حل للمعادلة (E) فإن $m = 40k + 9$ تعني $m \equiv 9[40]$
 (ج) تعيين أصغر عدد صحيح m أكبر من 2000
 لدينا $m > 2000$ معناه $40k + 9 > 2000$ معناه $k > \frac{1991}{40} = 49.77$
 ومنه $k = 50$ معناه $m = 40 \times 50 + 9 = 2009$

(2) ليكن n عدد طبيعي
 (أ) تبيان أنه من أجل كل عدد طبيعي k فإن $2^{3k} \equiv 1[7]$
 $2^{3k} = (2^3)^k = 8^k$ و $8^k \equiv 1^k[7] \equiv 1[7]$ ومنه $2^{3k} \equiv 1[7]$
 (ب) باقي القسمة الإقليدية للعدد 1437^{2016} على 7 .
 لدينا $1437 \equiv 2[7]$ ومنه $1437^{2016} \equiv 2^{2016}[7]$ وبما أن $2016 = 3 \times 672$ فإن $2^{2016} = (2^3)^{672} \equiv 1[7]$ أي أن
 $2^{2016} \equiv 1[7]$ ومنه $1437^{2016} \equiv 1[7]$ إذن باقي القسمة الإقليدية هو 1

(3) نعتبر العدد N حيث : $N = a \times 10^3 + b$ أي $N = \overline{a00b}^{10}$
 التحقق أن $10^3 \equiv -1[7]$
 لدينا $10 \equiv 3[7]$ ومنه $10^3 \equiv 27[7]$ وبما أن $27 \equiv -1[7]$ فإن $10^3 \equiv -1[7]$
 - استنتج كل الأعداد المطلوبة N التي تقبل القسمة على 7
 لدينا $10^3 \equiv -1[7]$ ومنه $a10^3 + b \equiv b - a[7]$ ومنه $N \equiv b - a[7]$

N يقبل القسمة على 7 معناه $b - a \equiv 0[7]$ ومنه $b - a = 7k$

وبما ان $a \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$ و $b \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

فان الثنائيات (a, b) المطلوبة هي

$(a, b) = (1, 1); (1, 8); (2, 2); (2, 9); (3, 3); (4, 4); (5, 5); (6, 6); (7, 7); (7, 0); (8, 1); (8, 8); (9, 2); (9, 9)$

و ينتج الأعداد N المطلوبة هي : $N = \overline{a00b}^{10}$

1001 , 1008 , 1002 , 2009 , 3003 , 4004 , 5005 , 6006 , 7007 , 7000 , 8001 , 8008 ,

9002 , 9009



التمرين (32) Liban 2009

الهدف من التمرين برهان انه يوجد عدد طبيعي n حيث الكتابة العشرية لمكعب هذا العدد تنتهي بـ 2009 أي ان :

$$n^3 \equiv 2009[10000]$$

الجزء (1)

(1) عين باقي القسمة الاقليدية للعدد 2009^2 على 16

(2) استنتج ان : $2009^{8001} \equiv 2009[16]$

الجزء (2)

نعتبر المتتالية u_n المعرفة في مجموعة الاعداد الطبيعية بـ : $u_0 = 2009^2 - 1$ ومن اجل كل عدد طبيعي n

$$u_{n+1} = (u_n + 1)^5 - 1$$

(1) (أ) بين ان u_0 يقبل القسمة على 5

(ب) بين باستعمال دستور ثنائي الحد انه من اجل كل عدد طبيعي n : $u_{n+1} = u_n (u_n^4 + 5(u_n^3 + 2u_n^2 + 2u_n + 1))$

(ج) برهن بالتراجع انه من اجل كل عدد طبيعي n ان الحد u_n يقبل القسمة على 5^{n+1}

(2) (أ) تحقق ان : $u_3 = 2009^{250} - 1$ ثم استنتج ان $2009^{250} \equiv 1[625]$

(ب) برهن ان : $2009^{8001} \equiv 2009[625]$

الجزء (3) :

(1) باستعمال مبرهنة غوص والنتائج المحصلة في الاسئلة السابقة بين ان العدد $2009^{8001} - 2009$

يقبل القسمة على 10000

(2) استنتج عددا طبيعيا حيث الكتابة العشرية لمكعبه تنتهي بـ : 2009

حل التمرين (32) Liban 2009

الجزء (1)

(1) تعيين باقي القسمة الاقليدية للعدد 2009^2 على 16 :

لدينا $2009 \equiv 9[16]$ ومنه $2009^2 \equiv 81[16]$ و $81 \equiv 1[16]$ اذن $2009^2 \equiv 1[16]$

اذن الباقي هو 1

(2) استنتاج ان : $2009^{8001} \equiv 2009[16]$

لدينا $2009^{8001} = 2009^{8000} \times 2009^1$ و $2009^{8000} = (2009^2)^{4000}$ وبما ان $2009^2 \equiv 1[16]$ فان :

$$2009^{8001} \equiv 2009[16] \text{ وبالتالي } (2009^2)^{4000} \equiv 1[16]$$

الجزء (2) :

(1) (أ) لدينا $2009 \equiv 4[5]$ ومنه $2009^2 \equiv 16[5]$ أي $2009^2 \equiv 1[5]$ وبالتالي $2009^2 - 1 \equiv 0[5]$ و $u_0 = 2009^2 - 1$ ومن اجل كل n : $u_{n+1} = (u_n + 1)^5 - 1$

أي u_0 يقبل القسمة على 5

(ب) باستعمال دستور ثنائي الحد نجد : $(u_n + 1)^5 = u_n^5 + 5u_n^4 + 10u_n^3 + 10u_n^2 + 5u_n + 1$ ومنه

$$u_{n+1} + 1 = (u_n + 1)^5 = u_n^5 + 5u_n^4 + 10u_n^3 + 10u_n^2 + 5u_n + 1$$

$$\text{وبالتالي : } u_{n+1} = u_n^5 + 5u_n^4 + 10u_n^3 + 10u_n^2 + 5u_n$$

$$\text{ومنه نجد : } u_{n+1} = u_n(u_n^4 + 5(u_n^3 + 2u_n^2 + 2u_n + 1))$$

(ج) البرهان بالتراجع ان u_n يقبل القسمة على 5^{n+1} :

لدينا سابقا u_0 يقبل القسمة على 5 فهي محققة

نفرض الخاصية صحيحة من اجل n ونبرهن صحتها من اجل $n+1$ أي نفرض ان u_n يقبل القسمة على 5^{n+1}

ونبرهن ان u_{n+1} يقبل القسمة على 5^{n+2} أي نفرض ان $u_n = 5^{n+1}k$ ونبرهن ان : $u_{n+1} = 5^{n+2}k'$

$$u_{n+1} = u_n(u_n^4 + 5(u_n^3 + 2u_n^2 + 2u_n + 1)) = 5^{n+1}k((5^{n+1}k)^4 + 5(u_n^3 + 2u_n^2 + 2u_n + 1))$$

$$\text{ومنه } u_{n+1} = 5^{n+1}k(5^{4n+4}k^4 + 5(u_n^3 + 2u_n^2 + 2u_n + 1)) = 5^{n+1}k(5l) = 5^{n+2}k'$$

