

ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HCM

KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN
LỚP 19CTT4

**Kiểm tra kết thúc học phần môn
Thực hành Toán tổ hợp**

Họ và tên: Bùi Ngọc Thảo Vy
MSSV: 19120729
Ngày 05/07/2021

Mục lục

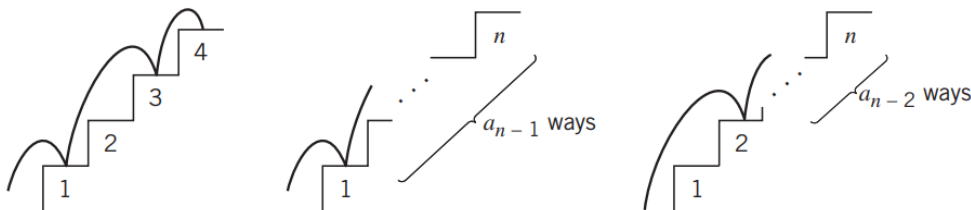
1 Bài 1	2
1.1 Câu A: Lên cầu thang	2
1.2 Câu B: Chia mặt phẳng	3
1.3 Câu C: Tháp Hà Nội	4
2 Bài 2	5
2.1 Câu A: Lãi suất ngân hàng	5
2.1.1 Gửi vào 1000\$ và lấy ra sau n năm	5
2.1.2 Gửi vào 100\$ và lấy ra mỗi cuối năm	5
2.2 Câu B	6
2.3 Câu C: Dây con bị cấm	7
3 Bài 3	8
3.1 Câu A	8
3.2 Câu B	8
4 Bài 4	9
5 Bài 5	9
6 Bài 6: Đa thức sắc tố đồ thị(chromatic polynomial)	9
7 Bài 7	9
8 Bài 8: Bài toán đường đi tránh vùng nước	10
8.1 Câu A	10
8.2 Câu B	10
9 Bài 9	11
10 Bài 10	11
11 Bài 11: Định lý thặng dư Trung Hoa	11

1 Bài 1

1.1 Câu A: Lên cầu thang

Đề bài: Một cầu thang có n bậc, mỗi lần bước có thể bước lên 1 bậc hay 2 bậc. Có bao nhiêu cách đi hết cầu thang này? (đây chính là dãy Fibonacci)

- Gọi a_n là số cách bước lên cầu thang có n bậc.
- Do một lần có thể bước lên 1 hoặc 2 bậc nên ta có 2 cách để bước lên bậc thang thứ n :
 - Từ bậc $n - 1$
 - Từ bậc $n - 2$
- Với mỗi cách, ta lần lượt có a_{n-1} và a_{n-2} cách.



- Theo nguyên lý cộng, ta có:

$$a_n = a_{n-1} + a_{n-2}$$

- Để bước lên bậc thang thứ 1, ta có 1 cách $\Rightarrow a_1 = 1$
- Để bước lên bậc thang thứ 2, ta có 2 cách $\Rightarrow a_2 = 2$
- Mà, ta lại có $a_2 = a_0 + a_1 \Leftrightarrow a_0 = a_2 - a_1 = 2 - 1 = 1$. Từ đó suy ra:

$$\begin{cases} a_n &= a_{n-1} + a_{n-2} \\ a_0 &= a_1 = 1; a_2 = 2 \end{cases}$$

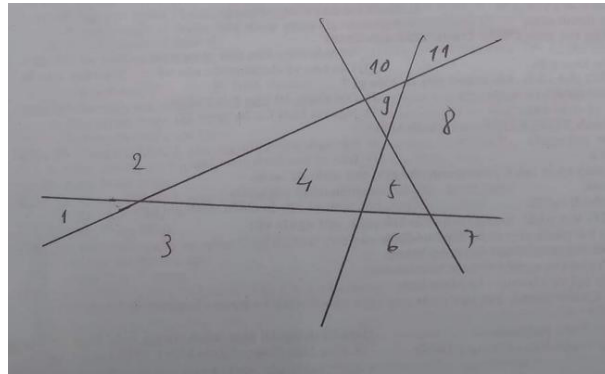
- Sử dụng Maple để giải hệ thức đệ quy, ta được:

```
f := rsolve({a(0) = 1, a(1) = 1, a(n) = a(n-1) + a(n-2)}, a(n)): simplify(f)
```

$$a_n = \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{5}}{10}\right) \left(\frac{-\sqrt{5}}{2} + \frac{1}{2}\right)^n + \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{5}}{10}\right) \left(\frac{\sqrt{5}}{2} + \frac{1}{2}\right)^n$$

