

Titre : T5 Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir.

Présentée par : Alfred Kirsch

Rapport écrit par : Henri Bouvier

Correcteur : F. Debbasch

Date : 05/01/21

Bibliographie		
Titre	Auteurs	Éditeur
J'integre Tout-en-un, PSI-PSI*, 2013		

Plan détaillé

(indiquer parties, sous-parties, 1 ou 2 phrases d'explications par sous-partie, et références)

Niveau choisi pour la leçon : Licence

Prérequis : Méthode du bilan, Caractérisation d'un rayonnement électromagnétique.

- I. **Interaction lumière-matière, corps noir.**
 - A. Phénomènes à la réception d'un rayonnement
 - B. Corps noir et émission

- II. **Rayonnement d'équilibre thermique**
 - A. Définitions
 - B. Loi de Planck (1900)

- III. **Applications**

(Introduction) Justification du placement niveau licence, présentation du rayonnement thermique avec une lampe à filament. Position historique XIXème siècle.

I – Interaction lumière-matière, corps noir.

- A) Phénomènes à la réception d'un rayonnement

Définitions réflexion, diffusion, transmission, absorption.

Tableau présentant comportement de miroir, noir de fumé, verre.

Transition : on va donc s'intéresser aux corps qui absorbent beaucoup.

B) Corps noir et émission

Definition – importance de absorption à toute longueur d'onde.

Exemple noir de fumé visible, brique IR

Schéma + description d'un corps noir réalisable avec cavité noire avec petite ouverture.

On chauffe cette cavité afin d'observer le rayonnement thermique.

II - Rayonnement d'équilibre thermique

A. Definitions

Cavité fermé dans un milieu de température externe T. Emission et absorption des parois.

A l'équilibre on observe Rayonnement d'équilibre thermique.

Petit élément de volume $d\tau$

Modèle du Gaz de Photons // gaz parfait.

Definitions : densité volumique d'énergie, flux surfacique (dépendant de T) .

Relation u et φ calcul rapide avec 6 directions possibles :

$$\varphi^o(T) = \frac{c}{6} u_{em}^o(T)$$

En vrai, on peut faire calcul et on obtient :

$$\varphi^o(T) = \frac{c}{4} u_{em}^o(T)$$

Définition : densité spectrale d'énergie volumique.

// élément $d\tau$ muni d'un filtre.

Conversion U_λ et U_ν

B. Loi de Planck (1900)

Planck détermine u par raisonnement statistique.

Expression de U_λ . Diapo montrant que maximum augmente avec T et migre vers lambda plus petit.

Loi de Stefan + démonstration

Loi de Wien.

III – Applications

Diapos :

- Couleur d'un corps noir (diagramme x-y + couleurs RGB).
- Pyromètre à disparition de filament
- Détection d'une fièvre (corps humain émission IR corps noir)
- Cuivre très éclairé

Conclusion : importance dans description de phénomènes car bonne approximation.

Questions posées par l'enseignant (avec réponses)

(l'étudiant liste les questions posées, ainsi que les réponses données par l'enseignant. Si certaines réponses manquent, l'enseignant pourra compléter le document)

- Diapo couleur de rayonnement. Expliquer x-y.
- Rapport entre corps noir et étoiles
 - déterminer T surface d'un corps noir équivalent.
 - Pas exactement corps noir car absorption par éléments de surface -> raies dans spectre.
- Corps noir en cosmologie ?
 - Fond diffus de l'univers (CMB)
- Pourquoi y-avait il une température à un certain instant de l'univers ?
 - Instant de recombinaison -> 1^{er} photons qui nous parviennent.
- Démontrer loi de Wien.
- Comment arriver à $c/4$ sans calculs de phy stats. Ou loi de Stefan ?
 - électromagnétisme, équations de Maxwell, vecteur flux.
- Pourquoi pas de signe – dans changement entre \mathcal{U}_λ et \mathcal{U}_ν ?
 - Changement de bornes de l'intégration. (quand λ augmente, ν diminue)
- Pourquoi est-ce bizarre de parler de photons réparties uniformément dans l'enceinte ?
 - Bizarre car aspect quantique // trous finis.
- Est-il possible de refaire ces démonstrations à partir des modes propres d'une cavité ?
- Sans calculs comment expliquer facteur $1/4$ au lieu de $1/6$
 - Demi-sphère, angles solides et direction
 - Intégration
 - // calcul pression gaz parfait.

Commentaires lors de la correction de la leçon

(l'étudiant note les commentaires relatifs au contenu de la leçon : niveau, sujets abordés, enchaînement, réponses aux questions, etc. L'enseignant relit, et rectifie si besoin)

Peut être inclure manip du four + pyrometre

Avoir diapo pour démonstration du facteur $\frac{1}{4}$

Bien savoir (/avoir diapo) pour mode propre de cavité, phonons, maxwell etc....

Partie réservée au correcteur

Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.) : Bonne leçon, présentée très agréablement. Les réponses aux questions auraient pu être meilleures (mais n'ont pas gâché l'ensemble).

Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates : Définition du rayonnement noir, d'un corps noir, loi de Planck. Modes propres d'une cavité, quantification, oscillateur harmonique quantique.

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur) : Four.

Bibliographie conseillée : Landau tome 5, Cagnac + Peybay-Peyroula, entre autres.