ومنه الخاصية محققة من اجل $n+1$ اذن من اجل كل n : u_n يقبل القسمة على 5^{n+1}

(2) (أ) التحقق ان : $u_3 = 2009^{250} - 1$

$$\text{لدينا } u_{n+1} + 1 = (u_n + 1)^5 \text{ و } u_0 + 1 = 2009^2 \text{ ومنه } u_1 + 1 = (u_0 + 1)^5 = 2009^{10} \text{ و } u_2 + 1 = (u_1 + 1)^5 = 2009^{50}$$

$$\text{و } u_3 + 1 = (u_2 + 1)^5 = (2009^{50})^5 = 2009^{250} \text{ اذن : } u_3 = 2009^{250} - 1$$

- استنتاج ان $2009^{250} \equiv 1[625]$:

لدينا u_n يقبل القسمة على 5^{n+1} ومنه u_3 يقبل القسمة على $5^{3+1} = 625$ أي $5^4 = 625$ نستنتج ان $u_3 \equiv 0[625]$

ومنه $u_3 + 1 \equiv 1[625]$ وبالتالي : $2009^{250} \equiv 1[625]$

(ب) برهان ان : $2009^{8001} \equiv 2009[625]$

لدينا : $2009^{8001} = 2009^{8000} \times 2009^1 = (2009^{250})^{32} \times 2009$ وبما ان $2009^{250} \equiv 1[625]$ فان

$$2009^{8001} \equiv 2009[625] \text{ وبالتالي } 2009^{8000} \equiv 1[625]$$

الجزء (3) :

(1) تبيان ان العدد $2009^{8001} - 2009$ يقبل القسمة على 10000 : أي $2009^{8001} - 2009 \equiv 0[10000]$

لدينا سابقا $2009^{8001} \equiv 2009[16]$ و $2009^{8001} \equiv 2009[625]$

ومنه نستنتج ان العدد $N = 2009^{8001} - 2009$ مضاعف في آن واحد لكل من 16 و 625

ونعلم انه اذا كان عدد يقبل القسمة على عددين اوليين فيما بينهما فانه يقبل القسمة على جدائهما

وبما ان 16 و 625 اوليان فيما بينهما فان العدد N يقبل القسمة على جدائهما $16 \times 625 = 10000$

$$N = 2009^{8001} - 2009 \equiv 0 [1000] \text{ اذن}$$

(2) استنتاج عددا n حيث الكتابة العشرية لمكعبه تنتهي بـ : 2009 أي $n^3 \equiv 2009 [10000]$

نعلم ان: $2009^{8001} - 2009 \equiv 0 [10000]$ أي $2009^{8001} \equiv 2009 [10000]$ ولدينا $8001 = 3 \times 2667$

ومنه نجد $2009^{2667} \equiv 2009 [10000]$ أي ان الكتابة العشرية لمكعب العدد 2009^{2667} تنتهي بـ 2009



التمرين (33) France & La Réunion, sep 2009

(1) (أ) عين باقي قسمة العدد 2009 على 11

(ب) عين باقي قسمة العدد 2^{10} على 11

(ج) عين باقي قسمة العدد $2^{2009} + 2009$ على 11

(2) ليكن p عددا طبيعيا . ومن اجل كل عدد طبيعي غير معدوم n نعتبر العدد $A_n = 2^n + p$. ونسمي

$$PGCD(A_n; A_{n+1}) = d_n$$

(أ) بين ان d_n يقسم 2^n

(ب) عين شفعية العدد A_n بدلالة شفعية p , بين ذلك

(ج) عين شفعية العدد d_n بدلالة شفعية p

- استنتج القاسم المشترك الاكبر للعددين $2^{2009} + 2009$ و $2^{2010} + 2009$

حل التمرين (33) France & La Réunion, sep 2009

(1) (أ) لدينا $2009 = 11 \times 182 + 7$ ومنه باقي قسمة العدد 2009 على 11 هو 7 أي $2009 \equiv 7 [11]$

(ب) تعيين باقي قسمة العدد 2^{10} على 11:

لدينا $2^5 = 32 = 11 \times 2 + 10$ ومنه $2^5 \equiv 10 [11]$ او $2^5 \equiv -1 [11]$ ومنه $2^5 \equiv -1 [11]$ اذن $2^{10} \equiv 1 [11]$

اذن باقي القسمة هو 1

(ج) تعيين باقي قسمة العدد $2^{2009} + 2009$ على 11:

$$2^{2009} = 2^{10(200) + 9} = 2^{10 \times 200} \times 2^9 = (2^{10})^{200} \times 2^9$$

$$2^9 = 2^5 \times 2^4 \text{ و } 2^5 \equiv -1 [11] \text{ و } 2^4 = 16 \equiv 5 [11] \text{ اذن } 2^9 \equiv -5 [11]$$

وأخيرا $2^{2009} = (2^{10})^{200} \times 2^9 \equiv 1 \times (-5) [11] \equiv -5 [11]$ وبما ان $2009 \equiv 7 [11]$ فان

$$2^{2009} + 2009 \equiv -5 + 7 [11] \text{ وبالتالي } 2^{2009} + 2009 \equiv 2 [11] \text{ اذن الباقي هو 2}$$

(2) $A_n = 2^n + p$. ونسمي $PGCD(A_n; A_{n+1}) = d_n$

(أ) تبين ان d_n يقسم 2^n : لدينا $A_{n+1} = 2^{n+1} + p$ و $(d_n / A_{n+1} \text{ و } d_n / A_n)$ ومنه d_n يقسم فرقهما

أي $(2^{n+1} + p) - (2^n + p) = 2^n$ ومنه نجد $d_n / (2^{n+1} - 2^n) = 2^n (2 - 1) = 2^n$ اذن d_n يقسم 2^n

(ب) تعيين شفعية العدد A_n بدلالة شفعية p

$A_n = 2^n + p$ و بما ان $n > 0$ فان 2^n زوجي وبالتالي A_n شفعيته من شفعية p

(ج) تعيين شفعية العدد d_n بدلالة شفعية p :

حسب السؤال السابق فان A_n و A_{n+1} شفيعتهما من شفعية p
اذن اذا كان p زوجيا فان A_n و A_{n+1} وقاسمهما المشترك الاكبر تكون زوجية
واذا كان p فرديا فان A_n و A_{n+1} وقاسمهما المشترك الاكبر تكون فردية
ومن النتيجة السابق A_{2009} و A_{2010} عدنان فرديان لان 2009 فردي وبالتالي قاسمهما المشترك الاكبر عدد فردي
ورأينا سابقا ان d_n يقسم 2^n و لكن 2^n كل قواسمه اعداد زوجية ما عدا 1
اذن $PGCD(A_{2009}; A_{2010}) = d_n = 1$ ومنه القاسم المشترك الاكبر للعددين $2^{2009} + 2009$ و $2^{2010} + 2009$
هو 1 اذن هما عدنان اوليان فيما بينهما



التمرين (34) N.elle Caledonie Novembre 2009

السؤالان (1) و (2) منفصلان

(1) نعتبر في $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$ المعادلة : $(E) \quad 3x + 7y = 10^{2n} \dots$ حيث n عدد طبيعي

(أ) عين ثنائية $(u; v)$ من الاعداد الصحيحة بحيث : $3u + 7v = 1$

استنتج حلا خاصا $(x_0; y_0)$ للمعادلة (E)

