電磁気学Ⅰ定期試験問題

以下の問Ⅰから問Ⅲに答えよ。 問Ⅰの解答は解答用紙の1枚目を用い、問Ⅱの解答は解答用紙の2枚目を用い、問Ⅲの解答は解答用紙の3枚目を用いること。 表（おもて）面に書ききれない場合は解答用紙の裏面を用いてもかまわない。 なお問題文中に特に断りのない限り、真空中の場合であるとしてよい。

問Ⅰ （35点）

（1） 関数$U(r)=\dfrac{\exp(-ar)}{r}$の$gradU(r)$と、$\Delta U(r)$を計算せよ（$r=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$）。ただし$gradU(r)$の計算の際は直交カーテシアン座標（デカルト座標 x、y、zを用いて計算すること。（$\Delta U(r)$の計算ではどのような座標系を用いてもよい。）

（2） 電磁気学におけるガウスの法則を記せ（証明は不要）。

コメント：$gradU(r)$や$\Delta U(r)$の定義の間違いは意外と少なかった。またガウスの定理を書いてしまう答案（誤答）もほとんど無かった。しかし・・・$gradU(r)$の計算がきちんとできたのは10名以下であった。$\Delta U(r)$にいたっては正解者は1名という非常に残念な結果に終わった。

問Ⅱ （40点）

（1） 半径aの導体球に電荷Qを与えた。球の内外の静電場を求めよ。

（2） 半径aの中空の導体球（金属製ピンポン玉）に電荷Qを与えた。球の内外の静電場を求めよ。

（3） （2）の系がもっている静電エネルギーを求めよ。

コメント：（1）、（2）共に球の内部の電場はゼロになる。しかし（1）では「内部の電荷の移動が止まる際に静電場が実現するはず」という物理的な条件からそれを導出すべきである。その一方（2）ではガウスの法則を用いて内部の電場がゼロになることを導くというのが無難なやりかたと思われる。一方球外の電場についてはほとんどの人がガウスの法則を用いて説明していたが、その際も“電荷分布が球対称ゆえに、電場は球の中心から放射状に生じ、しかも中心からの距離のみの関数となる”、等のお約束がきちんと書かれてあった答案

はほとんど無かったのは残念。最もよく出るタイプの誤答である、“球外で $E(r)=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 a^2}$ ”、は今年は特に多かったように思う。このように全く理解していないと思われる（思うしかない）答案の採点は精神的な苦痛を伴うものである。

問 III　<u>次の（1）、（2）のいずれか1つを選び</u>解答せよ。　（25 点）

（1）　$rot\vec{E}=\vec{0}$ なる条件が、静電ポテンシャル ϕ を用いて $\vec{E}=-grad\phi$ と書けることと等しいことを説明せよ。なお力（クーロン力）と仕事、静電ポテンシャル間の関係についても説明せよ。

コメント：　前半は $rot\vec{E}=\vec{0}$ とストークスの定理を組み合わせて、$\vec{E}=-grad\phi$ とおけることを示すか、あるいは $rot(grad\phi)$ がゼロになることを直接計算して示せばよい。ここまでは比較的出来がよかったと思う。しかし後半のポテンシャルと仕事の関係を記述するという箇所はうろ覚えの怪しい答案が多かった。なんとなく・・・の理解は、基本事項に立ち返りながら論理的思考を進めるというプロセスを重視する物理学という学問を学ぶ上で決してよい結果を生み出さない、と思うよ。

（2）　きわめて長い2本の直線状導体を平行に、距離 d だけ離して配置した（導体の断面の半径を a とする。さらにこの問では $a<<d$ であるとする）。これをコンデンサーとみなした場合の単位長さあたりの静電容量を求めよ。

コメント：　答は $C\cong\dfrac{\pi\varepsilon_0}{\ln(\frac{d}{a})}$ [F/m]になるかと思うがいかがであろうか。

以上