

プレチャレンジ in 大阪



2012年12月20日(木)

大阪・星光学院

主催：物理チャレンジ日本委員会

特定非営利活動法人 物理オリンピック日本委員会 (JPPhO)

〒162 - 8601 東京都新宿区神楽坂 1-3 東京理科大学内

Tel : 03-5228-7406 E-mail : info@jpho.jp

<http://www.jpho.jp/index.html>

プレチャレンジ in 大阪 実施計画

1. 日 時 平成 24 年 12 月 20 日 (木)

2. 会 場 大阪府・星光学院

3. 内 容

日 時 平成 24 年 12 月 20 日 (木) 13 時 00 分～17 時 00 分

場 所 大阪星光学院

出席予定者 JPh0 委員：長谷川修司 (東大)、味野道信 (岡山大)、原田勲 (岡山大)

JPh0 OP 委員：西口大貴 (東大)

スケジュール

13:00 – 13:10 開会あいさつ

13:10 – 13:50 物理 チャレンジ・物理オリンピックの概要紹介 (原田、西口)

13:50 – 14:00 休憩

14:00 – 14:20 実験 レポートの書き方 (長谷川)

14:20 – 14:30 休憩

① 14:30 – 16:00 第1チャレンジ (大気圧、理論・実験) の概要 (長谷川)

② 14:30 – 16:55 第2チャレンジの 実験 (2010年の問題) 演習 (味野、長谷川)

16:55 – 17:00 閉会挨拶

4. 参加スタッフ

JPh0:

味野道信 (岡山大学): 磁性体における磁区などのパターンの普遍性について研究

長谷川修司 (東京大学): STM などにより、“見えないものを見る”ことを目指す

原田 勲 (岡山大学): 新しい科学教育の下での人材育成に集中

西口大貴 (東京大学): 星光学院出身、高校3年生のときに国際物理オリンピック
2007 イラン大会に出場し銅メダル受賞

星光学院: 榎村博仁

5. 参加者 星光学院

実験① 16 名

実験② 23 名

計 39 名

初めに:物理チャレンジ・物理オリンピックから世界へ!

岡山大学 原田 勲

“ボールの落下運動から星の運動までが1つの方程式で記述される“、驚きです。また、“電子のような小さな物体はその居場所、速さが確率的にしかわからない”、どうゆうこと? かの有名なアインシュタインも悩みました。

物理って何か神秘的だけど、難しそう。そう感じていませんか。物理を理解するのは易しくはありませんが、努力すれば、系統的に学ぶ力が付けば、我慢強ければ、必ずそのレベルまで到達できます。そのような学問なのです。

物理の学習は、入試問題の域を一步超えれば、大変興味深い現象とそれらを結ぶネットワークが存在し、一つの現象の理解から次々にそれまでぼやけていた多くの現象がはっきりしだすのです。

どのようなことでも良い、一つ我慢して学んでください。そして、例えば“物理チャレンジ”に挑戦してみてください。第1チャレンジでは、理論問題のほかに、身近なことに対する実験レポートが課せられています。実験とは、目的をもって繰り返し測定し、それらから得られる結論をレポートにまとめる作業を言います。頭だけではなく、五感を総動員し、何かをやり遂げる楽しさを感じてください。これまで、物理は苦手と思っていた人の中にも、“あれ、意外に私は物理に向いているのでは“と思える人もあるでしょう。

更に進めば、第2チャレンジ、国際物理オリンピックへの道が開けます。更に研究者として、世界に羽ばたいて下さい。オリンピックまで進んだ人たちで、今や『物理』のとりこになってしまった人も多くいます。

この講演では、物理チャレンジや国際物理オリンピックの内容紹介や物理を学ぶ時の心構えについてお話しします。皆さんの中から、一人でも多くの方が物理好きになり、将来世界に飛翔・活躍されることを切に願っています。



