

Propagation d'une onde lumineuse

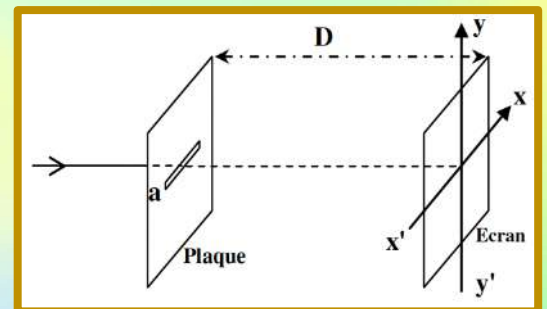
Exercice 1

On réalise l'expérience de diffraction en utilisant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ dans l'air.

On place à quelques centimètres de la source lumineuse une plaque opaque dans laquelle se trouve une fente horizontale de largeur $a=1\text{m}$ de la fente des taches lumineuses. La largeur de la tache centrale est $L=1,40\text{ mm}$

- 1- Une onde lumineuse est-elle une onde mécanique ? Justifier
- 2- La diffraction est-elle observée sur l'axe xx' ou sur yy' ?
- 3- Quelle expression lie les grandeur θ , λ et a ?
- 4- Trouver l'expression de λ en fonction de a , L et D .
Calculer λ

On prend $\tan\theta \approx \theta$



Exercice 2

On éclaire un prisme successivement par deux radiations lumineuses : l'une est rouge et l'autre est jaune.

Données :

- ✓ La célérité de la lumière dans le vide : $c = 3.10^8\text{ m/s}$.
- ✓ La longueur d'onde de la radiation rouge dans le prisme est $\lambda_r = 474\text{ nm}$.
- ✓ La fréquence de la radiation rouge est : $\nu_r = 3,91.10^{14}\text{ Hz}$.
- ✓ Les longueurs d'onde de la radiation jaune sont : $\lambda_{0j} = 589\text{ nm}$ dans le vide et $\lambda_j = 355\text{ nm}$ dans le prisme.

- 1- Calculer la fréquence ν_j de la radiation jaune.
- 2- Calculer les célérités v_j et v_r des radiations jaune et rouge dans le prisme.
- 3- Quelle propriété du prisme est mise en évidence par les résultats de la question 2.

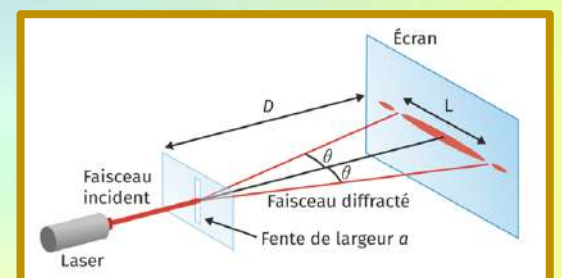
Exercice 3

Sur le trajet d'un faisceau laser, on intercale une fente de largeur a . Sur un écran placé à la distance $D = 1,5\text{ m}$ de la fente on observe une figure de diffraction.

l représente la largeur de la tache centrale et θ représente l'écart angulaire exprimé en radian.

Expérimentalement on mesure la largeur de la tache centrale L pour différentes valeurs de la largeur de la fente. On porte les valeurs obtenues et on trace la courbe $L=f(1/a)$ donnée sur le graphique ci-dessous.

- 1- Quelle est la nature de la lumière mis en évidence par cette expérience ?
- 2- Montrer que : $L = \frac{2D\lambda}{a}$; (on prend $\tan\theta \approx \theta$)
- 3- A partir du graphique, déterminer la longueur d'onde λ de la lumière utilisée.



Exercice 4

L'étude du phénomène de diffraction de la lumière permet de déterminer la fréquence d'une onde lumineuse.

Une lumière monochromatique de longueur d'onde λ produite par un laser successivement et perpendiculairement sur des fils fins de diamètres connus d .

