

プレチャレンジ in 新潟



2012年10月28日(日)

新潟県立新発田高等学校

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
〒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 新潟 実施計画

1. 日 時 平成 24 年 10 月 28 日 (日)

2. 会 場 新潟県立新発田高等学校

3. 内 容

- 12 : 30 - 12 : 35 開会あいさつ
12 : 35 - 13 : 00 物理チャレンジの概要紹介
13 : 00 - 13 : 20 物理オリンピックの概要紹介
13 : 20 - 13 : 35 休憩
13 : 35 - 14 : 25 第 1 チャレンジの概要と実験レポートの書き方
14 : 25 - 14 : 40 休憩
14 : 40 - 17 : 25 第 2 チャレンジの実験演習
(適宜休憩)
17 : 25 - 17 : 30 閉会挨拶

4. 参加スタッフ

興治文子 (新潟大学)
近藤一史 (埼玉大学)
近藤泰洋 (元・東北大学)
山村篤志 (東京大学 1 年)

※ 山村篤志さんは、高校 2 年生のときに国際物理オリンピック 2010 クロアチア大会に参加し銅メダル、高校 3 年生のときに国際物理オリンピック 2011 タイ大会に参加し金メダルを受賞しています。

5. 参加者

新発田高等学校	高校 2 年生	8 名	
	高校 1 年生	7 名	
村上高等学校	高校 2 年生	3 名	
	高校 1 年生	1 名	
村上中等教育学校	4 年生	1 名	
	3 年生	15 名	
			(計 35 名)

「**第2チャレンジ**」は、第1チャレンジの「理論問題コンテスト」「実験課題レポート」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。それぞれ5時間で行なわれる「理論」と「実験」のコンテストにチャレンジします。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、そして参加者同士の交流ならびに物理チャレンジ・オリンピック日本委員会委員(物理学および関連する分野の研究者)との語らいを深める機会など、コンテスト以外の多彩なプログラムも織り込んであり、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

- 第1チャレンジ (約1300名)
- 第2チャレンジ (約100名)
- 3泊4日
- チャレンジファイナル
- 〈オリンピック代表候補・約10名〉
- 国際オリンピック委員会へ(1名)

● 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!

第2チャレンジの日は、岡山学校の中で実験活動がありました。理論試験も終わってしまいましたが、リフレッシュした気分のチャレンジヤーがいます。

第2チャレンジ 1日目 (開会式)

飯島先生によるご講演

「暮る」というテーマを軸に、ナノゲノム、DNAからニュートリンの最新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を多く、講演の最後にはチャレンジヤーからたくさんのお質問が寄せられました。

けん玉教室

10時から11時までの間の講座。参加者も楽しめるけん玉教室です。

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。

乳知事からの激励

岡山県知事からの激励メッセージが送られました。

岡山高校美術部による「のこもつ」展覧

岡山県立岡山芸術文化センターにて開催された岡山高校美術部の展覧会を見学しました。

第2チャレンジ 2日目 (理論試験)

みんな頑張ってます。

岡山学校史跡見学

岡山学校史跡を見学しました。

講堂学習は楽しめたかな?

楽しみ、フィジクスライブ

講堂学習では、授業の中での疑問の学習という貴重な経験をする事ができました。学校生活の姿勢についてお話を聞けました。とても勉強になりました。

しめしめ……

先生方が様々な自然のテーマについて、クイズを作って楽しんでくださいました。非常に興味深い内容ばかりで、チャレンジヤーも目を輝かせて聞かれました。

第2チャレンジ 3日目 (実験試験)

実験への熱いまなざし

測定中……

これがFEL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もいいです。

Farewell Party

突然の一発芸大会!

ハウルの歌に挑戦!

かんたー

37秒でルービックキューブ完成!

ジャグリングします!

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!