物理 チャレンジ・物理オリンピックの概要紹介

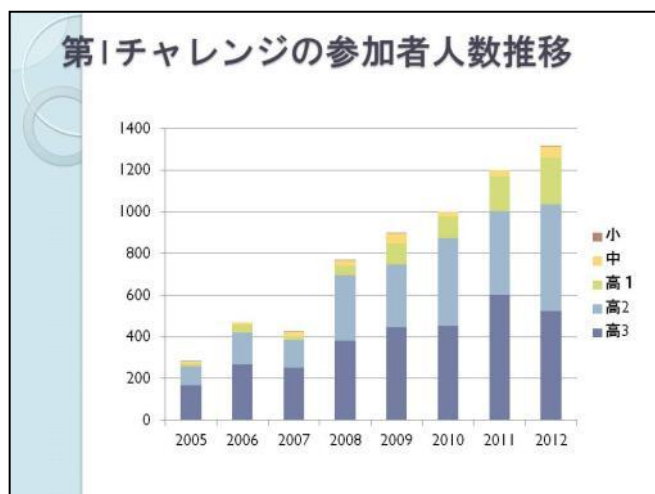
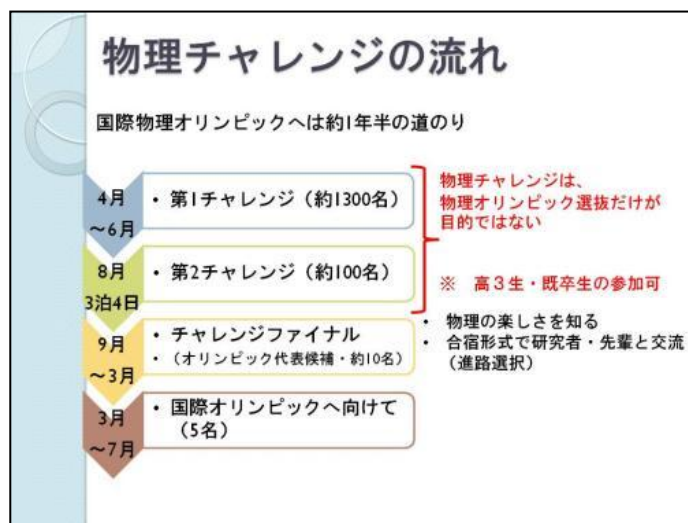
岡山大学 原田 勲

物理チャレンジは、20歳未満で大学などの高等教育機関に入学する前の青少年を対象とした全国規模の物理コンテストです。「高校物理」を履修していなくても挑戦することができ、物理の楽しさ面白さに触れられるのが物理チャレンジの魅力です。

物理チャレンジには、いくつかのステップがあります。

1. 「**第1チャレンジ**」: 「理論問題コンテスト」(90分)と「実験課題レポート」

「理論問題コンテスト」は、全国約70の会場で一斉に実施します。「実験課題レポート」は、実験課題に自宅や学校で実際に取り組み、その結果を実験レポートとしてまとめて提出します。



第1チャレンジ

・ 実験レポート+90分の理論試験

実験レポート課題

2012 音速の測定
2011 大気圧の測定
2010 氷の密度を測ってみよう

【評価のポイント】

- グループで実験しても、先生に聞いても可
- ただし、レポートには「どこまでが自分がやって、どこまでが協力してもらった部分か」をしっかりと区別して書くこと
- 考察は、もちろん自分の意見を書くこと

理論問題（90分）全国各地で一斉試験

理論試験（2010）

- 問題文を読んで楽しめる問題の作成
- 易しい問題から難しい問題まで（難易度の傾斜）

1300人 → 100人

第1問 図1のように、水平な台の上に円形に置かれたチューブが覆われている。チューブは円周の3/4の長さである。ボールを一端から投げ入れると、もう一端から飛び出すボールの軌道はどのようなものになるだろうか。最も適当なものを選べ。

