

JPhO News Letter

Japan Physics Olympiad

No. 22 2018年10月



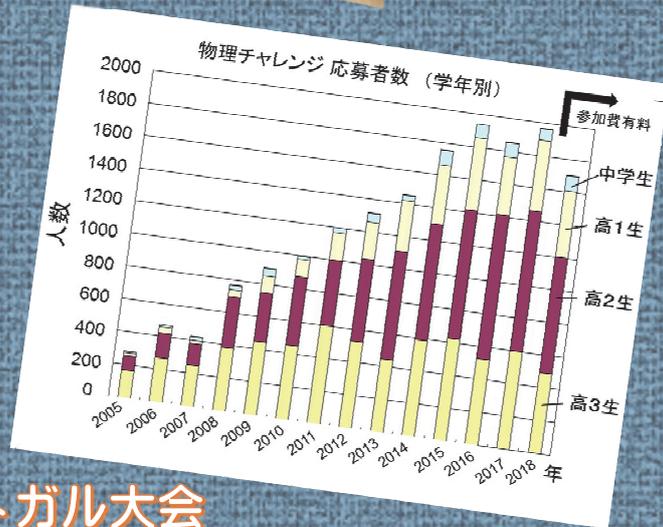
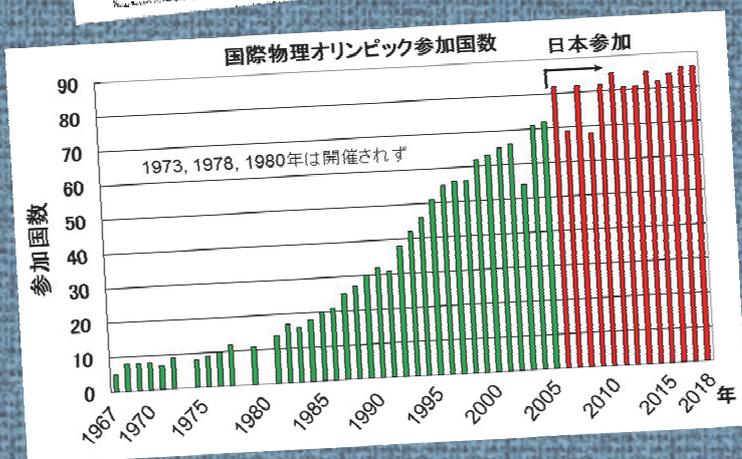
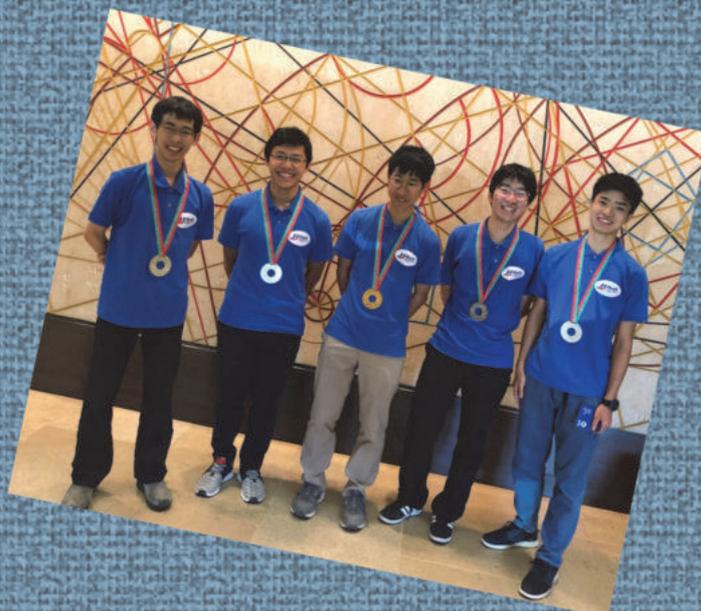
CONTENTS

国際物理オリンピック 2018

- 02 実験問題
- 03 理論問題
- 04 引率役員紀行
- 05 日本代表選手たちの声

物理チャレンジ 2018

- 06 第1チャレンジ全体報告と講評
- 08 第2チャレンジ全体報告
- 10 実験コンテスト講評
- 11 理論コンテスト講評
- 12 物理チャレンジ OP は今…/JPhO 便り



国際物理オリンピック 2018 ポルトガル大会 物理チャレンジ 2018



特定非営利活動法人 物理オリンピック日本委員会
 NPO The Committee of Japan Physics Olympiad (JPhO)
 Tel: 03-5228-7406 E-mail: info@jpho.jp Web: www.jpho.jp/

国際物理オリンピック 2018 ポルトガル大会で出題された実験問題



国際物理オリンピック派遣委員会実験研修部会
東京学芸大学 松本 益明

国際物理オリンピック(IPhO)2018 ポルトガル大会での実験試験問題は、例年通り5時間で大問2問(各10点)であった。第1問が問題文13ページ、解答用紙15ページ、第2問が問題文解答用紙とも11ページもあり、分量が多すぎて時間が足りなかったためか、金メダリストでも半分程度、多くの選手は1/4程度の得点しか獲得できなかった。

実験問題1 紙トランジスタ

第1問は、一般的なトランジスタおよび紙を誘電体として用いたフレキシブルな紙トランジスタ(図1)の特性曲線(出力曲線と伝達曲線)を測定する問題であった。IPhOの問題には開催国に強みのある分野が出されることが多い。紙トランジスタはポルトガルで開発されたものであり、基板や誘電体に紙を使用しているために柔らかく、裁断して廃棄しやすいという特徴を持つ。

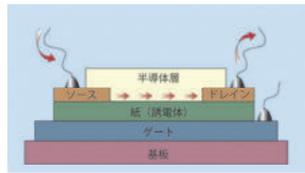


図1 紙トランジスタの模式図

トランジスタの特性曲線を測定する実験は工学部などではよく行われており、直流電源と電圧計、電流計を用いて行えば、面倒ではあるがそれほど難しくはない。しかし、IPhOの実験では大がかりな装置が使え

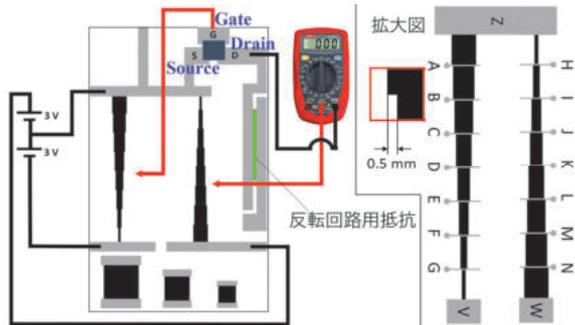


図2 印刷された回路と接続。カーボン抵抗の詳細図と端子

ないため、電源として電池を用い、1台のマルチメータで測定するために、解析が非常に面倒な難しい問題となった。図2の黒色および灰色で示したのは、それぞれ高抵抗のカーボン薄膜および低抵抗の導電性インクである。厚さが等しい正方形のシート抵抗(R_0)は一辺の長さによらず一定である。シートの幅を変えながら図2の拡大図に示したような段々の構造を作り電池を接続すると、AからNの各段では非線形に変化する電圧が得られる。最初の問題は、共通端子Zに対するAからNの電圧を測定し、以降の実験の準備をおこなうものであった。この問題は比較的簡単であり、大体よくできていた。

次の問題は、この電源を用いて通常のn-JFET(接合型電界効果トランジスタ)について、ソースを0Vとして、ゲート電圧($V_{GS} \leq 0V$)一定でドレイン電圧($V_{DS} \geq 0V$)によるソース-ドレイン間電流(I_{DS})の変化を測定して出力曲線を描き、 V_{GS} を変えながらこれを繰り返して伝達曲線を得る実験である。最初の問題で測定した全ての正と負の電圧をそれぞれ V_{DS} と V_{GS} に用いるため、両端の端子も含め81回の測定をおこなう必要があるが、 $V_{GS} < -1.5V$ ではすべて $I_{DS} = 0$ となるため、実際に測定するのは半分程度である。この測定自体は大体よくできていたが、上述のように解析は非常に困難であった。ゲートの入力インピーダンスが大きいため、 V_{GS} は最初に測定した値のままよいが、電流測定モードでのマルチメータの内部抵抗が10Ω、ドレイン-ソース間の抵抗が $V_{GS} = 0$ の時には50Ωと小さく、これらが数百Ω程度の抵抗を持つカーボン抵抗と並列に接続されるため、 V_{DS} は上で測定した値より低くなってしまふ。これを考慮して電圧

