



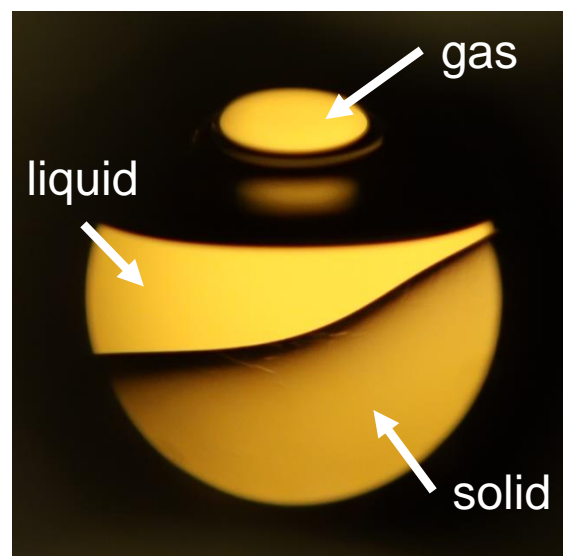
# Cryogenic Temperature Calibration of the $T_2$ ApIR Experiment

## Bachelor's project at IAP-TLK

### Background

The Tritium Absorption InfraRed ( $T_2$ ApIR) experiment at the Tritium Laboratory Karlsruhe (TLK) aims to investigate the different hydrogen isotopologues ( $H_2$ , deuterium  $D_2$ , tritium  $T_2$ , HD, HT, DT) in the gaseous, liquid, and solid phase. The experiment consists of a sample cell, which can be cooled down below the triple point of  $H_2$  at 14 K, and is accessible to optical spectroscopy and photography. A main focus of  $T_2$ ApIR is infrared spectroscopy on liquid tritium ( $T_2$ ) and the tritiated hydrogen isotopologues (HT, DT). The spectral features of liquid hydrogen isotopologues depend on the density, and thereby sensitively on the temperature, as for example the density of liquid hydrogen ( $H_2$ ) changes by around a factor of 3 between its triple point at 14 K and its boiling point at 20 K. Accurate knowledge of the temperature of the measurement cell is therefore essential to ensure reproducible spectra and compare them with theoretical calculations.

# $T_2$ ApIR



### Tasks

This project will be performed at the Tritium Laboratory Karlsruhe at KIT Campus North, and will consist of an experimental and an analysis part.

The focus of this work is the temperature calibration of the  $T_2$ ApIR measurement cell. This temperature calibration will be performed using measurements of the saturated vapor pressure over liquid hydrogen ( $H_2$ ), deuterium ( $D_2$ ), and neon (Ne) in order to cover a temperature range from 14 K to 30 K. Repeated measurements will be used to investigate the repeatability and the influence of thermal cycles between cryogenic temperature and room temperature of the entire experiment. The impact of different liquid levels inside the cell, and their change due to the changing density during measurements is of interest as well. Once these measurements have been performed, they are to be analyzed in order to derive a robust temperature calibration of the measurement cell. As an application of this calibration, a comparison of an optical estimation of the liquid density against literature density values is to be performed in order to estimate the achievable uncertainty in this setup.



## Organisation of the bachelor's project

Training phase: Basics on cryogenic and temperature measurement technology, data analysis

Afterwards, an introductory presentation will be given.

Experimental phase:

- Perform saturation vapor pressure measurements with the T2ApIR experiment
  - of hydrogen, deuterium, and neon
  - At different filling levels
  - Multiple times to investigate repeatability

Analysis phase:

- A temperature calibration of the available temperature sensors based on the saturation vapor pressure measurements is developed
- An estimation of the achievable uncertainty on optical density measurements is made

Writing phase: Writing up the bachelor's thesis

Final presentation: After submission of the thesis

## Relevant Topics

- Cryogenics and temperature measurement
- Cryogenic liquids (hydrogen, deuterium, neon)
- Data analysis, e.g. with Python
- Scientific research and communication of the results

## What will be helpful

- Aiming to acquire experience in a lab environment
- Careful consideration of potential factors affecting a measurement

## Supervision:

**Dr. Robin Größle**

[robin.groessle@kit.edu](mailto:robin.groessle@kit.edu)

**Dr. Alexander Marsteller**

[alexander.marsteller@kit.edu](mailto:alexander.marsteller@kit.edu)

**Prof. Dr. Kathrin Valerius**

[kathrin.valerius@kit.edu](mailto:kathrin.valerius@kit.edu)