第5問 次の文を読んで、問い（問1～問4）に答えなさい。

問1 図1のように、水平な台の上に円形に置かれたチューブが覆われている。チューブは円周の3/4の長さである。ボールを一端から投げ入れると、もう一端から飛び出すボールの軌道はどのようなものになるだろうか。最も適当なものを選べ。

問2 図2のように、水平な台の上に円形に置かれたチューブが覆われている。チューブは円周の3/4の長さである。ボールを一端から投げ入れると、もう一端から飛び出すボールの軌道はどのようなものになるだろうか。最も適当なものを選べ。

問3 図3のように、水平な台の上に円形に置かれたチューブが覆われている。チューブは円周の3/4の長さである。ボールを一端から投げ入れると、もう一端から飛び出すボールの軌道はどのようなものになるだろうか。最も適当なものを選べ。

問4 図4のように、水平な台の上に円形に置かれたチューブが覆われている。チューブは円周の3/4の長さである。ボールを一端から投げ入れると、もう一端から飛び出すボールの軌道はどのようなものになるだろうか。最も適当なものを選べ。

2. 「第2チャレンジ」：「理論問題コンテスト」と「実験問題コンテスト」（各5時間）

第1チャレンジの総合結果から選抜された約100名が夏休みに一堂に集まる3泊4日の合宿形式です。理論問題、実験問題、それぞれ5時間チャレンジします。第2チャレンジでの成績優秀者には、金賞(6名)、銀賞(12名)、銅賞(12名)、それに優良賞(若干名)などの賞が授与されます。

そのほか、第2チャレンジの期間中には、第一線科学者との対話、最先端研究施設の見学、参加者同士の交流ならびに物理オリンピック日本委員会委員（物理学と関連する分野の研究者）との交流など、物理好き、探求好きの皆さんには充実した4日間になること間違いなしです。

第2チャレンジ (約100名)

3泊4日

・第1チャレンジ (約1300名)
・第2チャレンジ (約100名)
・チャレンジファイナル
・《オリンピック代表候補》 (約10名)
・国際オリンピックへ向けて (1名)

第2チャレンジ

- 3泊4日の合宿形式
- 理論問題5時間・実験問題5時間

1日目	AM	
	PM	開会式
2日目	AM	理論試験
	PM	研究施設訪問 フィジックスライブ
3日目	AM	実験試験
	PM	研究施設訪問 研究者との交流
4日目	AM	閉会式

記念撮影!

・ 物理チャレンジの宿舎は、岡山県の中で最高峰があり、眺望も素晴らしい。理論試験も併せてあったため、リラックスした気分のチャレンジャーが多いですね。

第2チャレンジ 1日目 (開会式)

飯島先生によるご講演

「素粒子」というテーマを軸に、ナノテクノロジー、DNAからニュートリノの観測まで幅広いテーマについてのご講演でした。最新の研究など非常に興味深いお話も多く、講演の後はチャレンジャーからたくさん質問が寄せられました。

けん玉教室

10歳から1歳までの様々な年齢のけん玉教室。参加者も大盛り上がり、楽しそうに遊んでいました。

岡山のみなさんも大歓迎

物理チャレンジ2010の開催に際して、岡山のみなさんが温かく迎えてくださいました。

県知事からの激励

物理チャレンジ2010の開催に際して、岡山のみなさんが温かく迎えてくださいました。

岡山県立美術館による心のこもった演奏

岡山県立美術館による心のこもった演奏。

第2チャレンジ 2日目 (理論試験)

みんな頑張って解いています

岡山学校史跡見学

岡山学校史跡見学

講堂学習は楽しめたかな?

お楽しみ、フィジックスライブ

講堂学習では、授業の中で学んだ内容の復習や、授業で学んだ内容の応用などを行いました。また、岡山学校の歴史や文化についても学びました。

お楽しみ、フィジックスライブ

先生方の授業や実験の様子について、アスリートや研究者と交流し、最新の研究や実験について学びました。

第2チャレンジ 3日目 (実験試験)

測定中...