On observe le phénomène de diffraction sur un écran situé à la distance D des fils

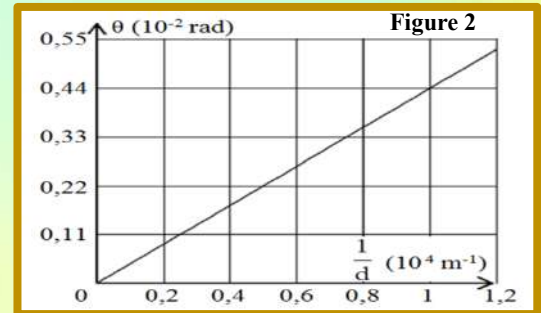
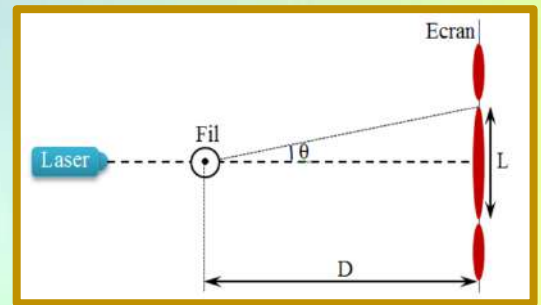
Pour chacun des fils, on mesure la largeur de la tache centrale L et on déduit la valeur de l'écart angulaire θ entre le milieu de la frange centrale et la 1^{ère} extinction.

Données :

Pour des petits angles θ , on considérera : $\tan \theta \approx \theta(\text{rad})$

La célérité de la lumière dans l'air est : $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

- 1- Préciser le caractère de la lumière mis en évidence par l'expérience de la figure
- 2- Quelle la seule grandeur d'une onde lumineuse qui ne change pas quel que soit le milieu de propagation ?
- 3- Donner la relation entre θ , λ et d .
- 4- Établir en utilisant la figure, la relation entre L , λ , d et D .
- 5- La figure 2 représente la courbe $\theta = f(1/d)$:
 - 5.1- Déterminer graphiquement la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique utilisée.
 - 5.2- En déduire la fréquence ν de cette onde.
- 6- On éclaire maintenant l'un des fils précédents avec une lumière blanche, au lieu de
 - 6.1- Sachant que les longueurs d'ondes du spectre visible sont comprises entre : $\lambda_V=400\text{nm}$ (Violet) et $\lambda_R=800\text{nm}$ (Rouge).
 - 6.2- Préciser la longueur d'onde correspondante à la plus grande largeur de la tache centrale
 - 6.3- Expliquer pourquoi le milieu de la frange centrale apparaît blanc sur l'écran.

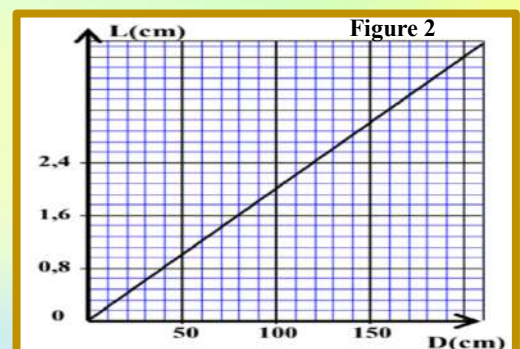
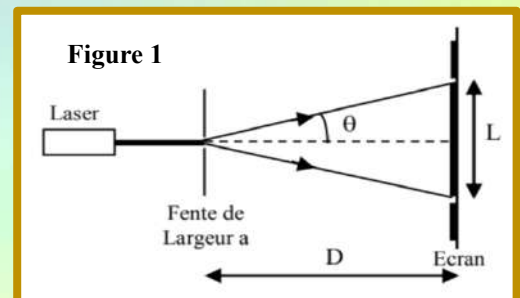
**Exercice 5**

On éclaire avec une radiation laser ayant une longueur d'onde λ , une fente fine horizontale de largeur $a=0,06 \text{ mm}$. On observe sur un écran, placé à une distance D de la fente, un ensemble de taches de direction verticale. La tache centrale a une largeur L (figure 1).

On change la distance D et on mesure à chaque fois la largeur L .

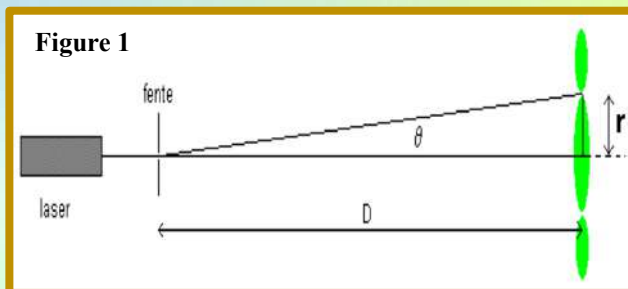
La courbe de la figure 2 donne les variations de L en fonction de D : $L = f(D)$.

