

第2チャレンジ理論コンテスト講評

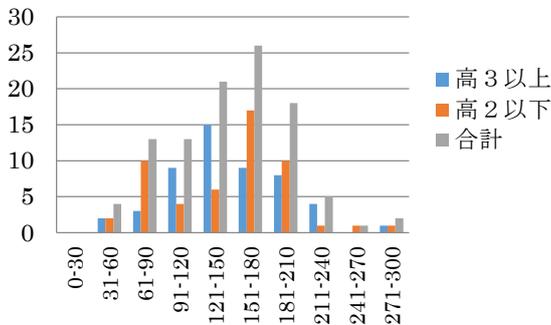
物理オリンピック日本委員会 理論問題部会
元岡山大学 東辻浩夫



試験時間 5 時間に対して、理論問題は大問数 4、小問数合計 42 でした。小問数は例年より少し減りましたが、第 1 問は A, B に分かれていますのでテーマ数は 5 で、例年(大問数 3 程度、テーマ数 4 程度)より増加しました。

満点は 300 で、平均は 146.6、昨年の 152.6 に比べやや低下しました。学年別の平均[高 3 以上(高 3=49, 既卒=1)142.1, 高 2 以下(高 2=42, 高 1=10, 中 3=1)150.9]に大きな差はありませんが、高 2 以下には低得点側にも山があります。

理論問題得点分布(平均146.6)



第 1 問 A は、雨風の中で道路を横断するとき、どうすれば濡れを少なくできるかという、日常生活の経験をもとにした運動学で、よくできていました。体にあたる雨滴の数は流束(flux)として捉えることができます。雨滴に限らず、物理量の流束という概念を理解してください。

第 1 問 B は、新体操で使うフープの力学です。床を滑らせるときに回転を与えたとして、手元に戻るための条件は何か? を求めます。重心の運動方程式と回転運動の方程式とで表される現象ですが、後者は慣性モーメントとともに文中で説明しました。1B の得点率は最も高く、慣性モーメントなどは第 2 チャレンジ挑戦者にはすでにおなじみのようです。

第 2 問は、結晶成長を題材とした熱・統計力学です。

前半は、ドライアイスのように、固体と気体が有限温度 T ($T \neq 0$) の熱平衡状態にあるときの固体の分子数などを求めます。内部エネルギーを U 、エントロピーを S とすると、(体積一定)熱平衡状態では $F = U - TS$ が最小となることを用います。作題途中では S などの理解を深める設問もありましたが、問題が長大になりすぎて削除しました。解答例を参

考に、あるいは、熱・統計力学をさらに学んだ時に、是非、問題を見直してください。

後半は正方格子の 2 次元結晶について、表面張力の角度依存性から、 $T=0$ での結晶の形を求めます。多角形と仮定して、解が得られるよう誘導しました。前半より得点率が高かったのは得意な幾何学に帰着するためでしょうか。最後に、自由な発想で結晶の形が考察できないかを問いました。少数ですが、大変優れた解答がありました。

第 3 問はコンデンサーに誘電体(不導体)を挿入すると容量が増えるのは何故? という電磁気です。電気双極子、双極子が一様に分布した面(電気 2 重層)、それを積層したときの電位、と考察し、誘電体分子が分極したとき誘電体中に生じる電場を求めて、? に答えます。誘電体があっても電極の電荷だけで決まる「電束密度」を説明し、電場と電束密度を同時に測定する実験を紹介しました。得点率はやや低くなりましたが、電気 2 重層の電位あたりまではかなりできていました。

第 4 問は現代物理です。不確定性関係から原子核の半減期(寿命)で決まるエネルギー幅を求め、核反応で γ 線と ν (ニュートリノ) が放出される時、同方向と反対方向の場合の原子核の反跳エネルギーをエネルギー幅と比べて、 ν の特性(ヘリシティ)が測定されたことを説明しました。また、反跳のないメスbauer効果により、原子核が放出・吸収する γ 線エネルギーの重力の強さへの依存(重力偏移)が測定されたことを述べました。説明があるとはいえ、第 4 問は多くの新しい概念を含み、難問でした。また、「重力偏移を Einstein の等価原理で説明できるか」という最後の問い以外は、主にエネルギー・運動量の保存則の適用ですが、得点率が低かったのは、質量比による近似計算が必要だったことも一因と思われます。

全体としてテーマ数・新しい概念がやや多かったと思いますが、下に示すアンケート結果では、難易度にあまり関係なく、「興味をもてた」ようです。今後も新しい概念は丁寧に導入するとともに、独創的な解答のできる問いを含めたい。

最後に、答案、特に数式の文字が丁寧にないことが気になります。紛らわしいと見直すときに自分でも間違えますよ。

