

Ejercicios fuera de la guía

26/4

Sea $\mathcal{R} \subseteq \mathcal{P}(\mathbb{N}) \times \mathcal{P}(\mathbb{N})$ la relación de equivalencia $\rightarrow X \mathcal{R} Y \iff X \Delta Y \subseteq \{4, 5, 6, 7, 8\}$.
¿Cuántos conjuntos hay en la clase de equivalencia de $X = \{x \in \mathbb{N} : x \geq 6\}$?

1. La relación toma valores de $\mathcal{P}(\mathbb{N})$
2. Los elementos del conjunto $\mathcal{R} \subseteq \mathcal{P}(\mathbb{N}) \times \mathcal{P}(\mathbb{N})$
3. El conjunto $X = \{6, 7, 8, 9, 10, \dots\}$ es simplemente un elemento de $\mathcal{P}(\mathbb{N})$. Los conjuntos $Y \in \mathcal{P}(\mathbb{N})$ tales que $X \mathcal{R} Y$ van a ser los conjuntos que junto a X formarán la clase de equivalencia.
 $\bar{X} = \{Y \in \mathcal{P}(\mathbb{N}) : X \mathcal{R} Y\}$

Para tener una relación de equivalencia deben cumplirse:

- Reflexividad. $X \Delta X = \emptyset \subseteq \{4, 5, 6, 7, 8\}$
- Simetría. $X \Delta Y \subseteq \{4, 5, 6, 7, 8\} \iff Y \Delta X \subseteq \{4, 5, 6, 7, 8\}$, $\forall X, Y \in \mathcal{P}(\mathbb{N})$
- Transitividad.

Condiciones que debería cumplir un elemento Y para pertenecer a la la clase de equivalencia, en otras palabras estar relacionado con X :

Los elementos \rightarrow

$$\left\{ \begin{array}{l} 1, 2, 3 \text{ no deben pertenecer a } Y \xrightarrow[\text{ejemplo}]{\text{por}} \left\{ \begin{array}{l} X \Delta \underbrace{\{3, 8, 9, \dots\}}_Y = \{3, 6, 7\} \not\subseteq \{4, 5, 6, 7, 8\} \\ X \Delta \underbrace{\{1, 2, 3\}}_Y = \{1, 2, 3, 6, 7, \dots\} \not\subseteq \{4, 5, 6, 7, 8\} \end{array} \right. \\ \hline 4, 5, 6, 7, 8 \text{ pueden o no pertenecer a } Y \xrightarrow[\text{ejemplo}]{\text{por}} \left\{ \begin{array}{l} X \Delta \underbrace{\{4, 6, 8, 9, \dots\}}_Y = \{4, 7\} \subseteq \{4, 5, 6, 7, 8\} \\ X \Delta \underbrace{\{9, \dots\}}_Y = \{6, 7, 8\} \subseteq \{4, 5, 6, 7, 8\} \end{array} \right. \\ \hline 9, 10, \dots \text{ deben pertenecer a } Y \xrightarrow[\text{ejemplo}]{\text{por}} \left\{ \begin{array}{l} X \Delta \underbrace{\{6, 7, 8\}}_Y = \{9, 10, \dots\} \not\subseteq \{4, 5, 6, 7, 8\} \\ X \Delta \underbrace{\{10, \dots\}}_Y = \{9\} \not\subseteq \{4, 5, 6, 7, 8\} \\ X \Delta \underbrace{\{9, \dots\}}_Y = \{6, 7, 8\} \subseteq \{4, 5, 6, 7, 8\} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Se concluye que la clase de equivalencia será el conjunto \bar{X} (notación inventada):

$\bar{X} = \{Y_1 \cup \{9, 10, \dots\}, Y_2 \cup \{9, 10, \dots\}, \dots, Y_{32} \cup \{9, 10, \dots\}\}$ con $Y_i \in \mathcal{P}(\{4, 5, 6, 7, 8\})$ $i \in [1, 2^5]$ donde $\#\bar{X} = 2^5$

Entiendo que el enunciado no pedía encontrar la clase de equivalencia, no obstante ¿estaría bien así?

Ejercicios de la guía

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9. Si A es un conjunto con n elementos ¿Cuántas relaciones en A hay? ¿Cuántas de ellas son reflexivas? ¿Cuántas de ellas son simétricas? ¿Cuántas de ellas son reflexivas y simétricas?