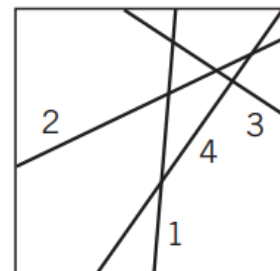
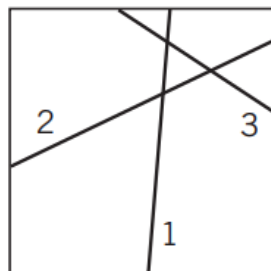
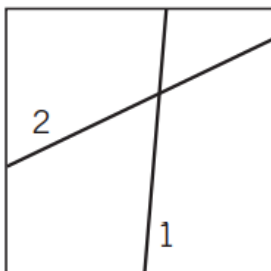
1.2 Câu B: Chia mặt phẳng

Đề bài: Tìm số miền tối đa có thể có khi chia mặt phẳng bởi n đường thẳng.



- Gọi a_n là số mặt phẳng tối đa có thể có khi chia mặt phẳng bởi n đường thẳng.
- Đầu tiên, chúng ta khảo sát số miền tối đa có thể có đối với các giá trị n đường thẳng ban đầu như sau:

- Với 0 đường thẳng ($n = 0$), ta thu được 1 mặt phẳng $\Rightarrow a_0 = 1$
- Với 1 đường thẳng ($n = 1$), ta thu được 2 mặt phẳng $\Rightarrow a_1 = 2$
- Với 2 đường thẳng ($n = 2$), ta thu được 4 mặt phẳng $\Rightarrow a_2 = 4$
- Với 3 đường thẳng ($n = 3$), ta thu được 7 mặt phẳng $\Rightarrow a_3 = 7$



- Như vậy, ta được dãy như sau:

$$a_n = a_{n-1} + n$$

- Từ đó suy ra:

$$\begin{cases} a_n = a_{n-1} + n \\ a_0 = 1; a_1 = 2 \end{cases}$$

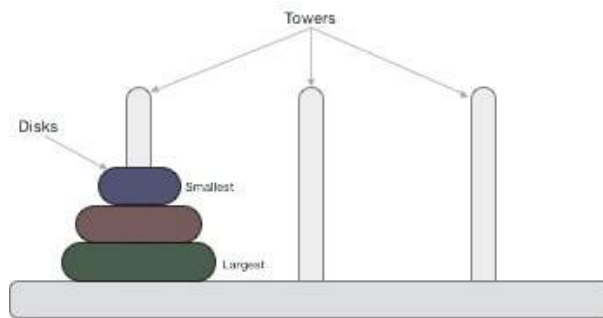
- Sử dụng Maple để giải hệ thức đệ quy, ta được:

```
f := rsolve({a(0) = 1, a(1) = 2, a(n) = a(n-1) + n}, a(n)): simplify(f)
```

$$a_n = \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{2}n + 1$$

1.3 Câu C: Tháp Hà Nội

Đề bài: Có 3 cột 1,2 và 3. Có n đĩa nằm ở cột 1 được sắp xếp theo bán kính nhỏ dần từ dưới lên trên. Tìm số lần tối thiểu để chuyển tất cả n đĩa này sang cột khác sao cho thỏa mãn quy tắc: đĩa có bán kính nhỏ hơn luôn nằm ở trên.



- Gọi a_n là số lần tối thiểu để chuyển tất cả n đĩa này sang cột khác sao cho thỏa mãn quy tắc: đĩa có bán kính nhỏ hơn luôn nằm ở trên.
- Để chuyển n đĩa từ cột 1 sang cột 2:

- Chuyển n đĩa từ cột 1 sang cột 3 \Rightarrow Có a_{n-1} cách.
- Chuyển đĩa lớn nhất từ cột 1 sang cột 2 \Rightarrow Có 1 cách.
- Chuyển các đĩa còn lại từ cột 3 về cột 1 \Rightarrow Có a_{n-1} cách.