(ب) عين مجموعة الثنائيات $(x; y)$ من الاعداد الصحيحة حلول المعادلة (E)

(2) نعتبر المعادلة $(G) : 3x^2 + 7y^2 = 10^{2n}$ حيث x و y صحيحان

(أ) بين ان $100 \equiv 2[7]$

- برهن انه اذا كانت $(x; y)$ حلا للمعادلة (G) فان $3x^2 \equiv 2^n[7]$

(ب) أكمل الجدول التالي :

باقي قسمة x على 7	0	1	2	3	4	5	6
باقي قسمة $3x^2$ على 7							

(ج) برهن ان : $2^n \equiv 1[7]$ او $2^n \equiv 2[7]$ او $2^n \equiv 4[7]$

استنتج ان المعادلة (G) لا تقبل حولا

حل التمرين (34) N.elle Caledonie Novembre 2009

(1) $(E) \quad 3x + 7y = 10^{2n} \dots$

(أ) تعيين ثنائية $(u; v)$ حيث $3u + 7v = 1$ لدينا $3(-2) + 7 \times 1 = 1$ ومنه الثنائية $(-2; 1)$ حل لها

استنتج حلا خاصا $(x_0; y_0)$ للمعادلة (E) : بضرب طرفي المساواة $3(-2) + 7 \times 1 = 1$ بالعدد 10^{2n} نجد :

$3 \times (-2 \times 10^{2n}) + 7 \times 1 \times 10^{2n} = 10^{2n}$ أي $3(-2)10^{2n} + 7 \times 1 \times 10^{2n} = 10^{2n}$ ومنه الحل الخاص للمعادلة (E)

هو $(x_0; y_0) = (-2 \times 10^{2n}; 10^{2n})$

$$\begin{cases} 3x_0 + 7y_0 = 10^{2n} \\ 3x + 7y = 10^{2n} \end{cases} \quad \text{(ب) تعيين الثنائيات } (x; y) \text{ حلول المعادلة } (E) : \text{ بما ان } (x_0; y_0) \text{ حلا خاصا لها فان}$$

$$\text{ومنه بالطرح نجد: } 3(x - x_0) = 7(y_0 - y)$$

لدينا 7 يقسم $3(x - x_0)$ وبما ان العددين 7 و 3 اوليين فيما بينهما فان 7 يقسم $(x - x_0)$ اي $x - x_0 = 7k$

$$\text{ومنه } x = x_0 + 7k \text{ وينفس العمل نجد ان } y_0 - y = 3k \text{ اذن } y = y_0 - 3k$$

$$\text{اذن الثنائيات } (x; y) \text{ حلول المعادلة } (E) \text{ هي: } (x; y) = (-2 \times 10^{2n} + 7k; 10^{2n} - 3k)$$

$$(2) \quad (G) : 3x^2 + 7y^2 = 10^{2n}$$

(أ) تبين ان $100 \equiv 2[7]$: لدينا $100 = 7 \times 14 + 2$ واضح ومنه الموافقة صحيحة

- برهان ان : $3x^2 \equiv 2^n[7]$ حيث $(x; y)$ حل للمعادلة (G)

$$\text{لدينا } 3x^2 + 7y^2 = 10^{2n} \text{ وبما ان } 7y^2 \equiv 0[7] \text{ فان } 3x^2 \equiv 10^{2n}[7]$$

$$\text{ومن جهة اخرى بما ان } 10^{2n} = (10^2)^n = 100^n \text{ و } 100 \equiv 2[7] \text{ فان } 10^{2n} \equiv 2^n[7]$$

$$\text{واخيرا اذا كانت الثنائية } (x; y) \text{ حلا للمعادلة (G) و } 3x^2 + 7y^2 \equiv 2^n[7] \text{ فان } 3x^2 \equiv 2^n[7]$$

(ب) اكمال الجدول :

باقي قسمة x على 7	0	1	2	3	4	5	6
باقي قسمة $3x^2$ على 7	0	3	5	6	6	5	3

$$(ج) \text{ برهان ان : } 2^n \equiv 1[7] \text{ او } 2^n \equiv 2[7] \text{ او } 2^n \equiv 4[7] :$$

ندرس بواقي قسمة 2^n على 7 :

$$2^0 \equiv 1[7]; \quad 2^1 \equiv 2[7]; \quad 2^2 \equiv 4[7]; \quad 2^3 \equiv 1[7]$$

و منه من العلاقة $2^3 \equiv 1[7]$ و حسب خواص الموافقات لدينا من أجل كل عدد طبيعي p

$$2^{3p} \times 2^2 \equiv 1 \times 4[7] \text{ و } 2^{3p+1} = 2[7] \text{ إذن: } 2^{3p} \times 2 \equiv 1 \times 2[7] \text{ و } (2^3)^p = 2^{3p} \equiv 1[7]$$

$$\text{إذن : } 2^{3p+2} \equiv 4[7]$$

(ج) استنتج ان المعادلة (G) : $3x^2 + 7y^2 = 10^{2n}$ لا تقبل حلا :

بما ان $(2^n \equiv 1[7] \text{ او } 2^n \equiv 2[7] \text{ او } 2^n \equiv 4[7])$ و من الجدول السابق وجدنا :

$$(3x^2 \equiv 0[7] \text{ او } 3x^2 \equiv 3[7] \text{ او } 3x^2 \equiv 5[7] \text{ او } 3x^2 \equiv 6[7]) \text{ فان } 3x^2 \text{ و } 2^n \text{ لا يتوافقان}$$

$$\text{وبالتالي المعادلة } 3x^2 \equiv 2^n[7] \text{ لا تقبل حلا اذن المعادلة } 3x^2 + 7y^2 = 10^{2n} \text{ لا تقبل حلا}$$



التمرين (35) Asie 2009

$$(1) \text{ نريد في هذا السؤال تعيين كل الاعداد الصحيحة } N \text{ حيث : } \begin{cases} N \equiv 5[13] \\ N \equiv 1[17] \end{cases}$$

(أ) تحقق ان العدد 239 هو حل للجملة

(ب) ليكن N عددا صحيحا حلا للجملة . بين ان N يمكن ان يكتب على الشكل $N = 1 + 17x = 5 + 13y$

$$\text{حيث } x \text{ و } y \text{ عددان صحيحان يحققان العلاقة } 17x - 13y = 4.$$

(ج) حل المعادلة $17x - 13y = 4$ حيث x و y عددان صحيحان

(د) استنتج انه يوجد عدد صحيح k بحيث : $N = 18 + 221k$

(هـ) برهن التكافؤ المنطقي التالي : $N \equiv 18[221]$ تكافئ $\begin{cases} N \equiv 5[13] \\ N \equiv 1[17] \end{cases}$

(2) (أ) هل يوجد عدد طبيعي k بحيث : $10^k \equiv 1[17]$ ؟

(ب) هل يوجد عدد طبيعي m بحيث : $10^m \equiv 18[221]$ ؟

حل التمرين (35) Asie 2009

(1) (أ) التحقق ان العدد 239 هو حل للجملة : $\begin{cases} N \equiv 5[13] \\ N \equiv 1[17] \end{cases}$

$$239 = 13 \times 18 + 5 \quad \text{ومنه} \quad 239 \equiv 5[13] \quad \text{و} \quad 239 = 14 \times 17 + 1 \quad \text{ومنه} \quad 239 \equiv 1[17]$$