Dado que para dos conjuntos $A = \{a, b, c\}$ y $B = \{1, 2\}$ la cantidad de relaciones que hay entre ellos es igual a la cantidad de subconjuntos de $\mathcal{P}(A \times B)$, entonces si $A = \{1, \dots, n\}$ el cardinal $\#\mathcal{P}(A \mathcal{R} A) = 2^{n^2}$

Las relaciones reflexivas son de la forma $a_i \mathcal{R} a_i$, por lo que solo será una relación por cada elemento del conjunto $\#(A \mathcal{R} A)_{ref} = n$. Voy a calcular la cantidad de elementos que tiene el conjunto $\mathcal{P}((A \mathcal{R} A)_{ref})$, porque estoy buscando todos los subconjuntos que puedo formar con los elementos de $(A \mathcal{R} A)_{ref}$, entonces $\#\mathcal{P}((A \mathcal{R} A)_{ref}) = 2^n$

Corroborar

Las relaciones simétricas serán aquellas que $a_i \mathcal{R} a_j \Rightarrow a_j \mathcal{R} a_i$. Pensando esto como los elementos de la diagonal para abajo de una matriz de $n \times n$ tengo $\sum_{i=1}^n i = \frac{n \cdot (n+1)}{2}$ elementos matriciales.

$$\sum_{k=0}^n \binom{\frac{n \cdot (n+1)}{2}}{k} = 2^{\frac{n \cdot (n+1)}{2}} \quad \text{Corroborar}$$

	a_1	a_2	a_3	\cdots	a_{n-2}	a_{n-1}	a_n
a_1	R, S	\cdot	\cdot	\cdots	\cdot	\cdot	\cdot
a_2	S	R, S	\cdot	\cdots	\cdot	\cdot	\cdot
a_3	S	S	R, S	\cdots	\cdot	\cdot	\cdot
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\cdot	\cdot	\cdot
a_{n-2}	S	S	S	\ddots	R, S	\cdot	\cdot
a_{n-1}	S	S	S	\ddots	S	R, S	\cdot
a_n	S	S	S	\cdots	S	S	R, S

10. Sean $A = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ y $B = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12\}$. Sea \mathcal{F} el conjunto de todas las funciones $f : A \rightarrow B$.

- i) ¿Cuántos elementos tiene el conjunto \mathcal{F}
 - ii) ¿Cuántos elementos tiene el conjunto $\{f \in \mathcal{F} : 10 \in \text{Im}(f)\}$
 - iii) ¿Cuántos elementos tiene el conjunto $\{f \in \mathcal{F} : 10 \in \text{Im}(f)\}$
 - iv) ¿Cuántos elementos tiene el conjunto $\{f \in \mathcal{F} : f(1) \in \{2, 4, 6\}\}$
-

Cuando se calcula la cantidad de funciones, haciendo el árbol se puede ver que va a haber $\#\text{Im}(f)$ de funciones que provienen de un elemento del dominio. Por lo tanto si tengo un conjunto A_n y uno B_m , la cantidad de funciones $f : A \rightarrow B$ será de m^n

- i) $\#\mathcal{F} = 12^5$
- ii) $\#\mathcal{F} = 11^5$
- iii) Tengo una que va a parar al 10 y cuento que queda. Por ejemplo si $f(2) = 10$: $A = \{1, \cancel{2}, 3, 4, 5\}$ y $B = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12\}$. Por lo tanto tengo $\#\mathcal{F} = 12^4 \cdot \underbrace{1}_{f(2)=10}$

Corroborar

- iv) Me dicen que $f(\{1\}) = \{2, 4, 6\}$, Si lo pienso como el anterior ahora tengo 3 veces más combinaciones, entonces $\#\mathcal{F} = 12^4 \cdot \underbrace{3}_{f(\{1\})=\{2,4,6\}}$
-

11. Sean $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ y $\{8, 9, 10, 11, 12, 13, 14\}$.

- i) ¿Cuántas funciones biyectivas $f : A \rightarrow B$ hay?
 - ii) ¿Cuántas funciones biyectivas $f : A \rightarrow B$ hay tales que $f(\{1, 2, 3\}) = \{12, 13, 14\}$?
-

Cuando cuento funciones biyectivas, el ejercicio es como reordenar los elementos del conjunto de llegada de todas las formas posibles. Dado un conjunto $\text{Im}(f)$, la cantidad de funciones biyectivas será $\#\text{Im}(f)!$

- i) Hay $7!$ funciones biyectivas.
- ii) Dado que hay 3 valores fijos, juego con los 4 valores restantes, por lo tanto habrá $4!$ funciones biyectivas

12. ¿Cuántos números de 5 cifras distintas se pueden armar usando los dígitos del 1 al 5? ¿Y usando los dígitos del 1 al 7? ¿Y usando los dígitos del 1 al 7 de manera que el dígito de las centenas no sea el 2?