を計算する必要があるが、問題を読んでもその意図が伝わりにくく、多くの選手はどう解析すればよいかよく理解できていなかったようであった。この問題の後によくタイトルとなった紙トランジスタの特性を測定することになるが、残念ながら、日本代表選手は、後半の問題については手付かずであった。

実験問題2 ポリマー系の粘弾性

第2問は、フックの法則の成り立つ弾性体と粘性流体の特徴をあわせた粘弾性という性質を持つ熱可塑性ポリウレタン(TPU)製の糸の応力緩和についての問題であった。複数の粘弾性過程から成る物体の一般化モデルを図3に示す。物体が、ヤング率 E_0 の純粋な弾性過程と、ヤング率 E_n の弾性成分および粘性係数 η_n の粘性成分からなる複数の粘弾性過程で構成される時、糸の張力 $F(t)$ の時間変化は、複数の時定数 $\tau_1 = \eta_1/E_1, \tau_2 = \eta_2/E_2, \dots$ を用いて次の(1)式で書け、グラフは図4のようになる。(εは長さの変化率、Sは断面積)

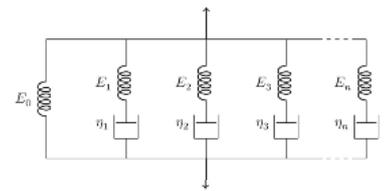


図3 多重粘弾性過程の一般化モデル

$$F(t) = \epsilon S (E_0 + E_1 e^{-t/\tau_1} + E_2 e^{-t/\tau_2} + \dots) \quad (1)$$

実験は、図5に示すように、TPUの糸におもりを下げ、電子てんびんに載せると、張力の低下に伴って電子てんびんの指示が大きくなるが、この張力の時間変化を45分間測定して図4のようなグラフを得るといものである。

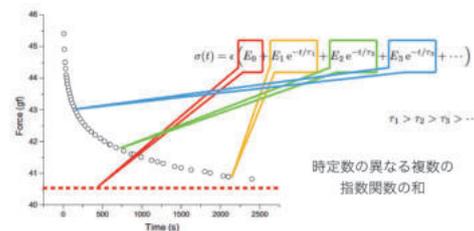


図4 時定数の異なる複数の指数関数の和

測定自体はそう難しいものではないが、一度実験を開始すると後戻りのできない測定であるため、よく理解せずに測定を始めると取り返しが付かない。解析では(1)式の E_0, E_1, E_2 を求め、さらに E_0 を求める。 $t < 1000s$ では、最初の2項を左辺に移項して片対数グラフを用い、 E_2 と τ_2 を求め、誘導に従って進めばできるが、全体の流れを理解できない選手が多かった。

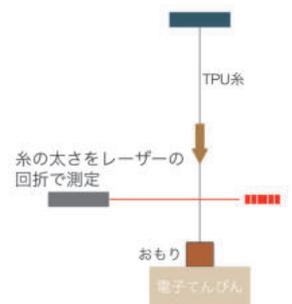


図5 実験装置の模式図

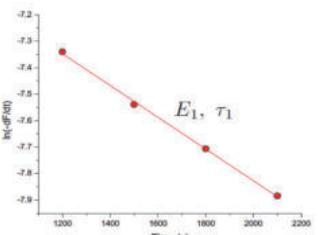


図6 $t > 1000s$ でのグラフ

その他にも、図5にあるようにレーザー光の単スリット回折の原理を用いて糸の直径を求める問題もある等、極めて欲張りな問題構成であったが、全体として問題量が多すぎて、完答できない学生が続出してしまったと思われる。

国際物理オリンピック 2018 ポルトガル大会で出題された理論問題

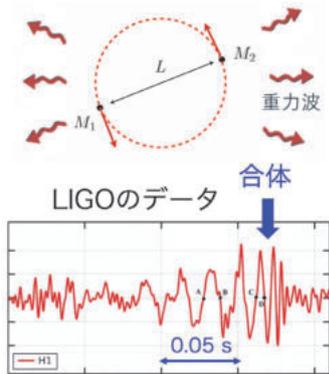


国際物理オリンピック派遣委員会理論研修部会
東京大学物性研究所 加藤岳生

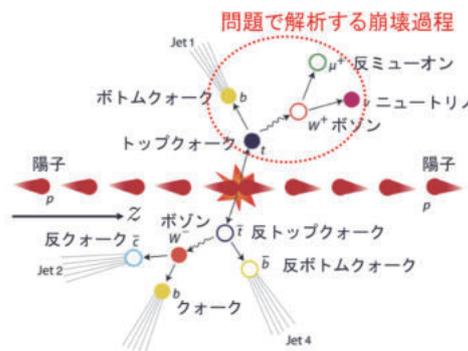
理論試験問題は、例年通り 5 時間で大問 3 問(各 10 点)を解く形式でした。題意がわかりやすく、取り組みやすい問題でしたが、数値計算が大変な設問がありました。全体として難易度は標準的だと思います。

第 1 問 重力波

重力波はアインシュタインが一般相対性理論で予言して以来長い間、観測されませんでした。ちょうど 100 年目の 2015 年に重力波検出器 LIGO が観測に成功しました。この画期的な成果に対して、2017 年にノーベル賞が与えられました。第 1 問はこの重力波観測に関する問題です。LIGO が最初に観測した重力波データは、2 つの大質量天体(ブラックホールと考えられています)から発せられたと推測されています。本問ではまず、質量 M_1 , M_2 の天体が万有引力によって互いに円運動している状況を扱い、重力波放射によるエネルギー損失を考慮にいて、天体間の距離が徐々に減っていく様子を解析します(上図)。重力波損失は、系の四重極モーメントの時間に関する 3 階微分で与えられ、地道な計算によって評価できます。最後は観測データ(下図)から、天体質量や合体直前の天体の速度などを割り出します。解析すると、太陽質量のおよそ 30 倍の質量をもつ天体 2 つが、衝突直前には光速の 2 割程度で運動するようになる、という驚くべき結果になります。日本代表選手は春の合宿で重力波の問題に取り組んでおり、比較的落ち着いて答えられたようです。

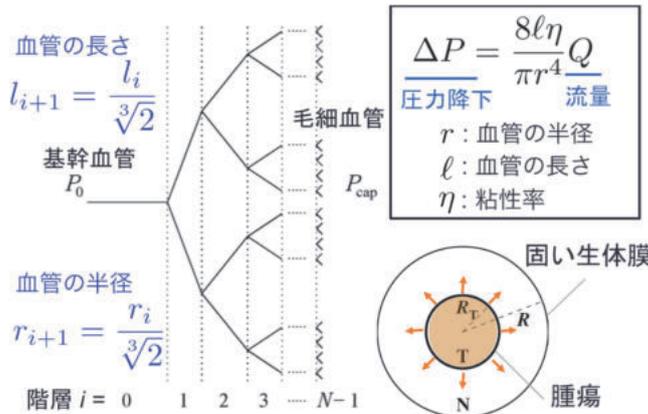


見えていないニュートリノの運動量を推測することができます。実際に 2 次方程式を解くことで、ニュートリノの運動量の情報を補完でき、すべての粒子の運動量・エネルギーが確定します。日本代表選手たちはよく健闘していました。