- 1- Établir l'expression de L en fonction de λ , a et D . (θ étant petit, on prend $\tan \theta \approx \theta$).
- 2- En exploitant la courbe $L = f(D)$, montrer que $\lambda = 600 \text{ nm}$.
- 3- On fixe l'écran à une distance $D_1 = 2 \text{ m}$ de la fente, et on remplace la fente par un cheveu fin de diamètre d . On obtient alors, avec la même radiation de longueur d'onde λ , une tache centrale de largeur $L_1 = 3 \text{ cm}$. Déterminer le diamètre d du cheveu.



Exercice 6

Un faisceau de lumière, parallèle monochromatique, de longueur d'onde dans le vide λ , produit par une source laser, arrive sur une fente verticale de diamètre a . On place un écran à une distance $D = 2\text{m}$ de cette fente ; la distance D est grande devant a (figure 1).



- 1- La lumière émise par la source laser est dite monochromatique. Quelle est la signification de ce terme ?
- 2- Justifier la nature ondulatoire de la lumière.
- 3- En s'aidant des deux figures 2 et 3, identifier la couleur de laser utilisé.
- 4- On éclaire avec cette source laser un prisme en verre d'indice de réfraction $n = 1,68$. Calculer la valeur de la longueur d'onde λ_n de cette onde dans ce milieu transparent.
- 5- On remplace le prisme par un disque en verre d'épaisseur e . Expliquer comment peut-on déterminer le centre de ce disque à l'aide du laser utilisé et d'une règle. On pourra s'aider des schémas bien adéquats.

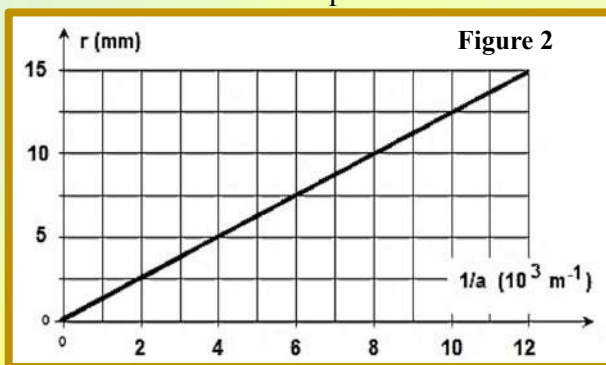


Figure 3

Longueur d'onde (nm)	Couleur de laser
487,4	Bleue
433	Verte
625	Rouge

Exercice 7

❖ Vérification de la longueur d'onde d'une des diodes laser utilisées

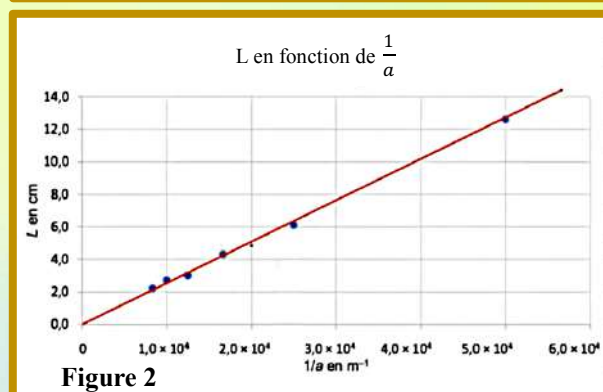
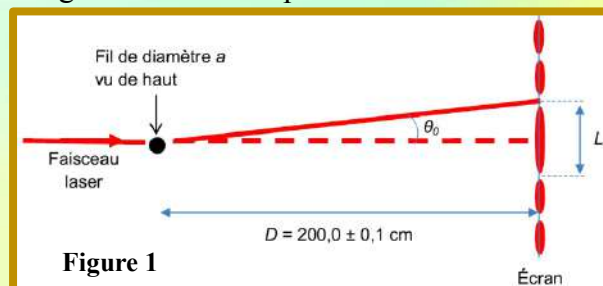
L'objectif de cette partie est de vérifier la valeur de la longueur d'onde λ d'une des diodes laser utilisées dans l'appareil de granulométrie. Sur le trajet du faisceau laser, on intercale des fils de différents diamètres. Sur un écran placé à une distance D , on observe une figure de diffraction. L représente la largeur de la tache centrale et θ_0 et demi-angle au sommet exprimé en radian.