1) Hay que usar $\{1, 2, 3, 4, 5\}$ y reordenarlos de todas las formas posibles. $5!$

2) Hay que usar $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ y ver de cuantas formas posibles pueden ponerse en 5 lugares:

$$\left\{ \begin{array}{ccccc} \overline{1} & \overline{2} & \overline{3} & \overline{4} & \overline{5} \\ \#7 & \#6 & \#5 & \#4 & \#3 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \overline{1} & \overline{2} & \overline{3} & \overline{4} & \overline{5} \end{array} \right. \rightarrow \text{Tengo } 7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 = \frac{7!}{2!} \text{ interpretar?}$$

quedando cada vez con menos valores para elegir del conjunto de datos, por lo tanto queda algo así:

3) Parecido al anterior pero fijo el 2 en el dígito de las centenas:

$$\left\{ \begin{array}{ccccc} \#6 & \#5 & \#4 & \#1 & \#3 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \overline{1} & \overline{2} & \overline{3} & 2 & \overline{5} \end{array} \right. \rightarrow \text{Tengo } 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 3 = \frac{6!}{2!} \text{ interpretar?}$$

13. Sean $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ y $B = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$.

i) ¿Cuántas funciones inyectivas $f; A \rightarrow B$ hay?

ii) ¿Cuántas de ellas son tales que $f(1)$ es par?

iii) ¿Y cuántas tales que $f(1)$ y $f(2)$ son pares?

i) Una pregunta equivalente a si tengo 10 pelotitas distintas y 7 cajitas cómo puedo ordenarlas.

$$\left\{ \begin{array}{ccccccc} \#10 & \#9 & \#8 & \#7 & \#6 & \#5 & \#4 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ f(1) & f(2) & f(3) & f(4) & f(5) & f(6) & f(7) \end{array} \right. \rightarrow \frac{10!}{3!} = \frac{\#B}{\#B - \#A}$$

ii) Hay 5 números pares para elegir como imagen de $f(1)$

$$\left\{ \begin{array}{ccccccc} \#5 & \#9 & \#8 & \#7 & \#6 & \#5 & \#4 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ f(1) & f(2) & f(3) & f(4) & f(5) & f(6) & f(7) \end{array} \right. \rightarrow 5 \cdot \frac{9!}{3!}$$

iii) Hay 5 números pares para elegir como imagen de $f(1)$, luego habrá 4 números pares para $f(2)$

$$\left\{ \begin{array}{ccccccc} \#5 & \#4 & \#8 & \#7 & \#6 & \#5 & \#4 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ f(1) & f(2) & f(3) & f(4) & f(5) & f(6) & f(7) \end{array} \right. \rightarrow 5 \cdot 4 \cdot \frac{8!}{3!}$$

14. ¿Cuántas funciones biyectivas $f : \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} \rightarrow \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ tales que $f(\{1, 2, 3\}) \subseteq \{3, 4, 5, 6, 7\}$ hay?

Primero veo la condición $f(\{1, 2, 3\}) \subseteq \{3, 4, 5, 6, 7\}$, donde podría formar $\frac{5!}{(5-3)!} = 60$ combinaciones biyectivas. Para obtener la cantidad de funciones pedidas, tengo que usar todos los valores del $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$.

Primero fijo la cantidad de valores que pueden tomar $f(\{1, 2, 3\}) \subseteq \{3, 4, 5, 6, 7\}$ luego lo que reste.

$$\left\{ \begin{array}{ccccccc} \#5 & \#4 & \#3 & \#4 & \#3 & \#2 & \#1 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ f(1) & f(2) & f(3) & f(4) & f(5) & f(6) & f(7) \end{array} \right. \rightarrow 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = \frac{5!}{(5-3)!} \cdot 4!$$

Condiciones pedidas Lo que resta para completar

15. Sea $A = \{f : \{1, 2, 3, 4\} \rightarrow \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\} \text{ tal que } f \text{ es una función inyectiva}\}$.