実験への思いやり

Spring-S 調整!

これがXFELだ!

1つ1つ丁寧に説明いただきました。

完成して作動しているのを見てみたいです。

Farewell Party

突然の発表大会!

発表の準備が完了しました。

発表の準備が完了しました。

発表の準備が完了しました。

第2チャレンジ 4日目 (表彰式)

第1チャレンジ実験優秀賞

優良賞おめでとう!

優良賞は下の11名のチャレンジャーに贈られました。おめでとう!

銅賞おめでとう!

銀賞おめでとう!

金賞おめでとう!

銅賞の11名の皆さんです。本当におめでとう!

銀賞の12名の皆さんです。本当におめでとう!

金賞の7名の皆さんです。本当に素晴らしい成績でした。

物理チャレンジ・オリンピック
日本委員会特別賞

中学生以下の最優秀賞である物理チャレンジ・オリンピック日本委員会特別賞は、岡山県立美術館に贈られました。本当におめでとう!

岡山大学長賞

岡山大学長賞は、女子の中で最高得点を取った人に贈られます。受賞したのは岡山県立美術館女子部3年の眞野純子さんです。おめでとう!

また、「物理チャレンジ」は、**国際物理オリンピック**に派遣する日本代表選考を兼ねています。第2チャレンジでとくに優秀な実力を示し、かつ翌年の国際物理オリンピックの**参加資格**を満たす皆さん（その時点で高校2年生以下）を日本代表候補者として選抜し、さらに通信添削や合宿など研修に参加してもらってスキルアップを図り、最終選考（**チャレンジ・ファイナル**）ののちに5名を日本代表として翌年の国際物理オリンピックに派遣します。

来年の物理チャレンジ挑戦に向けて

2013 年

- ・ 12 月ごろ 実験レポート課題発表（ホームページ）
- ・ 4 月ごろ 参加申し込み
- ・ 6 月ごろ 第 1 チャレンジ
 実験レポート提出（郵送）
 全国一斉理論試験（90 分）
- ・ 7 月ごろ 結果発表
- ・ 8 月 第 2 チャレンジ（つくば）

詳しくは HP をチェック！

<http://www.jpho.jp/index.html>



国際物理オリンピックの経験

東京大学 西口大貴

・国際物理オリンピック日本代表に選ばれるまでの経緯

以前から物理オリンピックに参加してみたいと思っていたので、物理チャレンジに挑戦してみようかと悩んでいたところ、星光学院の石橋先生にも偶然「こんなのあるよ」と物理チャレンジのことを勧められ、決心しました。参加するからには全力を出し切ろうと思い、第1チャレンジの応募課題に奮闘しました。未習範囲もありましたが、先生に質問しながらも自分で勉強して解いたのはいい思い出です。

無事、第2チャレンジに進み、そこで同世代のすごい奴らにたくさん出会いました。物理を話題に盛り上げられる仲間がこれほど多くいるということに驚き喜びました。そんな中で勝ち抜けるのかと不安に思いましたが、運よく銀賞を頂くことができ、翌年の国際物理オリンピックの代表候補として、訓練を受けることとなりました。

候補者としての訓練では、大学レベルを含む内容を参考書片手に勉強し、問題を解いていきました。実際のオリンピックの問題も解きました。大学入試の問題などとは違った、物理現象に対する深い理解力と洞察力を求められる内容に、常にワクワクしていました。訓練合宿では、他の代表候補者と問題やその背景について夜遅くまで議論しました。訓練の過程で、より一層物理が好きになりました。

そして、最終選考の結果、日本代表に選ばれたという知らせを学校で石橋先生から聞き、昼食も喉を通らないくらい驚きました。それ以降は、オリンピックをより意識して勉強に取り組みました。

