

Physics Challenge 2009 at Tsukuba

物理チャレンジ式零零九 於筑波



八月式日号

MarieCurrie
真理窮理

2009/08/02

いざ、つくばへ

つくば駅に到着すると、茨城県のシンボル・水戸黄門のコスプレをしたアインシュタイン君がお出迎え！
中の人はお疲れ様でした(笑)

駅を出ると、今度は物理チャレンジの横断幕が大通りに懸垂曲線を描いていました。



チャレンジャー集合中・・・



チャレンジャーの皆さんが続々と集まってきている間にも、学生スタッフを交えた交流が始まりました。

僕も話しかけると、皆さんよくのってきてくれたので嬉しかったです。

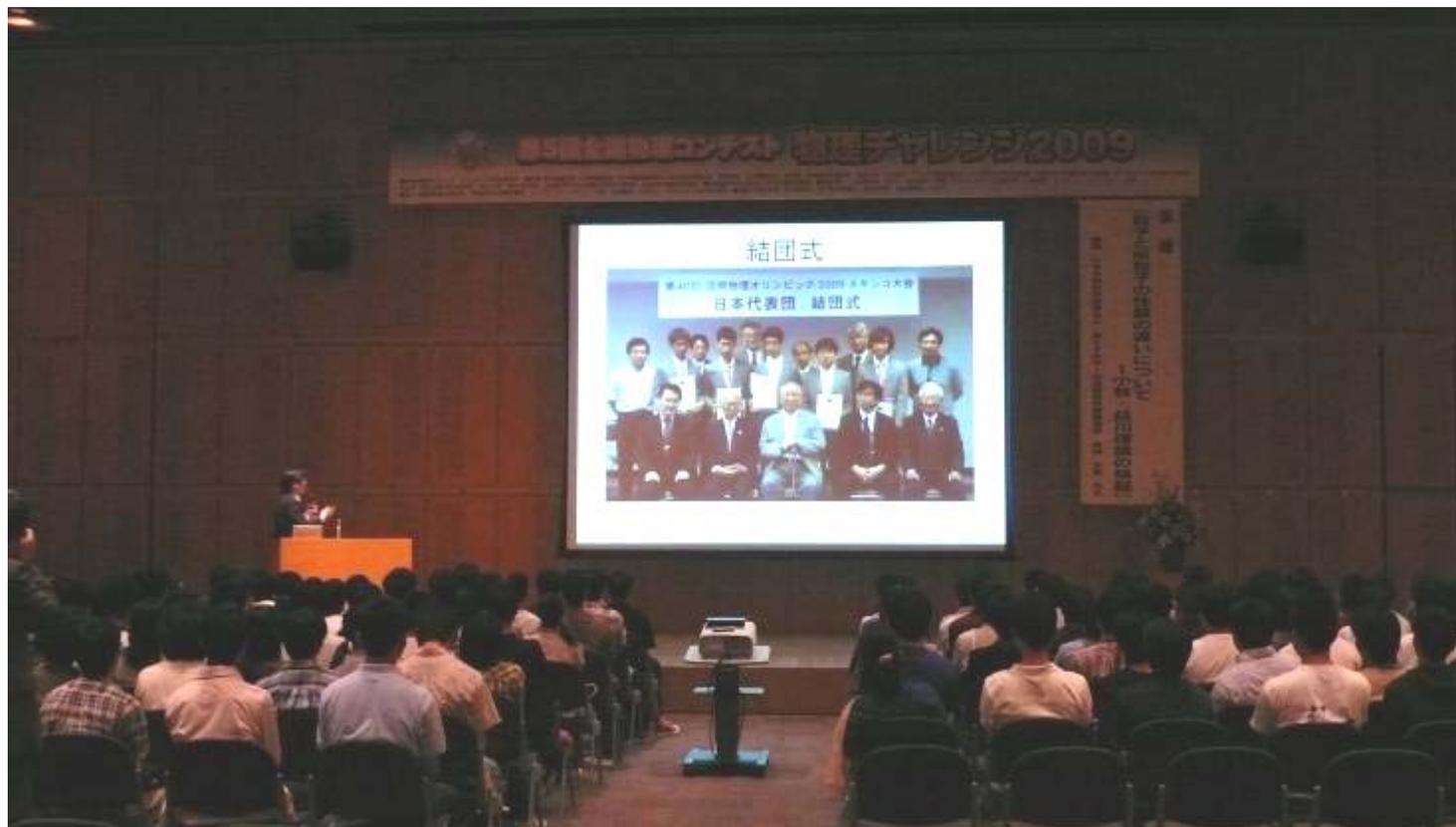
この調子でどんどん交流して、仲良くなっていってくださいねっ！

物理チャレンジ2009 開会宣言!