Sea \mathcal{R} la relación de equivalencia en A definida por: $f \mathcal{R} g \iff f(1) + f(2) = g(1) + g(2)$.

Sea $f \in A$ la función definida por $f(n) = n + 2$ ¿Cuántos elementos tiene su clase de equivalencia?

Uf... enunciado feo.

¿Qué onda esa g ?

16. Determinar cuántas funciones $f : \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\} \rightarrow \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12\}$ satisfacen simultáneamente las condiciones:

- f es inyectiva,
- $f(5) + f(6) = 6$,
- $f(1) \leq 6$.

- f inyectiva hace que mi conjunto de llegada se reduzca en 1 con cada elección.
- Si $f(5) + f(6) = 6$ entonces $f : \{5, 6\} \rightarrow \{1, 2, 4, 5\}$. Una vez que $f(5)$ tome un valor de los 4 posibles e.g. $f(5) = 1 \xrightarrow[\text{única opción}]{\text{condiciona}} f(6) = 5$
- $f(1) \leq 6 \rightarrow f : \{1\} \rightarrow \{\cancel{1}, 2, 3, \cancel{4}, 5, 6\}$ donde cancelé el 1 y el 4, para sacar 2 números que sí o sí deben irse en la condición ¹ de $f(5) + f(6) = 6$. Por lo tanto $f(1)$ puede tomar 4 valores. Por lo que sobrarían 9 elementos del conjunto de llegada para repartir en las f que no tienen condición.

$$\left\{ \begin{array}{cccccccc} \#4 & \#9 & \#8 & \#7 & \#4 & \#1 & \#6 & \#5 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ f(1) & f(2) & f(3) & f(4) & f(5) & f(6) & f(7) & f(8) \end{array} \right. \rightarrow 4 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 5 = 4 \cdot 4 \cdot \frac{9!}{4!} = 241.920$$

Siento todo esto muy artesanal y poco justificable suficientemente *mathy-snobby*

Número combinatorio

17.

- ¿Cuántos subconjuntos de 4 elementos tiene el conjunto $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$
- ¿ Y si se pide que 1 pertenezca al subconjunto?

¹¿Podría haber elegido el 1 y 2? Sí, cualquiera 2 números del conjunto $\{1, 2, 4, 5\}$

- iii) ¿Y si se pide que 1 no pertenezca al subconjunto?
- iv) ¿Y si se pide que 1 o 2 pertenezca al subconjunto, pero no simultáneamente los dos?

El problema de tomar k elementos de un conjunto de n elementos se calcula con $\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$

- i) $\binom{7}{4} = \frac{7!}{4!(7-4)!} = \frac{7 \cdot \cancel{6} \cdot 5 \cdot \cancel{4}}{\cancel{4}!(2!)} = 35$
- ii) $\binom{6}{3} = \frac{6!}{3! \cdot 3!} = 20.$
- iii) $\binom{6}{4} = \frac{6!}{4! \cdot 2!} = 15.$
- iv) $\binom{5}{3} \cdot 2 = \frac{5!}{3! \cdot 2!} \cdot 2 = 20$

18. Sea $A = \{n \in \mathbb{N} : n \leq 20\}$. Calcular la cantidad de subconjuntos $B \subseteq A$ que cumplen las siguientes condiciones:

- i) B tiene 10 elementos y contiene exactamente 4 múltiplos de 3.
- ii) B tiene 5 elementos y no hay dos elementos de B cuya suma sea impar.