- 1- Rappeler une principale propriété du faisceau d'un laser.
- 2- Pour une longueur d'onde donnée, décrire l'évolution du demi-angle θ_0 en fonction du diamètre a du fil. Donner la relation qui lie λ , θ_0 et a .
- 3- On fait l'hypothèse que l'angle θ_0 est petit. Dans ce cas, on peut écrire $\tan \theta_0 \approx \theta_0$ avec θ_0 en radian. À l'aide du schéma, démontrer que la largeur de la tache centrale est donnée par l'expression :

$$L = k \cdot \frac{1}{a} \quad \text{avec } k = 2\lambda \cdot D$$

- 4- Expérimentalement, on mesure la largeur de la tache centrale L pour des fils calibrés de différentes valeurs de diamètre a . on porte les valeurs obtenues sur le graphique ci-contre (figure 2).

À partir du graphique, déterminer la longueur d'onde λ de la diode laser utilisée.



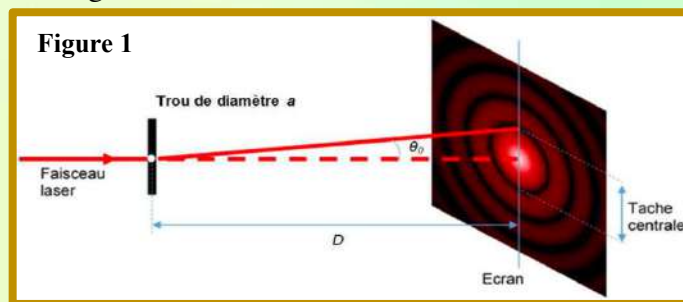
Exercice 8

❖ Etude de la diffraction par la poudre de cacao :

Le succès du chocolat est lié à la granulométrie de chacun des constituants. Cette dernière propriété représente un enjeu important du procédé de fabrication puisque des particules trop finement broyées rendront le chocolat collant alors que de trop grosses particules lui donneront un aspect granuleux à l'œil et en bouche. La mesure de la taille des particules, par diffraction laser, est une technique simple et rapide, adaptée à la détermination de la distribution granulométrique de tous les types de chocolat comme les chocolats de couverture utilisés pour le nappage, les chocolats au lait ou les chocolats agglomérés utilisés pour les recettes instantanées.

Type de chocolat	De couverture	Au lait	Aggloméré
Le diamètre moyen recommandé de la poudre de cacao pour un type de chocolat	10 μm	30 μm	300 μm

Dans cette partie, on considère que l'on peut déterminer le diamètre moyen des grains de cacao d'une poudre donnée en utilisant une figure de diffraction réalisée avec la diode laser de longueur d'onde $\lambda = 635\text{nm}$ - Figure 1



La figure de diffraction par un trou circulaire est constituée de cercles concentriques alternativement brillants et sombres avec :

$$\sin\theta_0 = \frac{1,22 \cdot \lambda}{a}$$

λ : longueur d'onde du faisceau laser, exprimée en mètre

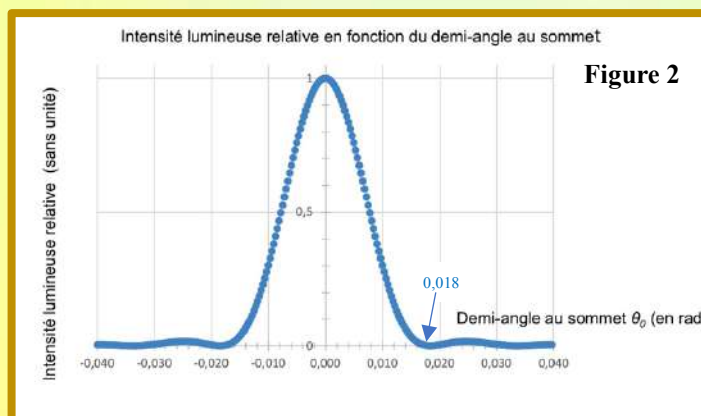
a : diamètre du trou, exprimée en mètre

θ : demi-angle au sommet, exprimée en radian

En utilisant un montage proche de celui donné ci-dessus, on réalise l'expérience sur un échantillon de cacao.