اذن 239 هو حل للجملة

(ب) N صحيح حل للجملة معناه $N \equiv 5[13]$ أي انه يوجد عدد صحيح y حيث $N = 5 + 13y$

و N حل للجملة معناه أيضا $N \equiv 1[17]$ أي انه يوجد عدد صحيح x حيث $N = 1 + 17x$

اذن كل حل N للجملة يمكن ان يكتب على شكلين $N = 1 + 17x = 5 + 13y$ وبالتالي $1 + 17x = 5 + 13y$

وينتج من هذه الكتابة ان $17x - 13y = 4$ حيث x و y عدنان صحيحان

(ج) حل المعادلة : $17x - 13y = 4$

واضح ان الثنائية $(1;1)$ حل خاص لها ومنه تنتج الجملة $\begin{cases} 17x - 13y = 4 \\ 17(1) - 13(1) = 4 \end{cases}$ وبالطرح نجد :

$$17(x-1) = 13(y-1) \quad \text{هذه الكتابة تعني ان العدد 17 يقسم } 13(y-1) \quad \text{وبما ان 17 و 13 اوليان فيما بينهما فان}$$

حسب مبرهنة غوص 17 يقسم $(y-1)$ أي ان $y-1 = 17k$ ومنه $y = 1 + 17k$ حيث k عدد صحيح

وبالتعويض في المعادلة $17(x-1) = 13(y-1)$ نجد $x = 1 + 13k$ حيث k عدد صحيح

اذن الثنائيات حل المعادلة هي : $(x, y) = (13k + 1; 17k + 1)$

(د) استنتاج : $N = 18 + 221k$

رأينا سابقا ان كل الحلول $N = 1 + 17x = 5 + 13y$ ومنه $N = 1 + 17(1 + 13k) = 18 + 221k$

(هـ) برهان التكافؤ المنطقي : $N \equiv 18[221]$ تكافئ $\begin{cases} N \equiv 5[13] \\ N \equiv 1[17] \end{cases}$

من السؤال السابق اذا كان $\begin{cases} N \equiv 5[13] \\ N \equiv 1[17] \end{cases}$ فان $N = 18 + 221k$ اي ان $N \equiv 18[221]$

نبرهن الان العكس اي نفرض ان : $N \equiv 18[221]$ وهذا يعني $N = 221q + 18$ ويكتب على الشكل

$$N = 17m + 1 \quad \text{ومنه} \quad N = 17 \times 13q + 18 = 17 \times 13q + 17 + 1 = 17 \times (13q + 1) + 1$$

ويمكن أيضا ان نكتب : $N \equiv 18[221]$ وهذا يعني $N = 221q + 18$ ومنه نكتب

$$N = 17 \times 13q + 18 = 17 \times 13q + 13 + 5 = 13 \times (17q + 1) + 5 \quad \text{اي} \quad N = 13p + 5 \quad \text{اي} \quad N \equiv 5[13]$$

(2) (أ) هل يوجد عدد طبيعي k بحيث : $10^k \equiv 1[17]$ ؟

الجواب نعم اذا كان N على الشكل 10^k

حسب المبرهنة الصغيرة لفيروما : 17 عدد اولي و 10 لا يقبل القسمة على 17 نعلم ان $10^{17-1} \equiv 1[17]$

اي $10^{16} \equiv 1[17]$ اذن يوجد عدد طبيعي k هو $k=16$ يحقق $10^k \equiv 1[17]$

(ب) هل يوجد عدد طبيعي m بحيث : $10^m \equiv 18[221]$ ؟

رأينا سابقا ان $10^p \equiv 18[221]$ تعني $\begin{cases} 10^p \equiv 5[13] \\ 10^p \equiv 1[17] \end{cases}$ وبحساب بواقي القسمة الاقليدية للعدد 10 على 13 نجد:

$$10^1 \equiv -3[13] \text{ و } 10^2 \equiv 9[13] \text{ و } 10^3 \equiv -1[13] \text{ و } 10^4 \equiv 3[13] \text{ و } 10^5 \equiv 4[13] \text{ و } 10^6 \equiv 1[13]$$

اذن بواقي القسمة هي اما : -3 او -1 او 3 او 4 او 9 لكن لا يمكن ان يكون 5

اذن لا يوجد عدد صحيح m بحيث : $10^m \equiv 18[221]$



التمرين (36) : Polynésie juin 2010

الجزءان (1) و (2) مستقلان

الجزء (1)

(1) نعتبر المعادلة $7x-6y=1$.. E حيث x و y طبيعيين , عين حلا خاصا للمعادلة

(2) عين مجموعة حلول المعادلة (E)

الجزء (2)

في هذا الجزء نريد تعيين الثنائيات $(n; m)$ من الاعداد الطبيعية غير المعدومة التي تحقق العلاقة :

$$(F) \dots 7^n - 3 \times 2^m = 1$$

(1) نفرض $m \leq 4$. بين انه يوجد ثنائيتان فقط تحققان (F)

(2) نفرض الان $m \geq 5$

(أ) بين انه اذا كانت $(n; m)$ تحقق العلاقة (F) فان $7^n \equiv 1[32]$

(ب) بدراسة بواقي القسمة الاقليدية للعدد 7^n على 32 بين انه اذا كانت $(n; m)$ تحقق العلاقة (F) فان

العدد n يقبل القسمة على 4

(ج) استنتج انه اذا كانت $(n; m)$ تحقق العلاقة (F) فان $7^n \equiv 1[5]$

(د) عندما $m \geq 5$, هل توجد ثنائيات $(n; m)$ تحقق العلاقة (F) ؟

(3) ضع خلاصة . بمعنى عين جميع الثنائيات $(n; m)$ من الاعداد الطبيعية غير المعدومة التي تحقق العلاقة (F)

حل التمرين (36) : Polynésie juin 2010

الجزء (1)

(1) واضح ان الثنائية $(1;1)$ حل خاص للمعادلة (E)

(2) لدينا $7x-6y=1$ و $7(1)-6(1)=1$ وبالطرح نجد : $7(x-1)=6(y-1)$

7 يقسم $6(y-1)$ وبما انه اولي مع 6 فانه حسب غوص 7 يقسم $y-1$ أي $y-1=7k$ ومنه $y=7k+1$

وبالتعويض في $7(x-1)=6(y-1)$ نجد $x=6k+1$

اذن حلول المعادلة هي : $(x; y) = (6k+1; 7k+1)$ حيث k عدد صحيح

الجزء (2) : تعيين الثنائيات $(n; m)$: $7^n - 3 \times 2^m = 1 \dots (F)$

(1) $m \leq 4$. نبين انه يوجد ثنائيتان فقط تحققان (F)

- اذا كان $m = 0$ فان : $7^n - 3 \times 2^0 = 1$ أي $7^n = 1 + 3 = 4$ مستحيلة

- اذا كان $m = 1$ فان $7^n - 3 \times 2^1 = 1$ أي $7^n = 7$ ومنه $n = 1$ اذن الثنائية $(1; 1)$ حل

