

2 年生実験講習会

9 6 物理分野「ダークマターを捉える」

(1) 実験講習会の概要

本実験講習会は、名古屋大学理学研究科物理学教室基本粒子研究室（F研）の全面的な支援により実施されたもので、以下に概要を日程順に示す。

本年 4 月に、光速の測定実験と原子核乾板を用いた実験からなる実験講習会「ダークマターを捉える」の企画を提示して 1 年生から 3 年生に幅広く希望者を募った。その後、参加希望者から日程や内容の希望を聞き、それをもとに大学と相談して実験内容を決定した。その結果、生徒 3 名が光速の測定実験を、15 名が原子核乾板の実験を行うことになった。実験講習会の内容を次に示す。

7 月 7 日（土）は、参加生徒全員がスライドガラスに乳剤を塗って原子核乾板の作成を体験して、原子核乾板の理解を深めた。その後、7 月 12 日（木）に、自分で作成した原子核乾板を含む 5 枚の乾板を生徒に配布し、その日から 7 月 27 日（金）までの間に、各自で自分の計画により原子核乾板を用いた放射線測定実験を行わせた。7 月 31 日（火）には、希望者により研究室を訪れ、原子核乾板の現像作業を実施した。

8 月 1 日（水）～ 3 日（金）の本実験では、3 日連続で大学の研究室に通い、最初の 2 日間はテーマに分かれて実験をし、3 日目には、自分たちの実験で分かったことをまとめ、追実験を実施した後に、発表会を実施した。

(2) 打ち合わせの経緯

本実験講習会は、平成 16 年度から名古屋大学理学研究科物理学教室基本粒子研究室（F研）のご援助で実施してきたSSH授業（特別研究「宇宙線を捉える」）を実験講習会の形式へと発展させたものである。

本年度の打ち合わせの経緯は、始めに 4 月に大学を訪ね、丹羽公雄先生と中村光廣先生に実験講習会を依頼し、その後にメールや電話での打ち合わせを行った。その後、6 月 22 日（金）には、TA を含むスタッフ全員で、講習会の形式や内容について詳細に打ちあわせた。その後も、7 月 7 日（土）や 7 月 31 日（火）の生徒の講習会の終了後に、その後の実験内容の検討を実施し、本実験となった。

(3) 仮説（ねらい、目標）

本特別研究のねらいは以下のア～エの通りである。

ア 光速度のような求めにくい量を測定をする際には、実験上の工夫や機器の調整などの、高度で手間のかかる過程が必要となることを体験する。

イ 原子核乾板に写っている放射線飛跡から分かる断片的な観測事実から自然の営みを推論する過程を体験し、自然現象の論理的な考察手法について考える。

ウ 実験結果をまとめて発表して他から批判を受けることにより、表現力を養うとともに論理的な考察力や実験の企画力を養う。

エ 現代物理学で最も重要な問題であるダークマターの諸知識を学ぶ。

(4) 研究の方法および内容

ア 対象生徒

1 年～ 3 年の生徒から希望者（17 名）を参加させた。

イ 実施日程と主な内容

(ア) 事前実験 1（平成 19 年 7 月 7 日（土）：名古屋大学で実施）

a 原子核乾板について

原子核乾板（O P E R Aフィルム）はプラスチックのベースの両面に乳剤が塗ってあり、その上に薄い保護層が塗ってある。乳剤層を荷電粒子が通ると、臭化銀の銀イオンが銀となることが原因で飛跡が残る。原子核乾板は放射線や素粒子の現象をミクロンの精度で記録することのできる唯一の測定器である。

b 原子核乾板の製作体験

暗室中で、スライドガラスに乳剤を一定の厚さで塗布して、原子核乾板を作成した。また、フィルムに写った不要な飛跡をリセット（消去）する過程であるリフレッシュの過程について解説を受けた。