・国際物理オリンピックに参加してみて

69 か国から参加者がいる国際舞台に日の丸を背負って立つという経験を高校時代に出来たことは、自分の感性や価値観に大きな影響を与えました。様々な国の人と交流することで、多様な考え方を知ることができ、また世界中の同世代の物理や学問に対する思いを知ることができました。

試験の結果、銅メダルをいただきました。今までの努力の結果、メダルが取れたということを嬉しく思う反面、まだまだ上には上がいて、こいつらには負けてられないなという思いを強くしました。

ここで強調したいのは、高校時代に物理チャレンジ・オリンピックに参加することで得られる大切なもの、それは大会でもらうメダルなどではないということです。それは『何事にもためらわず全力で挑戦してみようというチャレンジ精神』と『普通に高校生活を送っていただけでは全く想像もできなかったほど多くの人々との出会い』です。この経験は自分の現在・将来に大きな影響を与えています。

・高校時代の勉強方法

学校の授業で度々ある実験実習はとても大切にし、楽しんで臨んでいました。レポートでの解析も誤差評価までしっかりしていました。もし少しでも分からないことや納得のいかないこと、興味がわいたことがあると、図書館などで調べたり先生に質問したりして、調べつくしていました。

また高1のときに物理同好会を立ち上げて、自分で実験装置を作って遊んでいました。この過程で実験を工夫して上手くやるテクニックと物理現象に対する感覚を身につけられたと思います。

<メモ>

実験レポートの書き方

東京大学 長谷川修司

実験レポートは作文ではありません

皆さんは、小学校のころから多くの「作文」を書いてきたと思います。しかし、実験レポート（研究レポート）は「作文」とは異なるものです。物理チャレンジの募集要項には、「第1チャレンジ実験課題」の後に、「レポートの書き方および形式」が記されていますので、これを良く読んで下さい。

毎年、レポートの採点を行って、感じることを2・3記しておきます。

・セクションに分けて書きましょう

レポートは、(1) 実験の目的、(2) 実験手法、(3) 実験結果、(4) 考察、(5) 結論、(6) 参考資料、(7) 共同実験者と役割分担、のセクションに分けて書いてください。実験レポートは作文ではありませんので、実際に行ったことを順番に書いても良いレポートになるとは限りません。科学で重要な「論理的」な考え方で実験と考察を行っていることがわかるように記述して下さい。実験を一通り行い、結論が得られてから実験の目的をもう一度見直し、レポート全体の構成を考え直して書き始めます。

・事実と意見・考えを明確に分けて記述しましょう

事実とは、実験で得られたデータ・計算の結果や、それらから導かれる誰が見ても異論の無い内容のことで「実験結果」のセクションに書いてください。この事実と、この事実から考えられる自分独自の解釈、考え、意見を「考察」のセクションに記述しましょう。事実と考察を明確に分けることが「論理的」な考え方の第一歩です。

・パソコンで描いたグラフやデータの処理に注意

パソコンを使って折れ線グラフを描くと、多くの場合、測定点をつないで描かれてしまいます。中学校理科で学習するように、測定点には測定誤差が含まれるので、測定点の近くを通るように、理論的に期待される直線またはなめらかな曲線を描きましょう。また、データとして表計算ソフトの表を何枚も綴じてくるレポートが見られますが、単にデータを並べるのではなく、それをグラフ化したりしてデータを吟味しましょう。

<メモ>

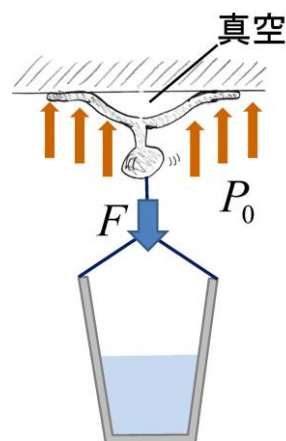
① 第1チャレンジの実験

東京大学 長谷川修司

2011年度の第1チャレンジ実験レポート課題であった「大気圧の測定」の実験を二通り行う。まず、吸盤の実験を通して大気圧の大きさを実感しよう。次に、注射器と台秤を使って、大気圧の測定を行う。そのデータをもとに、グラフの描き方、直線フィット、誤差（不確かさ）の見積もり方を講義する。

