

<科目名>

基礎実験Ⅰ(物理学)α、基礎実験Ⅱ(物理学)α

<担当教員名>

野口 篤史 (先進科学研究機構・准教授)

u-atsushi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp



<講義題目>

アドバンスト理科・研究入門

【授業の目標・概要】

人類は自然を観察し、その応答を調べることで中世から続く自然科学を発展させてきました。20世紀前半には、核磁気共鳴(NMR)という手法が発展し、物質の中の量子的な自由度である核スピンを制御することができるようになりました。近年では、この技術は医療分野や化学分野でも広く用いられています。さらに20世紀後半には、個々の量子の観測や制御を行えるまでになり、人類はいまや一個の原子を見ることもできますし、次々に新たな物質も生み出しています。この営みは、現代では、自然の応答を観察することを超え、自然を制御するにまで至ろうとしています。このようにして現れたのが量子技術と呼ばれる、近年注目を浴びている分野です。この分野では、量子を観察するだけでなく、その振る舞いを制御して新しい機能を発現させることを目指しています。量子技術の最も有名な例は、近年ニュースなどでも盛んに耳にする量子コンピュータです。とくにIBM Qなどが公開している超伝導量子コンピュータでは、超伝導体で作った電気回路を使い、マイクロ波によってその量子状態を制御することで計算を行います。

本授業では、主に二つの実験を対象にみなさんに実験をしてもらいます。

1. 東大のキャンパス内にあるIBM Q実機を目の前にし、マイクロ波を用いてその測定や制御技術を学ぶ。
2. NMR装置を構築し、水分子の核スピンを観測する。また、開発するNMR装置と研究室にある光ピンセット技術を組み合わせ、新奇な物理系を実現する。

1の内容では、東大内にあるIBM Q実機を利用することで、実際にIBM Qの超伝導量子コンピュータを目の前にし、量子ビットを測定し、その振る舞いを見る実験を行います。実際に制御可能な量子系として、超伝導量子コンピュータを物理レイヤーから触ってみます。多くの超伝導量子ビットはマイクロ波の周波数に共鳴をもつため、マイクロ波帯の周波数を持つ電磁波を制御し量子ビットに印加することで量子ビットを制御することができます。量子といっても、何もすごく特殊なことはなく、こうしたマイクロ波の制御技術は通信技術にも広く用いられているものです。2の内容では、物質中の核スピンを制御・観測するシステムを構築してもらいます。核スピンは磁場中で固有のエネルギーを持つ量子ビットとして扱うことができます。これは1の内容で触れる量子ビ

ットと本質的にはあまり差がなく、磁場中の核スピんに共鳴する振動磁場を印加することで制御することができます。そこで、2の内容では、実際にそのように振る舞う NMR の実験系を立ち上げるところから始めたいと思います。古くからある NMR の実験系ですが、それを零から立ち上げることは得るものが大きいと思います。水を試料に、水分子に含まれる陽子の核スピンを観測することを目標にしています。

NMR 装置は、単に核スピンをみるにとどまらず、実験の進捗状況によっては、当研究室にある大気中でのナノ粒子光ピンセット技術を組み合わせることを考えています。磁性ナノ粒子を浮遊させ、その運動を NMR 装置でプローブすることにより、新奇な物性実験のプローブとして NMR 技術の応用を目指します。

基本的にはこの内容で考えていますが、強い希望がある場合、私たちの研究室で行っている別の研究に参加することもあり得ます。臨機応変に対応したいと思います。

<受講人数>

1～2名

<実験実施場所>

駒場 II キャンパス T 棟 002/005 号室など

<個別ガイダンス>

2021 年 9 月 22 日 12:15 から野口研究室の個別ガイダンスを行います。30-60 分程度と思います。受講希望者は以下の Zoom 登録用 URL から登録をお願いします。個別ガイダンスに登録した人に第 1 段階選抜用のアンケートをお送りしますので、個別ガイダンス自体に都合がつかず参加できなくても、第 1 段階の選抜を受けることは可能です。

URL : <https://u-tokyo-ac-jp.zoom.us/meeting/register/tZEucOyoqz8sE9Nts8Hy2XJhIXL2Y8JF2RiU>

<選抜方法と選抜方針>

選抜は以下の 2 段階で行います。

・ 1 段階選抜：アンケート

9 月 22 日のガイダンス後に、上記 zoom 登録者のメールアドレスにアンケートを配布します。9 月 28 日に提出を締め切り 9 月 30 日までに面接対象者を発表し、対象者に面接日時を連絡します。

・ 2 段階選抜：オンラインでの面接

10 月 1-6 日のどこかで 1 人 30 分程度で行います。10 月 7 日までに選抜結果を発表します。

なお、面接対象者に選ばれていても、A1 ターム第 1 週 (10 月 3-7 日) に行われる第 1 回目の基礎実験 (物理学) を必ず受講してください。受講希望曜日の基礎実験 (物理学) I に仮登録してアクセスするようお願いします。

・選抜方針

選抜では、意欲を重視します。意欲調査では自身の興味や身につけたい実験的技術に関してなるべく具体的に記述してください。

量子技術とは言っても、制御に使う装置や測定系自体はパソコンによって制御されます。そのため、各種実験装置をパソコンで制御する技術が重要になってきます。この基礎実験の中でこうしたスキルを身に付けてもらう予定ですが、もし python などを使ってハードウェアを開発した経験があれば、非常に助けになると思います。ですが python 自体未経験でも、問題はありません。

コロナ感染症の状況にもよりますが、配属後には基本的な実験操作を身に着けるため、講義時間の多くを現地での実験に費やし、オンラインでの実施は限定的となる予定です。Python でのプログラミングも、研究室で装置自体を目の前に置いての開発になると思います。

・コメント

完全に動くことがわかっている装置で実現できることがわかっていることをやるわけではないので、実験目標が達成されない場合もあると思います。そういった失敗を学ぶこと、また失敗から学ぶことが研究を通して手に入る財産となるでしょう。是非、良い失敗をしてたくさん学んでください。