- اذا كان $m = 2$ فان $7^n - 3 \times 2^2 = 1$ أي $7^n = 13$ مستحيلة

- اذا كان $m = 3$ فان $7^n - 3 \times 2^3 = 1$ أي $7^n = 25$ مستحيلة

- اذا كان $m = 4$ فان $7^n - 3 \times 2^4 = 1$ أي $7^n = 49$ ومنه $n = 2$ اذن الثنائية $(2; 4)$ حل

(2) (أ) نفرض $m \geq 5$ ونبين انه اذا كانت $(n; m)$ تحقق العلاقة (F) فان $7^n \equiv 1[32]$

$$7^n - 3 \times 2^m = 1 \text{ ومنه } 7^n = 1 + 3 \times 2^m = 1 + 3 \times 2^5 \times 2^{m-5} = 1 + 32(3 \times 2^{m-5}) = 1 + 32k$$

اذن $7^n = 1 + 32k$ حيث k عدد صحيح لان $2^{m-5} \geq 1$

ومنه اذا كان $m \geq 5$ فان $7^n = 1 + 32k$ وهذا يعني $7^n \equiv 1[32]$

(ب) دراسة بواقي القسمة الاقليدية للعدد 7^n على 32 : $7^0 \equiv 1[32]$, $7^1 \equiv 7[32]$, $7^2 \equiv 17[32]$,

$7^3 \equiv 23[32]$ و $7^4 \equiv 1[32]$ وبالتالي :

$$7^{4k} \equiv 1[32] \text{ و } 7^{4k+1} \equiv 7[32] \text{ و } 7^{4k+2} \equiv 17[32] \text{ و } 7^{4k+3} \equiv 23[32]$$

-تبيان انه اذا كانت $(n; m)$ تحقق العلاقة (F) فان n يقبل القسمة على 4 : أي $n \equiv 0[4]$

$(n; m)$ تحقق العلاقة (F) أي ان $7^n \equiv 1[32]$ أي $7^n = 32k + 1 = 1 + 4(8k)$ وهذا يعني $7^n \equiv 1[4]$

ومن دراسة البواقي السابق نجد ان $7^n \equiv 1[32]$ محققة عندما $n = 4k$ وهذا يعني $n \equiv 0[4]$ أي ان

n يقبل القسمة على 4

(ج) استنتاج ان $7^n \equiv 1[5]$:

اذا كانت $(n; m)$ تحقق العلاقة (F) فانه يوجد عدد صحيح k حيث $n = 4k$

وعندئذ $7^n = 7^{4k} = (7^4)^k$ ونعلم ان $7^4 = (7^2)^2 = 49^2$ و $49 \equiv -1[5]$ ومنه $49^2 \equiv 1[5]$

وبالتالي $(7^4)^k \equiv 1[5]$ أي $7^n \equiv 1[5]$

(د) عندما $m \geq 5$, هل توجد ثنائيات $(n; m)$ تحقق العلاقة (F) ؟

لدينا $7 \equiv 2[5]$ ومنه $7^n \equiv 2^n[5] \equiv 1[5]$ الحل الوحيد هو $n = 0$

ومنه $7^0 - 3 \times 2^m = 1$ وهذه مستحيلة مع $m \geq 5$

(3) الخلاصة: مجموع الثنائيات $(n; m)$ من الاعداد الطبيعية غير المعدومة التي تحقق العلاقة (F) هي :

$(1; 1)$ و $(2; 4)$



التمرين (37) Polynésie 2011

نعتبر المتتالية (u_n) لأعداد طبيعية معرفة بعدها الأول $u_0 = 1$ ومن اجل كل عدد طبيعي n :

$$u_{n+1} = 10u_n + 21$$

(1) احسب u_1 , u_2 , و u_3

(2) (أ) برهن بالتراجع انه من اجل كل عدد طبيعي n : $3u_n = 10^{n+1} - 7$

(ب) استنتج من اجل كل عدد طبيعي n الكتابة العشرية للعدد u_n

(3) بين ان u_2 عدد أولي

(4) برهن انه من اجل كل عدد طبيعي n , u_n لا يقبل القسمة على 2 ولا على 3 ولا على 5 .

(5) (أ) برهن انه من اجل كل عدد طبيعي n : $3u_n \equiv 4 - (-1)^n [11]$

(ب) استنتج انه من اجل كل عدد طبيعي n فان u_n لا يقبل القسمة على 11

(6) (أ) برهن ان $10^8 \equiv -1 [17]$ ثم بين ان $10^{16} \equiv 1 [17]$

(ب) استنتج انه من اجل كل عدد طبيعي k , u_{16k+8} يقبل القسمة على 17

حل التمرين (37) Polynésie 2011

(1) حساب u_1 , u_2 , و u_3 :

$$u_3 = 3331 \text{ و } u_2 = 331 \text{ و } u_1 = 10u_0 + 21 = 10 \times 1 + 21 = 31$$

(2) (أ) البرهان بالتراجع انه من اجل كل n : $3u_n = 10^{n+1} - 7$

$$10^{0+1} - 7 = 10 - 7 = 3 = 3u_0 \text{ ومنه الخاصية صحيحة من اجل } n=0$$

$$\text{نفرض ان : } 3u_n = 10^{n+1} - 7 \text{ ونبين ان } 3u_{n+1} = 10^{n+2} - 7$$

$$3u_{n+1} = 10^{n+2} - 7 \text{ ومنه } 3u_{n+1} = 3(10u_n + 21) = 10 \times 3u_n + 63 = 10(10^{n+1} - 7) + 63$$

$$\text{ومنه من اجل كل } n \text{ طبيعي : } 3u_n = 10^{n+1} - 7$$

(ب) استنتاج الكتابة العشرية للعدد u_n لدينا : $3u_n = 10^{n+1} - 7$

$$10^{n+1} - 7 = 10 \dots 0 - 7 = \underbrace{99 \dots 93}_n \text{ وبالقسمة على 3 نجد :}$$

$$u_n = \frac{10^{n+1} - 7}{3} = \frac{99 \dots 93}{3} = \underbrace{33 \dots 31}_n \text{ هي } u_n \text{ ومنه الكتابة العشرية لـ } u_n$$

(3) تبين ان u_2 عدد أولي : $u_2 = 331$ و $\sqrt{u_2} = \sqrt{331} \approx 18,1$

العدد 331 لا يقبل القسمة على 2 ولا على 3 ولا على 5 ولا على 7 ولا على 11 ولا على 13

$$\text{وبما ان } \frac{331}{17} = 19,4 > 18,1 \text{ فان العدد 331 اولي اذن } u_2 \text{ عدد أولي}$$

(4) برهان ان u_n لا يقبل القسمة على 2 ولا على 3 ولا على 5 .

