解答速報

日本医科大学（前期）　物理

2026年 2月 2日実施

【解答】

［Ⅰ］

ア	$\sqrt{3\mu gL}$	イ	$2\sqrt{\dfrac{L}{3\mu g}}$
ウ	$\dfrac{v_0-2\sqrt{v_0^2-3\mu gL}}{3}$	エ	$\dfrac{v_0+\sqrt{v_0^2-3\mu gL}}{3}$
オ	$\sqrt{6\mu gL}$	カ	$\dfrac{v_0+2\sqrt{v_0^2-6\mu gL}}{3}$
キ	$\dfrac{v_0-\sqrt{v_0^2-6\mu gL}}{3}$		

［Ⅱ］

ア	40	イ	0.60
ウ	50	エ	−0.75
オ	25	カ	0.40
キ	0.80		

［Ⅲ］

ア	$\dfrac{2E}{c}\cos\theta$	イ	$\dfrac{m}{2}v^2+2mc^2=2E$
ウ	$\dfrac{2\beta}{4+\beta^2}$	エ	$\dfrac{h\nu}{c}\cos\theta+mV\cos\phi$
オ	$h\nu+\dfrac{m}{2}V^2-\dfrac{m}{2}v^2$	カ	$\dfrac{\alpha-1}{\beta}$

【講評】

［Ⅰ］箱と小物体の運動

ア，イ，オが答えられれば十分であろう。ウ以降は，はね返り係数の式を用いずに，エネルギーの式と運動量保存則を連立しても解けることに気付ければ，時間内の完答も可能である。

［Ⅱ］交流電源とブリッジ回路

難易度の高いア～イが答えられないとその後が続かない。ただし，オだけは独立して答えられる。

［Ⅲ］対消滅，水素原子の光子放出

難関大で出題されることがあるテーマであり，この大問だけは完答したい。

【総評】

昨年度に比べて大幅に難化。問題の難易度に困惑した受験生は多かったと思われるが，［Ⅰ］と［Ⅱ］の難しさから［Ⅲ］で落としてはいけないと判断し，そこで確実に得点できたかどうかが明暗を分けたのではないか。正規合格ラインは，［Ⅰ］3 問正答，［Ⅱ］0～1 問正答，［Ⅲ］完答（6 問正答）の「合計 45%～50%」程度ではないか。「合計 35%～40%」でも一次通過の可能性はあるだろう。

【解説】

［Ⅰ］

$\boxed{\text{ア}}$　小球が箱上をL進んだところでちょうど箱に対して止まったとすると，そのときの小球と箱の速度をvとして運動量保存則は

$$mv_0 = 3mv \qquad \therefore v = \frac{1}{3}v_0$$

これとエネルギーの式は

$$\frac{1}{2}m{v_0}^2 = \frac{1}{2}3m\left(\frac{v_0}{3}\right)^2 + \mu mgL \qquad \therefore v_0 = \sqrt{3\mu gL}$$

$\boxed{\text{イ}}$　このときの時刻tは箱の運動に注目して，加速度は$\frac{1}{2}\mu g$なので

$$0 = v - \frac{1}{2}\mu gt \qquad t = 2\sqrt{\frac{L}{3\mu g}}$$

$\boxed{\text{ウ}}$, $\boxed{\text{エ}}$　１回衝突後の小球と箱の速度v_1，V_1とおくと，エネルギーの式は弾性衝突であることを考慮して

$$\frac{1}{2}m{v_0}^2 = \frac{1}{2}m{v_1}^2 + \frac{1}{2}2m{V_1}^2 + \mu mgL$$

また運動量保存則は

$$mv_0 = mv_1 + 2mV_1$$

この２式を連立して

$$v_1 = \frac{v_0 + 2\sqrt{{v_0}^2 - 3\mu gL}}{3} \qquad V_1 = \frac{v_0 - \sqrt{{v_0}^2 - 3\mu gL}}{3}$$

$\boxed{\text{オ}}$　$\boxed{\text{ア}}$と同様にエネルギーの式は

$$\frac{1}{2}m{v_0}^2 = \frac{1}{2}3mv^2 + 2\mu mgL \qquad \therefore v_0 = \sqrt{6\mu gL}$$