c 光速度の測定法について

ガリレオの光速度の測定実験やフィゾーやフーコーの光速度の測定実験について概要を学習した（実験講習会の本実験では、初の室内での光速測定実験であるフーコーの光速度実験を体験する）。

d 水滴が落下するときの形について

雨粒が空気中を落下するときの形状を観察するための試作器を見学した。新しい研究をするためには自分で装置を作らなければいけないことが分かった。

(I) 事前実験 2 平成 19 年 7 月 12 日（木）～ 27 日（金） 各自で自宅等で実施

a 原子核乾板への放射線飛跡の撮像

自分で作成した原子核乾板や提供していただいた O P E R A フィルムに各自で放射線飛跡を写す実験をした。生徒が計画した飛跡の撮像対象は次の通り。

(a) ランタンのマントルから出る 線

(b) 塩化カリウム、硝酸カリウムから出る 線

(c) 花こう岩から出る 線

(d) 地球に降り注ぐ宇宙線

(e) 陰極線管から出る X 線

(f) (a)～(e)の線源をラップフィルムや金属片で遮蔽した時の遮蔽効果

(II) 直前準備 平成 19 年 7 月 31 日（火） 名古屋大学で実施

a 原子核乾板の現像

名古屋大学 F 研の暗室で、参加生徒のうち希望した 3 名が、撮像を終えた原子核乾板を現像処理した。原子核乾板の現像処理は、現像、停止、定着、水洗、乾燥の各過程からなり、一般のフィルムの現像過程とほぼ同じである。

b 野依記念物質科学研究館の見学

現像処理の待ち時間にノーベル賞受賞者である野依先生の研究を紹介する野依記念物質科学研究館の展示を見学した。

(I) 本実験 平成 19 年 8 月 1 日（水）～ 3 日（金） 名古屋大学で実施

a グループ別実験

光速度測定班（3 名）と原子核乾板班（13 名、6 グループ）に別れて実験した。

(a) 光速度測定班

愛知工業高校講師林熙崇先生のご指導で、フーコーによる光速度測定実験を再現した。本実験では光源にレーザー光を使用し、回転鏡の駆動部には黒板消しクリーナーのモータを使用している。また、測定結果を読み取る部分には望遠鏡と TV カメラといった身の回りにある物を利用している。このよ



光速度の測定実験の様子



原子核乾板の解析の様子



ダークマターとは何か（院生による解説）

うなありふれた装置で、工夫をすれば室内で光速が求められれしうところ、この実験を体験する意味があるように思われた。

1 日目に測定原理を学習した後に、生徒だけで新たな条件でセッティングを行い、その後、測定と調整を繰り返し、光速として $3.0 \sim 4.6 \times 10^8 \text{m/s}$ の測定値を得た。誤差が大きいのは回転鏡に用いた鏡の精度や、望遠鏡と TV カメラの光軸の精度等によるものと思われる。

(b)原子核乾板班

中村光廣先生と T A の方のご指導で、コンピューターに連動した顕微鏡装置を用いて、各班ごとに異なるテーマで測定を繰り返した。主なテーマは以下の通り。

- ・ 原子核乾板中の同じ位置から出ていると考えられる 崩壊の複数の飛跡からそれぞれの 崩壊のエネルギーを求め、始めにその位置にあった親原子核を探る。
- ・ 崩壊の飛跡の長さとお P E R A フィルムの組成等から、崩壊の飛跡の始めから終わりまでの間に、粒子がいくつの原子核と衝突したかを推定する。
- ・ 原子核乾板に記録された X 線飛跡から、照射した X 線がどれだけの線量であった（グレイ数）かを推定する。