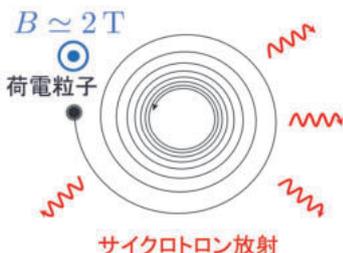
第 3 問 血液流と腫瘍の物理

本問は物理オリンピック問題としては珍しく、生体中の血液流の物理についての出題です。前半では基幹血管からつぎつぎと血管が枝分かれし毛細血管にいたるまでの血流と圧力降下(下左図)を、オームの法則との類似性(血流↔電流, 圧力効果↔電圧降下; 図中の囲み参照)によって解析します。面白いのは、心臓の送り出し運動を交流電圧とみだててその応答を議論する部分で、血管の弾性がキャパシタンス、血流の運動エネルギーがインダクタンスの役割に対応させることです。後半では生体に出来た腫瘍の物理が扱われました。腫瘍は周りの正常な細胞を圧迫するため、腫瘍内部は高い圧力が生じます(右下図)。腫瘍を選択的に高温にすることができれば、腫瘍の組織だけを破壊することが可能です。後半では腫瘍のみを温め続けたときの熱伝導や圧力つりあい、血管破壊のメカニズムなどが議論されました。本問は目新しい設定であり、最後の問題でもあるため、ここで理論試験の成績に差がつかしました。



第 2 問 ニュートリノはどこへ?

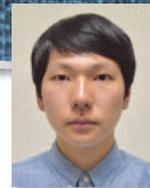
大型ハドロン衝突型加速器(LHC)はスイス・ジュネーブ郊外にある世界最大の高エネルギー物理学のための加速器施設です。陽子を 13 TeV のエネルギーまで加速・正面衝突させ、そのときに生じる様々な素粒子を観測することができます。本問は、LHC に設置されている観測装置 ATLAS に関する問題です。ATLAS 内部には強い磁場がかかっているため、軽い素粒子はローレンツ力により大きく曲げられ、チェレンコフ放射により渦巻き運動をします(下図)。この運動を相対論的力学によって解析するのが問題の前半です。後半は ATLAS が捉えた、トップクォークが生成・崩壊するイベントに関する問題です(右欄図)。ポイントは、ニュートリノが物質との相互作用が弱く ATLAS で観測されないことです。しかし、他の粒子の運動量がすべてわかれば



おわりに

今回は標準的な問題セットとなりました。研修担当者としては、合宿や添削で出題した問題が本選で役立つよかったです。重力波の問題を作ってくれた OP 委員の川畑幸平さん、相対論的力学の添削問題作成を議論してくれた OP 委員の林優依さん、ありがとうございました。

国際物理オリンピック 2018 ポルトガル大会 引率役員紀行



国際物理オリンピック派遣委員会 OP 委員
東京大学大学院理学系研究科修士課程 1 年 江馬 英信

私は国際物理オリンピック (IPhO) 2018 ポルトガル大会に日本チームの引率委員として参加しました。ここでは、私たち引率委員は何をしていたのかお伝えします。

引率委員のお仕事

引率委員は、日本代表選手候補者が決まってから約 1 年にわたって指導・研修してきました。その経験を踏まえ、行きの飛行機でもあれやこれやとアドバイスしました。リスボンに到着後は基本的に生徒と別行動でした。

試験前日、ポルトガルの現地委員会が提示した問題を各国のリーダーと議論して、随時修正していきます。それと同時に並行で引率委員は翻訳を進めていくのですが、今しがた苦勞して翻訳した文章が協議の結果削られるなんてこともありました。選手たちが問題を読み誤らないように用語や言い回しに気を付けながら翻訳していくのは難しいですが、やりがいがありました。

特に実験試験では問題に関する議論が夜遅くまでかかり、最終的に問題が確定したのは深夜 12 時ごろでした。問題量が例年に比べて多かったこともあり、日本チームの翻訳作業がすべて終わったのは朝の 6 時を回っていました (予定では 8 時から試験でした!)。他のチームもさらに長い時間かかっていて、結局、試験時間が繰り下がりました。

翻訳ともう一つ、引率委員の大切な仕事がモデレーションです。モデレーションでは、現地委員会の採点に異議のある部分を交渉することができます。限られた交渉時間の中で得点を最大限上げるにはどうすればよいかと作戦を立てて臨みました。

IPhO では、前問の間違った数値計算の結果を利用していても、当該問題で正しい手続きで計算していれば原則として得点が与えられます。そのため採点には注意を要します。モデレーションでは現地採点委員の目の前で電卓を叩いて見せ、「ほらあってるでしょ」などとやったりしました。現地採点委員はしっかり話を聞いてくれ、妥当な判断を下してくれました。

エクスカージョン

選手たちが試験を受けている間、引率委員はエクスカージョンとして観光に連れて行ってもらいました。私たちがポルトガルに滞在している間は雨が降らず、日差しが強いものの空気は乾いていて過ごしやすかったです。

前述のように実験試験の翻訳が終わって朝日を浴びながらホテルに帰り、寝る間もなくエヴォラという街に行きました。エヴォラは古くから栄えた街で、ローマ時代の神殿やルネサンス期の教会を見学しました。



エヴォラのローマ神殿

また、空き時間にリスボン中心部を観光しました。リスボンの市街地は平地が狭く、急な斜面にへばりつくように建物が密集しています。訪れた日には音楽を奏でながら街を練り歩くイベントがあった他、広場ではサングリアやソーセージなどを売る屋台があって賑わっていました。



リスボン中心部のコメルシオ広場で演奏する人たち

結果発表!

最終日、選手たちは閉会式の会場で試験の結果を知ります。選手たちは充実した(疲れ切った?)表情をしていました。選手たちには試験だけでなく観光やサイエンスに関連するアクティビティがたくさん用意されていて、連日朝から晩まで忙しかったようです。

IPhO は私にとっては 2014 年のデンマーク大会に選手として出場して以来で、当時の興奮を思い出すとともに、本大会がいかにも多くの人の協力のもとで実現されているかを実感しました。本大会で引率委員という役目で生徒たちをサポートできたことを嬉しく思います。また、意欲的な高校生たちと関わったことは私自身にとっても刺激にもなりました。

国際物理オリンピック 2018 ポルトガル大会 日本代表選手たちの声

金

尊敬する先輩のいる物理部で…

岡山県立岡山朝日高等学校 (岡山県) 3年 大倉 拓真

物理オリンピックで僕が得たものは2つあります。1つは日本全国から集まった優秀な友達との出会いです。秋合宿で初めて出会ってから、半年間、切磋琢磨し、物理の理解がかなり深まりました。大学

でまた一緒に物理をやれるのがとても楽しみです。2つ目は部活動の日々です。僕には尊敬する二人の先輩がいます。その先輩のことは、県の物理コンテストや学校

に貼ってあったレポートなどを通して中学校のときから知っていました。高校で同じ物理部に入ってから物理オリンピックへの道を進む過程で様々なことを教わりました。特に一次予選の実験に取り組む際には、仮説を立て、それを検証するために実験を行い考察するという科学の基本的な姿勢を学びました。そのような部活の楽しい日々を中心にあつたのが物理オリンピックでした。今後、大学に進学後は、教授や先輩や物理オリンピックを共に目指した仲間との出会いをもとにさらに物理について学びたいと思います。最後に、今まで僕に物理を教えてくれた先生方、先輩、友人に感謝の気持ちを伝えたいと思います。ありがとうございました。



機会を与えてくださった事に大変感謝しています。また、一緒に切磋琢磨した仲間へ感謝の意を表します。代表候補になってから、IPhOに行くまでの約1年間、僕は物理の勉強をずっと自分ひとりで孤独にしているかのように感じていました。もちろん応援してくださる人はたくさんいましたが、その応援までもがプレッシャーに感じてしまう時もあり、一時は物理を投げ出したいと思う瞬間もありました。ですが、いざ IPhO に行くと世界中の天才達

がたくさんいて、負けてられないなという気持ちになりました。これからは、まず来年の IPhO を目標に、一から勉強をします。また、その後の大学生活では、もっと深く自分の興味のある分野を勉強していきたいなと思います。