**The bachelor's project will take place  
at IAP-TLK at KIT Campus North.**



# Kryogene Temperaturkalibrierung des $T_2$ ApIR Experiments

## Bachelor Projekt am IAP-TLK

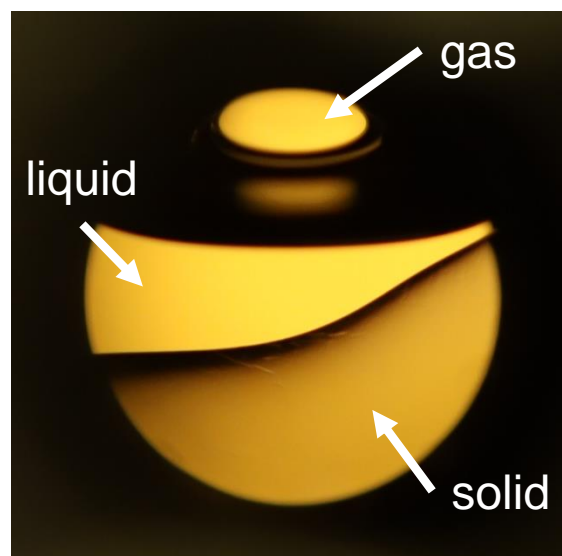
### Hintergrund

Das Tritium Absorption InfraRot ( $T_2$ ApIR) Experiment am Tritiumlabor Karlsruhe (TLK) hat zum Ziel, die verschiedenen Wasserstoffisotope ( $H_2$ , Deuterium  $D_2$ , Tritium  $T_2$ , HD, HT, DT) in der gasförmigen, flüssigen und festen Phase zu untersuchen. Das Experiment besteht aus einer Probenzelle, die unter den Tripelpunkt von  $H_2$  bei 14 K abgekühlt werden kann und für optische Spektroskopie und Fotografie zugänglich ist. Ein Schwerpunkt von  $T_2$ ApIR ist die Infrarotspektroskopie an flüssigem Tritium ( $T_2$ ) und den tritiierten Wasserstoffisotopen (HT, DT). Die spektralen Eigenschaften von flüssigen Wasserstoffisotopen hängen von der Dichte und damit empfindlich von der Temperatur ab. So ändert sich beispielsweise die Dichte von flüssigem Wasserstoff ( $H_2$ ) zwischen dem Tripelpunkt bei 14 K und dem Siedepunkt bei 20 K um etwa einen Faktor 3. Die genaue Kenntnis der Temperatur der Messzelle ist daher unabdingbar, um reproduzierbare Spektren zu gewährleisten und diese mit theoretischen Berechnungen zu vergleichen.

### Aufgaben

Dieses Projekt besteht aus einem experimentellen und einem analytischen Teil. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Temperaturkalibrierung der  $T_2$ ApIR-Messzelle. Diese Temperaturkalibrierung wird mithilfe von Messungen des gesättigten Dampfdrucks über flüssigem Wasserstoff ( $H_2$ ), Deuterium ( $D_2$ ) und Neon (Ne) durchgeführt, um einen Temperaturbereich von 14 K bis 30 K abzudecken. Durch wiederholte Messungen werden die Wiederholbarkeit und der Einfluss thermischer Zyklen zwischen kryogener Temperatur und Raumtemperatur des gesamten Experiments untersucht. Der Einfluss unterschiedlicher Flüssigkeitsstände innerhalb der Zelle und deren Änderung aufgrund der sich ändernden Dichte ist ebenfalls von Interesse. Sobald diese Messungen durchgeführt wurden, sollen sie analysiert werden, um eine robuste Temperaturkalibrierung der Messzelle abzuleiten. Als Anwendung dieser Kalibrierung soll eine optische Messung der Flüssigkeitsdichte mit Literaturwerten verglichen werden, um die erreichbare Unsicherheit in diesem Aufbau abzuschätzen.

# $T_2$ ApIR





## Aufbau des Bachelor Projekts

Trainingsphase: Grundlagen der Kryotechnik, Temperaturmesstechnik, Datenanalyse

Anschließend wird ein Einführungsvortrag gehalten.

### Experimentierphase:

- Durchführung von Dampfdruckmessungen mit dem T<sub>2</sub>ApIR experiment
  - an Wasserstoff, Deuterium, und Neon
  - Bei unterschiedlichen Füllständen der Messzelle
  - Mehrfach, um die Wiederholbarkeit zu untersuchen

### Analysephase:

- Erarbeitung einer Kalibrierung der verfügbaren Temperatursensoren
- Abschätzung der Unsicherheit auf eine optische Dichtemessung mit dem vorhandenen Aufbau

Schreibphase: Anfertigen der Bachelorarbeit

Abschlusspräsentation: Nach Abgabe der Bachelorarbeit

## Relevante Themen

- Kryotechnik und Temperaturmessung
- Kryogene Flüssigkeiten (Wasserstoff, Deuterium, Neon)
- Datenanalyse, z.B. mit Python
- Wissenschaftliches Arbeiten und Kommunikation der Ergebnisse

## Hilfreich dabei sind

- Der Wunsch Erfahrung im Laborumfeld zu gewinnen
- Sorgfältige Betrachtung von Faktoren die eine Messung beeinflussen können

## Betreuung:

Dr. Robin Größle

Dr. Alexander Marsteller

Prof. Dr. Kathrin Valerius

[robin.groessle@kit.edu](mailto:robin.groessle@kit.edu)

[alexander.marsteller@kit.edu](mailto:alexander.marsteller@kit.edu)

[kathrin.valerius@kit.edu](mailto:kathrin.valerius@kit.edu)

Dieses Bachelor Projekt wird am IAP-TLK am KIT Campus Nord stattfinden.