チャレンジャーが集結!!!

国際物理オリンピック2009報告



光岡先生より、今年7月にメキシコ(メリダ)にて行われた国際物理オリンピックの報告が行われました。今年はメキシコで発生した新型インフルエンザの影響で、一時は参加すら危ぶまれましたが、ウィルスにも負けず日本代表選手は大活躍！金2・銀1・銅2と全員メダルを獲得しました。

小林誠先生からの激励



昨年のノーベル賞物理学者・小林誠先生がチャレンジャーへの激励に来てくださいました。席に座っていた先生へサインを求める列ができました。

サインをもらえた人はラッキーでしたね！素敵な記念になりました。このまま物理を学び続けて、小林・益川理論を本当の意味で理解できたとき、このサインは今以上に価値を増すことでしょう。



高崎先生のご講義



高崎史彦先生から、小林・益川理論についてのご講義をいただきました。難しめの内容だったかと思いますが、みなさん熱心に聞き入っていたように見えました。このような重大な発見・検証で日本の研究者の方々がご活躍なさっているのは、なんとも誇らしいですね。

高崎先生へ質問タイム



高崎先生の講演後、難しい内容を物ともせず質問し、先生を困らせるほどの質問をするチャレンジャー。さすがです。

クロアチア紹介

目指せ！クロアチア！



クロアチア政府観光局の方から、来年の物理オリンピックの開催地であるクロアチアの紹介がありました。ネクタイ、シャーペン、万年筆発祥の地だそうです。

また、クロアチアには多くの美しい自然遺産、文化遺産があります。

右図のDubrovnikは魔女の宅急便のモデルにもなった街なので、知っていた人もいたのでは？



歓迎アトラクション



水戸工業高校のジャズバンドBlue Beginnersによる演奏です。チャレンジャーたちは同世代のプレーヤーによるジャズやポップの演奏に耳を傾けました。あいさつや講演などを長時間聴き続けた後の音楽鑑賞は良い気分転換になったのではないのでしょうか？

交流会



学生スタッフ、先生方の自己紹介がありました。お食事もおいしかったですね。それでは明日、がんばりましょう！！

編集後記

何か記事になりそうなことがあったら教えてください！ 田中良樹

みなさん、いかがだったでしょうか？ご意見、ご感想をいただけるとよろこびます。ところで、「氷山の一角」って何%以下(未満)のことなんでしょうね？ 小池貴之



物理女子に光あれ！
小野すみれ

作業効率が悪くかつ途中で違うことをするせいで、夜中まで編集をだらだらと続けていました。夜中に暇でしょうがなければ本部まで遊びに来て下さい。
村下湧音

Physics Challenge 2009 at Tsukuba

物理チャレンジ式零零九 於筑波



MarieCurrie 真理窮理

八月参目号

2009/08/03

理論問題にチャレンジ

みんな、がんばれ～～



理論問題第1問 速報

第1問 (80点)

温度が高いところから低いところへの熱の移動には、伝導、対流、放射の3つの形態がある。このうち、放射による熱の移動とは、電磁波が運ぶエネルギーの流れのことである。電磁波は真空中でも伝わるので、太陽エネルギーが地球に伝えられるのもこの流れによる。

太陽に限らず、すべての物体は、その温度が絶対零度でない限り、その表面から電磁波を出している。温度が低い物体は波長が長く目に見えない電磁波を出す。700°C前後の物体は赤い光を出す。さらに温度が高くなると、しだいに青い光も出すようになり、その結果、表面温度が数千度の太陽はすべての可視光領域の光が混ざった白い光を出している。このように温度によって決まるエネルギーの放射を熱放射という。

物体の熱放射のモデルとして、黒体放射あるいは空腔放射と呼ばれるものがあり、量子物理学の誕生に寄与した。この問題では、太陽と地球から出る放射はすべて黒体放射と同じ性質を持つものとする。