3回目のチャレンジで代表に…

銀

大阪星光学院高等学校 (大阪府) 3年 永濱 壮真

僕が初めて JPhO に参加したのは中学三年生の時で、その時は一次予選で敗退してしまいました。次は2次予選まで進めたものの、勉強不足であるばかりか運悪く風邪をひいてしまい、後悔の残る結果となりました。高校2年生の時、背水の陣の思いで試験に臨み、何とか代表候補に滑り込むことができました。最初の秋合宿で感じたのは、周りの人たちの能力の高さで、ほとんどの人が物理以外でもただならぬ功績を残していることを知り、彼らとの間に分厚い壁を感じました。彼らに一刻も早くおいつかねばという思いが起爆剤となり、何とか代表にまで上り詰めることができました。IPhO では、実験試験で大コケしてしまい、よくて銅だと思っていたので、銀という結果はとても嬉しく、また驚きました。高校生のうちに、世界を舞台に戦い、また世界の広さを知ったことは、とても貴重な経験だと思います。この経験を糧に、これからも今まで以上に頑張っていきたいです。

3年間 IPhO に参加して…

銀

灘高等学校 (兵庫県) 3年 吉見 光祐

今回、高校生の時しか経験できない IPhO という貴重な大会に出場し、メダルを獲得できたことを嬉しく思います。三年間 IPhO に参加する中でお世話になった方々に感謝しています。他国の選手との交流を通じて、物理に対する刺激を受けるだけでなく、様々な文化や考えを体感することができ、将来、国際的に研究したいという思いがさらに強くなりました。IPhO や研修を通して身につけた知識や考え方は自分が成長するには必要不可欠なものでした。また、そこで今後も物理を共に学び、高め合えるような仲間と知り合えたことを嬉しく思っています。今後、研究者を目指していく中で、IPhO で得たことや物理を楽しみたいという初心を忘れず、努力していきたいです。

銀

この場に立つのを許された人間…

初芝富田林高等学校 (大阪府) 3年 喜田 輪

まず、IPhO ポルトガル大会に出場する機会を与えられたことに感謝すると同時に、ここに至るまでに支えてくれた多くの方々に感謝の意を表します。ありがとうございました。IPhO に参加できたことは本当に貴重な経験でした。僕に物理という夢を追いかける自信を与えてくれました。ポルトガルに行き、優秀な選手たちに囲まれた時、自分もこの場に立つのを許された人間なのだと感じる事ができ、とても勇気付けられました。そして何よりも海外の代表選手を身近に感じる事ができたのが刺激的でした。世界の広さを実感し、国際的な研究をするというビジョンをはっきりと持つことができました。IPhO までの研修期間では、多くのことを先生方から教わり、また、仲間たちと切磋琢磨してきました。ここで学んできたこと、IPhO で知ったこと、これらは一生ものの経験だと感じています。この経験を生かして、これからもずっと物理を探究していきたいです。

負けてられないという気持ちに…

銀

大阪星光学院高等学校 (大阪府) 2年 末広 多聞

まず、今日この日まで僕を支えてくださった全ての方々に感謝の意を伝えたいと思います。ありがとうございました。また、物理がただただ好きで勉強していた自分に、このように世界で戦える

物理チャレンジ 2018 第 1 チャレンジ全体報告と講評



第 1 チャレンジ部会長
電気通信大学 鈴木 勝

応募者数の推移

今年度で 14 回目を迎えた物理チャレンジ 2018 の参加者募集は 4 月 1 日から 5 月 31 日の期間で行われました。物理チャレンジではこれまで参加費を徴収してきませんでした。今年度は 2,000 円の参加費をお願いすることになりました。2017 年度に応募者数から今年度は 2000 名を超えると期待されましたが、1699 名と 2017 年度の 86.4% に留まりました。参加費徴収が少し影響したのかもしれませんが。特に高校 2 年生の応募者数の減少の割合がやや大きくなりました。来年度は 2000 名を大きく超えた応募者があることを期待します。また物理チャレンジに多くの中学生も挑戦しており、大変うれしく思います。

都道府県別にみると、これまでの総数では東京と物理チャレンジ「発祥の地」である岡山県が飛び抜けています。次に大阪・愛知・埼玉・石川が第 2 集団として追いかけています。将来的には、各地域から東京や岡山を凌ぐほどの応募者が出ることを期待します。



(水) に東京の国立オリンピック記念青少年総合センターで開かれる全国大会 第 2 チャレンジに進出する 101 名が選抜されました。

実験課題レポート

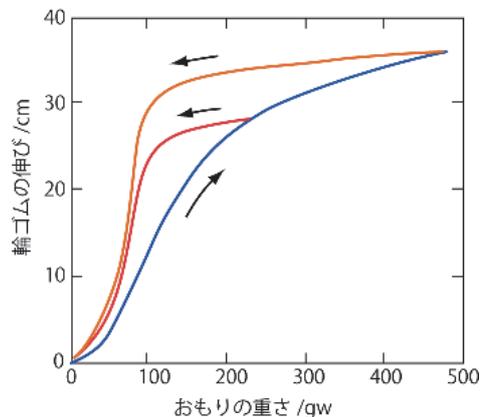
第 1 チャレンジの実験課題は、自宅や学校などで手軽に実験ができて、さまざまな工夫もできるテーマを選んでいきます。特別な道具や計測器は必ずしも必要ではなく、また理科室で実験を行う必要もありません。今年度の実験課題は以下のテーマでした。

輪ゴムを引く力と伸びの関係を調べて見よう

フックの法則が成り立つか、引く力を増やしていくときと減らしていくときの違いに着目して実験してください。実験方法や条件を変えるなど、様々な取り組みを期待しています。

この実験課題の説明では「フックの法則」・「引く力を増やしていくときと減らしていくとき」に着目してほしいと書きました。参加者の多くのおみさんは、つる巻ばねにおもりをつるすと、その伸びはおもりの重さに比例すること（フックの法則）を知っていると思いますが、身近な輪ゴムはつる巻ばねと異なる振る舞いをするを観察してほしいという課題です。

下図に実験の一例を示します。青色の曲線で示すように、おもりを増すときは、ある程度のおもりの重さから輪ゴムが伸びにくくなります（非線形な弾性）。その後におもりを減らすときは赤色や橙色で示す曲線で示すように、おもりを増やしたときと違う道り（ヒステリシス）で輪ゴムは縮みます。



実験課題レポートの実験のほとんどは、おもりを吊して輪ゴムの伸びを測る方法でした。おもりを吊す実験でも丁寧な実験により非線形な弾性やヒステリシスなど面白い振る舞いが観察できます。その他に、輪ゴムを横振動させて張力を求める実験、温度を変えた実験、伸びによる温度変化を調べた実験などがありました。また輪ゴムの種類に着目した実験もありました。

一方、輪ゴムを大きく伸ばさずに非線形な弾性やヒステリシスを観察せずに、フックの法則が成り立つとしたレポート

第 1 チャレンジ

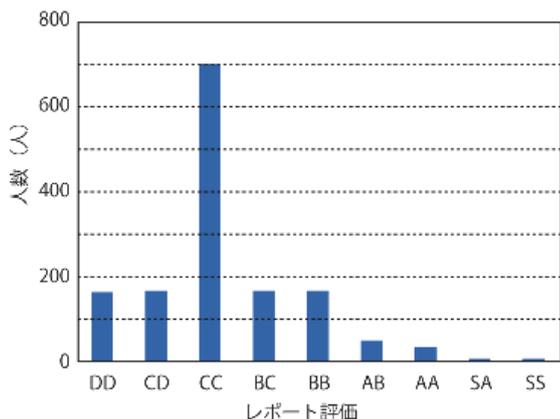
第 1 チャレンジの応募者には実験課題レポートと理論問題コンテストの両方が課されます。実験課題は物理チャレンジの申し込み開始前の 1 月始めに発表し、実験レポートの締め切りは 6 月 15 日（金）（消印有効）でした。提出された実験レポートは 1,475 通でした。実験レポートは 9 段階で評価します。理論問題コンテストは 7 月 8 日（日）13:30~15:00 に全国 83 か所の会場を予定しました。7 月 8 日は西日本豪雨のために実施を中止した会場などがあり、理論コンテストに参加できなかった応募者には誠に申し訳なく思います。理論コンテストの参加者は 1,300 名でした。理論コンテストは 100 点満点で採点します。実験と理論の両方に挑んだ応募者は 1,249 名でした。