- Theo nguyên lý cộng, ta có:

$$a_n = 2a_{n-1} + 1$$

- Từ đó suy ra:

$$\begin{cases} a_n = 2a_{n-1} + 1 \\ a_1 = 1 \end{cases}$$

- Sử dụng Maple để giải hệ thức đệ quy, ta được:

```
f := rsolve({a(1) = 1, a(n) = 2a(n-1) + 1}, a(n)): simplify(f)
```

$$a_n = 2^n - 1$$

2 Bài 2

2.1 Câu A: Lãi suất ngân hàng

Đề bài: Ngân hàng Fe-credit (thật ra là cho vay nặng lãi) trả lãi suất 4% mỗi năm từ số tiền tiết kiệm (lãi kép). Tìm quan hệ đệ quy của số tiền rút ra sau n năm trong 2 trường hợp sau đây:

- I) Gửi vào 1000\$ và lấy ra sau n năm.
- II) Gửi vào 100\$ mỗi cuối năm.

2.1.1 Gửi vào 1000\$ và lấy ra sau n năm

- Gọi a_n là số tiền rút ra sau n năm.
- Ta có, nếu một tài khoản có x \$ vào đầu năm, thì đến cuối năm (hay đầu năm sau), số tiền trong tài khoản đó là: x \$ cộng với số tiền lãi (giả sử người dùng không gửi thêm hoặc rút tiền từ ngân hàng trong suốt một năm đó).
- Từ đó, ta có mối quan hệ như sau:

$$\begin{aligned}a_n &= a_{n-1} + 0.04.a_{n-1} \\ &= 1.04.a_{n-1}\end{aligned}$$

- Với số tiền ban đầu là 1000 \$, ta có hệ thức đệ quy:

$$\begin{cases} a_n &= 1.04.a_{n-1} \\ a_0 &= 1000 \end{cases}$$

- Sử dụng Maple để giải hệ thức đệ quy, ta được:

```
f := rsolve({a(0) = 1000, a(n) = 1.04*a(n-1)}, a(n)): simplify(f)
```

$$a_n = 1000.26^n.25^{-n}$$

2.1.2 Gửi vào 100\$ và lấy ra mỗi cuối năm

- Gọi a_n là số tiền lấy ra sau n năm.
- Tương tự, ta có:

$$\begin{aligned}a_n &= a_{n-1} + 0.04.a_{n-1} + 100 \\ &= 1.04.a_{n-1} + 100\end{aligned}$$

- Do cuối năm đầu tiên khách hàng mới gửi 100 \$ nên năm thứ hai ta mới có tiền lãi:

$$\Rightarrow a_0 = 0$$

- Ta có hệ thức đệ quy:

$$\begin{cases} a_n = 1.04 \cdot a_{n-1} + 100 \\ a_0 = 0 \end{cases}$$

- Sử dụng Maple để giải hệ thức đệ quy, ta được:

```
f := rsolve({a(0) = 0, a(n) = 1.04*a(n-1) + 100}, a(n)): simplify(f)
```

$$a_n = -2500 + 2500.26^n \cdot 25^{-n}$$

2.2 Câu B

Đề bài: Có bao nhiêu cách tổ hợp n \$ theo các tờ tiền có mệnh giá là 1\$, 5\$ và 10\$. Có quan tâm đến thứ tự của các mệnh giá.