ليكن n طبيعي كفي. حسب السؤال (2) (ب) فان رقم احاد u_n هو 1 ومنه u_n لا يقبل القسمة على 2 ولا على 5

$$\text{ومجموع ارقام العدد } u_n \text{ هو } 3 + 3 + \dots + 3 + 1 = 3n + 1 \text{ فمجموع ارقامه لا يقبل القسمة على 3}$$

ومنه u_n لا يقبل القسمة على 3 . اذن من اجل كل n فان u_n لا يقبل القسمة على 2 ولا على 3 ولا على 5

(5) (أ) برهان ان : $3u_n \equiv 4 - (-1)^n [11]$

$$10 \equiv -1 [11] \text{ لدينا ومنه } 10^{n+1} \equiv (-1)^{n+1} [11] \text{ اي ان } 10^{n+1} \equiv -(-1)^n [11]$$

$$\text{ولدينا أيضا } 4 [11] \equiv -7 \text{ ونعلم ان } 3u_n = 10^{n+1} - 7 \text{ ومنه بالجمع نجد :}$$

اذن $10^{n+1} - 7 \equiv 4 - (-1)^n [11]$ ومنه $3u_n \equiv 4 - (-1)^n [11]$ (ب) استنتاج انه من اجل كل n , u_n لا يقبل القسمة على 11 :
 - اذا كان n زوجيا فان : $3u_n \equiv 4 - 1 [11]$ اي $3u_n \equiv 3 [11]$ وبما ان 3 لا يوافق 0 بترديد 11 فان $3u_n$ لا يوافق 0 بترديد 11 وبالتالي ليس مضاعف لـ 11 ومنه u_n ليس مضاعف لـ 11
 - اذا كان n فرديا فان $3u_n \equiv 4 + 1 [11]$ اي $3u_n \equiv 5 [11]$ وبما ان 5 لا يوافق 0 بترديد 11 فان $3u_n$ لا يوافق 0 بترديد 11 وبالتالي ليس مضاعف لـ 11 ومنه u_n ليس مضاعف لـ 11
 اذن من اجل كل n طبيعي u_n ليس مضاعف لـ 11
 (6) (أ) برهان ان $10^8 \equiv -1 [17]$: لدينا $10 \equiv -7 [17]$ و $10^2 \equiv 49 - 3 \times 17 [17]$ و منه $10^2 \equiv 49 - 3 \times 17 [17]$
 اذن $10^2 \equiv -2 [17]$ وبالتالي : $10^8 \equiv (-2)^4 [17]$ اي ان $10^8 \equiv 16 [17]$ اي $10^8 \equiv -1 [17]$
 - تبيان ان $10^{16} \equiv 1 [17]$: من النتيجة السابقة لدينا $10^8 \equiv -1 [17]$ ومنه $10^{16} \equiv (-1)^2 [17]$ اذن $10^{16} \equiv 1 [17]$
 (ب) استنتاج انه من اجل كل k , u_{16k+8} يقبل القسمة على 17 : اي $u_{16k+8} \equiv 0 [17]$
 حسب السؤال (2) (أ) : $3u_n = 10^{n+1} - 7$ ومنه $3u_{16k+8} = 10^{16k+9} - 7$
 حسب السؤال (أ) $10^{16k+9} = (10^{16})^k \times 10^8 \times 10$ ولدينا : $10^{16k+9} \equiv (1)^k \times (-1) \times (-7) [17]$
 اذن $10^{16k+9} \equiv 7 [17]$ ومنه نجد $10^{16k+9} - 7 \equiv 0 [17]$ اي ان $10^{16k+9} - 7$ يقبل القسمة على 17
 وبالتالي 17 يقسم $3 \times u_{16k+8}$ وبما ان 17 اولي مع 3 فانه حسب غوص 17 يقسم u_{16k+8} وهو المطلوب



التمرين (38) Antilles Guyane 2012

- (1) نعتبر في $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$ المعادلة : $(E) \quad 11x - 5y = 14$
 (أ) التحقق ان $(4, 6)$ حل للمعادلة (E)
 (ب) عين كل الثنائيات $(x; y)$ حلول المعادلة (E)
 (2) (أ) بين انه من اجل كل عدد طبيعي n : $2^{3n} \equiv 1 [7]$
 (ب) عين باقي قسمة العدد 2011^{2012} على 7
 (3) (أ) من اجل كل عدد طبيعي n نعتبر العددين : $a = 3n + 1$ و $b = 2n + 3$
 بين ان القاسم المشترك الاكبر للعددين a و b هو 1 او 7
 (ب) عين حسب قيم n القاسم المشترك الاكبر للعددين a و b

حل التمرين (38) Antilles Guyane 2012

- (1) لدينا $11x - 5y = 14$
 (أ) التحقق ان $(4, 6)$ حل للمعادلة (E) : بالتعويض نجد $11(4) - 5(6) = 14$
 (ب) تعيين كل الثنائيات $(x; y)$ حلول المعادلة (E) :

$$\text{لدينا } \begin{cases} 11x - 5y = 14 \\ 11(4) - 5(6) = 14 \end{cases} \text{ بالطرح نجد : } 11(x-4) = 5(y-6)$$

هذه الاخيرة تعني العدد 11 يقسم $5(y-6)$ وبما ان 11 و 5 اوليان فيما بينهما فانه حسب مبرهنة غوص

11 يقسم $y-6$ أي ان $y-6=11k$ وبالتالي $y=6+11k$ حيث k عدد صحيح

وبتعويض $y=6+11k$ في المعادلة $11(x-4)=5(y-6)$ نجد $x=6+5k$

اذن مجموعة الثنائيات حلول المعادلة (E) هي : $(x; y) = (6+5k; 6+11k)$ حيث k عدد صحيح

$$(2) \text{ (أ) تبيان ان } 2^{3n} \equiv 1[7] :$$

نعلم ان $2^3 = 8 \equiv 1[7]$ ومنه $(2^3)^n \equiv 1[7]$ وبالتالي $2^{3n} \equiv 1[7]$

(ب) تعيين باقي قسمة العدد 2011^{2012} على 7 :

لدينا $2011 = 287 \times 7 + 2$ أي ان $2011 \equiv 2[7]$ ومنه $2011^{2012} \equiv 2^{2012}[7]$

ونعلم ايضا : $2012 = 3 \times 670 + 2$ ومنه $2^{2012} = 2^{3 \times 670} \times 2^2$

ولدينا من السؤال (أ) $2^{3n} \equiv 1[7]$ وبالتالي $2^{3 \times 670} \equiv 1[7]$ ومنه ينتج $2^{2012} \equiv 2^2[7]$

واخيرا نجد ان $2011^{2012} \equiv 4[7]$ وبالتالي باقي القسمة هو 4

$$(3) \text{ (أ) } a = 3n + 1 \text{ و } b = 2n + 3 \text{ تبيان ان } PGCD(a; b) \text{ هو 1 او 7 :}$$

نضع $PGCD(a; b) = d$ ومنه d لقسم كلا من a و b

وبالتالي d يقسم العدد $3b - 2a = 3(2n + 3) - 2(3n + 1) = 7$ ومنه القيم الممكنة لـ d هي 1 او 7

(ب) تعيين حسب قيم n $PGCD(a; b)$:

اذا كان $PGCD(a; b) = 7$ فان 7 يقسم $3n + 1$ اي ان $3n + 1 \equiv 0[7]$

و $3n + 1 \equiv 0[7]$ تعني $3n \equiv -1[7]$ ومنه $6n \equiv -2[7]$ وبالتالي $-n \equiv -2[7]$ اذن $n \equiv 2[7]$

اذن اذا كان $PGCD(a; b) = 7$ فان $n = 7k + 2$

ومن جهة اخرى ايضا اذا كان $PGCD(a; b) = 7$ فهذا يعني : $\begin{cases} 3n + 1 \equiv 0[7] \\ 2n + 3 \equiv 0[7] \end{cases}$ وبالطرح نجد :

$(3n + 1) - (2n + 3) \equiv 0[7]$ اي ان $n - 2 \equiv 0[7]$ وبالتالي $n \equiv 2[7]$ اي ان $n = 7k + 2$

اذن من اجل كل عدد طبيعي n : $PGCD(a; b) = 7$ اذا كان $n = 7k + 2$

$PGCD(a; b) = 1$ اذا كان $n \neq 7k + 2$



التمرين (39) Polynésie 2012

الجزء الأول

نعتبر في مجموعة الاعداد الصحيحة المعادلة : $25x - 108y = 1 \dots (E)$

(1) بين ان الثنائية $(13, 3)$ حلا للمعادلة (1) .

