

FP Versuch Stefan-Boltzmann Konstante

9. März 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Experimenteller Aufbau des Experiments	2
3	Auswertung	3
4	Aufgaben	3
	Literaturverzeichnis	3

1 Einleitung

Das Stefan Boltzmann Experiment verifiziert ein fundamentales Gesetz der Physik welches Ende des 19. Jahrhunderts von den Herren Stefan [1] experimentell entdeckt und Boltzmann [2] mit einem thermo- und elektrodynamischen Ansatz beschrieben wurde. Boltzmann konnte so die T^4 Abhängigkeit der abgestrahlten thermischen Leistung P eines Körpers als Funktion dessen Temperatur T erklären. Jeder Körper mit einer Temperatur über dem absoluten Nullpunkt strahlt Wärmeenergie ab und absorbiert Wärmeenergie aus seiner Umgebung. Ein Körper mit dem Emissionsgrad ϵ , der Temperatur T und Oberfläche A gibt eine thermische Strahlungsleistung von $P = \sigma \cdot \epsilon \cdot A \cdot T^4$ an seine Umgebung ab. σ ist dabei die Stefan-Boltzmann Konstante, welche in diesem Experiment gemessen werden soll. Der Literaturwert dieser Naturkonstanten beträgt $\sigma = (5.670367 \pm 0.000013)W/(m^2 K^4)$. Für den

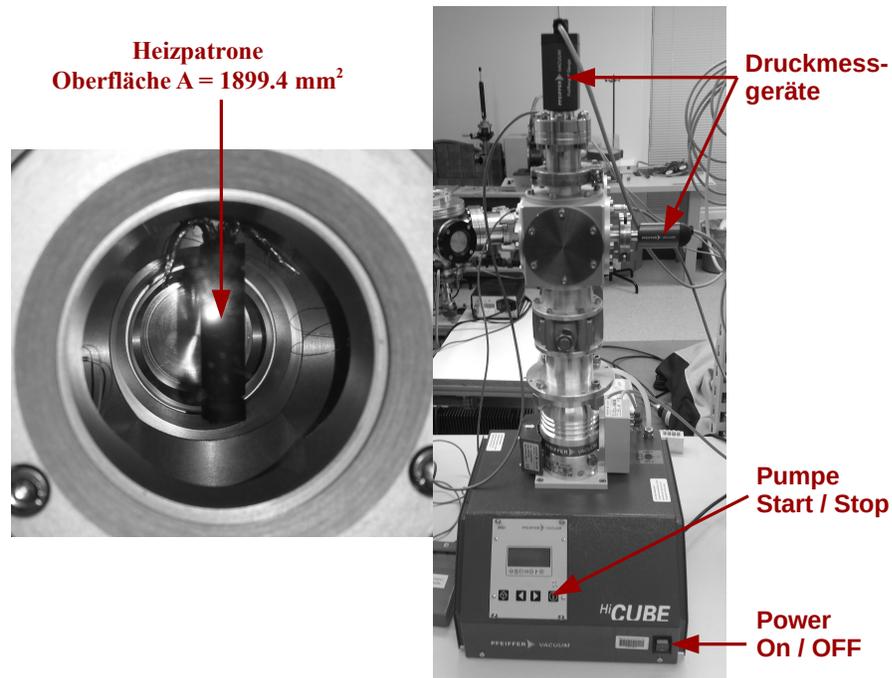


Abbildung 1: Heizpatrone und Pumpstand.

idealen schwarzen Körper gilt $\epsilon = 1$. Durch Einführung des Planckschen Wirkungsquantum h konnte Max Planck [3] eine Beziehung mit anderen Naturkonstanten in Verbindung bringen $\sigma = (2\pi^5 k_B^4)/(15h^3 c^2)$ und eröffnete damit die Tore zur Quantenphysik. Dabei sind k_B die Boltzmann Konstante und c die Lichtgeschwindigkeit.

2 Experimenteller Aufbau des Experiments

Abbildung 1 zeigt den Aufbau vom Stefan Boltzmann Versuch. Das Vakuum kann einfach mit dem kombinierten Pumpstand mit Vorvakuum- und Turbopumpe erzeugt werden. Einfach einschalten und etwa 15-20 Minuten warten bis der Druck unter 10^{-4} mbar ist. Danach kann mit der Messung begonnen werden. Machen Sie etwa 6 bis 8 Messungen zwischen Raumtemperatur und etwa $450^\circ \text{ Celsius}$. Pro Messpunkt müssen Sie sich etwa 30-60 Minuten gedulden bis das thermodynamische Gleichgewicht eingetreten ist. Mit dem Datenlogger Pico TC08 lässt sich der Temperaturverlauf einfach grafisch darstellen. Zum Ausschalten der Pumpen den Knopf Pumpe Start/Stop drücken und 20 Minuten warten und dann Power Off drücken.

Material	Länge [mm]	Durchmesser [mm]	Wärmeleitfähigkeit [$Wm^{-1}K^{-1}$]
6 mal Kupfer	16	0.28	390
2 mal Ph-Bronze	20	0.26	69.9
1 mal Alumel	30	0.2	29.7
1 mal Chromel	30	0.2	19.2

Tabelle 1: Tabelle der Drähte mit welchen die Heizpatrone an die Vakuumkammer montiert ist.

3 Auswertung

Um die Strahlungsleistung des schwarzen Körpers abzuschätzen wird die zugeführte Heizleistung $P = U \cdot I$ minus die Verlustleistung durch die Drähte genommen. Die Verlustleistung durch die Drähte ist:

$$P_V = \sum_i \lambda_i \cdot \frac{c_i}{L_i} \cdot \Delta T$$

Dabei sind λ_i die thermische Leitfähigkeit, c_i der Querschnitt und L_i die Länge des entsprechenden Drahtes. Die Werte finden Sie in der Tabelle 1. $\Delta T = T_{Heizer} - T_{Umgebung}$ ist der Temperaturunterschied zwischen Heizer und der Wand der Vakuumkammer.

4 Aufgaben

- Machen Sie sich mit den historischen Gegebenheiten vertraut. Einfach geht es hier [4].
- Berechnen Sie für jeden Messpunkt die Stefan-Boltzmann Konstante σ und bilden den Mittelwert und Standardabweichung.
- Tragen Sie die Strahlungsleistung $\frac{U \cdot I - P_V}{\epsilon A}$ in Funktion von $T_{Heizer}^4 - T_{Umgebung}^4$ auf und fitten Sie eine Gerade in die Daten. Die Steigung ist dann die gesuchte Stefan Boltzmann Konstante σ .
- Berechnen Sie für jeden Messpunkt den Emmissionsgrad ϵ in dem Sie für die Stefan-Boltzmann Konstante σ den Literaturwert einsetzen.

Literatur

- [1] Jozef Stefan, Ueber die Beziehung zwischen der Wärmestrahlung und der Temperatur, Sitzungsberichte der mathematisch- naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, 79.2 (1879): 391
- [2] Ludwig Boltzmann, Ableitung des Stefan'schen Gesetzes, betreffend die Abhängigkeit der Wärmestrahlung von der Temperatur aus der elektromagnetischen Lichttheorie, Annalen der Physik und Chemie. 22.3 (1884): 291
- [3] Max Planck, Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum, Verhandlungen der deutschen physikalischen Gesellschaft, 2.17 (1900): 245
- [4] <https://de.wikipedia.org/wiki/Stefan-Boltzmann-Gesetz>