- Gọi a_n là số cách tổ hợp n \$ theo các tờ tiền có mệnh giá là 1\$, 5\$ và 10\$. Ta có:

- Nếu trong n \$ có tờ 1\$ \Rightarrow còn lại a_{n-1} cách
- Nếu trong n \$ có tờ 5\$ \Rightarrow còn lại a_{n-5} cách
- Nếu trong n \$ có tờ 10\$ \Rightarrow còn lại a_{n-10} cách

- Áp dụng nguyên lý cộng, ta có:

$$a_n = a_{n-1} + a_{n-5} + a_{n-10}$$

- Mà ta lại có:

- $a_0 = a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = 1$
- $a_5 = a_6 = a_7 = a_8 = a_9 = 2$
- $a_{10} = 3$

- Sử dụng Maple để giải hệ thức đệ quy, ta được:

```
f := rsolve({a(0) = 1, a(1) = 1, a(2) = 1, a(3) = 1, a(4) = 1, a(5) = 2, a(6) = 2, a(7) = 2, a(8) = 2, a(9) = 2, a(10) = 3, a(n) = a(n-1) + a(n-5) + a(n-10)}, a(n)): simplify(f)
```

$$\left(\sum_{R=\text{RootOf}(_Z^{10}+_Z^5+_Z-1)} \frac{(_R^9+_R^8+_R^7+_R^6-2_R^5-2_R+1)(\frac{1}{_R})^n}{10_R^{10}+5_R^5+_R} \right)$$

2.3 Câu C: Dây con bị cấm

Đề bài: Tìm quan hệ đệ quy cho a_n , số chuỗi tam phân có độ dài n mà không xuất hiện chuỗi con "012".

- Gọi a_n là số chuỗi tam phân có độ dài n mà không xuất hiện chuỗi con "012".
- Ta xét 3 trường hợp sau:

- **Trường hợp 1:** Nếu chữ số đầu tiên trong dãy tam phân là 1

- Số chuỗi còn lại là các tổ hợp có $n - 1$ ký tự thỏa điều kiện chữ số đầu tiên là 1 \Rightarrow Có a_{n-1} cách.

- **Trường hợp 2:** Nếu chữ số đầu tiên trong dãy tam phân là 2.

- Số chuỗi còn lại là các tổ hợp có $n - 1$ ký tự thỏa điều kiện chữ số đầu tiên là 2 \Rightarrow Có a_{n-1} cách.

- **Trường hợp 3:** Nếu chữ số đầu tiên trong dãy tam phân là 0

- Lý luận tương tự, ta cũng có a_{n-1} cách.

- Tuy nhiên, sẽ có trường hợp dãy số sẽ bắt đầu bằng chuỗi "012". Để loại các trường hợp này, ta có a_{n-3} cách.

- Theo nguyên lý cộng, ta có:

$$\begin{aligned} a_n &= a_{n-1} + a_{n-1} + a_{n-1} + a_{n-3} \\ &= 3.a_{n-1} + a_{n-3} \end{aligned}$$

- Mà ta lại có:

- $a_1 = 3^1$ vì có 1 vị trí, mỗi vị trí có 3 cách chọn.

- $a_2 = 3^2 = 9$ vì có 2 vị trí, mỗi vị trí có 3 cách chọn.

- $a_3 = 3^3 - 1 = 26$ vì có 3 vị trí, mỗi vị trí có 3 cách chọn và loại đi trường hợp có chuỗi "012".

- Vì vậy:

$$\begin{cases} a_n &= 3.a_{n-1} + a_{n-3} \\ a_1 &= 1 \\ a_2 &= 9 \\ a_3 &= 26 \end{cases}$$

- Sử dụng Maple để giải hệ thức đệ quy, ta được:

$f := \text{rsolve}(\{a(1) = 1, a(2) = 9, a(3) = 26, a(n) = 3a(n-1) + a(n-3)\}, a(n)) : \text{simplify}(f)$

$$\frac{\left(\sum_{R=\text{RootOf}(-Z^3+3-Z-1)} \frac{(6-R^2+4-R-1)(\frac{1}{R})^n}{(-R^2+1)-R}\right)}{3}$$

3 Bài 3

Sử dụng maple để giải quyết 2 bài toán sau đây:

3.1 Câu A

Đề bài: Tính tổng $1.2.3.4 + 2.3.4.5 + \dots + n.(n+1).(n+2).(n+3)$

- Sử dụng Maple, ta có:

```
> f := sum(r*(r+1)*(r+2)*(r+3), r=1..n): simplify(f)
```

$$\sum_{r=1}^n r(r+1)(r+2)(r+3) = \frac{1}{5}n^5 + 2n^4 + 7n^3 + 10n^2 + \frac{24}{5}n$$

3.2 Câu B

Đề bài: Tìm số các phân hoạch của số nguyên 10 dựa vào hàm sinh.