この黒体放射の理論によると、温度(絶対温度)が T の物体の面積 S の部分から単位時間に放射されるエネルギーは S に比例するので、これを $I \times S$ と表すことにしよう。すると、 I はその物体の温度 T のみに依存し、 T^4 に比例する。以上をまとめると、温度 T の物体の表面の面積 S の部分から放射されるエネルギーは単位時間に

$$IS = \sigma T^4 S$$

となる。右辺の σ はシグマと読み、 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{W}/(\text{m}^2 \text{K}^4)$ は、シュテファン-ボルツマン定数と呼ばれる。



図1:

[I]

太陽から放射状に出た太陽光も、地球の付近では、図1のようにほぼ平行光線になっている。したがって、地球の半径を R_E として(以下で添字Eは地球に関する量であることを表す)、斜線で示した半径が R_E の円を通る光のみが地球を照射する。地球の公転軌道にあって太陽光

【OBによる問題講評】

第5回物理チャレンジ、記念すべき先頭を飾ったのは、黒体放射を用いて地球のエネルギー収支を考えるという問題であった。

まず冒頭に書かれているシュテファン・ボルツマンの法則の説明をきちんと理解できたかどうかは鍵だっただろう。物理チャレンジでは、このように普段高校では出てこない概念を、その場の誘導で理解して、使いこなすということが要求される。つまり、よく考えれば分かるようになっているのである。この点で、第1問は物理チャレンジとして標準的な問題であったと思う。

後半までたどり着いたチャレンジャーは、このような簡単なモデルから地球の温度を見積もれてしまうことに、物理の応用力を感じたことだろう。

理論問題 出題者インタビュー 1



理論問題第1問出題者の川村先生にインタビューしました。

Q. 第1問についてです. この問題の出題の経緯を教えてください.

A. 温室効果というのはよく耳にすることです. これがどういう原理か? というのは高校生も手を動かせば分かります. 日ごろ耳にすることに物理のネタがあるのです.

また, この問題を通して, 太陽・地球・宇宙空間がエネルギーをやり取りしているという見方も分かったでしょう.

Q. 苦心したことはありましたか?

A. 苦心したのは, 高校生の持っていない知識をなるべく使わないようにするということです. シュテファン・ボルツマンの法則は与えたものの, その他は高校生の持っている考え方で, 考えれば解けるようにしました.

—ありがとうございました.

理論問題第2問 速報

【OBによる問題講評】

- 問題には電場と磁場の問題でした。電場の概念の紹介からガウスの法則へつなげる[Ⅰ]、磁場の概念を用いて、簡単な磁場中でのコイルの運動を見る[Ⅱ]は誘導も親切で分かりやすかったのでは、と思います。(僕もいい復習になり助かりました・・・)
- [Ⅲ]は電磁誘導と自己誘導ということで、自己インダクタンスなどが出てきて難しそうに見えますが、結局は式(8)を用いれば、単振動と自由落下の計算に帰着できるはずです。
- [Ⅳ]はとても面白い話題だと感じています。(2005年に類題があったような気もしないでもないですが。)直線電流のそばの静止電荷は力を受けないが、それを電流の電荷と共に動く立場から見るとどうなるか?という問題です。誘導に従って計算していくと、電場による力と磁場による力がちょうどつりあい、こちらの系でも確かに静止していることが分かったと思います。世の中うまくできているものですね。聞かたびに感動する話です。

図1 正電荷 Q から出た電気力線が 電荷 Q を中心とする半径 r の球面をつらぬいて球の内側から外側に出て行く。球面上の電場の大きさと、半径 r の球面の表面積は $4\pi r^2$ であることを用いて、正電荷 Q から出る電気力線の総数は $\frac{Q}{\epsilon_0}$ であることを示せ。

上の結果は、多くの点電荷が分布している場合にも、個々の点電荷とそれのつくる電場を重ね合わせることによって拡張することができる。すなわち、電気量 Q の電荷から出る電気力線の総数は $\frac{Q}{\epsilon_0}$ に等しい (Q が負のときは $\frac{Q}{\epsilon_0}$ 本の電気力線が電荷に入る) ということができる。これは、電場に関するガウスの法則の一つの表現である。ここで Q は点電荷であっても、ある領域に電荷がひろがって分布していてもよい。

図2 直線上に単位長さあたり λ (ラムダと読む) の電気量の電荷が一様に分布している。直線が無限に長いとすると電場 \vec{E} の方向は直線に垂直で直線を軸として軸のまわりに対称になる。図2に示すように直線を中心として長さ L の円柱状の領域を考える。円柱の半径を r とすると、円柱の側面を横切る電気力線の総数はいくらになるか。円柱の表面における電場の大きさ E を用いて表せ。また円柱の中に含まれる電荷はいくらか。 λ を用いて表せ。

