

物理チャレンジ2023 第2チャレンジ理論コンテスト問題と講評



理論問題部会長
岡部 豊

はじめに

2023年の第2チャレンジ理論試験は岡山国際交流センターで8月20日に行った。第1チャレンジで選考されたチャレンジャーの中で当日参加した者は105名。試験時間は5時間で、問題冊子は表紙を除いて25ページ、解答用紙は15ページであった。

昨年11月より理論問題部会委員で議論を重ね、広い意味の力学、電磁気学、熱学、現代物理の分野から全4問の大問題を出題した。出題範囲は基本的に高校物理であるが、それを超える場合もある。物理的なイメージを持って解答できるように、やさしい導入問題から始めるように工夫した。かなり高度な内容を含んだ問題もある。

各問の出題

第1問は、広い意味の力学として、「力学とくりこみ群」を扱った。くりこみ群は相転移研究などで成功を収めているが、粒子を水平に投げる力学の運動を用いて、くりこみ群の考え方を紹介した。初速 U_0 を与えて、粒子が地球の中心(原点)から最も遠ざかる距離を $R_{max}(U_0)$ とすると、その発散のふるまいを、スケール変換を導入することにより、くりこみ群の考え方を議論した。

第2問は電磁気学で、「電磁波の伝搬と圧力」という問題で、ファラデー(電磁誘導)の法則とアンペールの法則を出発点に、真空中の電磁波と変位電流を確認した。次に、物質中の電磁波の分散関係を求め、また、電磁波が反射するとき、電磁波が及ぼす力を計算し、電磁波が運動量をもっていることを理解させた。

第3問は、統計物理学の「アインシュタインの関係式」、すなわち、ブラウン運動するコロイド粒子の拡散係数 D と易動度 μ の関係を与える式を導出した。拡散定数の見積もりができれば、アボガドロ定数を求められる。知られているアボガドロ定数を用いてブラウン運動をするコロイド粒子の平均2乗変位を計算させた。

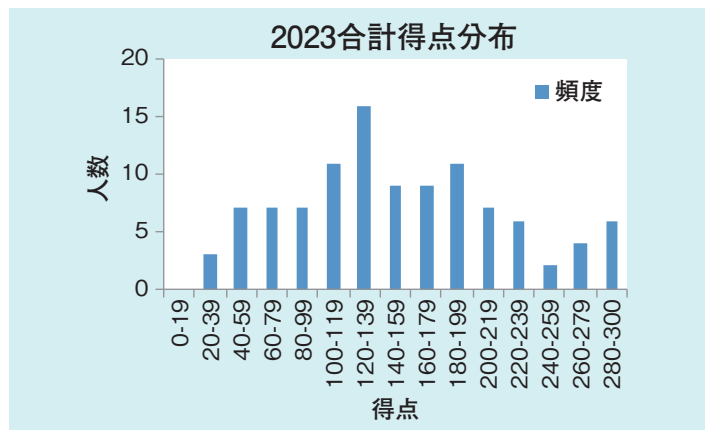
第4問は、「ファブリーペロー干渉計」の問題である。平行薄膜に照射された光の干渉から出発して、ファブリーペロー干渉計(FPI)の原理を考察する。波の式の複素数表現を用いてFPIのエネルギー透過率を計算し、FPIの分解能を議論した。

全体の講評

理論各問の採点結果を表に示すが、全体の平均点は151.6点(約51%)で、2022年度の約60%より低かったが、2021年度の約51%と同程度であった。第1問の力学系の問題はくりこみ群への応用の後半部分は得点が低いものの、前半の得点が高く、全体の平均点は高かった。第2問の電磁気学系の問題は、初めの小問でつまづいた生徒が多く、得点は低かった。第3問のアインシュタインの関係式の問題は、後半の小問もある程度の得点をとれた生徒が多く、全体の平均点は高かった。第4問のファブリーペローの問題は、前半の小問の得点率が高かったが、総合が高得点の生徒が少なく、平均点は高くなかった。

	第1問	第2問	第3問	第4問	合計
配点	75	75	75	75	300
平均点	46.7	22.4	44.2	38.3	151.6
得点率	62.2%	29.9%	58.9%	51.0%	50.5%

得点分布を図に示すが、ほぼ正規分布で、最高点は293点であった。



アンケートでは、各問の難易度は、第1問、第2問が難しいという評価が多く、第3問がやや易しいとした生徒が多かった。内容は、第1問と第3問が、とても興味深いという回答が多かったが、アインシュタイン、くりこみ群というキーワードに魅力を感じたと思われる。

採点は、現地とオンラインのハイブリッド形式で行ない、慣れてきた。しかし、全体の厳しいスケジュールで、判定会議にぎりぎり間に合わせるという状況である。