$\boxed{\text{カ}}$, $\boxed{\text{キ}}$　前問と同様に１回衝突後の小球と箱の速度v_2，V_2とおくと，エネルギーの式は

$$\frac{1}{2}m{v_0}^2 = \frac{1}{2}m{v_2}^2 + \frac{1}{2}2m{V_2}^2 + 2\mu mgL$$

また運動量保存則は

$$mv_0 = mv_2 + 2mV_2$$

この２式を連立して

$$v_2 = \frac{v_0 + 2\sqrt{{v_0}^2 - 6\mu gL}}{3} \qquad V_2 = \frac{v_0 - \sqrt{{v_0}^2 - 6\mu gL}}{3}$$

[II]

$\boxed{ア}$・$\boxed{イ}$

50.0 Ω 抵抗にかかる電圧は

$$V_{\mathrm{AN}} = 50i_2 \sin(\omega t + \delta)$$

より，可変抵抗，可変コンデンサーの電流は，それぞれ

$$I_R = \frac{50i_2}{125}\sin(\omega t + \delta)$$

$$I_C = \frac{50i_2}{1/\omega C}\cos(\omega t + \delta)$$

100 Ω 抵抗に流れる電流は

$$I_{100} = 50i_2\sqrt{\left(\frac{1}{125}\right)^2 + (\omega C)^2}\sin(\omega t + \delta + \theta_1) \qquad \left(\tan\theta_2 = \frac{\omega C}{1/125} = 0.75\right)\cdots \quad ①$$

よって電圧は

$$V_{100} = 100 \times 50i_2\sqrt{\left(\frac{1}{125}\right)^2 + (\omega C)^2}\sin(\omega t + \delta + \theta_2) \qquad \cdots\cdots\cdots \quad ②$$

ここで，NB 間の電圧は

$$V_{\mathrm{NB}} = ri_2 \sin(\omega t + \varphi) + \omega L i_2 \cos(\omega t + \varphi)$$
$$= i_2\sqrt{r^2 + (\omega L)^2}\sin(\omega t + \delta + \theta_2) \qquad \cdots\cdots\cdots \quad ③$$

②③が等しいので

$$\left(100 \times 50i_2 \times \frac{1}{125}\right)^2 = (i_2 r)^2$$

$$\left(100 \times 50i_2 \times \omega C\right)^2 = (i_2 \omega L)^2$$

より　$r = 40\ \Omega$　，$L = 0.60\ \mathrm{H}$

$\boxed{ウ}$

$$Z_{\mathrm{NB}} = \sqrt{r^2 + (\omega L)^2}$$

に数値を代入して

$$Z_{\mathrm{NB}} = 50\ \Omega$$

$\boxed{エ}$　①の位相は

$$\omega t + \delta + \theta_1 = \omega t$$

なので,

$$\tan\delta = -\tan\theta_1 = -0.75$$

オ

消費電力の角周波数なので

$$\frac{\omega}{2} = 25\ \mathrm{rad/s}$$

カ

回路に流れる電流の実効値は

$$I_e = \frac{5.00}{50} = 0.10\ \mathrm{A}$$

平均消費電力 $\overline{P} = rI_e^2 = 40 \times (0.1)^2 = 0.40\ \mathrm{W}$

キ

力率は$\dfrac{\text{平均供給電力}}{V_e I_e} = \dfrac{\text{平均消費電力}}{V_e I_e} = \dfrac{0.40}{5 \times 0.1} = 0.80$

[Ⅲ]

ア　エネルギーEで運動量を表すと$\frac{E}{c}$になる。運動量保存則は $mv = 2 \cdot \frac{E}{c} \cos\theta$

イ　エネルギー保存則は，質量のエネルギーも考慮して $\frac{1}{2}mv^2 + mc^2 = 2E$

ウ　以上の式からEを消去して，$\cos\theta = \frac{2mv}{mv^2+4mc^2} = \frac{2\beta}{\beta^2+4}$

エ　運動量保存則は　$mv = \frac{hv}{c}\cos\theta + mV\cos\phi$

オ　エネルギー保存則は $E_A + \frac{1}{2}mv^2 = E_B + \frac{1}{2}mV^2 + hv$

$$\therefore E_A - E_B = \frac{1}{2}mV^2 - \frac{1}{2}mv^2 + hv$$

カ　y方向の運動量保存則　$0 = \frac{hv}{c}\sin\theta - mV\sin\phi$

この式とエ、オの式を連立しϕとvを消去する。（これによりVも消去できる）

$$\cos\theta = (E_A - E_B) \cdot \frac{c}{vhv} - \frac{c}{v} = \frac{\alpha - 1}{\beta}$$