- 1- Sachant que les grains de cacao sont assimilés à des sphères, justifier le fait qu'on observe une figure de diffraction identique à celle obtenue avec un trou circulaire.
- 2- Après traitement informatique des résultats expérimentaux lors de contrôle d'un échantillon de poudre de cacao, on obtient le graphe ci-dessous donnant l'intensité lumineuse relative sur l'écran en fonction de demi angle.

Peut-on utiliser cet échantillon pour un chocolat de couverture ?



Exercice 9

Le but de cet exercice est d'étudier la propagation d'une onde lumineuse émise par une source laser à travers un prisme (P) en verre d'indice de réfraction n pour cette radiation. La longueur d'onde de cette radiation dans l'air est λ_0 .

Données :

- Célérité de la lumière dans l'air : $c = 3 \cdot 10^8$ m/s
- Indice de réfraction du prisme $n = 1,61$;
- $\lambda_0 = 633$ nm.

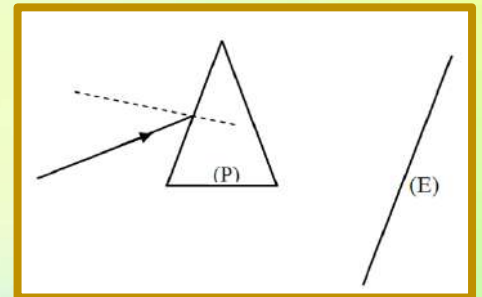
1- Choisir la réponse juste parmi les propositions suivantes :

- 1.1- La lumière a la même célérité dans tous les milieux transparents.
- 1.2- La fréquence d'une onde lumineuse varie lorsqu'elle passe d'un milieu transparent à un autre.
- 1.3- La longueur d'onde d'une onde lumineuse ne dépend pas de la nature du milieu de propagation.
- 1.4- L'indice de réfraction d'un milieu transparent dépend de la longueur d'onde de la radiation monochromatique qui le traverse.
- 1.5- Les ultrasons sont des ondes électromagnétiques.

2-

d'onde λ_0 émis de la source laser est envoyé sur l'une des faces du prisme (P) (voir figure ci-dessous).

- 2.1- Cette radiation appartient-elle au domaine du spectre visible ? justifier.
- 2.2- Calculer la fréquence ν de cette radiation.
- 2.3- Déterminer pour cette radiation, la vitesse de propagation et la longueur d'onde λ dans le prisme.
- 2.4- On remplace la source laser par une source de lumière blanche. Qu'observe-t-on sur l'écran (E) après que la lumière blanche ait traversé le prisme ? Quel est le phénomène mis en évidence par cette expérience ?

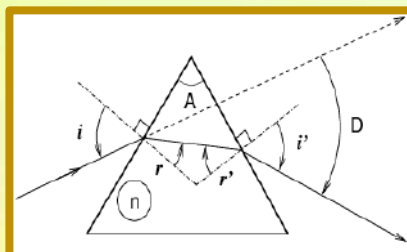
**Exercice 10**

Pour déterminer λ la longueur d'onde lumineuse dans le verre on envoie un faisceau lumineux monochromatique émis par le laser à la surface d'un prisme en verre d'indice de réfraction n .

- 1- Le rayon lumineux arrive sur la face (1) du prisme avec un angle d'incidence i ; puis il émerge de l'autre face avec un angle d'émergence i' , telle que $i' = i$.
 - 1.1- Rappeler les relations du prisme.
 - 1.2- Montrer que l'expression de la longueur d'onde λ' est : $\lambda' = \lambda_0 \frac{\sin(\frac{A}{2})}{\sin(\frac{D+A}{2})}$
- 2- Qu'observe-t-on si on remplace la lumière monochromatique par la lumière blanche ? quel est le nom de ce phénomène ?

Donnée :

- La longueur d'onde dans le vide : $\lambda_0 = 665,4$ nm ;
- L'angle du prisme : $A = 60^\circ$; et l'angle de la déviation $D = 39$



Concours Médecine 2021

❖ Diffraction de la lumière par une fente :

On éclaire une fente de largeur a par une lumière monochromatique de fréquence N émise par un laser. La figure de diffraction est observée sur un écran placé à une distance D de la fente. La largeur de la tache centrale est notée L .