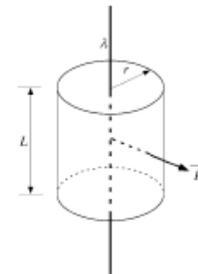


図2

図3 図2の結果とガウスの法則「電気量 Q の電荷から出る電気力線の総数は $\frac{Q}{\epsilon_0}$ に等しい」を用いて、直線から距離 r の位置での電場の大きさ E を求めよ。

[Ⅱ]

【電流と磁場】運動する荷電粒子に(重力および電場からの力以外の)力がはたらくような空間を磁場(磁界)という。磁場を特徴づける量として磁束密度 \vec{B} というベクトルがある。

電気力線と同様に、磁場のようにすを表すものに磁束線というものがある。磁束線上の各点での接線の向きがその点での磁場の向きを表す。また、磁束線は、それに垂直な単位面積の平面を通過する磁束線の数がそこでの磁束密度になるように描かれる。

理論問題 出題者インタビュー 2

理論問題第2問について、波田野先生にインタビューしました。

1. 3番では力学と電気、4番では電気と磁気という、高校までの教育の過程では別々に習う分野が相互に関連しているということ、問題を通じて実感してほしかった。
2. 実はこれはもともと2つの問題だったのを1つにしました。他の先生が作っていたのと問題がかぶっていたけど、両方とも基礎から深いところまで考察させる問題だったので、いっそのこと一緒にしたら、分量が多くなってしまいました(笑)。
3. 君たち学生スタッフはもう大学の物理を勉強してるからいいけど、高校では電磁気って言うと電気と磁気を独立に勉強する。ところが、これらは実は電磁気というまとまったもので、しかもそれが光は一定のスピードで走るものだっていうことを考えると、アインシュタインの相対性理論によって統一的に捉えられると考えられるんです。
4. 歴史としては電気も磁石も摩訶不思議で、お互い関係ありそうだと思ってもなかなか結びつかなかった。そこをアインシュタインが相対性理論で電気と磁気を関連付けたんです。
5. 電磁気と物体との結びつきを考えると、クーロン力であったり、電流によって生じる力があったりして、これらも方程式によって表せる。そこに相対性理論を持ち込むことによって、荷電粒子と電磁気の世界も統一的に捉えられるということはこの問題で実感できるようにしました。ちょっと全体的には難しかったかもしれないけど、おもしろかったですよ。
6. ただ、みんな相対論に慣れていない。しかも、相対論を理解した上で考えるという訳ではなく、天下りで、走るものが縮むというローレンツ収縮をいきなり出しちゃったのでチンプンカンプンな人もいたかもしれない。その点はちょっと不親切だったかも。できなくてある意味当たり前ではある。本当に好きな人は勉強しているから分かるけど。
7. ただ、物理の自然に対する見方っていうのが、どんな見方をしてるのか、そういうにおいを感じてもらいたかった。問題自体はちょっと難しかったと思いますが、この問題が、今までの勉強が実はさらに先があって、先を行くともっと自分の頭を整理することができるんだって言うことを知るきっかけになれば、目的を果たしてると思う。

理論問題第3問 速報

第3問 (90点)

[1]

「波」という言葉を聞いたとき、真っ先に思い浮かべるのが水の波であろう。この水面を伝わっていく波(水面波)はなじみの深い波ではあるが、弦を伝わる波や音波と比べ複雑である。水面波は条件によっていろいろな振る舞いをするが、ここではいくつかの仮定をもとにこの水面波の性質を調べてみよう。

水面波は、媒質の水が重力を受けながら運動することによってできる。水面波が他の波と違って複雑であるのは、媒質の周期運動が2次元的になるからである。弦を伝わる波は、媒質である弦が波の進行方向に垂直に振動する横波である。空気中を伝わる音波は、媒質である空気が波の進行方向に平行に振動する縦波である。これに対して水面波では水の運動は進行方向に平行な要素と垂直な要素を合わせもつ。

水面波は水面が上下するから、水の運動には波の進行方向に垂直な成分があることは確かである。一方、海水浴に行って浮き輪につかまって浮いてみると、波の山の部分で浮いているときは岸の方へ動かされ、波の谷の部分で浮いていると沖の方へ動かされることを経験するから、波の進行方向に平行な水の運動があることも確かである。

