

日本医科大学(後期) 物理

2024年 2月28実施

【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 $\mu_0 n I$ イ $\mu_0 n^2 S l$ ウ 自己インダクタンス エ $2vBa$ オ $\frac{4vB^2 a^2}{R}$ カ $2avt - v^2 t^2$
キ $\frac{3a}{2t}$

[III]

ア $\left(\frac{1-A}{1+A}\right)^2$ イ (う) ウ 8 エ $(M - M_1 - M_2 - 2m)c^2$ オ 3×10^{17} カ 2×10^3

【講評】

[I] 滑車につるされた糸とばねによる単振動

力学の学力差が反映される問題だが、合格するためには1ミスにとどめたい。

[II] ソレノイドコイルの自己誘導、磁場中を運動するコイルの電磁誘導

誘導が丁寧なので、キ以外は正解したい。

[III] 原子核反応

ミスが許されるのは計算量の多いウとカくらいであろう。

【総評】

今年度の前期に比べてやや易化、昨年度の後期に比べて難化。正規合格ラインは「合計8割(計4ミス)」、1次通過ラインは「合計7割(計6ミス)」程度か。

【解説】

[I]

小球 A, B の質量を m , ばねの自然長を l_0 , ばねのばね定数を k , 「はじめの状態」におけるばねの自然長からの伸びを Δl とおく。

ア $\Delta l = \frac{mg}{k}$

イ 「はじめの状態」からのばねの伸びは $\Delta x_B - \Delta x_A$ ゆえ、運動方程式は、

$$\begin{cases} \text{A} & ma_A = -mg + k(\Delta l + \Delta x_B - \Delta x_A) \\ \text{B} & ma_B = -mg - k(\Delta l + \Delta x_B - \Delta x_A) \end{cases}$$

ウ $\text{B} - \text{A}$ より、

$$\begin{aligned} m(a_B - a_A) &= 2mg - 2k(\Delta l + \Delta x_B - \Delta x_A) \\ &= -2k(\Delta x_B - \Delta x_A) \\ \Leftrightarrow a_B - a_A &= -\frac{2k}{m}(\Delta x_B - \Delta x_A) \end{aligned}$$

したがって、「はじめの状態」からのばねの伸び $\Delta x_B - \Delta x_A$ は、 $\Delta x_B - \Delta x_A = 0$ を中心として角振動数 $\omega = \sqrt{\frac{2k}{m}}$ の

単振動をする。

エ 「はじめの状態」と比べてばねが $0.0500\text{m} \times 2 = 0.1000\text{m}$ だけ伸びている状態から単振動が始まるので、最も短くなる時のばねの長さは「はじめの状態」と比べて 0.1000m だけ縮んでいる。

オ カ ばねが自然長より短くなると、ばねは糸に押し戻す力を与えて糸がたるんでしまう。単振動の最中にばねが自然長になるためには、「はじめの状態」と比べてばねが $\frac{\Delta l}{2}$ よりも伸びていけばよい。

キ $\frac{k}{2} \times (\text{「はじめの状態」からのばねの伸び})^2$ を単振動の位置エネルギーとすれば、求める運動エネルギーを K とおいて、エネルギー保存は

$$\frac{m}{2}0^2 + \frac{m}{2}0^2 + \frac{k}{2}(0.100\text{m} \times 2)^2 = K + K + \frac{k}{2}0^2$$

[II]

(1) ア $B = \mu_0 H = \mu_0 n I$

イ $\Delta\Phi = \Delta(nl \times \mu_0 n I S) = \mu_0 n^2 S l \Delta I$ を $V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ に代入する。

ウ 自己インダクタンス

(2) エ $V = vB \times 2a = 2vBa$

オ 仕事とエネルギーの関係より

$$Fv = \frac{(2vBa)^2}{R}$$

カ $\overline{AC} = \sqrt{a^2 - (a - vt)^2} = \sqrt{2vat - v^2t^2}$ であるので、与式より

$$\Delta\Phi = B \times (v\Delta t) \times \overline{AC} \text{ に代入すると}$$

$$|V| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 2Bv\sqrt{2vat - v^2t^2}$$

キ カ の誘導起電力

$$|V| = 2B\sqrt{2v^3at - v^4t^2} = 2B\sqrt{f(v)} \text{ とおくと,}$$

$$\frac{df(v)}{dv} = 6v^2at - 4v^3t^2 \text{ これを } 0 \text{ とおいて}$$

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

[III]

(1)

ア 衝突前の中性子の速度を v_0 、衝突後の中性子と原子核の速度を v_1 、 v_2 、
中性子と原子核の質量を m 、 Am として運動量保存則と反発係数の式を立てると

$$mv_0 = mv_1 + Amv_2 \quad \dots \textcircled{1} \quad -1 = \frac{v_1 - v_2}{v_0} \quad \dots \textcircled{2}$$

これを解くと、

$$v_1 = \frac{1-A}{1+A}v_0$$

となるので、

$$\frac{\frac{1}{2}mv_1^2}{\frac{1}{2}mv_0^2} = \left(\frac{1-A}{1+A}\right)^2$$

イ

アの A に235と2を代入すれば、エネルギーの減少量が大きいのは後者。

ウ

$$1.0 \times 10^6 \text{eV} \times \left(\frac{1}{9}\right)^n = 0.0025$$

$$9^n = 4 \times 10^7$$

両辺対数を取り、方程式を解いて、 $n = 7.9$

エネルギーが0.0025eV以下になるためには8回衝突する必要がある。

(2)

核反応における質量の減少量が放出するエネルギーになる。

(3)

オ

ウラン235のモル質量を235g/molとすると、1秒間に分裂するウランの個数は

$$\frac{1.00 \times 10^{-4} \times 6.00 \times 10^{23}}{235} \approx 3 \times 10^{17}$$

カ

[kW] = 10^3 [J/s]であることに注意して、

$$\frac{1.00 \times 10^{-4} \times 6.00 \times 10^{23}}{235} \times 2 \times 10^8 \times 0.20 \times 1.60 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \approx 2 \times 10^3$$

本解答速報の内容に関するお問合せは



医学部専門予備校
YMS

heart of medicine
☎ 03-3370-0410 <https://yms.ne.jp/>
東京都渋谷区代々木1-37-14

医学部進学予備校

メビオ ☎ 0120-146-156
<https://www.mebio.co.jp/>

医学部専門予備校

英進館メビオ 福岡校 ☎ 0120-192-215
<https://www.mebio-eishinkan.com/>

メルマガ登録またはLINE友だち追加で全科目を閲覧

メルマガ登録 ▶



LINE登録 ▶