El conjunto $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20\}$

- i) $\xrightarrow[\text{de } 3]{\text{múltiplos}} C = \{3, 6, 9, 12, 15, 18\}$, agarro 4 elementos del conjunto C y luego 6 de los restantes del conjunto A sin contar el múltiplo de 3 que ya usé.
- $$\left\{ \begin{array}{l} \binom{6}{4} \cdot \binom{9}{6} = \frac{\cancel{6}!}{4!2!} \cdot \frac{9!}{\cancel{6}!3!} \xrightarrow{\text{simplificando}} 9 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 5 = 1260 \\ \text{Verificarypreguntarporlajustificacin.} \end{array} \right.$$
- ii) La condición de que la suma *no sea impar* implica que todos los elementos deben ser par o todos impar.
- $$\left\{ \begin{array}{l} \xrightarrow[\text{pares}]{\text{todos}} \{2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20\} \xrightarrow[\text{quiero } 5]{10 \text{ elementos}} \binom{10}{5} = \frac{10!}{5! \cdot 5!} = 252 \\ \xrightarrow[\text{impares}]{\text{todos}} \{1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19\} \xrightarrow[\text{quiero } 5]{9 \text{ elementos}} \binom{9}{5} = \frac{9!}{5! \cdot 4!} = 126 \end{array} \right.$$

19. Dadas dos rectas paralelas en el plano, se marcan n puntos distintos sobre una y m puntos distintos sobre la otra. ¿Cuántos triángulos se pueden formar con vértices en esos puntos?

Hacer!

20. Determinar cuántas funciones $f : \{1, 2, 3, \dots, 11\} \rightarrow \{1, 2, 3, \dots, 16\}$ satisfacen simultáneamente las condiciones:

- f es inyectiva,
- Si n es par, $f(n)$ es par,
- $f(1) \leq f(3) \leq f(5) \leq f(7).$

- La función es inyectiva y cuando *inyecto un conjunto de m elementos en uno de n elementos* $\rightarrow \frac{m!}{(m-n)!}$.
- Para cumplir la segunda condición el $\text{Dom}(f)$ tengo 5 números par $\{2, 4, 6, 8, 10\}$ y en el codominio tengo 8 números par $\{2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16\}$ al *inyectar* obtengo $\frac{8!}{(8-5)!}$ permutaciones.
- La condición de las desigualdades se piensa con los elementos de la $\text{Im}(f)$ restantes después de la inyección, que son $16 - 5 = 11$. De esos 11 elementos quiero tomar 4. El cuántas formas distintas de tomar 4 elementos de un conjunto de 11 elementos se calcula con $\binom{11}{4}$, número de combinación que cumple las desigualdades, porque todos los números son distintos. Para la combinación **no hay orden**, elegir $\{16, 1, 15, 13\}$ es lo mismo ² que $\{1, 16, 13, 15\}$. Es por eso que *con 4 elementos seleccionados* solo hay una permutación que cumple las desigualdades; en este ejemplo sería $\{1, 13, 15, 16\}$
- Por último inyecto los número del dominio restantes $\{9, 11\}$ en los 7 elementos de $\text{Im}(f)$ que quedaron luego de la combinación de las desigualdades $\rightarrow \frac{7!}{(7-2)!}$

Concluyendo: Habrían $\frac{8!}{(8-5)!} \cdot \binom{11}{4} \cdot \frac{7!}{(7-2)!} = 93.139.200$

Corroborar

21. ¿Cuántos anagramas tienen las palabras *estudio*, *elementos* y *combinatorio*

El anagrama equivale a permutar los elementos. Si no hay letras repetidas es una biyección $\#(\text{letras})!$. La palabra *estudio* tiene 7! anagramas.

Elementos tiene 3 letras e, por lo tanto los elementos no repetidos son 6 $\{l, m, n, t, o, s\}$; esto es una *inyección* ³ $\rightarrow \frac{9!}{(9-6)!} = \frac{9!}{3!}$.

También puedo pensar esto con combinatoria: Primero ubico a las 3 letras *e* en los lugares de las letras, por ejemplo $\left\{ \begin{array}{ccccccccc} e & & e & & e & & & & \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \end{array} \right\} \rightarrow$ donde esta es una de un total de $\binom{9}{3}$ formas de hacer eso, y los elementos que quedan en el conjunto de letras se *inyectan* en los lugares vacíos que quedan, en este caso tengo 6 elementos para ubicar en 6 lugares, lo que sería una biyección $\#(\text{letras})!$.

$$\rightarrow \binom{9}{3} \cdot 6! = \frac{9!}{3!}$$

Combinatorio tiene repetidas las letras *i* (x2) y la *o* (x3). Tengo un conjunto de 7 elementos $\{c, m, b, n, a, t, r\}$ sin repetición. Puedo ubicar las letras con combinación en los 12 lugares *o* y luego las *i* en los 9 lugares restantes. Una vez hecho eso puedo *inyectar* (*biyectar*?) las letras no repetidas restantes:

$$\rightarrow \binom{12}{3} \cdot \binom{9}{2} \cdot 7! = \underbrace{\frac{12!}{3!2!}}_{\text{notar } 4} = \frac{12 \cdot 11 \cdot 10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4}{2} = 39.916.800$$