第1チャレンジ実験優秀賞は、下の8名のチャレンジヤーに贈られました。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12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、灘中学校3年の橋本一君に贈られました。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。受賞したのは岡山高等学校女子部3年の真野侑子さんです。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。第2チャレンジの合宿形式のプログラムは、この「国際物理オリンピック」のスタイルをヒントにしています。

来年の物理チャレンジ挑戦に向けて

2013年

- ・1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 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

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概要説明

東京大学 1年 山村篤志

- ・ 高校時代の勉強方法
- ・ 国際物理オリンピック日本代表に選ばれるまでの経緯
- ・ 国際物理オリンピックに参加してみて

<メモ>

第1チャレンジの概要と実験レポートの書き方

埼玉大学 近藤一史

第1チャレンジの概要 については、当日説明します。
ここでは、実験レポートの書き方について少し記しておきます。

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。

・記述の順番を考えましょう

実験レポートは作文ではありませんので、実際の実験の順番に書く必要はありません。科学で重要な「論理的」な考え方で研究を行っていることがわかるように記述して下さい。

・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す。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、意見をきちんと分けて記述しましょう。これが、「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、できるだけ測定点の近くを通る線でなめらかにつないで描きましょう。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るようになりました。単にデータを並べるのではなく、データを吟味しましょう。

<メモ>

第2 チャレンジの実験演習 (第2 チャレンジ 2012 実験コンテストより改編)

元・東北大学 近藤泰洋

物体の回転を速くしたり遅くしたりするのは何が決めているのだろうか、
考えてみよう

力学という領域で最初に出会うのは、質点の問題です。ここでは、物体は、点としての位置と質量だけが与えられ、その動きは次に挙げる“ニュートンの運動の法則”で記述されます。すなわち、

- 1 : 慣性の法則 : 物体は力が加えられなければいつまでも同じ方向に等速運動を続ける。
- 2 : 加速度は力に比例、質量に反比例し、その力の方向に起こる。
(又は力は加速度と質量の積で表される)
- 3 : 作用と反作用はお互いに逆向きで大きさは等しい。

しかし、実際に身の回りには常に大きさがあります。その場合、質量を重心に集めて、質点として取り扱うことができます。しかし、そこで物体が変形したり、回転したりすると、もう、質点としては取り扱えなくなります。変形する場合は、複雑であることは想像が付きまますので、ここでは取り扱わないこととし、力が加わっても変形を無視できうるような物体を考えます。このような物体を剛体と呼びます。我々の周りでは、堅いものは剛体と考えて良いでしょう。実験ではこの剛体の回転について、どのような運動の法則が成り立つかを推察してみてください。

質点の場合、位置は通常 3 次元直交座標系を考え、位置ベクトル \vec{r} (成分は x, y, z) で表されます。速度は位置の時間に関する 1 階微分 $\frac{d\vec{r}}{dt}$ で与えられ、やはりベクトルでその成分は (v_x, v_y, v_z) 又は $(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt})$ 、加速度は速度の 1 階微分 $\frac{d\vec{v}}{dt}$ 、又は $(\frac{dv_x}{dt}, \frac{dv_y}{dt}, \frac{dv_z}{dt})$ 、すなわち、位置の 2 階微分 $\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$ 、又は $(\frac{d^2x}{dt^2}, \frac{d^2y}{dt^2}, \frac{d^2z}{dt^2})$ であらわされます。したがって、2 番目の運動

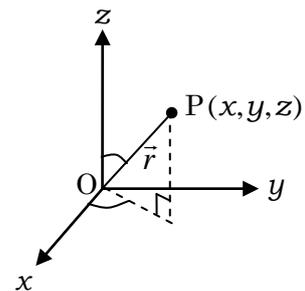


図 位置ベクトル

方程式は、力を \mathbf{F} 、質量を m 、加速度 $\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$ を \mathbf{a} とおくと、

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}、成分で表すと、F_x = m \frac{d^2x}{dt^2}、F_y = m \frac{d^2y}{dt^2}、F_z = m \frac{d^2z}{dt^2} となります。$$

1 番目と 3 番目の法則も、平衡状態を考えると、この運動方程式から導き出されます。つまり、この式が質点の運動を記述する基本の式であることがわかります。

では、剛体の場合はどうでしょうか。回転する剛体について、元の位置からどのくらい回転したか、何を用いて表したらよいでしょうか。軸を中心としての回転角（通常ギリシャ文字の θ で表すことが多く、無次元の量、ラジアンで表します）であることは容易にわかります。また、回転の速さは、単位時間あたりどのくらい回転角が変化するか、すなわち角度の時間に関する1階微分 $\frac{d\theta}{dt}$ で表され、角速度と呼ばれています。通常ギリシャ文字の ω （オメガ）で表わされ、単位は s^{-1} です。実用的には rpm (rotation per minute) も良く使われていて、例えば自動車エンジンの回転数表示などは rpm で表示されています。

