解答速報　物理

医学部受験専門予備校　慧修会

2024年度　日本医科大学後期

【　講　評　】

問題文の誘導が丁寧であり、解きやすい問題が多い。

Ⅰは滑車とばねの問題。典型的である上に問題文を読めば自然に解けるようになっており、落とせない。

Ⅱは誘導起電力の問題。計算量が非常に少なく、素早く解答したい。

Ⅲは原子核反応の問題。非常に典型的である。

【　解　答　】

Ⅰ

ア　0.20　　イ　$\Delta x_B - \Delta x_A$　　ウ　10

エ　1.1　　オ　0.10　　カ　1.0　　キ　2.0

Ⅱ

ア　$\mu_0 nI$　　イ　$\mu_0 n^2 lS$　　ウ　自己インダクタンス

エ　$2avB$　　オ　$4a^2vB^2/R$　　カ　$vt(2a - vt)$　　キ　$3a/2t$

Ⅲ

ア　$(A-1)^2/(A+1)^2$　　イ　う　　ウ　8

エ　$(M - M_1 - M_2 - 2m)c^2$　　オ　3×10^{17}　　カ　2×10^3

【　解　説　】

Ⅰ

ア　ばねの弾性力とBに働く重力がつり合うことから、のび x [m] は、

$200\ [\mathrm{N/m}] \times x\ [\mathrm{m}] = 4.00\ [\mathrm{kg}] \times 10.0\ [\mathrm{m/s^2}]$ をみたすので、$x = 0.20\ [\mathrm{m}]$ である。

イ　ばねの弾性力は、Aに対して正方向に、Bに対して負方向に働き、その大きさは $200 \times (x + \Delta x_{\mathrm{B}} - \Delta x_{\mathrm{A}})$ である。

ウ　AとBの変位の差について運動方程式を作れば、

$$4.00\ [\mathrm{kg}] \times (a_{\mathrm{A}} - a_{\mathrm{B}})\ [\mathrm{m/s^2}] = -400\ [\mathrm{N/m}] \times (\Delta x_{\mathrm{A}} - \Delta x_{\mathrm{B}})\ [\mathrm{m}]$$

となることから、求める角振動数は、$\sqrt{400/4.00} = 10\ [\mathrm{rad/s}]$ である。

エ　「はじめの状態」からばねが $0.10\ [\mathrm{m}]$ 伸びた状態で振動が始まったので振幅は $0.10\ [\mathrm{m}]$ である。最も短くなるときばねは「はじめの状態」から $0.10\ [\mathrm{m}]$ 短くなり、そのときの長さは$1.1\ [\mathrm{m}]$ である。

オ　糸の張力が0未満となるとき、すなわち、ばねが自然長未満となるとき、糸はたわむ。そのとき、振幅は $0.20\ [\mathrm{m}]$ より大きくなるから、「ある長さ」は $0.10\ [\mathrm{m}]$ である。

カ　前問の議論より、糸がたわむ瞬間のばねの長さは自然長に等しく、 $1.0\ [\mathrm{m}]$ である。

キ　「はじめの状態」は振動中心であるから、そのときの速さは振幅と角振動数の積である。よって、求める運動エネルギーは、

$$\frac{1}{2} \times 4.00\ [\mathrm{kg}] \times (0.10\ [\mathrm{m}] \times 10\ [\mathrm{rad/s}])^2 = 2.0\ [\mathrm{J}]$$

Ⅱ

(1) ソレノイドの内部の磁束密度は、$\mu_0 nI$ となる。

一巻きあたり、$-\mu_0 nS\Delta I/\Delta t$ の誘導起電力が発生し、これが nl 個重なっていると考えれば、求める誘導起電力は

$$V = -\mu_0 n^2 lS\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

この係数を自己インダクタンスと呼ぶ。

(2) 磁場中にあるコイルの領域の面積は、単位時間当たり $2av$ 増えるので、求める誘導起電力の大きさは

$$\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = 2avB$$

また、磁場中の x 軸に平行な導線が磁場から力を受ける。電流が $2avB/R$ となることから、その力の大きさは、

$$\frac{2avB}{R}\times B\times 2a = \frac{4a^2vB^2}{R}$$

であり、これが外部からかける必要のある力の大きさに等しい。

コイルが円の場合、線分 AC の長さが $2\sqrt{a^2-(a-vt)^2}$ であることから、磁束の微小変化は $2Bv\Delta t\sqrt{vt(2a-vt)}$ となる。よって、誘導起電力の大きさは

$$\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = 2Bv\sqrt{vt(2a-vt)}$$

ここで、誘導起電力の大きさは、B,t,a を定数と見なすと $\sqrt{(vt)^3(2a-vt)}$ に比例し、これが最大となるのは $vt/3 = 2a-vt$ のときなので、求める速度は

$$v = \frac{3a}{2t}$$

Ⅲ

(1) 中性子のはじめの速度を v とする。中性子と原子核の二体系の重心速度は $v/(A+1)$ であり、この重心速度に対する中性子の相対速度が $vA/(A+1) \rightarrow -vA/(A+1)$ のように変化するので、衝突後の中性子の速度は $-v(A-1)/(A+1)$ となる。よって、運動エネルギーは $(A-1)^2/(A+1)^2$ 倍になる。

これを考えると、質量が軽い原子核に衝突するときの方が、中性子のエネルギー損失が大きいことがわかる。

中性子が重水素核と衝突するとき、一度の衝突によって運動エネルギーは1/9倍になるので、この運動エネルギーを$0.0250/(1.00\times10^6)=1/(4\times10^7)$ 倍にするには、

$$\left[\frac{\log_{10}(4\times10^7)}{\log_{10}9}\right]=8$$

回の衝突が必要。

(2) 質量と光速の 2 乗の積が静止エネルギーであるから、静止エネルギーの分裂前後の差より、

$$Mc^2-(M_1+M_2+2m)c^2=(M-M_1-M_2-2m)c^2$$

だけエネルギーが解放される。

(3) 1 秒間に核分裂を起こすウラン 235 の個数は、

$$\frac{1.00\times10^{-4}\ [\mathrm{g}]}{235\ [\mathrm{g/mol}]}\times6.00\times10^{23}\ [/\mathrm{mol}]\fallingdotseq2.6\times10^{17}\fallingdotseq3\times10^{17}$$

である。また、発生する電力は、

$$2.00\times10^{8}\ [\mathrm{eV}]\times2.6\times10^{17}[/\mathrm{s}]\times0.2\times1.60\times10^{-22}\ [\mathrm{kJ/eV}]\fallingdotseq2\times10^{3}\ [\mathrm{kW}]$$

お問い合わせは☎0120-３０２-８７２
https://keishu-kai.com/