²Que sea lo mismo quiere decir que no lo cuenta nuevamente, el contador aumenta solo si cambian los elementos y no el lugar de los elementos

³Primero ubico lo que no está repetido. Luego agrego, en una dada posición, a eso 3 o más elementos repetidos. Esta última acción no altera la cantidad de permutaciones. Pensar en esto: lmntosEEE cuenta como $\text{lmntos}___$.

⁴Esto es el total de biyecciones dividido entre las cantidades de repeticiones de los elementos en cuestión.

22. ¿Cuántas palabras se pueden formar permutando las letras de *cuadros*

- i) con la condición de que todas las vocales estén juntas?
- ii) con la condición de que las consonantes mantengan el orden relativo original?
- iii) con la condición de que nunca haya dos (o más) consonantes juntas?

El conjunto de consonantes es $C = \{c, d, r, s\}$ y de vocales $V = \{u, a, o\}$

- i) Para que las vocales estén juntas pienso a las 3 como un solo elemento, fusionadas las 3 letras, con sus permutaciones, es decir que tengo $3!$ cosas de la siguiente pinta:

$$\begin{cases} u & a & o \\ u & o & a \\ o & a & u \\ o & u & a \\ a & o & u \\ a & u & o \end{cases}$$

Los anagramas para que las letras estén juntas los formo combinando $\binom{5}{1} = 5$ poniendo los $3!=6$ valores así en cada uno de los 5 lugares:

$$\begin{cases} uao & - & - & - & - \\ - & uao & - & - & - \\ - & - & - & uao & - \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{cases}$$

Ahora puedo *inyectar* las 4 consonantes en los 4 lugares que quedan libres. Finalmente se pueden formar $\underbrace{4!}_{\text{consonantes}} \cdot \underbrace{\binom{5}{1}}_{\text{vocales}} \cdot 3! = 720$ anagramas con la condición pedida.

- ii) Supongo que el **orden relativo** es que aparezcan ordenadas así " $c \dots d \dots r \dots s$ ", quiere decir que tengo que combinar un grupo de 4 letras en 7 que serían los lugares de la letras teniendo un total de $\binom{7!}{4!}$ y luego tengo $1!$ permutaciones o, *no permuto dicho de otra forma*, dado que eso alteraría el orden y no quiero que pase eso. Obtengo cosas así:

$$\begin{cases} c & d & r & s & - & - & - \\ - & c & - & d & - & r & s \\ c & - & - & d & r & - & s \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{cases} \rightarrow \text{lo cual deja 3 lugares libres para permutar con las 3 vocales, esa}$$

permutación es una biyección da $3!$.

Por último se pueden formar $\underbrace{\binom{7!}{4!}}_{\text{consonantes}} \cdot \underbrace{1!}_{\text{vocales}} \cdot 3! = \frac{7!}{4! \cdot 3!} \cdot 3! = \frac{7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4!}{4!} = 210$

- iii) $C = \{c, d, r, s\}$ sin que estén juntas quiere decir que puedo ordenar de pocas formas, muy pocas porque solo hay 7 lugares. $\left\{ \begin{array}{ccccccc} c & - & d & - & r & - & s \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{array} \right\} \rightarrow$ esta combinación es única $\binom{7!}{7!} = 1$, lo único

que resta hacer es permutar las consonantes en esos espacios. 4 espacios para 4 consonantes. Luego relleno *inyectando* las vocales, como antes. El total de anagramas será $\underbrace{\binom{7!}{7!}}_{\text{consonantes}} \cdot 4! \cdot \underbrace{3!}_{\text{vocales}} = 144$

23. Con la palabra *polinomios*,

- i) ¿Cuántos anagramas pueden formarse en las que las 2 letras *i* no estén juntas?
- ii) ¿Cuántos anagramas puede formarse en los que la letra *n* aparezca a la izquierda de la letra *s* y la letra *s* aparezca a la izquierda de la letra *p* (no necesariamente una al lado de la otra)?