- Gọi e_k là số các số nguyên k xuất hiện trong một phân hoạch của r . Ta có:

$$1e_1 + 2e_2 + 3e_3 + \dots + ke_k + \dots + re_r = r$$

- Như vậy số phân hoạch của 10 là số các nghiệm nguyên không âm của phương trình trên. Ta sẽ xây dựng các nhân tử đa thức sao cho sau khi nhân các đa thức đó lại với nhau, ta được các hạng tử có dạng $x^{e_1}x^{2e_2}x^{3e_3}\dots x^{ke_k}\dots$

$$1e_1 + 2e_2 + 3e_3 + \dots + 10e_{10} = 10$$

- Đối với e_1 có nhân tử là: $1 + x + x^2 + \dots + x^n + \dots$
- Đối với e_2 có nhân tử là: $1 + x^2 + x^4 + \dots + x^{2n} + \dots$
-
- Đối với e_{10} có nhân tử là: $1 + x^{10} + x^{20} + \dots + x^{10n} + \dots$

- Gọi a_k là số phân hoạch của r . Hàm sinh cho dãy $\{a_r\}_{0 \leq r \leq 10}$ là:

$$G(x) = (1 + x + x^2 + \dots)(1 + x^2 + x^4 + \dots)\dots(1 + x^{10} + x^{20} + \dots)$$

$$= \frac{1}{(1-x)(1-x^2)(1-x^3)\dots(1-x^{10})}$$

- Số phân hoạch của 10 là hệ số của x^{10} trong hàm sinh $G(x)$.
- Sử dụng Maple, ta có:

```
> g := 1/product(1-x^i,i= 1..10)
> coeff(series(g,x,11),x,10)
```

42

- Vậy số phân hoạch của 10 là 42.

4 Bài 4

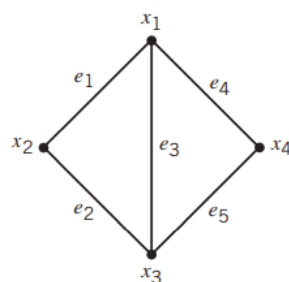
Đề bài: Gọi A_n là số cách sắp xếp các số nguyên từ 1 đến n sau cho số nguyên i không nằm liền sau số nguyên $i + 1$ (với $i = 1, \dots, n - 1$). Và D_n là số các xáo trộn của tập hợp các số nguyên từ 1 đến n . Chứng minh rằng $A_n = D_n + D_{n-1}$

5 Bài 5

Đề bài: Hàm euler $p(n) =$ số các số nguyên từ 1 đến n và nguyên tố cùng nhau với n . Sử dụng nguyên lý bù trừ để tính $p(n)$ dựa vào phân tích của n ra thừa số nguyên tố. Áp dụng: tính $p(100)$.

6 Bài 6: Đa thức sắc tố đồ thị(chromatic polynomial)

Đề bài: Cho đồ thị G đơn, vô hướng như hình bên dưới. Sử dụng nguyên lý bù trừ để tính số cách tô màu 4 đỉnh của đồ thị với n màu cho trước sao cho các đỉnh kề nhau được tô bởi các màu khác nhau. (đỉnh là x_i , cạnh là e_i)



7 Bài 7

Đề bài: Chứng minh rằng số cây khung của đồ thị đầy đủ K_n là n^{n-2} . (với $n > 1$).

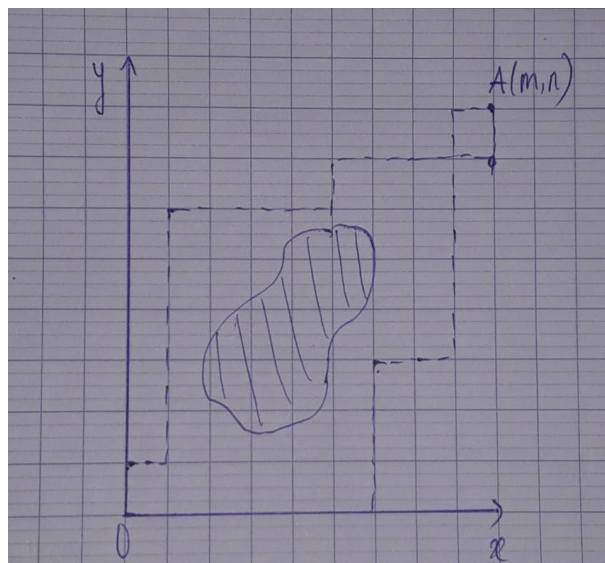
- Theo định nghĩa của chuỗi Prufer:

“Một cây n đỉnh được gán nhãn, có chuỗi Prüfer là một chuỗi với mỗi phần tử là nhãn từ nhãn của cây, sao cho nó là chuỗi duy nhất để biểu diễn cây.”

- Ta cần chứng minh độ dài của chuỗi Prüfer là $n - 2$.
 - Vậy chuỗi Prüfer cho ta một song ánh giữa hai tập hợp sau:
 - Tập hợp các cây n đỉnh được gán nhãn (1)
 - Tập hợp các chuỗi độ dài $n - 2$ với các số từ 1 đến n (2)
 - Trong đó tập hợp (1) chính là tập hợp các cây khung của một đồ thị đầy đủ n đỉnh.
 - Và tập hợp (2) có lực lượng là n^2 (với mỗi phần tử của chuỗi ta chọn được n số).
- \Rightarrow Theo tính chất của song ánh, ta chứng minh được số cây khung của một đồ thị đầy đủ K_n là n^{n-2} .

8 Bài 8: Bài toán đường đi tránh vũng nước

Đề bài: Tìm thuật toán để giải quyết bài toán sau đây: Xét góc phần tư thứ I của hệ trục tọa độ Oxy với các lưới nguyên (giống như giấy tập có ô), có một vũng nước S (là một tập hợp các điểm nguyên nằm trong I). (với $n > 1$).



8.1 Câu A

Đề bài: Tìm số đường đi từ O đến A tránh vũng nước S biết mỗi lần đi, chỉ được lên trên 1 đơn vị hoặc qua phải 1 đơn vị.

8.2 Câu B

Đề bài: Có nhận xét gì về số đường đi như vậy nếu vũng nước S không tồn tại.

9 Bài 9

Đề bài: Xét bài toán trên, tính số đường đi từ O đến $A(n,n)$ và S là nửa mặt phẳng phía trên OA không kể bờ.

10 Bài 10

Đề bài: Cho một hình chữ nhật $m \times n$. C là một bàn cờ nằm trong HCN này và C' là phần còn lại của C trong HCN đó. Chứng minh rằng $R(x, C') = x^n \cdot R(1/x, C)$. Gợi ý: bt 15/351 quyển Applied Combinatorics.

11 Bài 11: Định lý thặng dư Trung Hoa

Đề bài: Trước khi tiến hành thi học kì, toàn bộ sinh viên đh khtn bắt buộc phải được lấy mẫu tầm soát covid. Để biết chính xác có bao nhiêu sinh viên tham gia, chúng ta làm như sau (nhánh hơn và chính xác hơn việc đếm rất nhiều). Đầu tiên cho sinh viên tập trung trong khuôn viên trường là hình vuông cạnh 100m, để đảm bảo an toàn nên các bạn sinh viên đứng cách đều nhau. Lấy một ô đơn vị làm mẫu có kích thước 20m x 20m, ta dự đoán được trong đó có khoảng từ 490 đến 500 sinh viên. Sau đó chúng ta sẽ cho tất cả sinh viên xếp thành các hàng 5, 7 và 11. Trong mỗi lần xếp như vậy, số sinh viên dư ra lần lượt là 0, 4 và 3. Hãy tính chính xác số lượng sinh viên. (bởi vì dù chỉ 1 người chưa được tầm soát cũng rất nguy hiểm)

- Ta có số sinh viên của ĐH Khoa Học Tự Nhiên trong khoảng như sau:

$$\begin{aligned} a_n &= a_{n-1} + a_{n-1} + a_{n-1} + a_{n-3} \\ &= 3 \cdot a_{n-1} + a_{n-3} \end{aligned}$$