一般にこのような運動として考えられるのは鉛直面内のだ円軌道に沿った運動であるが、ここではまず、水は図1のように等速円運動していると考えてみよう。ただし、波は右に向かって速さ V で進んでいるとする。

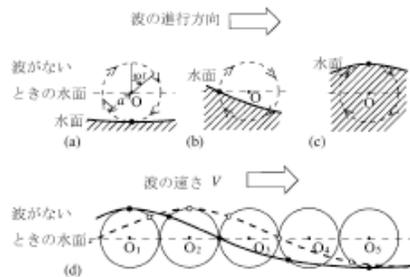


図1:

図1(a)~(c)において、破線で示した円の中心Oは空間に固定されている。(a)は、波の谷がOの下に来たときの様子を示す。このとき、水面の最下点にあった水のかたまり(黒丸で表す)は、時間とともに円軌道に沿って時計回りに進み、やがて、(b)のようにOと同じ高さになる。周囲の水も黒丸の水のかたまりとともに上昇する。さらに時間が経つと、黒丸の水のかたまりは、(c)のようにOの真上に至り、そのときの水のかたまりは波の山の頂上にある。

【OBによる問題講評】

理論試験最後の問題は、水面波の速さを求めることを目的とした問題でした。他の2問と比べて身近な問題であるために何が起きているかを想像するのは簡単ではあったと思いますが、次元解析や近似計算といった慣れなければ難しい計算や、現象を観察する座標系の変換などで戸惑った人もいるかと思います。しかし、初等的な計算で波の速度を出すことができるのは、その座標変換のおかげであり、静止系のまま求めようとするとなかなか計算になります。そのような計算なく、簡潔に波の速さを求めることができたのがこの問題のおもしろさでしょう。

問題の最後には流束の概念を使って、流体力学の法則であるベルヌーイの定理を導くという高度な問題もありましたが、初見の人でも解けるようにしようという丁寧な誘導がみられました。

余談ですが、問7と同じような手法を使えば弦に伝わる波の速さを求められます。興味のある人は考えてみたら面白いかもしれません。

理論問題 出題者インタビュー 3



理論問題第3問出題者の佐貫平二先生にインタビューしました。

以下は、出題趣旨の要約です。

水の波は身近な題材であり、体験によりいろいろなことを知っているが、その現象は縦波と横波の性質を併せ持った複雑で非線形なものである。それを質を落とすことなく近似することで高校レベルで分かる手法で本質的な説明をしてみたいと思った。

また、波動現象は様々な分野に利用されている。例えば、核融合において起こる波動現象の複雑なふるまいを説明でき、それは今日のエネルギー問題に貢献できるものである。さらに、正弦波の歪んだソリトンという波を使って多くの情報を伝達する通信を実現できる。水の波はそのような複雑な波の入門的な存在であり、基本的な非線形の問題にふれてほしかった。

このような現象に興味を持ったチャレンジャーには、現象を想像できる感覚とともに数学的な技術を身につけてほしい。

採点中...