第 1 チャレンジの参加者にはこれまで第 1 チャレンジ結果のお知らせをお送りしていましたが、今年度からはこれに加えて理論コンテストの問題解説をお送りしています。

実験と理論の総合成績によって、8 月 19 日（日） - 22 日

もありました。おもりの増減を1枚のグラフとすることで輪ゴムのヒステリシスが良く分かります。それぞれを2枚のグラフとした実験レポートもありました。ヒステリシスの観察は難しい課題のようでした。

レポートの評価は、のべ約60名の先生方が2日間にわたって行い、下図に示すようにSS(最高)からDD(最低)までの9段階で評価しました。物理チャレンジでは、学校の授業で合格やAの評価になるレポートでも、工夫を重ねたレポートと比較するとBCやCCという評価になってしまいますので、がっかりしないでください。



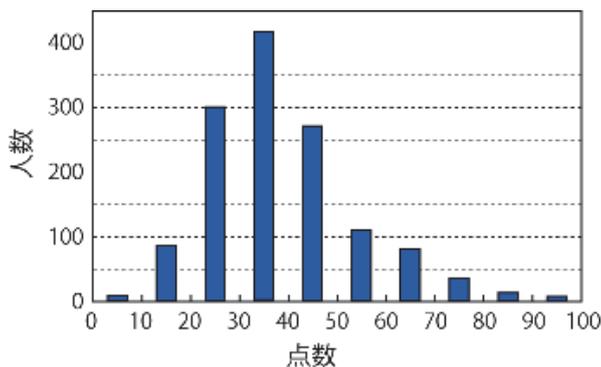
実験課題レポートの成績分布

理論問題コンテスト

理論問題はマークシート方式の選択問題で、高等学校の物理の範囲内で出題しています。しかし教科書や参考書の持ち込みを認めており、中学生にも参考書を使用すれば解答できるような問題作りにも心がけています。

今年度は、第1問から第7問の大問からなり、それぞれの小問の合計が29題でした。第1問は物理を学び始めた参加者に実力を確認してもらうために、力学から現代物理までの広い分野の基本的な問題12問からなります。第2問からは、少し頭をひねる問題や計算しないと結果が出ない問題、教科書に載ってはいないけれど身近な現象、現在話題になっている科学技術の問題など幅広い内容になっています。物理チャレンジの理論問題に接することで物理的な物の見方に気づいていただけることを期待しています。

第1問の正解率は53.9%、第2問から第7問までの正解率は31.2%となりました。この正答率から、理論コンテストの参加者は基本的な問題をマスターしているといえるでしょう。今年度の最高点は96点、平均点は39.3点でした。平均点は昨年度より5.6点上昇しました。



理論問題コンテストの成績分布

理論コンテストの問題の中でもっとも正解率が低かった問題の1つが次の問題です。

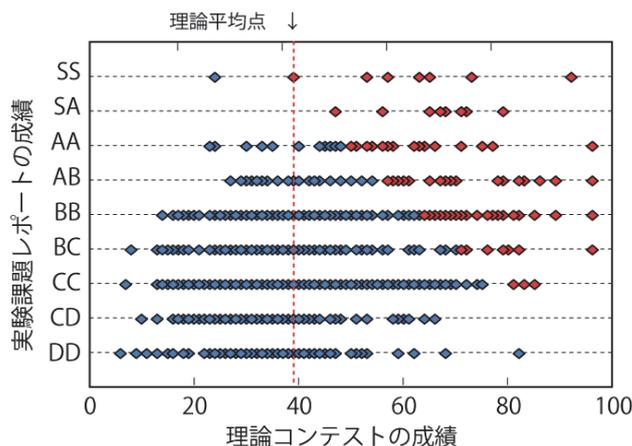
図のように、ばね定数 k の軽いばねと質量の無視できる軽い滑車と糸を用いた装置におもりをぶら下げた。このとき、図の破線で囲った部分を1つのばねとして見なすとき、このばね定数はいくらか。

① k ② $2k$
 ③ $3k$ ④ $4k$ (正解)
 ⑤ $5k$ ⑥ $6k$

この問題では多くの参加者が選択肢②を選びました。動滑車により力が分配されます。これと同時におもりの動きはばねの伸びの半分であることに気が付く必要があります。ばね定数は力と伸びの関係の比例定数と定義されます。この定義にもどって考えることが大切です。

成績の分布

下図に実験と理論の成績分布を示しました。赤色の印が第2チャレンジへの選抜者です。実験は高い評価でも理論がそれほど得意でない参加者もいます。学年が進んでいないのでまだ理論が少し苦手なのかもしれません。ぜひ来年度もチャレンジしてください。残念ながら、理論では優れた成績でも実験は高い評価がもらえなかった参加者もいます。第2チャレンジへの選抜は総合成績によって行いますので、第1チャレンジでも理論と実験の双方とも頑張ってください。



理論コンテストおよび実験課題レポートの成績の相関 (赤色データ点が第2チャレンジ進出者を表す)

第1チャレンジを楽しむために

参加者には理論コンテストの問題解説をお送りしました。“できた”という問題も“難しかった”という問題も解説を読んで復習してください。新しい発見があると思います。

物理学は実験と理論が両輪となって発展してきました。実験課題は身の回りの物事を対象にした実験ですが、それを理解する道具として理論も必要です。実験と理論の両方にチャレンジしてください。第1チャレンジに挑戦することによって、より多くの皆さんが実力を伸ばすことを期待します。

物理チャレンジ 2018 第 2 チャレンジ 全体報告



物理チャレンジ 2018 実行委員長
埼玉大学教育学部 近藤 一史

国立オリンピック記念青少年総合センターでの開催

今年の第 2 チャレンジは、国立オリンピック記念青少年総合センター（以下オリセン）で行いました。従来、岡山開催時には岡山大学や津山高専、つくばでは筑波大学、野田では東京理科大学と、第 2 チャレンジにおいて協力いただいた大学などがあり、そこでの委員を中心とした現地実行部会で運営されていました。今回は、協力校も実行部会もなく、少し不安がありましたが、無事開催することができました。

大学入試には役に立たない・大学に入ってから役に立つ

昨年のアンケートの中に「大学入試には役に立たなかった」という記述があり、残念な思いをしました。確かに第 2 チャレンジは、国際物理オリンピックへの代表選手を選出する役目がありますので、実験・理論の問題は、大学入試とは異なり、より研究活動を意識しているところがあります。第 2 チャレンジは、その他にも物理を楽しんで、より物理の輪を広げてもらうことも目的です。実験、理論のコンテストは国際物理オリンピックに準じて、パーティションで仕切られた個人の戦いです。しかし、実際の研究現場においては、先輩後輩などと意見を述べ、議論しながら研究を進めています。3泊4日の共同生活の中で、物理にチャレンジした参加者が様々な意見を交わし、物理への興味を持ち、関心を高め、理解を深めてほしいと思っています。そういう意味で、第 2 チャレンジは、大学に入ってから、さらには卒業研究などの研究活動を行っていく上で、役に立つと信じています。



実験問題解説会では、参加者が先生のデモを真剣にみつめる

実験問題、理論問題ともに手応え十分

昨年も書きましたが、第 2 チャレンジに参加するたびに、実験問題、理論問題のすばらしさに感心させられ、出題者に敬意を表したいと思っています。問題は JPhO ホームページで紹介されていますので、感想を述べたいと思います。