(2) عين مجموعة الثنائيات $(x; y)$ من $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$ حلول المعادلة (E) .

الجزء الثاني :

في هذا الجزء نعتبر a عددا طبيعيا . ونعتبر العددين الطبيعيين g و c يحققان : $25g - 108c = 1$

(1) ليكن x عددا طبيعيا

بين انه اذا كان $x \equiv a[7]$ و $x \equiv a[19]$ فان $x \equiv a[133]$

(2) (أ) بين انه من اجل كل عدد صحيح x حيث : $1 \leq x \leq 6$ فانه يكون $x^6 \equiv 1[7]$

(ب) اذا فرضنا ان a ليس مضاعفا للعدد 7 , بين ان $a^{108} \equiv 1[7]$

- استنتج ان $(a^{25})^g \equiv a[7]$

(ج) نفرض ان a مضاعف للعدد 7 , برهن ان $(a^{25})^g \equiv a[7]$

(د) نقبل انه من اجل كل عدد طبيعي a , $a^{25} \equiv a[19]$, برهن عندئذ ان $(a^{25})^g \equiv a[133]$

حل التمرين (39): Polynésie 2012

الجزء الأول : $25x - 108y = 1 \dots (E)$

(1) نبيان ان الثنائية $(13, 3)$ حلا للمعادلة (1): هذا يعني $25(13) - 108(3) = 325 - 324 = 1$ وهي محققة

(2) تعيين حلول المعادلة (E) : لدينا $\begin{cases} 25x - 108y = 1 \\ 25(13) - 108(3) = 1 \end{cases}$ ومنه بالطرح نجد :

$25(x - 13) = 108(y - 3)$ وهذه المعادلة تعني ان 108 قاسم لـ $25(x - 13)$ وبما ان 108 و 25 اوليان فيما

بينهما فان 108 قاسم لـ $(x - 13)$ اي ان $(x - 13) = 108k$ ومنه $x = 108k + 13$

وبالتعويض في المعادلة $25(x - 13) = 108(y - 3)$ نجد $y = 25k + 3$ ومنه حلول المعادلة هي :

$(x; y) = (108k + 13; 25k + 3)$ حيث k عدد صحيح

الجزء الثاني :

a عدد طبيعي . و g و c طبيعيان يحققان : $25g - 108c = 1$

(1) نبيان ان اذا كان $(x \equiv a[7] \text{ و } x \equiv a[19])$ فان $x \equiv a[133]$

اذا كان $x \equiv a[7]$ فان $(x - a)$ مضاعف للعدد 7

واذا كان $x \equiv a[19]$ فان $(x - a)$ مضاعف للعدد 19 ومنه $(x - a)$ مضاعف مشترك للعددين 7 و 19

اي ان $(x - a)$ مضاعف للعدد 19×7 اي ان $(x - a)$ مضاعف للعدد 133 وهذا يعني $x - a \equiv 0[133]$

ومنه $x \equiv a[133]$

(2) (أ) نبيان انه اذا كان $1 \leq x \leq 6$ فان $x^6 \equiv 1[7]$:

لدينا $1^6 = 1$ ومنه $1^6 \equiv 1[7]$ ولدينا $2^6 = 8^2$ و $8 \equiv 1[7]$ اذن $8^2 \equiv 1[7]$ ومنه $2^6 \equiv 1[7]$

ولدينا $3^6 = 9^3$ و $9 \equiv 2[7]$ ومنه $9^3 \equiv 8[7]$ وبالتالي $3^6 \equiv 1[7]$

و لدينا $4 \equiv -3[7]$ ومنه $4^6 \equiv 3^6[7]$ وبالتالي $4^6 \equiv 1[7]$

ولدينا $5 \equiv -2[7]$ ومنه $5^6 \equiv (-2)^6[7] \equiv 2^6[7] \equiv 1[7]$ وحسب ما سبق فان $5^6 \equiv 1[7]$

ولدينا $6 \equiv -1[7]$ ومنه $6^6 \equiv (-1)^6[7] \equiv 1[7]$ اذن $6^6 \equiv 1[7]$

اذن من اجل كل $1 \leq x \leq 6$ فان $x^6 \equiv 1[7]$

(ب) نعلم ان كل عدد صحيح يوافق بترديد n باقي قسمته على n

فاذا فرضنا a ليس مضاعفا للعدد 7 فهذا يعني : $a \equiv x[7]$ حيث $1 \leq x \leq 6$

، تبين ان $a^{108} \equiv 1[7]$: حيث لدينا من السؤال السابق $x^6 \equiv 1[7]$

من $a \equiv x[7]$ نجد $a^{108} \equiv x^{108}[7]$ ومنه $a^{108} \equiv x^{6 \times 18}[7]$ اي $a^{108} \equiv (x^6)^{18}[7]$ وبالتالي

$$a^{108} \equiv 1[7] \text{ اذن } a^{108} \equiv (1)^{18}[7]$$

- استنتاج ان $(a^{25})^g \equiv a[7]$:

$$\text{لدينا } 25g - 108c = 1 \text{ ومنه } 25g = 108c + 1$$

$$\text{و } (a^{25})^g = a^{25g} = a^{108c+1} = a \times a^{108c} \text{ وبما ان } a^{108} \equiv 1[7] \text{ فان } (a^{108})^c \equiv (1)^c[7]$$

$$a^{108c} \equiv 1[7] \text{ اذن } a \times a^{108c} \equiv a[7] \text{ وبالتالي } (a^{25})^g \equiv a[7]$$

(ج) برهان ان $(a^{25})^g \equiv a[7]$

اذا فرضنا ان a مضاعف للعدد 7 فهذا يعني : $a \equiv 0[7]$ ومنه $(a^{25})^g \equiv 0[7]$ وأيضا $(a^{25})^g \equiv 0[7]$

وبالتالي $(a^{25})^g$ و a متوافقان بترديد 7 (لهما نفس باقي القسمة على 7) اذن $(a^{25})^g \equiv a[7]$

(د) برهان ان $(a^{25})^g \equiv a[133]$:

$$\text{لدينا من السؤال السابق } (a^{25})^g \equiv a[7] \text{ وقبلنا ان } (a^{25})^g \equiv a[19]$$

ومن الجزء (2) س (1) : $(x \equiv a[7])$ و $(x \equiv a[19])$ فان $(x \equiv a[133])$ نجد :

$$(a^{25})^g \equiv a[7 \times 19] \text{ اذن } (a^{25})^g \equiv a[133]$$

التمرين (40) Antilles Guyane 2017

نعتبر المتتالية المعرفة بحددها الأول $u_0 = 3$ ومن اجل كل n طبيعي : $u_{n+1} = 2u_n + 6$