試験終了後、早速採点が始まりました。先生方もみなさん真剣な表情です。

つくばエキスポセンター



スターリングエンジンなどおなじみの科学アイテムが勢揃い！施設の方を交えてみんなで楽しく議論しました。

フィジックスライブ



今年もフィジックスライブがやってきました。皆さん、様々なブースで、とても興味深げに見ていました。

なかには飛び入りで出し物を始めた学生スタッフもいて、全体的にとっても盛り上がっていたという印象を受けました。



編集後記

インタビューのログをせっせととってました。
問題を作った先生方のこだわりがわかって
興味深かったです。

小野すみれ

試験お疲れ様でした。3日目の夜は気
兼ねなく徹夜しましょう。それこそ物理
チャレンジの醍醐味です。

村下湧音

先生方にインタビューさせていただくのって、めったにでき
ない体験かもですね。楽しかったです。 小池貴之

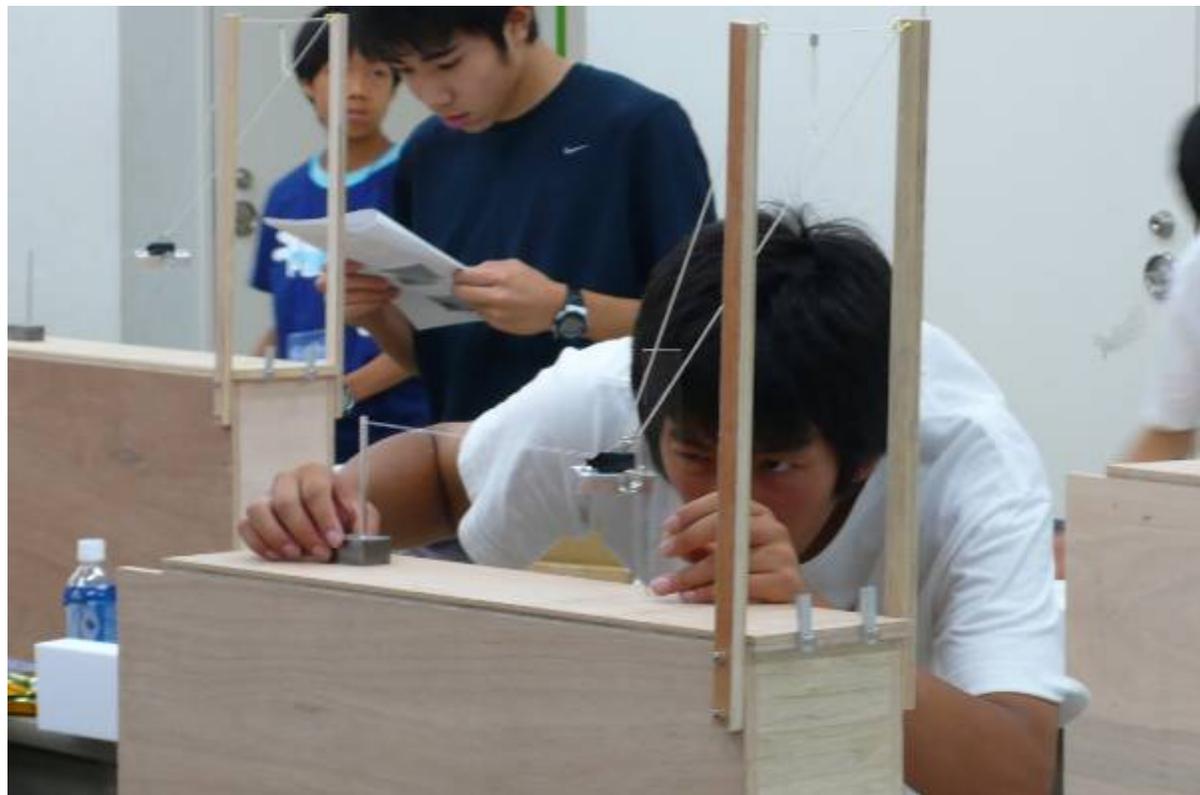
お菓子とカップラーメンを
消費してください...

田中良樹



Physics Challenge 2009 at Tsukuba

物理チャレンジ式零零九 於筑波



2009/08/04

MarieCurrie 真理窮理

八月四日号

実験試験にチャレンジ



ついに最後のチャレンジ、実験問題が始まりました。どうやら今年の問題は力学のようですね。

チャレンジャーにインタビュー1



福富義章くんにインタビューしました。第1問についてです。

Q.問題1の印象を聞かせてください。

A.測るたびにばねの長さが変わったことは困りました。おもりを増やした後に減らして最初と同じ重さで測ると長さが5cmも変わったりして。3年生なので、国際オリンピックの選考だと意識することなく気楽に臨むことができたが、時間は足りませんでした。

Q.時間が足りなかったのは、問題数が多かったからでしょうか？

A.それもありますが、学校では理論ばかりやっていて慣れていなかったのもあるかもしれません。それに、5時間もあるから余裕だろうと高をくっていたことも原因です。一つの測定をするのに複数回の測定をしてその平均をとったり、はじめの方で丁寧すぎる測定をしてしまいました。

Q.ほかにどんな問題があれば面白かったと思いますか？

ばねを並列に接続したらばね定数がその和になるといった理論では分かってても感覚的には受け入れがたいことを、実際の実験で実感できるような問題があれば面白かったかもしれません。