今回、実験問題でオシロスコープを使用することが事前に知らされ、取り扱いのマニュアルが配られるとともに、取り

扱い実演の動画が配信されました。これは、2年前の実験問題でオシロスコープを使用した際、参加者が取り扱いに苦労したことからだと思います。今回の参加者は事前に練習してきたようで、ほとんどの実験でオシロスコープを使用していたにもかかわらず、オシロスコープの不慣れのせいで解答に苦労したというアンケート記述はありませんでした。

理論問題については、問題を初めてみた他の委員から「今回は難しいなあ〜」という声も聞こえてきました。理論問題の特徴は、「学校で習っていなくても、問題を読めば解ける」と聞いております。委員の中には、「物理ではなく国語の読解力の問題になっているのでは？」という意見もありますが、理系においても、国語力は必要だと思います。大学に入れば、授業だけでなく、自分で文献を調べて理解することも必要です。研究者・技術者は論文や報告書で成果をきちんと発表することが求められているからです。高等学校の先生の委員からは、「少し、大学入試に近い内容かなあ」との感想もありました。昨年のアンケートを意識してのことかもしれません。

フィジクス・ライブ どうにか開催

2日目に理論問題が終わり、記念撮影終了後、フィジクス・ライブが開催されました。例年、高エネルギー加速器研究機構、スプリング 8、東京大学研究所をサイエンスツアーとして見学していましたが、開催場所の関係から今回は実施することができませんでした。そこで、フィジクス・ライブを充実させようと計画していたのですが、前述のように、協力大学や現地実行部会が無いため、大変苦労しましたが、第 1 チャレンジ部会、茨城県の高등학교の先生、科学写真家そして協賛企業である TDK(株)の技術者、その他の協力を得て、どうにか開催することができました。

開催はできたものの、午後 3時から 6時までの 3時間というスケジュールをこなすことができるかが心配でした。しかし、終了の 6時近くになっても盛況で、すべてのコンテストが終わり、緊張がほぐれた参加者には、楽しんでもらえたようです。



フィジクス・ライブ：ファラデーモーターの実演

ノーベル物理学賞受賞者、小林誠先生の講演

3日目の午後、ノーベル物理学賞受賞者の小林誠先生の講演を行いました。小林先生は、2時間の講演時間のうち、講演を1時間、質問を1時間としました。演題は「反物質と対称性」と専門的でしたが、物理学の歴史的な話から始められ、高校生にもわかりやすいよう工夫されてお話しされました。後半では、専門的な内容に入ってしまったので、質問が出ないのではと心配したのですが、多くの質問が出て、ときには小林先生も困ってしまう場面もありました。

参加者がどのような質問をしたのか、またどんな感想を持ったかを学生スタッフにまとめてもらいました。(回答は省略)

質問1：1967年にサハロフが、ビッグバンモデルではCP非対称の条件が必要という説を提唱したが、サハロフ自身はどのような観測事実からこのような結論にたどり着いたのか。

感想1：偉大な物理学者は、自ら開拓した領域をとて洗練された説明で他人に伝えられる人のことなのかと改めて思った。

質問2：粒子と反粒子の重ね合わせが均等ではないとはどういうことか。

感想2：自分の解釈が間違っていたことはわかった。重ね合わせの意味はよくわからなかった。

質問3：KLは重ね合わせで表すが、粒子と反粒子は単独で存在できるのか。

感想3：今の知識では理解できないので大学で学びます。

質問4：これ以上細かい素粒子はあるか。

感想4：まだ科学には先があるかと思って質問した。

質問5：ヒッグス粒子は対称性を破ると聞いたことがあるが、CP対称性の他にも対称性はあるか。

質問6：講演の中のゲージ対称性とは、ローレンツゲージのことか。

感想6：素粒子には元々興味があったので、実際の研究者の話を聞いて凄さを垣間見たので、より一層モチベーションが上がった。

質問7：対消滅の起こる原理について。力がはたらくなどの作用によって対消滅が起こるのか。

感想7：直接力がはたらくわけではなく、場の理論が関係しているという風に教えていただいた。今、自分が知っている場合は、電磁場や磁場しかないのもっと広い意味での場の考え方をもっと勉強していきたい。

質問8：理論においてエネルギー保存則を証明することはできるか。

感想8：実際に素粒子理論においてエネルギー保存則を証明することはできていないが、それが適用できる哲学的な理由を教えていただいて興味深かった！

質問9：作った反物質を保持する方法について。

感想9：些細な質問だったと思いますが、非常に丁寧に答えていただいてきちんと納得することができてよかった。

感想10：この講演で、反粒子が医療の現場で生かされているという事実を初めて知った。それを踏まえて、多量の反粒

子を集めることができたのならどのようなことができるのだろうか」と疑問に思った。小林・益川理論についての講義は少し聞いたことがあったが、理論を考え出した小林先生ご本人から直接お話をいただけたことは大変貴重な体験だった。

感想11：宇宙における物質比の原因に関する質問から、今まさに模索されている解決への理論やアプローチ、その進捗など、第一線に立つ教授からリアルタイムな学問の世界を教えていただいた。話を聞いていて鳥肌が立つほどに、研究に対して深い憧れを抱くとともに興奮を覚えた。



小林先生に質問する参加者と答える小林誠先生

JPhO 理事長賞が2名

最終日には表彰式が行われ、金賞、銀賞、銅賞、優良賞、「つくば科学万博記念財団理事長賞」、「JPhO 理事長賞」が贈られました。来賓として日本物理学会会長 川村光先生、つくば科学万博記念財団理事長 中原徹様、東京都教育庁主任指導主事 赤津一也様、日本理化学協会 菊池正仁様、電気学会 桂井誠様をお迎えして、副賞の贈呈をお願い致しました。

今回、第2チャレンジ始まって以来の、JPhO 理事長賞が2名という結果となり、副賞を後ほど送ることになりました。

不可欠 学生スタッフの力

第2チャレンジの実験・理論コンテストの作問と採点、実施はJPhOの委員が行います。しかし、3泊4日の参加者の引率は、事務局ならびに学生スタッフの協力なくては成り立ちません。実行委員長として深く感謝致します。



第2チャレンジ2018の学生スタッフ

今回も女子の参加は1名だけ

今回も99名の参加者中、女子の参加は3年連続でたった1名でした。現在、JPhOでは第2チャレンジへの女子生徒の参加を増やす方を検討しているところです。

物理チャレンジ 2018 第 2 チャレンジ 実験コンテスト 講評



実験問題部会 部会長
筑波大学 大塚 洋一

今回は振動・波動に関する 3 テーマを問題としました。

課題 1 金属棒のたわみ振動の振動数の測定

金属棒を叩くとその棒の長さに応じた音を発します。木琴や鉄琴でもおなじみのこの音の源は棒の「たわみ振動」です。最初の課題では長さの異なる 4 本の黄銅棒のたわみ振動音を調べ、振動数 f と長さ L との関係を決めました。振動が長く続くには棒の保持方法を工夫する必要がありますが、これは問題文で具体的に指示しましたので、その通りにやれば測定は容易だったはずで、解析では $f = AL^n$ (A は定数) という関係を仮定してべき指数 n を決めることを求めました。この式の両辺の対数をとると、対数の性質から $\log f = \log A + n \log L$ となるので、 $\log L$ を横軸、 $\log f$ を縦軸としたグラフ上で直線になればこの関係式が成り立つことが分かると共に、その直線の傾きがべき指数 n となります。これが正攻法です。実際この正攻法の解答が予想以上に多くあったのはよろこばしいことでした。アンケートでも標準的な問題だったとの感想があったとおり、課題 1 の成績は 42 点満点中、平均 30.3 点で総じて良くできていました。