- i) Tengo 10 letras, $\{p, l, n, m, s, o, o, o, i, i\}$. Para que no hayan "*ii*" calculo $\binom{10}{3} = 120$, pensando que en un conjunto de 3, siempre puedo poner las letras "*i* _ *i*". Para cada uno de estas 120 configuraciones de la pinta: **Está mal!**

$$\left\{ \begin{array}{cccccccccc} i & - & i & - & - & - & - & - & - & - \\ - & - & i & - & - & - & - & i & - & - \\ - & - & - & i & - & - & - & - & - & i \end{array} \right. \begin{array}{l} \rightarrow \text{Con las } i \text{ donde están el " - " tiene 4 posiciones} \\ \rightarrow \text{Con las } i \text{ donde están el " - " tiene 5 posiciones} \end{array}$$

Estoy contando de más. La cantidad para que las *i* no estén juntas es 36... salieron contando a mano ⁵. Luego inyectando con las repeticiones de la "*o*": $36 \cdot \frac{8!}{3!} = 241.920$

Pensando en el complemento:

Las posiciones que pueden tomar las *ii* juntas, se calculan a mano enseguida. Habrían en total

$$\rightarrow \underbrace{\frac{10!}{3! \cdot 2!}}_{\mathcal{U}} - \underbrace{9 \cdot \frac{8!}{3!}}_{\text{complemento}} = 241.920$$

- ii) Tengo 10 letras, $\{p, l, n, m, s, o, o, o, i, i\}$. Para que se forme "*n...s...p*" calculo $\binom{10}{3} = 120$, pensando que en un conjunto de 3, siempre puedo poner las letras "*n* _ *s* _ *p*". Para cada uno de estas 120 configuraciones de la pinta:

$$\left\{ \begin{array}{cccccccccc} n & s & p & - & - & - & - & - & - & - \\ - & - & n & s & - & - & - & p & - & - \\ - & - & - & n & s & - & - & - & - & p \end{array} \right. \rightarrow \text{tengo que rellenar con 7 letras los lugares que sobran,}$$

teniendo en cuenta las repeticiones de las "*o*" y de las "*i*": $\binom{10}{3} \cdot \frac{7!}{3!2!}$

24.

25.

26.

$${}^5 \sum_1^8 k = 36$$

27.

28. En este ejercicio no hace falta usar inducción.

- i) Probar que $\sum_{k=0}^n \binom{n}{k}^2 = \binom{2n}{n}$. sug: $\binom{n}{k} = \binom{n}{n-k}$.
- ii) Probar que $\sum_{k=0}^n (-1)^k \binom{n}{k} = 0$.
- iii) Probar que $\sum_{k=0}^{2n} \binom{2n}{k} = 4^n$ y deducir que $\binom{2n}{n} < 4^n$.
- iv) Calcular $\sum_{k=0}^{2n+1} \binom{2n+1}{k}$ y deducir que $\sum_{k=0}^n \binom{2n+1}{k}$.
-

Binomio de Newton: $(x+y)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k y^{n-k}$

- i)
- ii) Binomio $\rightarrow \begin{cases} x = 1 \\ y = -1 \end{cases} \rightarrow 0^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} 1^k (-1)^{n-k} = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} (-1)^{n-k} = 0 \rightarrow$
- $\left\{ \begin{array}{l} \xrightarrow[\text{uso sugerencia}]{\text{si } n \text{ es par}} \sum_{k=0}^n (-1)^k \binom{n}{k} = \binom{n}{0} - \binom{n}{1} + \dots + (-1)^{\frac{n}{2}} \binom{n}{\frac{n}{2}} + \dots - \binom{n}{n-1} + \binom{n}{n} \rightarrow \\ \xrightarrow[\text{uso sugerencia}]{\text{uso sugerencia}} 2 \cdot \binom{n}{0} - 2 \cdot \binom{n}{1} + \dots + 2 \cdot (-1)^{\frac{n}{2}+1} \binom{n}{\frac{n}{2}+1} + (-1)^{\frac{n}{2}} \binom{n}{\frac{n}{2}} = 0 \text{Quonda?} \\ \text{primer término positivo} \quad \binom{n}{k} = \binom{n}{n-k} \\ \xrightarrow[\text{uso sugerencia}]{\text{si } n \text{ es impar}} \sum_{k=0}^n (-1)^{k+1} \binom{n}{k} = -\binom{n}{0} + \binom{n}{1} - \dots - \binom{n}{n-1} + \binom{n}{n} \xrightarrow[\text{uso sugerencia}]{\text{uso sugerencia}} 0 \\ \text{primer término negativo} \quad \binom{n}{k} = \binom{n}{n-k} \checkmark \end{array} \right.$
- iii) **Hacer!**
- iv) **Hacer!**
-