b 実験結果についてのプレゼンテーション

各班の実験結果を実物投影機と O H P を用いてプレゼンテーションした。それに先立って、各班で意見をまとめながら、必要に応じて追実験

を実施した。

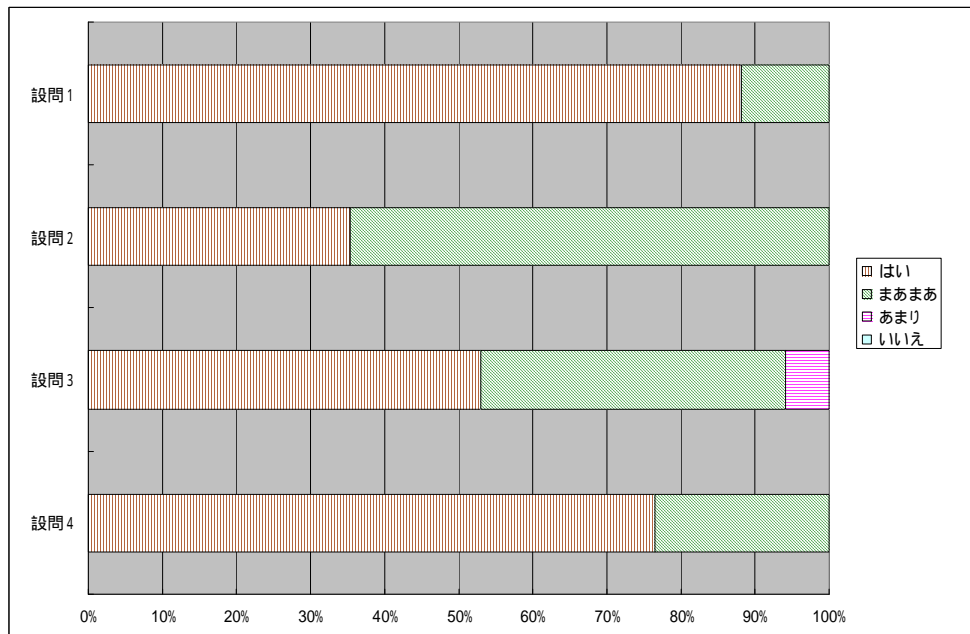
c 基本粒子研究室（F 研）での研究紹介

重粒子線治療のための基礎データの収集、宇宙線による火山の内部構造の観測、ダークマター捕捉のための高精度原子核乾板の開発など、F 研で取り組んでいる研究の紹介を受けた。

(5) 検証（成果と反省）

ア 事後アンケートの結果から

事後アンケートの集計結果



- 設問 1 実験の内容は面白かったですか。
- 2 実験の内容はこれからの自分にとって役に立つと思いますか。
- 3 実験の内容をさらに学習したいと思いますか。
- 4 今後もこのような企画があれば参加してみたいと思いますか。

事後アンケートの結果を見ると、参加者の全員が、実験内容を面白いと感じ、今後もこのような機会があれば参加したいと答えている。また、「実験の内容はこれからの自分にとって役に立つと思いますか」との問に対しても、全員が肯定的に答えている。募集形態が希望者であったためとも意識の高い生徒が集まり、全員が意欲・関心を持って取り組んだことが伺える。

イ 生徒の実験レポートから

生徒の実験レポートの感想からは、生徒が興味を持って実験に取り組んだ様子がよく分かる。以下に生徒の感想の一例を示す。

- ・新しい知識を知ることができて3日間が新鮮であった。何も知らなかったけど好奇心から入って、少しは分かるようになってうれしかった。
- ・実験はあまりいい結果が出なかったけれど、フーコーの実験を理解できた。
- ・ダークマターの検出方法についてもいろいろな方法があり、いろいろなアプローチがされていると思った。
- ・原子核乾板の仕組み、宇宙線とは何か、大学の施設見学等の貴重な経験が出来て、科学への関心が深まった。
- ・自分でテーマを見つけて実験することは新鮮な体験で楽しかった。大学の研究室の空気を感じられたことも楽しかった。
- ・黒い点の集まりである放射線飛跡にも全て意味があって、その中に肉眼では見えない情報が隠されていると思うと少し不思議です。
- ・実際に研究をしている現場を見られて雰囲気が分かって良かった。
- ・もう少しダークマターに踏み込んでみたかった。