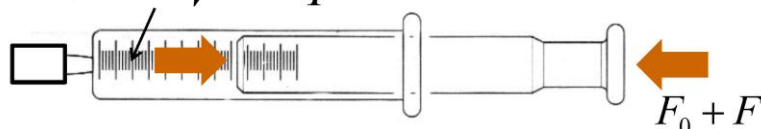
<吸盤の実験>

吸盤に水バケツをつると吸盤には下向きの力 F がはたらく。一方、大気圧 P_0 によって上向きの力がはたらいて吸盤を壁に押し付けている。よって、吸盤の面積を S とすると上向きの力は $P_0 \cdot S$ となる（圧力とは単位面積にはたらく力）。上向きの力と下向きの力が釣りあっているので、 $F = P_0 \cdot S$ 。よって、吸盤でつるせる最大の重さを測定すれば、大気圧を求めることができる。



<注射器を使った実験>

注射器の内部 体積 V 圧力 P



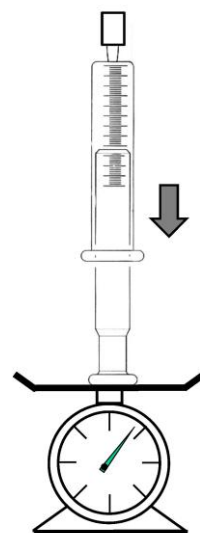
注射器の中に 100 ml の空気を閉じ込めて栓をする。ピストンには、外側から大気圧による左向き力 $F_0 (= P_0 \cdot S)$ がはたらく（ここで S は注射器の断面積）。一方内側の空気も大気圧なので、同じ大きさの力が右向きにピストンにはたらいて、外側からの力と釣りあっている。この状態で、ピストンを力 F で押し込む。そのときの注射器の中の空気の体積を V 、圧力を P とする。ピストンを外から押す力 $F_0 + F$ と、内側から押す力 $P \cdot S$ が釣りあっているので、

$$F_0 + F = P \cdot S$$

ここで、ボイルの法則 $P \cdot V = \text{一定値}(c)$ と、 $F_0 = P_0 \cdot S$ の関係を使うと、

$$F = S \cdot \left(\frac{c}{V} - P_0 \right)$$

F は右図のように台秤で測定し、 V は注射器の目盛で測定できる。 S は、注射器の目盛の間隔を測定することによって計算できる。測定データを、縦軸 F 、横軸 $1/V$ のグラフに描き、データ点を直線でフィッティングする。その直線の $1/V = 0$ のところの値から大気圧 P_0 を求めることができる。



V (ml)	100	90	80	70	60	50	40	30
F (kg)								
F (N)								
1/V (ml)								