では、回転させる力の強さはどう表され、その力が何処にどの様に働き、回転角の変化を導くのだろうか、また、回転の速さやその変化（回転が加速されたり、減速されたりする）との間にはどのような関係があるのだろうか、回転の速さと、回転を続ける能力はどの様に表されるのだろうか。以上の疑問について考えるのがこの実験の目的です。

今回の実験では、使える時間が限られているので、測定する条件をあらかじめ設定しておきます。この限られた条件の下で得られた結果をもとに、質点の運動法則に対応する、剛体の回転の法則を推察（できれば導出まで）して下さい。

使用する部品

机の上にはこの課題で使用するおもな部品、工具、記録用紙を準備してある。

- (1) 回転子とその支持台、および足場 2 本
- (2) ストップウォッチ
- (3) 金属製おもり (25g、50g)
- (4) 木綿細糸
- (5) 六角棒レンチ (2mm, 4mm)
- (6) 金属製の物差し(40 cm)
- (7) 結果の記録及び整理、解析、結果の記述用紙 (表 (空欄) とグラフ用の方眼図を含む)

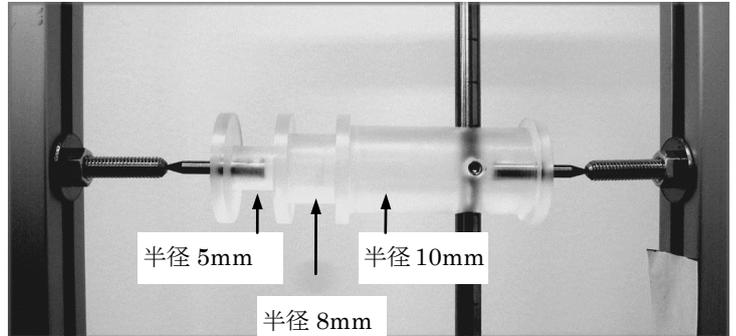


図 1 糸巻部分

まず以上を確認すること。 欠けている場合は監督者を呼ぶ。

(1)の回転子の軸の部分には、図 1 のように円筒状の糸を巻き付ける部分 (以降「糸巻」とよぶ) がある。糸巻には半径 5mm, 8mm, 10 mm の 3 種類ある。

回転子の棒の部分は図 2 のように、1.0cm おきに目盛りがついている。小物体 B, C の位置は止めねじを六角棒レンチ(2mm)で回して調節する。図 2 では、小物体 B, C の中心 (重心) の位置は、回転軸から 11.0cm の場所である。最初、小物体 B, C はこの位置に固定してある。

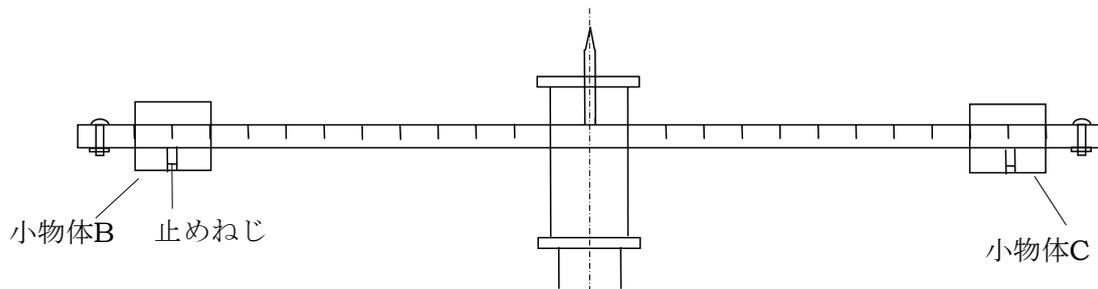


図 2 棒の目盛りと棒にとりつけられた小物体 B, C

実験の準備

1. 支持台に取り付けられている回転子を回転させ、なめらかに回転することを確認なさい。回転子が外れている時や、なめらかに回転しないときは、監督者を呼びなさい。2つの小物体 B, C の位置が、回転軸から 11.0cm の位置にあることを確認なさい(棒に 1cm 刻みで線が引かれている)。
2. 次に、回転子の棒を水平にし、手を離しても棒がほぼ水平のままになっていることを確認なさい。もし大きく傾いた場合は、小物体 B, C の位置を微調整してほぼ水平になるようにしなさい (図 3 参照)。