課題 2 棒を伝わる縦波の速さの測定

音は固体の中では空気中よりもずっと速く伝わります。4 種類の物質について音速を測り、それが物質の物理的性質とどのような関係にあるかを推測するというのが課題 2 の目的でした。長さ 1m の棒状試料の端を長さ方向にたたき、発生させた縦波のパルス波を他端においたマイクで検出します。打撃とパルス波到達までの時間差、および反射によって生じるエコーの時間差の 2 つの方法で音速を求めるのが前半の課題です。後半では、各棒の質量とたわみ変形に対するばね定数を調べ、音速との関係を推測します。音速は媒質の密度とヤング率によって決まりますが、今回使った試料は直径と長さがすべて同じなので質量とばね定数で比較することができます。とは言ってもこの実験のみから関係を決めるのはできないので、いくつかのヒントを与えています。簡単なばねでつながれた台車列のモデルでの速度の表式を次元解析で求めるのもその一つです。次元解析は過去の IPHO の問題にも出ており、自明に思われる仮定だけからこんなことまで分かると言う驚きがありますね。平均点は 55.6 点 (90 点満点) でした。前半の実験は 7 割以上の得点率がありましたが、後半の考察では得点分布が広がりました。またこの課題に時間を費やしすぎた人が多かったようです。

課題 3 管に沿って伝わる音の管の端での反射

気柱振動は高校物理の基本課題の一つで、閉管と開管とでは共鳴の条件が異なるのはよく知られています。この違いの原因である管の端での反射における入射波と反射波の関係をパルス音波によって直接調べるのがこの問題のねらいです。長さ 1.2m のプラスチック管にパルス音波を入射中に置いたマイクでその波形を観察します。実験では、閉管ではパルスはそのまま反射し、開管では符号が反転することがわかります。「固定端では符号の反転した反射が生じるのに対して自由端では同符号となる」という教科書の説明と一見逆

の結果なのがおもしろいところです。マイクが何の振動を測定しているのかというのがこの解釈のポイントになります。この課題の最高点は 59 点 (40 点以上が 10 名) でしたが、約 1/3 は白紙で、その結果、平均は 11.7 点 (65 点満点) でした。

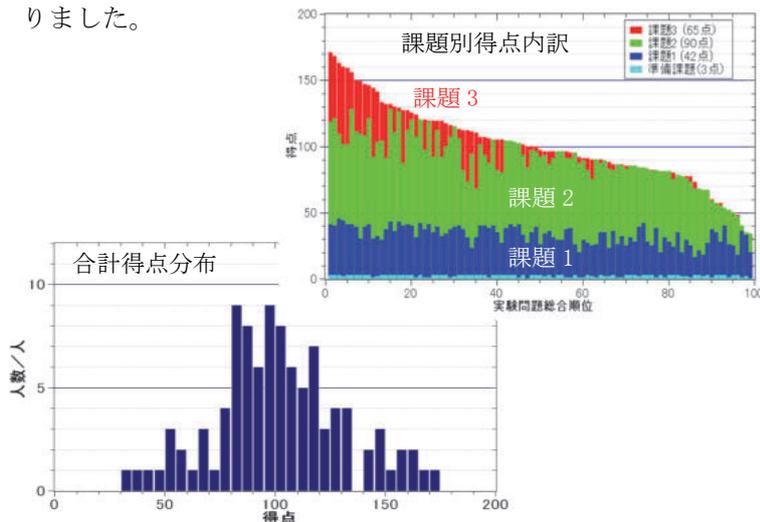
全体の総合平均点は 100.9 点 (満点 200 点) でした。どの課題で得点したかの内訳を見ると (下図)、成績上位者では課題 3 での得点が目立ち、その一方で課題 1、課題 2 については顕著な差は見られません。これは時間を十分にかければ多くのチャレンジは解けることを意味すると思います。成績上位となるには 5 時間という時間をどのように効率的に使うかという戦略も必要だということです。IPHO 参加経験者の大森君によれば、測定間隔の時間の長い実験ではその合間に別の課題を平行して進めたとのこと。参考にしましょう。

オシロスコープの使用について

今回の実験問題では全ての課題でマイクロフォンとオシロスコープを使用しました。オシロスコープは目には見えない量や高速現象を可視化するとともに便利な道具です。2016 年でも一部使用しましたが、その使い方を理解するのに時間がかかっていました。今回は、オシロスコープの使用を事前に告知し、使用する機種に即した使用手引きを参加者に送って事前学習を呼びかけました。さらに理解を助けるために、動画を制作し JPhO ホームページで参加者に公開しました。さらに、操作法と装置の動作の確認を準備課題として加えました。

試験後のアンケートを見ると、ほとんどの参加者が事前に学習していました。以前に使った経験があるという人は 4 割足らずであったにもかかわらず、7 割以上の方がオシロスコープの使用は「易しかった」あるいは「最初は難しかったが慣れた」としています。事前に出題に関係する事項を知らせたのは初めてのケースでしたが、目的は達せられたと判断しています。物理チャレンジの目的が選抜だけではなく、教育や視野を広げてもらうことにもありますので、このような事前学習をむしろ積極的に取り入れるべきかもしれません。

なお動画については理解の役に立ったという声が多かった一方で、約 1/3 の参加者からは視聴することができなかったとの回答がありました。第 2 チャレンジの数日前からアクセス集中により JPhO の Web サーバがダウンしたためで反省点となりました。



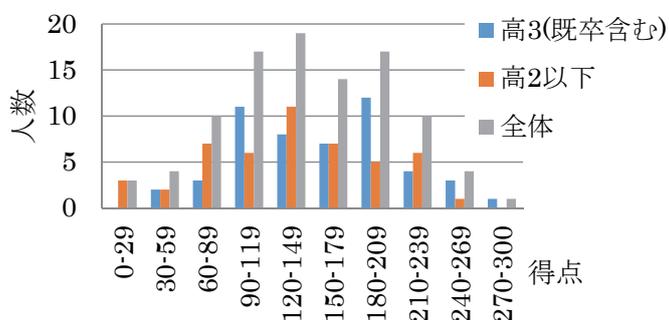
物理チャレンジ 2018 第 2 チャレンジ 理論コンテスト 講評



理論問題部会 部長
元岡山大学 東辻 浩夫

試験時間 5 時間に対して、問題冊子 18 ページは例年よりやや薄かったものの、解答用紙 16 枚、大問数 4、小問数合計 37 などには大きな変化はありません。平均点は例年程度の 300 点満点中 147.8 点(得点率 49%)でした。高 3 生以上 51 名(高 3 生 =50 名、既卒生=1 名)と高 2 生以下 48 名(高 2 生=39 名、高 1 生=7 名、中 3 生=2 名)の得点分布(下図)を比べると、前者には平均以上と以下に分裂する傾向があります。アンケートでは、「難しい」・「やや難しい」が第 2 問 84%，第 4 問 83%，第 1 問 67%，第 3 問 44%で、「とても興味深い」・「興味深い」が第 2 問 84%，第 4 問 81%，第 3 問 76%，第 1 問 61%でした。

2018理論コンテスト得点分布



見慣れた設定でも学ぶ余地あり

第 1 問は、平行なレールの上に 2 本の金属棒を置く「よくある」設定で、はじめ 0 の磁場を急にある値まで増加して一定に保つときの金属棒の運動です。運動方程式の導出を誘導して解かせるなど、大学入試をはみ出した問いがあったことを考慮しても、得点率は意外に低く、40%です。はじめは、加える磁場は時間に比例して増大としていますが、最後の問 9 のように、実は、運動は到達する磁場の大きさだけに依存します。これは、力積が力の時間積分で、 $B(dB/dt)=(1/2)dB^2/dt$ の積分に比例するためです。見慣れた設定でも微積分を自由に使って見直すところがあるでしょう。

スペースデブリの処理を考えて、極座標にも慣れよう

第 2 問は、スペースデブリが題材です。万有引力により、地球の重力圏では、人工衛星やデブリは地球の中心を 1 つの焦点とする楕円軌道を周回します(ケプラーの第 1 法則)。この問題では楕円軌道であることは与えましたが、エネルギーの保存、面積速度の保存(ケプラーの第 2 法則)を導き、軌道をエネルギーと面積速度で表すことを求めています。ケプラーの法則は教科書にありますが、知識そのものを問うてはいません。また、デブリの処理として、大気圏に落とす、あるいは地球の重力圏外に出ることが考えられますが、そのように軌道を変えるためにデブリに加えるべき力積の表式と具体的な数値を求め、最後にこれらと比較してもらいました。得点率は 40%でした。

