

Cube de Leslie

MESURE DU RAYONNEMENT THERMIQUE D'UN CUBE DE LESLIE

- Mise en évidence du rayonnement thermique d'un cube de Leslie avec une thermopile selon Moll
- Mesure de l'intensité relative des radiations émises pour les quatre surfaces du cube en fonction de la température T
- Confirmation de la corrélation de T^4 avec l'intensité du rayonnement

UE2020205

09/16 JS

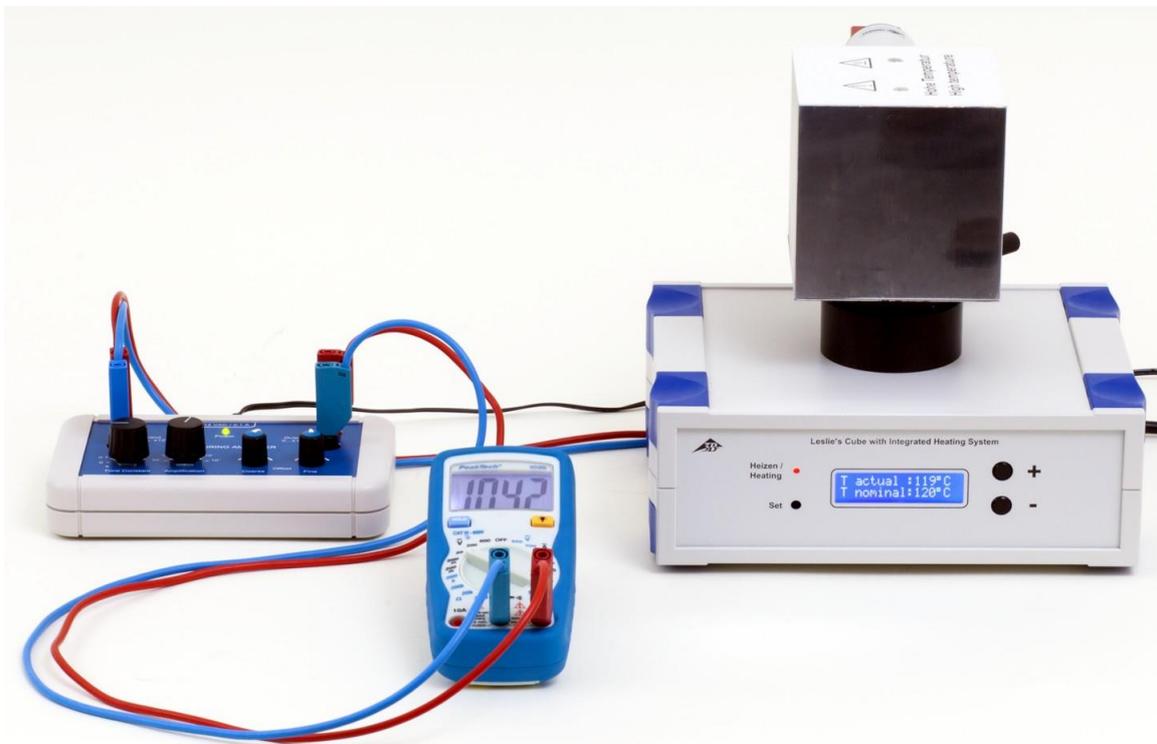


Fig. 1: Disposition expérimentale pour mesure du rayonnement de chaleur d'un cube de Leslie.

NOTIONS DE BASE GENERALES

Les échanges thermiques d'un corps avec son environnement s'effectuent aussi par l'émission et l'absorption d'un rayonnement thermique. Le rayonnement émis par un corps dépend de sa température et des qualités de sa surface, comme on peut le voir avec un cube de Leslie.