B, C を動かすには、2mm の六角棒レンチでねじを少し緩める。調整終了後はねじを締めること。
3. 細い方の糸巻 (半径 5mm) が手前に来るように支持台を置く。図 3 に示されているように、支柱に貼り付けられている目盛りの書かれた紙が実験者側から見える向きに置くとあとに述べる観測が楽。
4. 木綿細糸を 1 本取りだし、一方の端をおもりがつり下げられるように輪を作りなさい (図 4 参照)。
5. 細い方の糸巻 (半径 5mm) が右側に来る位置に支持台を置き、糸の他方の端を半径 10mm の糸巻きの棒寄りの部分にセロハンテープで貼り付けなさい (図 5 参照)。セットによっては、始めから糸が付いているものもあるので、その場合はそのまま使用する。
6. 支柱の底部の枠に透明プラスチック板を両面テープで水平に貼り付け (前回使用したテープの糊がそのまま残っているので、軽く押しつけるだけで貼り付く)、このプラスチック板から 5cm、ごとに 25cm までの高さの位置に線を引いた紙が 2 枚貼り付けてあることを金属製物差しで確認しなさい。
7. ストップウォッチの作動方法 (スタート、ストップ、リセット) を確認する。

以下の実験で変化させることができるのは、糸巻きの半径 (3 種類)、おもりの重さ (2 種類)、おもりの位置 (落下させることができる距離)、回転する棒に付けられたおもりの位置の 4 種類であり、これらを組み合わせることにより、条件を変化させることができる。

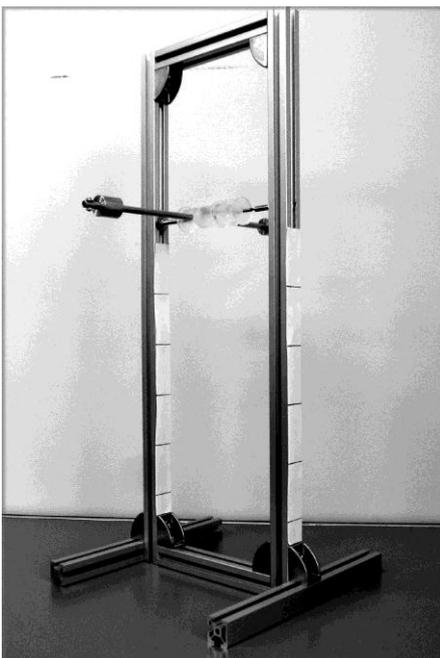


図 3 回転子のバランス調整。支柱にはおもりの高さ測定用の目盛りが貼り付けてある。

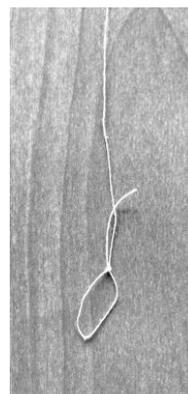


図 4 糸に輪を作る

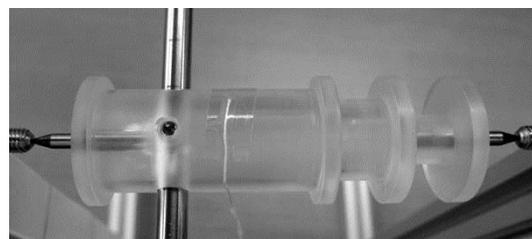


図 5 糸を糸巻にセロハンテープで付ける

課題 1

(1) 糸に質量 25.0g の金属製おもりを付け、回転子を回転させながら糸を半径 8 mm ($b = 8.0$ mm) の糸巻に巻き付ける。

(2) 静止状態から、金属製おもりが距離 $h = 5.0$ cm, 10.0 cm, 20.0 cm 落下するまでの時間をストップウォッチで 3 回、それぞれの高さで測定し、その平均をとりなさい。測定の際、リセットボタンを押して表示がゼロ秒になっていることを毎回確認しなさい。(図 6 参照)