29. Sea $X = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20\}$, y sea R la relación de orden en $\mathcal{P}(X)$ definida por: $A \mathcal{R} B \iff A - B = \emptyset$.
¿Cuántos conjuntos $A \in \mathcal{P}(X)$ cumplen simultáneamente $\#A \geq 2$ y $A \mathcal{R} \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$?

30. Sea $X = \{1, 2, 3, 4, 5, \overset{6}{\cancel{6}}, 7, 8, 9, 10\}$, y sea R la relación de equivalencia en $\mathcal{P}(X)$ definida por:
 $A \mathcal{R} B \iff A \cap \{1, 2, 3\} = B \cap \{1, 2, 3\}$.
¿Cuántos conjuntos $B \in \mathcal{P}(X)$ de exactamente 5 elementos tiene la clase de equivalencia \overline{A} de $A = \{1, 3, 5\}$?

Como A tiene al 1 y al 3, los elementos B , conjuntos en este caso, pertenecientes a la clase \overline{A} deberían cumplir que si $B \subseteq \overline{A} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 1 \in B \\ 3 \in B \\ 2 \notin B \end{array} \rightarrow \text{si } 2 \in B \Rightarrow A \mathcal{R} B \right\}$.

Los conjuntos de 5 elementos serán de la forma:

$\{1, 3, _, _, _ \xrightarrow[\cap \{1,2,3\} \neq \{1,3\}]{5 \text{ elementos}} \binom{7}{3} = 35$. Los 7 números usados son $\{4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$

¿Es solo eso o interpreto mal la \mathcal{R} u otra cosa?

31. Sean $X = \{n \in \mathbb{N} : n \leq 100\}$ y $A = \{1\}$ ¿Cuántos subconjuntos $B \subseteq X$ satisfacen que el conjunto $A \Delta B$ tiene a lo sumo 2 elementos?

...

a lo sumo = como mucho = como máximo

al menos = por poco = como mínimo

...

La diferencia simétrica es la unión de los elementos no comunes a los conjuntos A y B . Si me piden que:

$$\#(A \Delta B) \leq 2 \Rightarrow B = \left\{ \begin{array}{l} 1 \in B \rightarrow \#B \leq 3 \xrightarrow[\text{de la forma}]{\text{Busco conjuntos}} \left\{ \begin{array}{l} \underline{1} - - \xrightarrow[\text{quedan 99. Elijo 2.}]{\text{el 1 está usado}} \binom{99}{2} \\ \underline{1} - \xrightarrow[\text{quedan 99. Elijo 1.}]{\text{el 1 está usado}} \binom{99}{1} \\ \underline{1} \xrightarrow[\text{quedan 99. Elijo 0.}]{\text{el 1 está usado}} \binom{99}{0} \end{array} \right. \\ 1 \notin B \rightarrow \#B \leq 1 \xrightarrow[\text{de la forma}]{\text{Busco conjuntos}} \left\{ \begin{array}{l} - \xrightarrow[\text{elegir } 1 \notin B. \text{ Elijo 1}]{\text{tengo 99 números para}} \binom{99}{1} \\ \emptyset \xrightarrow[\text{elegir } 1 \notin B. \text{ Elijo 0}]{\text{tengo 99 números para}} \binom{99}{0} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Por último habría un total de $\binom{99}{2} + \binom{99}{1} + \binom{99}{0} + \binom{99}{1} + \binom{99}{0}$ subconjuntos $B \subseteq X$ para cumplir lo pedido.

32.

- Sea A un conjunto con $2n$ elementos. ¿Cuántas relaciones de equivalencia pueden definirse en A que cumplan la condición de que para todo $a \in A$ la clase de equivalencia de a tenga n elementos?
- Sea A un conjunto con $3n$ elementos. ¿Cuántas relaciones de equivalencia pueden definirse en A que cumplan la condición de que para todo $a \in A$ la clase de equivalencia de a tenga n elementos?