平面上の位置を表すのに極座標 (r, θ) を用いました。直角座標 (x, y) との関係式を与え、慣れていないことに配慮したつもりですが、戸惑ったかもしれません。単なる変数の変換ですが、(直角座標と違って)極座標の動径 (r) 方向、それに垂直な θ 方向は粒子の運動とともに変わります。極座標で運動を表すときには、このことにも注意してください(この問題では必要ありませんでしたが)。

面積速度の 2 倍に質量を掛けたものは「角運動量」(の大きさ)という物理量です。一般に、半径 r だけに依存するポテンシャルによる力(中心力)の場合、角運動量が保存します。万有引力による軌道が、楕円、放物線、双曲線と条件に応じて変化することなどを学ぶとき、この第 2 問を思い出してください。

熱力学第 2 法則とエントロピーを身近に

第 3 問は、ヒートポンプを題材とした熱学、エントロピーの導入エントロピー変化です。はじめに熱機関の逆の働きをするヒートポンプとして逆カルノーサイクルを導入し、熱力学第 1 法則(エネルギー保存則)とともに、熱力学第 2 法則を説明し、エントロピーを定義しています。ここまでの 3 ページで、やや長かったかもしれませんが、高校物理ではコラムで触れるぐらいのエントロピーの導入には必要でした。冷房・暖房の効率を定義して、熱力学第 2 法則によって決まるそれらの上限と、具体的数値を問います。

後半では、温度の異なる物体間の熱の移動、理想気体の温度変化(定積)、体積変化(定温)に伴うエントロピーの変化の具体例を問います。1/x の積分が必要ですが、結果の式は与えてありますので、忘れていても思い出したはずです。最後に、これらに基づいて、壁で隔てた等温・等圧の 2 種類の理想気体を、壁を取り除いて混合したときのエントロピーの増加(混合のエントロピー)を求めます。

得点率は 69%と高く、「やや易しい」・「易しい」の回答が過半でした。エントロピーが少し身近になったことを期待します。

流体の運動を保存則から考える

第 4 問は、流体力学です。流体の運動は一般に偏微分(多変数関数の、1 つの変数だけに着目した微分)を含む方程式によって表され、多種多様です。ここでは水の運動の 1 つの例(浅水波)に着目し、力学の保存則で振る舞いを理解しようとしています。

1. では、波の速さが水深の平方根に比例することを与え、波面が海岸線に平行になる理由を問います。また、波のエネルギーの表式を与え、エネルギー流量の保存から波の振幅の川幅・水深依存性の導出と具体例の数値を問います。

2. では、まず、正弦波を与えて、1. で与えた波のエネルギーの表式の導出を問います。次に、振幅の高次の効果(非線形効果)に着目すると波形が変形することを、質量の保存をヒントに考えさせます。物事を単純にするために、波とともに移動する座標系で見ると誘導しています。

3. は、津波(階段)状の波形が河を遡る「潮津波(しおつなみ)」について、段差の前後の質量・運動量保存則から、伝搬速度や段差を求める問題です。波が止まって見える座標系でのこれらの保存則の表式を与え、説明を求めます。

得点率 51%は予想より高く、得点分布の学年差は小でした。流体には多くの興味深い現象があり、それらには保存則から理解できる側面があることが分かっていたらありがたい。

数学を使いこなそう

「物理は面白い」と思える出題を目指していますが、意図せずに全体にやや数学的と感じさせたかも知れません。そうならば、面白さを味わうには数学を道具として使えることも必要というメッセージと受け取ってくだされば幸いです。

物理チャレンジ OP たちは今 ...



東京大学理学部物理学科 4 年
物理チャレンジ 2012・2013・2014 参加 小川 夏実

スイスに 2 ヶ月間滞在して

私が JPhO に初めて参加したのは高校 1 年生のことでした。あまり物理がわかっていなかった高校生でしたが、「何か面白そう、かっこよさそう」という単純な理由で応募したのがきっかけでした。第 1 チャレンジは理論試験のみならず個人の発想を試すような実験課題があることで楽しく取り組むことができ、運良く第 2 チャレンジに進むことができました。実際に参加してみると普段学校で出会わないような人がたくさんおり、正直自分がこの場において良いのかと戸惑う反面、多くの物理好きな参加者たちに衝撃を受け、また刺激にもなりました。さらに物理チャレンジの実験課題や加速器の見学は、私が物理学を志す上で不可欠なものであったと思います。気がついたら東大の物理学科に進学しておりました。

東大理学部では毎年十名程度の学生を海外の大学や研究所に派遣する SVAP というプログラムがあります。私は以前からどうしても行きたいと思っていた、スイス・ジュネーブにある CERN (欧州原子核研究機構) へ、このプログラムを用いて 2 ヶ月間研究留学する機会を得ました。この研究所は Higgs 粒子を見つけた世界最大の加速器 LHC があることで有名ですが、私は反陽子減速器 AD を用い

た CPT 対称性の破れを探索する実験に参加しました。大学の実験の授業で用いるような基礎的な実験とは異なる最先端の研究の現場で、装置を調整しながらの連日にわたる実験は過酷なものでしたが、新しい物理を探索する研究の現場に立会い、大変有意義な経験をすることができました。

CERN はヨーロッパ各国が予算を出し合って設立された経緯もあり、国籍、性別など様々なバックグラウンドを持つ研究者で構成されていると感じました。特に私にとっては女性の研究者も男性の研究者も共に活躍している様子が印象的でした。そういえば、食堂でバーベキューが開催されていたり、朝からビールやワインが売られていたのが衝撃的でした。私にとってはこの自由な雰囲気が居心地よく、2 ヶ月の滞在があつという間でした。

私のモットーとして目の前にあるチャンスは逃すべきでないと考えており、その甲斐あって物理チャレンジで様々な経験を得られ、また大学に入ってから海外派遣プログラムで憧れだった研究所で実験に参加することができました。来年からは東大の大学院に進学し、ニュートリノや弱い相互作用に関連した研究をするつもりです。これからも初心を忘れずに物理学と関わって行きたいと思っています。

JPhO 便り —第5期理事会体制の発足—

2018 年 6 月 16 日に開催された平成 30 年度 (第 7 回) 通常総会で選出された理事・監事によって、第 5 期の第 1 回理事会が 9 月 1 日に開催されました。その結果、右表のような役割分担が決定し、新しい体制で第 5 期 (2018 年 9 月~2020 年 8 月) の活動が始まりました。前期からファンドレイジング委員会を新設し、国際物

理オリンピック派遣委員会、物理チャレンジ実行委員会、および普及委員会とあわせて 4 委員会体制となります。それぞれの委員会には、左下図に示す部会が設置されており、それぞれの分担の業務を行います。

JPhO 第 5 期理事会 (2018 年 9 月~2020 年 8 月)

理 事	長谷川 修司	理事長 (東京大学)
	興治 文子	副理事長・財務担当 (東京理科大学)
	杉山 忠男	副理事長・総務担当 (河合塾)
	北原 和夫	ファンドレイジング担当 (国際基督教大学・東京理科大学)
	岸澤 真一	物理チャレンジ実施担当 (拓殖大学)
	中屋敷 勉	国際物理オリンピック派遣担当 (岡山県立岡山一宮高等学校)
	並木 雅俊	普及広報担当 (高千穂大学)
	毛塚 博史	合宿担当 (東京工科大学)
	波多野 睦子	応用物理学会推薦 (東京工業大学)
	溝川 貴司	日本物理学会推薦 (早稲田大学)
監 事	村田 隆紀	日本物理教育学会推薦 (元京都教育大学)
	天野 徹	株式会社津島製作所
	瀧澤 照廣	元(株)日立製作所