L'intensité des radiations émises par le corps étudié est désignée par l'émissivité E . Le pouvoir d'absorption A est le rapport entre l'intensité du rayonnement absorbé et celle du rayonnement incident. On constate alors que le coefficient d'absorption est particulièrement élevé lorsque l'émissivité l'est aussi. Plus exactement, la loi de Kirchhoff dit que pour tous les corps à une température donnée, le rayonnement

émis correspond à l'énergie rayonnante susceptible d'être absorbée, et qu'il correspond à l'émissivité E_{SB} d'un corps noir à cette température.

$$(1) \frac{E(T)}{A} = E_{SB}(T) = \sigma \cdot T^4$$

σ : constante de Stefan-Boltzmann,
 T : température en Kelvin

En règle générale, les variations du coefficient d'absorption en fonction de la température peuvent être négligées. L'émissivité d'un corps peut donc être calculée comme suit :

$$(2) E(T) = A \cdot \sigma \cdot T^4.$$

Si le corps a la même température T_0 que son environnement, l'intensité du rayonnement qu'il émet

$$(3) E(T_0) = A \cdot \sigma \cdot T_0^4$$

est la même que celle du rayonnement qu'il absorbe de son environnement. Si sa température est plus élevée, l'intensité du rayonnement absorbé ne change pas tant que la température ambiante reste constante. Par conséquent, le débit d'énergie thermique (mesuré avec un détecteur de rayonnement) du corps étudié est de

$$(4) \Delta E(T) = A \cdot \sigma \cdot (T^4 - T_0^4).$$

par unité de surface et de temps.

L'expérience est réalisée avec un cube de Leslie comportant quatre surfaces radiantes différentes : blanche, noire, aluminium mat et aluminium poli. Le cube est chauffé à une température d'environ 120 °C, puis on mesure l'intensité relative des radiations thermiques émises au moyen d'une thermopile selon Moll. Les valeurs mesurées pour les quatre surfaces du cube sont relevées pendant tout le processus de refroidissement jusqu'à la température ambiante.

LISTE DES APPAREILS

1	Cube de Leslie avec chauffage @230V	1017730	(U8498299-230)
ou			
1	Cube de Leslie avec chauffage @115V	1017729	(U8498299-115)
1	Thermopile d'après Moll	1000824	(U8441301)
1	Amplificateur de mesure U @230V	1020742	(U8557560-230)
ou			
1	Amplificateur de mesure U @115V	1020744	(U8557560-115)
1	Multimètre numérique P3340	1002785	(U118091)
2	Paire de cordons de sécurité, 75 cm, rouge/bleu	1017718	(U13816)

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

Risque de brûlure : Le cube de Leslie est chauffé jusqu'à des températures de 120 °C dans l'expérience.

- Ne pas toucher le cube de Leslie durant l'expérience, par ex. en tournant le cube.

MONTAGE

Note :

Afin d'éviter une dérive de la tension de sortie, le boîtier en métal de la thermopile doit être compensé avec la température ambiante. La chaleur du corps et d'autres influences extérieures peuvent également fausser le résultat.

- Une fois l'expérience en place, attendre quelques minutes avant l'acquisition des mesures.
- Ne pas toucher la thermopile durant la mesure.
- Éviter le rayonnement direct du soleil ou la proximité d'un radiateur.
- Éviter les courants d'air et les variations de température ambiante durant la mesure.
- Orienter la thermopile d'après Moll dans le support du cube de Leslie sur le centre du cube, fixer et brancher à l'amplificateur de mesure.
- Allumer l'amplificateur de mesure U et régler l'amplification 10^3 ainsi que la constante temps 0,1 s.
- Brancher le multimètre numérique comme tensiomètre à la sortie de l'amplificateur de mesure U et l'allumer.
- Régler la plage de mesure 20 V DC.
- Ajuster la tension de sortie U de la thermopile sur zéro à l'aide du régulateur d'offset de l'amplificateur de mesure.
- Vérifier le résultat pour les quatre surfaces du cube de Leslie.