チャレンジャーにインタビュー2



左側のΨが東川君

東川翔くんは、問題2についてインタビューしました。

Q. ではさっそくですが、問題2の感想を教えてください

A. クリップでやる場合と、ガイドレールでやる場合の結果が違ふことを最後に考察させるので、一貫性があって問題の趣旨が分かりやすかった。

Q. 苦労したことは？

A. ビー玉が転がったこと、微調整が難しかったこと。

Q. 出題者に言いたいことはありますか？

A. 1番のバネより、最後の2次元的な運動量をやりたかった。あと、ビー玉、鉄球の場合でも、クリップとガイドレールの違いを考察するとよかったと思う。

JAXA見学



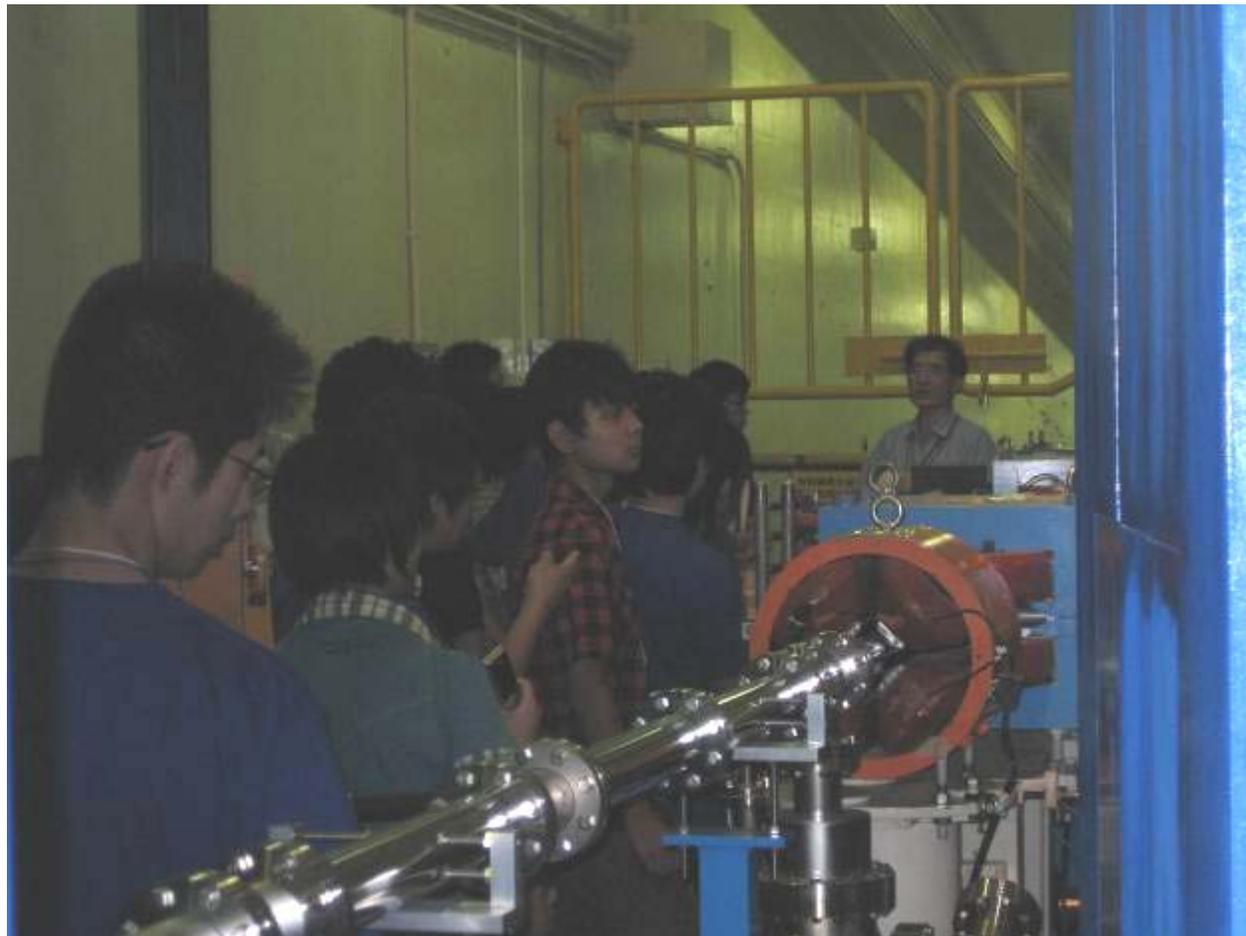
実際に宇宙飛行士の訓練で使われる、無重力を疑似体験するためのプールを見学し、目の前に実物があることに感動しました。また、展示室で実物大の宇宙ステーションの模型の中に入ることができました。

