

物理チャレンジ 2016 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

東京学芸大学 松本 益明

物理チャレンジ 2016 第2チャレンジにおける実験問題は、実験課題1「渦電流による制動力の測定」と実験課題2「表面張力の測定」の2つの課題からなり、それぞれ120点と80点の合計200点の配点、発展課題がそれぞれ20点と15点の合計35点で、満点235点となる形でした。発展課題に解答できたチャレンジャーは極めて少なかったため、通常の課題のみについて103名の平均点を計算すると、課題1が58点、課題2が23点、合計で81点であり、最近の5年間で最も低い結果でした。アンケートでも、装置の組み立てや説明書を読むのに時間がかかったという意見が多くあり、チャレンジャーの苦労した様子が伺われます。反面、題材や装置の構成、オシロスコープ実験等に対しては好意的な意見も多く見られました。

課題1 渦電流による制動力の測定

課題1はファラデーの電磁誘導の法則に関する課題です。電磁誘導は高校でよく取り扱われるテーマであり、特に課題1-1は高校の教科書にも掲載されている典型的な実験です。物理チャレンジとしては2度目となるオシロスコープを使用する課題で、高校生の多くは使用経験がないことを考慮して、問題冊子巻末に8ページの簡易的な利用手引きを付けました。

課題1-1 誘導起電力のデジタルオシロスコープによる測定

50回巻のコイルに300mmの高さから1個(図1(a))もしくは6個連結した(図1(b))ネオジウム磁石を落とし、発生する誘導起電力の変化をデジタルオシロスコープで観察し、図のような形や大きさになる理由を考察する課題です。コイルの巻き方とオシロスコープへの接続の向きを指定し、磁石の極を判定する課題も出しましたが、オシロスコープの正負の極と電流の向きを電池の場合と同じと考えて間違えた人が多く見られました。ほぼ全員が課題1-1に解答し、平均点は60点満点中38点と高いものでしたが、課題1-1の解答に時間をかけすぎて課題1-2以降の課題に取り組めない人も多くいました。

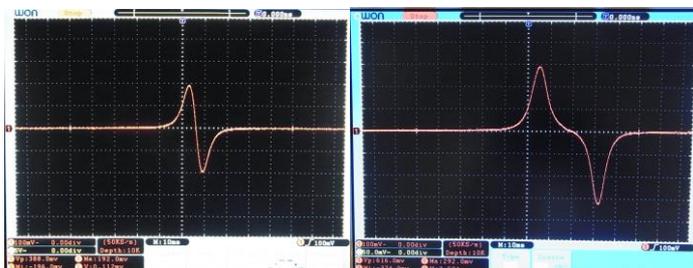


図1長さ10mmの磁石により、直径20mm、50回巻きのコイルに生じる誘導起電力 (a)1個の時 (b)6個連結時

課題1-2 渦電流による制動力の測定

磁石を銅やアルミ等のパイプ中に落下させると、電磁誘導によって渦電流が発生し、力学的エネルギーの一部が電気エネルギーに変換されます。そのため磁石には制動力が働き、重力とつり合った時に終端速度に達します。磁石の下に糸でおもりを取り付け、パイプの材質および肉厚を変えて磁石及びおもりの重さと終端速度の関係をグラフ化し、制動力が磁石の速さ、パイプの肉厚、電気伝導度などにどのように依存するかを考察し

ます。この課題では、複雑な装置の組み立てる技術と何度も測定を繰り返す根気強さが求められます。全体の3割は無解答で、解答できた者の平均点は60点満点中29点でした。

課題1-3 導体の形状と渦電流によるジュール熱との関係

ワッシャーの穴に磁石を通した時に生じる渦電流について考察する課題です。切れ目のないワッシャーでは数が増えるにつれて速度の低下が観察されますが、切れ目のあるワッシャーではほとんど落下速度は低下しません。これは電流が一周流れず電気エネルギーへの変換が起きにくくなるためです。この課題は発展課題であり、解答できたのは3名のみでした。

課題2 表面張力の測定

毛管(毛細管)現象は、高校ではあまり深く取り扱われないテーマですが、内容的には力学の知識で対応できるものです。しかし、課題1に時間をかけすぎてこの課題に到達できなかったチャレンジャーが約3割もいたのは残念でした。

課題2-1 樹脂パイプセットによる毛管現象の観察

内径の異なるABS樹脂パイプのセットを用いて簡単に毛管現象を体験できる実験です(図2)。無解答者が約3割いましたが、比較的簡単な実験でしたので、解答できた者の平均点は15点満点中11点と高いものでした。



図2

課題2-2 ガラスピペットによる水の表面張力の測定

毛管現象を実用的に利用しているガラスピペットの両端で、課題2-1と同様の実験をおこない、理論式より水の表面張力定数を求める課題です。解答したチャレンジャーの多くは正しいグラフを描くことができていましたが、表面張力定数の計算間違いや単位ミスが多く見られました。

課題2-3 デジタル天秤による水の表面張力の測定

この課題では、逆に吊り下げたガラスコップの飲み口を水に接触させ、水容器の重さの減少分から表面張力を求めます。コップの内部と外部をパイプでつなぎ、気圧を一致させることやコップの端面を水平にして正確に水面に合わせる事が重要で、コップの汚れも結果に敏感に反映されます。正しく測定できれば、一般に受容されている水の表面張力定数に近い70mN/m程度の値が得られます。解答できたのは35名と少なく、その平均点も45点満点中17点と低いものでした。

課題2-4 表面張力の振る舞いについての考察(発展課題)

課題2-3までは、ガラスと水の接触角を0と仮定していましたが、固体や液体の種類が違い、接触角が0でない場合について考察する課題です。解答したチャレンジャーはわずかでしたが、彼らは概ね正しい結果を得ることができていました。