(1) بين انه من اجل كل n طبيعي : $u_n = 9 \times 2^n - 6$

(2) برهن انه من اجل كل طبيعي $n \geq 1$ فان u_n يقبل القسمة على 6

(3) نعرف المتتالية (v_n) من اجل كل عدد طبيعي $n \geq 1$: $v_n = \frac{u_n}{6}$

نعتبر الجملة التالية : (من اجل كل عدد طبيعي n غير معدوم ، v_n هو عدد أولي)

اذكر ان كانت هذه الجملة صحيحة ام خاطئة مع التبرير

(4) (أ) برهن انه من اجل كل $n \geq 1$: $v_{n+1} - 2v_n = 1$

(ب) استنتج انه من اجل كل $n \geq 1$: v_n و v_{n+1} اوليان فيما بينهما

(ج) استنتج من اجل كل $n \geq 1$ القاسم المشترك الاكبر لـ u_n و u_{n+1}

(5) (أ) تأكد ان $2^4 \equiv 1[5]$

- (ب) استنتج انه اذا كان n من الشكل $4k+2$ حيث k طبيعي فان u_n يقبل القسمة على 5
(ج) هل العدد u_n يقبل القسمة على 5 من اجل القيم الأخرى للعدد n ؟ برر ذلك

حل التمرين (40): Antilles Guyane 2017:

- (1) البرهان بالتراجع انه من اجل كل n طبيعي : $u_n = 9 \times 2^n - 6$
 $u_0 = 9 \times 2^0 - 6 = 3$ وهي محققة لان $u_0 = 3$
 نفرض الخاصية صحيحة من اجل كل n ونبرهن صحتها من اجل $n+1$
 $u_{n+1} = 2u_n + 6 = 2 \times (9 \times 2^n - 6) + 6 = 9 \times 2^{n+1} - 12 + 6 = 9 \times 2^{n+1} - 6$
 ومنه $u_{n+1} = 9 \times 2^{n+1} - 6$ ومنه الخاصية صحيحة من اجل كل عدد طبيعي n وبالتالي : $u_n = 9 \times 2^n - 6$
 (2) برهان انه من اجل $n \geq 1$ فان u_n يقبل القسمة على 6 :
 لدينا $u_n = 9 \times 2^n - 6 = 3 \times 3 \times 2 \times 2^{n-1} - 6$ ومنه $u_n = 6(3 \times 2^{n-1} - 1)$,
 وبما ان $3 \times 2^{n-1} - 1$ عدد طبيعي لان $n \geq 1$ فان هذا يدل ان u_n يقبل القسمة على 6
 (3) المتتالية (v_n) معرفة من اجل $n \geq 1$: $v_n = \frac{u_n}{6}$
 الجملة : (من اجل كل عدد طبيعي n غير معدوم , v_n هو عدد أولي) تكون صحيحة عندما نتحقق :
 v_n هو عدد أولي مهما كان n , اذن حتى تكون خاطئة يكفي إيجاد عدد طبيعي بحيث يكون v_n ليس اوليا
 $v_n = \frac{u_n}{6}$ ومنه $v_n = 3 \times 2^{n-1} - 1$
 كحالة خاصة $v_6 = 3 \times 2^5 - 1 = 3 \times 32 - 1 = 95 = 5 \times 19$ اذن v_6 ليس عدد اولي وبالتالي يوجد على الأقل عدد طبيعي بحيث v_n ليس اوليا. الجملة اذن ليست صحيحة
 (4) (أ) برهان انه من اجل كل $n \geq 1$: $v_{n+1} - 2v_n = 1$
 $v_{n+1} - 2v_n = \frac{1}{6}(2u_n + 6 - 2u_n) = 1$ ومنه $v_{n+1} - 2v_n = \frac{u_{n+1}}{6} - 2 \frac{u_n}{6} = \frac{1}{6}(u_{n+1} - 2u_n)$
 (ب) استنتاج ان v_n و v_{n+1} اوليان فيما بينهما : من العلاقة السابقة لدينا $v_{n+1} - 2v_n = 1$ وهذه تكتب
 $1 \times v_{n+1} + (-2)v_n = 1$ ومنه يوجد عدنان صحيحان a و b بحيث : $a \times v_{n+1} + b \times v_n = 1$ وحسب مبرهنة
 بيزو فان العددين v_n و v_{n+1} اوليان فيما بينهما
 (ج) استنتاج القاسم المشترك الاكبر لـ u_n و u_{n+1} :
 لدينا $u_n = 6 \times v_n$ و $u_{n+1} = 6 \times v_{n+1}$ وحيث v_n و v_{n+1} اوليان فيما بينهما
 اذن $PGCD(u_{n+1}; u_n) = PGCD(6v_{n+1}; 6v_n) = 6 \times PGCD(v_{n+1}; v_n) = 6 \times 1 = 6$
 اذن من اجل $n \geq 1$: $PGCD(u_{n+1}; u_n) = 6$
 (5) (أ) التأكد ان : $2^4 \equiv 1[5]$ واضح لان $2^4 = 16 = 1 + 3 \times 5 \equiv 1[5]$
 (ب) استنتاج انه اذا كان $n = 4k + 2$ فان u_n يقبل القسمة على 5 اي $u_n \equiv 0[5]$
 لدينا $u_n = 9 \times 2^n - 6$ فاذا كان $n = 4k + 2$ فان $2^n = 2^{4k+2} = (2^4)^k \times 2^2$
 ومن السؤال السابق $2^4 \equiv 1[5]$ ومنه $(2^4)^k \equiv 1[5]$ وبالتالي $(2^4)^k \times 2^2 \equiv 2^2[5]$ اذن $2^n \equiv 4[5]$

ومنه نستنتج ان $[5]6-9 \times 4 \equiv 9 \times 2^n - 6 \equiv 30[5]$ اي $9 \times 2^n - 6 \equiv 0[5]$ اذن $u_n \equiv 0[5]$

$u_n \equiv 0[5]$ وهكذا ينتج ان u_n مضاعف للعدد 5

(ج) باقي قسمة u_n على 5 من اجل القيم الأخرى للعدد n :

ليكن n عددا طبيعيا . العدد n يكتب اما على الشكل $n = 4k$ او $n = 4k + 1$ او $n = 4k + 3$

اذا كان $n = 4k$ فان : $2^n \equiv 2^{4k} \equiv 1[5]$ ثم $[5]6-9 \times 1 \equiv u_n \equiv 3[5]$ اذن u_n لا يقبل القسمة على 5

اذا كان $n = 4k + 1$ فان $[5]2 \equiv 2^{4k+1} = 2^{4k} \times 2 \equiv 2[5]$ ثم $[5]2-9 \times 2 \equiv u_n \equiv 2[5]$

اذن u_n لا يقبل القسمة على 5

اذا كان $n = 4k + 3$ فان $[5]3 \equiv 2^{4k+3} = 2^{4k} \times 2^3 \equiv 3[5]$ اذن u_n لا يقبل القسمة على 5

الخلاصة : من اجل كل $n \geq 0$ فان u_n يقبل القسمة على 5 اذا وفقط اذا كان $n = 4k + 2$ حيث k طبيعي