産業技術総合研究所



産総研の地質資料館に行きました。きれいな鉱石や化石をたくさん見ることができました。

KEK見学



KEK内にあるB-ファクトリーとP-ファクトリーの見学に行きました。チャレンジャーたちは間近で見る巨大加速器に興味津津な様子でした。その後T2Kについての講演に聴き入りました。

交流会その1



KEKの研究者の方々と一緒にお弁当を食べました。KEKで世界的に活躍されている方々と交流できる、貴重な機会でした

交流会その2



交流会では多くの参加者がパフォーマンスしてくれました。さすが物理チャレンジ参加者！企画した学生スタッフの側としてもとてもうれしかったです。

最終日の深夜





最終日、深夜3時。こんな時間まで参加者たちは、ラウンジでトランプをしたり、折り紙、将棋、物理の問題などを通して親睦を深め合っていた。みんなは、物理チャレンジに来てただ試験を受けただけでなく、きっとこのような交流を通じて多くの新しい友人を得たことだろう。ここで知り合った友人との関係は、ぜひこれからも大事にしてほしい。

そして数年後、みんながOB・OGとなったときに機会があれば、ぜひ学生スタッフとしてチャレンジ・オリンピックを盛り上げてください！

Physics Challenge 2009 at Tsukuba

物理チャレンジ式零零九 於筑波



2009/08/05

MarieCurrie 真理窮理

八月伍日号

いよいよ閉会式・表彰式



ついに閉会式・表彰式が始まりました。写真は北原委員長です。

問題講評

まず最初に、出題者の先生からの講評がありました。

上の図は写真は、理論問題のもので、水波についての図もあります。理論問題については、波田野先生から、出題の裏の思いなども熱くお話しいただきました。



水波

- 水波は水平方向の波動運動と垂直方向の波動運動の複合した振動系である。
- このような運動を「料理」する方法を実験との対応を見ながらモデル化する。
- モデルから「いい線」をいく解が得られる。

波の速さ v →

波がない
ときの水面

(a)



実験問題については、光岡先生からお話がありました。多くの方が、前向きに取り組んでいたし、きちんと現象を観察できている人も多かったとのことでした。

特別賞



科学技術振興機構賞



物理チャレンジ・オリンピック日本委員会特別賞

いずれも中学生のチャレンジャーに贈られました。受賞者のみなさん、おめでとう。今回の物理チャレンジは、中学生の参加者が多かったというのが一つの特徴でした。高校生にまじって果敢に挑戦してくれるのは、頼もしい限りです。

優良賞おめでとう！



優良賞(前半)の発表です。おめでとう！

優良賞おめでとう！



優良賞(後半)の発表です。おめでとう！

銅賞おめでとう！



銀賞は以上の12名に贈られました。おめでとう！
これからもがんばってください。

銀賞おめでとう！



銀賞は13名に贈られました。おめでとう！今後も活躍してください！

金賞おめでとう！



見事金賞に輝いた6人のチャレンジャーです。おめでとう。

特別賞



女性参加者中の最高得点者を表彰する筑波大学長賞は、白陵高校3年の安田真由美さんに贈られました。おめでとう！
これからも頑張ってください！
今年の物理チャレンジは、女性の参加者が多いのも特徴でした。

高2以下の参加者中の最高得点者を表彰するつくば市長賞は、灘高校2年の澤優維君に贈られました。おめでとう！
次は世界を目指して頑張ってください！
来年度のIPhOはクロアチアで開催されます。



茨城県知事賞



最後に、全参加者の中で最高得点者へ与えられる茨城県知事賞の発表です。
知事賞は、土浦第一高校3年の深井洋佑君に贈られました。おめでとう！
本当に見事な成績でした。今後の活躍にも期待します！！

物理チャレンジ09閉幕



みなさん、4日間楽しかったですか？5時間×2の試験に加え、多くのイベントもあり、忙しいくらいでしたが、その分とても濃度の高い4日間だったと思います。初日の開会式で、先生の挨拶の中に、「ぜひ参加者との交流も楽しんでほしい」という言葉がありました。実際、最終日の夜などはエンドレスに盛り上がっていました。きっと、物理好きな他の参加者との刺激的な出会いもあったことでしょう。

この物理チャレンジで受けた刺激や経験したことを、これからのエネルギーにして、これからもチャレンジを続けていってください！