RÉALISATION

- Allumer le cube de Leslie avec chauffage et lire la première température affichée comme température ambiante ϑ_0 .
- Régler la température de consigne du cube de Leslie sur $\vartheta = 40$ °C et attendre que la température réelle ait atteint cette valeur.
- Tourner les quatre surfaces du cube de Leslie l'une après l'autre, attendre que la tension de sortie U de la thermopile soit stable et noter sa valeur.
- Augmenter la température de consigne par incréments de 10° dans la plage de 40 °C à 120 °C et mesurer à chaque fois la tension de sortie U pour les quatre surfaces.

EXEMPLE DE MESURE ET ÉVALUATION

- Utiliser les températures réelles ϑ mesurées en °C pour calculer les températures absolues $T = \vartheta + 273,15$ K et ainsi obtenir le terme $T^4 - T_0^4$, puis le saisir dans le Tab. 1.
- Créer un schéma avec les tensions mesurées pour les quatre surfaces par rapport à $T^4 - T_0^4$.
- Ajuster les droites d'origine (voir Fig. 2) et saisir leurs valeurs dans Tab. 2.

Les différentes pentes des droites d'origine correspondent aux différentes capacités d'absorption des surfaces du cube de Leslie. Étonnamment, la capacité d'absorption de la surface blanche est supérieure à celle de la surface noire dans la plage de longueurs d'ondes infrarouges de l'expérience.

Tab. 1: Valeurs mesurées pour l'intensité rayonnée par les quatre surfaces par rapport à la température du cube de Leslie

ϑ	U / mV	U / mV	U / mV	U / mV	$\frac{T^4 - T_0^4}{10^8 \cdot \text{K}^4}$
	mat	brillant	blanc	noir	
27 °C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
40 °C	0,09	0,01	1,03	0,98	15,0
50 °C	0,20	0,05	1,97	1,83	27,9
60 °C	0,35	0,09	3,14	2,94	42,0
70 °C	0,52	0,13	4,15	3,88	57,5
80 °C	0,70	0,18	5,56	5,21	74,4
90 °C	0,87	0,25	6,79	6,39	92,8
100 °C	1,10	0,32	8,26	7,76	112,7
110 °C	1,25	0,38	9,61	9,07	134,4
120 °C	1,44	0,39	11,12	10,48	157,7

Tab. 2: Les pentes α des droites d'origine et leurs valeurs relatives

Pente	mat	brillant	blanc	noir
$\frac{\alpha}{\text{mV} / 10^8 \cdot \text{K}^4}$	0,009	0,003	0,072	0,068
α_{rel}	12,9%	3,6%	100,0%	94,1%

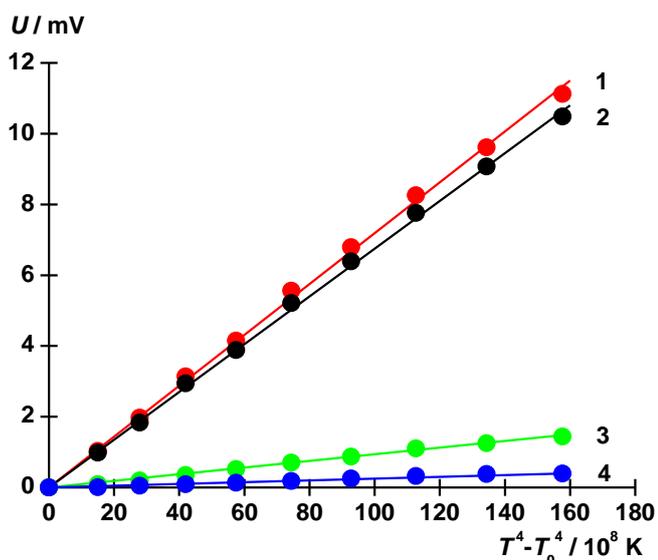


Fig. 2 Intensité des radiations thermiques émises par le cube de Leslie en fonction de $x = T^4 - T_0^4$

1 : surface blanche, 2 : surface noire,
3 : surface mate, 4 : surface brillante