②第2チャレンジの実験演習（第2チャレンジ2010実験コンテストより）

岡山大学 味野道信 東京大学 長谷川修司、西口大貴

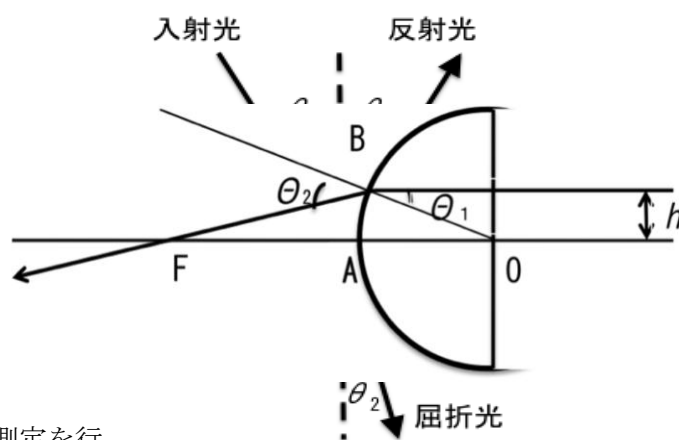
光の波としての性質を調べよう

光は電磁波であると同時に振動数に比例するエネルギーを持つ粒子でもあるという二重性を持つ。今回は、この波動性について調べてみよう。電磁波は、その名前が示すように電場と磁場からなる波である。よく知られているように真空中での光の速さは $c \approx 2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}$ であるが、物質中を進む光の速度を v とすると、この値は c よりも小さくなる。 c/v を物質の屈折率 n と呼び、物質の電氣的、磁氣的性質によって決まる。したがって、物質中の光の伝播や異なる物質の境界面での光の反射、屈折には物質がどの様に電磁波に応答するかが反映される。光の電磁波としての性質を中心に、前半では屈折率について、後半では電磁波の横波としての性質について偏光実験をおこなう。（今回の実験は物理チャレンジ2010実験問題の一部である。テキストとして物理チャレンジ2012第2チャレンジ実験問題を用いる。）

最初に、臨界角（課題1-1）および半円柱レンズの焦点（課題1-2）から屈折率を求める。屈折率の異なる領域の境界面を光が通るときに、屈折や反射が観測される。下図のように、この境界面に立てた法線と光路のなす角 θ_1 , θ_2 , θ_3 を入射角、屈折角、反射角と呼ぶ。入射角と反射角は等しく、入射角と屈折角の間にはスネルの法則と呼ばれる次式の関係がある。

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

光が屈折率の大きな領域から小さい領域に進む場合、入射角に比べて屈折角が大きくなる。このため、入射角がある角度（臨界角）をより大きな角度で入射すると、屈折角が 90° を超えることになり、屈折率の小さい領域に光が進むことができない。このため、すべての光が境界面で反射されることになる。この光が全反射となる入射角を求め、材質の屈折率の測定を行う。次に片面が平面である平凸レンズに、平面側から平行光線を垂直に入射した場合を考えよう。左図のように、半円の中心 O を通り平面に直交する光軸とレンズ円周との交点を A とする。光軸と h だけ離れ、光軸に平行に入射した光は、空気中からレンズへの入射角は 0° のためそのまま直進し、レンズから空気中へ進む B 点のみで屈折が起きる。 B 点で屈折した後、光軸と交わる点を F とする。また、半円の半径を r とする。半円の中心 O から点 B に引いた直線と光路のなす角を、それぞれ入射角 θ_1 と屈折角 θ_2 とする。レンズ材質の屈折率を n とした場合、屈折の法則から $\sin \theta_2 / \sin \theta_1 = n$ となる。今、レンズの光軸近くを通る光についてのみ考えると、 θ_1 , θ_2 は十分小さく、 $\sin \theta = \tan \theta = \theta$ の近似が成り立つと考えて良い。レンズからの出射面（光がレンズから外部に出る面）と光軸の交点 A から焦点 F までの距離 f が、



$$f = \frac{r}{n-1}$$

となる。得られた屈折率を臨界角から得られた値と比較してみよう。

次のテーマは、光が横波であることを考える実験である。偏光は液晶を使った表示装置や、偏光サングラスなど日常的に応用されている現象でもある。光源、偏光板 1、偏光板 2、検出器を下図のように並べた後、偏光板 1 を回転させて透過する光出力を測定する。さらに、3 枚目の偏光板を導入した場合にはどのようなようになるであろうか？

その他にも、微量のミルクを加えて薄く濁った水に横から光源の光を入れ、散乱光を偏光板を通して目視する。偏光板を回転したときに、光線の見え方がどのように変化するかを観察し、その理由を考えてみよう。