Avec un laser émettant une lumière verte de fréquence $N_v = 5,36 \cdot 10^{14}$ Hz, on obtient une tache centrale de largeur $L_v = 8,6$ mm.

Avec un laser émettant une lumière rouge de fréquence $N_r = 4,74 \cdot 10^{14}$ Hz, on obtient une tache centrale de largeur L_r .

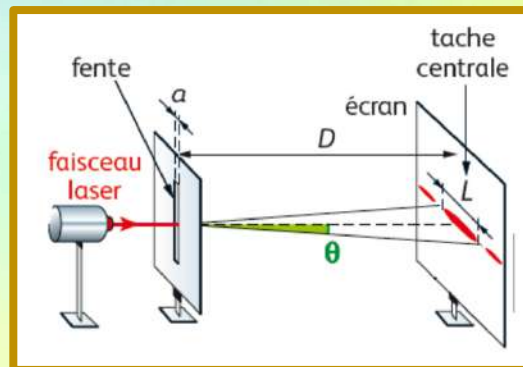
Données : $\tan \theta_0 \approx \theta_0$ (rad) ; $\frac{268}{237} = 1,13$

1- La valeur de la largeur de la tache centrale obtenue avec la lumière rouge est :

- A $L_r = 10$ mm B $L_r = 9,7$ mm C $L_r = 8,2$ mm D $L_r = 7,7$ mm E $L_r = 6,8$ mm

2- L'écart angulaire pour la lumière rouge et l'écart angulaire pour la lumière verte sont liés par la relation :

- A $\theta_r = 1,13 \cdot \theta_v$ B $\theta_r = 0,88 \cdot \theta_v$ C $\theta_r = 11,3 \cdot \theta_v$ D $\theta_r = 1,90 \cdot \theta_v$ E $\theta_r = 2,26 \cdot \theta_v$

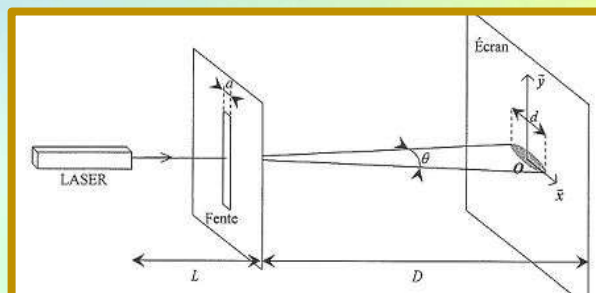


Concours Médecine 2022

❖ Diffraction de la lumière par une fente :

On réalise la diffraction de la lumière en utilisant le dispositif ci-contre.

On réalise dans l'air, quatre expériences en utilisant deux lasers produisant deux radiations de longueurs d'onde respectives λ_1 et λ_2 . Pour différentes valeurs de largeur a de la fente, on obtient les résultats indiqués ci-dessous.



Expérience	Largeur d'onde	Largeur de la fente	Distance à l'écran	Largeur de la tache centrale	Ecart angulaire de diffraction
1	λ_1	$a_1 = a$	D	$L_1 = 3,2$ cm	$\theta_1 = 10^{-2}$ rad
2	$\lambda_2 = 632,8$ nm	$a_2 = a$	D	$L_2 = 5,0$ cm	θ_2
3	$\lambda_2 = 632,8$ nm	$a_3 = \frac{a}{2}$	D	$L_3 = 2 \cdot L_2$	θ_3
4	$\lambda_2 = 632,8$ nm	$a_4 = 2 \cdot a$	D	$L_4 = \frac{L_2}{2}$	θ_4

Données: $\tan \theta \approx \theta$; $632,8 \times 3,2 = 2 \cdot 10^3$

1- La valeur de la largeur de la fente est :

- A $a = 10$ μ m B $a = 25$ μ m C $a = 40$ μ m D $a = 65$ μ m E $a = 100$ μ m

2- Les écarts angulaires de diffraction dans quatre expériences sont tels que :

- A $\theta_1 > \theta_2 > \theta_3 > \theta_4$ B $\theta_3 > \theta_1 > \theta_2 > \theta_4$ C $\theta_4 > \theta_1 > \theta_2 > \theta_3$
 D $\theta_3 > \theta_2 > \theta_1 > \theta_4$ E $\theta_3 > \theta_2 > \theta_4 > \theta_1$