

CONCOURS COMMUN POLYTECHNIQUE
Epreuve spécifique PC - PHYSIQUE 1

I. Le système solaire

1°)

2°) Equilibre du fléau sous l'action des moments de torsion et de la force de gravitation

Dans la méthode de Poggendorff :

En substituant θ , on en tire : $= 6,56.10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$

3°)

D'après le schéma : $(R + h)^2 = R^2 + D^2$

Or : donc : $2hR = D^2$

$$= 6,31.10^6 \text{ m}$$

1)

4°) On identifie l'accélération de la pesanteur avec le champ de gravitation de la Terre

$$= 5,95.10^{24} \text{ kg}$$

Masse volumique de la Terre :

La masse volumique de l'eau est de 10^3 kg.m^{-3} , celle du fer de $7,8. 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$. La Terre est relativement dense, contenant beaucoup de fer (noyau).

5°) Lois de Képler :
- orbites elliptiques dont le Soleil est un foyer
- loi des aires
- carré de la période proportionnel au cube du demi-grand axe

6°) Période de révolution de la Terre autour du Soleil :

$$4 \text{ ans} = (3 \times 365 + 366) \times 24 \times 3600 \text{ secondes}$$

$$T = 3,156.10^7 \text{ s}$$

7°) Orbite circulaire parcourue à vitesse constante

$$\text{Avec : } = 2,04.10^{30} \text{ kg}$$

8°) Loi de Képler :

$$a : \text{demi-grand axe} = (r_{\text{mini}} + r_{\text{maxi}})/2 = 149,5 \text{ millions de km}$$

$$= 2,02.10^{30} \text{ kg}$$

9°) Saisons dues à l'inclinaison du plan de l'équateur par rapport au plan de l'écliptique.

10°) donc $M_T \ll M_S$

Planètes : Mercure, Vénus, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune, Pluton.

Masses des planètes $\ll$ masse du Soleil. On néglige l'influence des planètes dans le mouvement de la Terre autour du Soleil.

II L'équation de la diffusion thermique

1°) Le flux thermique se dirige du corps chaud vers le corps froid dans le sens des températures décroissantes.

2°) $= 0$ signifie que appartient à une surface isotherme.

3°) On exprime que la variation d'énergie interne pendant un temps dt est la différence entre l'énergie fournie par les sources internes et le flux thermique traversant S :

Par application du théorème d'Ostrogradski :

conduisant à écrire localement :

4°) Milieu homogène, sans source interne, de caractéristiques constantes :

d'où :

5°) En régime permanent : $\Delta T = 0$ (équation de Laplace)

6°) Joseph Fourier : développement en séries

III L'effet de cave ou troglodyte

1°) Dans le cas du problème avec $T = T_0 + \theta$ (θ : température Celsius)

$$\text{où : } \theta = \theta(x, t)$$

2°) Avec : et en posant :

et :

On substitue dans l'équation du III.1 :

qui amène aux deux équations suivantes :

et :

La première équation conduit à adopter :

soit :

de manière à considérer une propagation suivant les x croissants :

3°) Substituons $\Phi(x)$ dans la seconde équation obtenue en III.2 :

soit : d'où :

4°) En $x = \pi h$:

alors que :

On constate que les températures au sol et à $x = \pi h$ sont déphasées de π , c'est-à-dire qu'à la profondeur $x = \pi h$, la température est toujours en opposition de phase avec la température au sol : une cave paraît fraîche en été et chaude en hiver.

5°)

$$= 5,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Pour } T = 1 \text{ journée} = 86\,400 \text{ s} \quad \pi h = 0,38 \text{ m}$$

$$6°) \text{ Si } T = 1 \text{ an} = 365 \text{ jours} \quad \pi h = 7,26 \text{ m}$$

7°) Les variations diurnes de température n'affectent que la surface du sol alors que les variations annuelles se font sentir plus profondément.

IV. Isolation thermique à température ambiante

1°) La résistance thermique se définit par : $\Delta T = R\phi$ où ΔT est la différence de température et ϕ le flux thermique.

$$\phi = j \cdot S = \quad \text{où } S \text{ est la surface du mur}$$

donc : où est l'épaisseur du mur

$$\text{donc : } = 4,975 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \quad \text{et : } = 4,02 \text{ kW}$$

2°) Lorsqu'on isole le mur :

$$\text{avec } R_1 \text{ calculé précédemment et } = 25,86 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$= 648,6 \text{ W}$$

3°) Avec une couche d'air entre deux parois de briques :

$$\text{avec : } = 1,99 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$\text{et : } = 26,67 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$= 652,5 \text{ W}$$

4°) On constate que la couche d'air entre deux épaisseurs de briques est aussi isolante que la couche de polystyrène.

5°) On exprime de deux façons différentes la masse du solide :

$$\text{d'où : } \quad \text{et : } \quad \text{porosité}$$

6°) On calcule d'abord R_1 et R_2 :

R_e est la résistance équivalente à l'association parallèle de 2 résistances R_1 et de 2 résistances R_2 :

7°) Résistance thermique de chaque partie solide :

Résistance thermique du gaz :

Conductance thermique du pore :

d'où :

Conductance thermique globale :

8°) Avec une conductivité thermique globale λ , la résistance de la cellule s'écrit :

donc : est une définition logique de cette conductivité.

Calculons R :

d'où :

9°) Si $x = 1$ la cellule est remplie de solide et $\lambda = \lambda_s$ est vérifié

Si $x = 0$ la cellule est remplie de gaz et :

la conductivité tient compte des deux phénomènes de conduction et de rayonnement.

$$10°) = 1,54 \cdot 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

11°) ϵ représente le rapport du volume de la phase gazeuse au volume total, c'est-à-dire :

$$\text{Si } \epsilon > 0,9 \quad (1-x)^3 > 0,9 \quad \text{donc : } 1-x > 0,9655 \quad \text{d'où : } x < 0,0345$$

Reprenons l'écriture de λ en modifiant le premier terme :

qui est écrite sans approximation

Au dénominateur, on néglige le second terme :

Avec $x \ll 1$, on négligera les infiniment petits du second ordre en x ainsi que le terme $x\lambda_r$ devant λ_g

12°) Comme . Avec $x \ll 1$ donc :

Ainsi :

On constate que plus la porosité se rapproche de 1, c'est-à-dire moins le milieu est dense, plus la conductivité se rapproche de celle du gaz qui est inférieure à celle du solide. Par ailleurs, on empêche les échanges par convection.

13°)

$$\lambda = 0,029 \, 6 \, \text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

14°) Pour une cellule cubique dont la face supérieure est à la température T_1 et la face inférieure à la température T_2 , le flux thermique à travers le solide se partage entre un chemin direct a et un chemin $2a$ soit en moyenne qui justifie le facteur dans le modèle.

Dans le cas d'un pore sphérique, tout le flux thermique doit parcourir un chemin qui est une demi-circonférence c'est-à-dire πr , alors que le chemin direct est $2r$.

Tortuosité d'un pore sphérique :

15°) Les pores elliptiques aplatis minimisent l'influence de λ_s dans la conductivité globale.

Dans le cas du liège dont la tortuosité est proche de 3, on écrira :

Le calcul donne très proche de la valeur mesurée.