(3) 横軸に金属製おもりの落下距離、縦軸に落下時間の平均値の 2 乗をとって測定データをプロットする。

以上の結果から、金属製おもりの落下が等加速度運動であることを示し、加速度 a の値を求めなさい。また、糸にかかる張力 T はどれほどか、求めなさい。糸にかかる張力が、糸巻きや棒を回転させる力となっている。

ヒント：落下距離 $h=0$ の時は落下時間 $t=0$ である。

等加速度 a で落下すると、落下距離 $h = \frac{1}{2}at^2$ である。

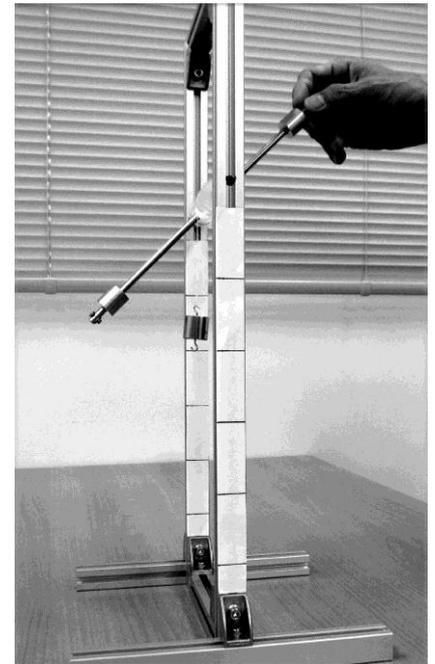


図 6 物体 A をつり下げる

(4) 金属製おもりの落下速度 v と回転の速さ (角速度) の間の関係式を求め、次に落下の加速度と角加速度の関係式を求めなさい。

角度は θ (rad) で表し、角速度は $\omega = d\theta/dt$ 、角加速度は $d\omega/dt$ で表すこと。

課題 2

(1) 金属製おもりが静止状態から 20.0 cm 落下するまでの時間を、糸巻の半径 $b = 8.0$ mm、金属製おもりの質量 $M = 50.0$ g, 75.0 g (25g と 50g をつなげる)、について落下時間を測定し、課題 1 の結果 (20.0 cm) と合わせ、縦軸に角加速度 $d\omega/dt$ 、横軸に M を取ってグラフに描きなさい。両者にどのような関係が見られるか。

(2) 次に $M=25$ g、糸巻きの半径 $b = 10.0$ mm、8mm、5mm、落下距離を 20cm の場合について落下時間を測定し、角加速度と糸巻きの半径の間の関係をグラフに表しなさい。両者にどのような関係が見られるか。

なお、 $b = 8.0$ mm の場合には課題 1 の結果を用いなさい。

(3) 上の結果から、糸巻きにかかる張力 T (ここでは金属製おもりにかかる重力と近似してよい)、糸巻きの半径 b と角加速度 $d\omega/dt$ の間にはどのような関係が有ると考えられるか、できれば式を用いて表しなさい。

課題 3

糸巻の半径を $b = 8.0 \text{ mm}$ 、 $M = 25.0 \text{ g}$ の金属製おもりをとり、金属製おもりが静止状態から 20.0 cm 落下するまでの時間を、小物体 B、C の回転中心からの距離 r を 11cm 、 7cm 、 5cm 、 4cm の場合について測定しなさい。この時、回転中心が常に重心と一致していることを確認しなさい^{注1)}。この場合も r が 11cm の場合については課題 1 の結果を利用しなさい。角加速度と回転中心からの距離 r の間の関係を、適当な様式のグラフ^{注2)} で表し、張力 T 、糸巻きの半径 b 、小物体の質量 m と回転軸からの距離 r の間の関係式を求めてみなさい。

注 1 : 片方のおもりを移動させねじで止めてから、次にもう片方のおもりを、支えの手を離しても棒が水平のままている（バランスが取れている）状態になるように移動させて止める。この時、ねじをほんの少し軽く締めるだけにしておくと、少しずつ移動させることができ、微調しやすい。バランスを取れたらねじを少し固く締める（回っても動かない程度）。

注 2 : 横軸を r 、 r^2 、 $1/r$ 、 $1/r^2$ など、数値を眺めながらグラフが直線で表されるようにとると関係がわかり易い。

課題 4

以上の結果から、張力（回転させる力）と回転角の変化（角加速度、 $\frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$ ）の間の関係を考えてみなさい。