医学部進学予備校メビオ 解答速報

近畿大学医学部（推薦）物理

2018年11月18日実施

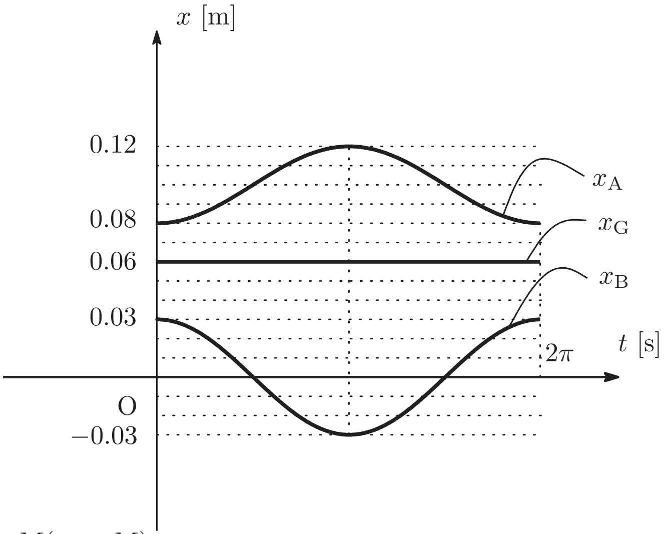
I

略解

$\boxed{1}$: $\sqrt{\dfrac{km}{M(m+M)}}\cdot a$　　$\boxed{2}$: $-\sqrt{\dfrac{kM}{m(m+M)}}\cdot a$　　$\boxed{3}$: $\dfrac{M}{m+M}$

$\boxed{4}$: $\dfrac{m+M}{M}$　　$\boxed{5}$: $\sqrt{\dfrac{m+M}{mM}k}$　　$\boxed{6}$: 1

$\boxed{7}$:



$\boxed{8}$: $\dfrac{M(m+M)}{2m}{V_A}^2$　　$\boxed{9}$: 0.02　　$\boxed{10}$: 0.03

解説

(1) $\boxed{1}$, $\boxed{2}$

運動量保存則の式

$$0 = Mv_A + mv_B$$

および力学的エネルギー保存則の式

$$\frac{1}{2}ka^2 = \frac{1}{2}M{v_A}^2 + \frac{1}{2}m{v_B}^2$$

と，A は右向き，B は左向きに動くことより

$$\boldsymbol{v_A = \sqrt{\frac{km}{M(m+M)}}\cdot a,\ \ v_B = -\sqrt{\frac{kM}{m(m+M)}}\cdot a.}$$

＜次頁に続く＞

$\boxed{\quad 3 \quad}$

重心からの距離の比は 2 つの小球の質量の逆比となることから,

$$x_\mathrm{G} - x_\mathrm{B} : x_\mathrm{A} - x_\mathrm{G} = \frac{M}{m+M} : \frac{m}{m+M} = \boldsymbol{\frac{M}{m+M}} : 1 - \boldsymbol{\frac{M}{m+M}}.$$

$\boxed{\quad 4 \quad}$

$\boxed{\quad 3 \quad}$ の逆数をとって $\boldsymbol{\dfrac{m+M}{M}}$.

$\boxed{\quad 5 \quad}$

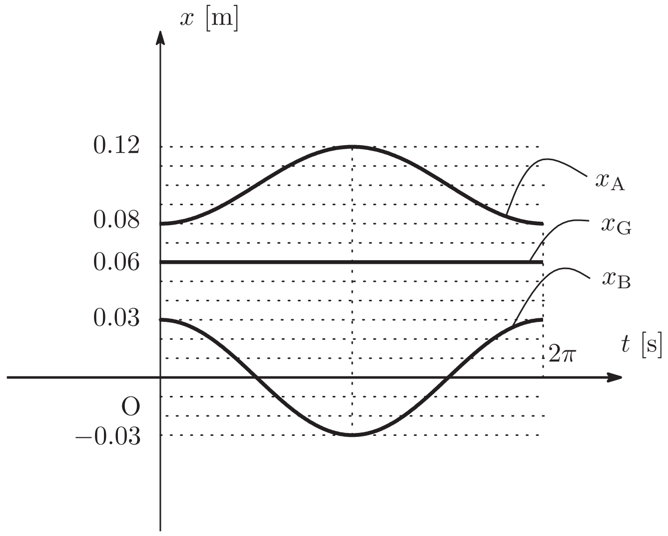
ばね振り子の角振動数は $\sqrt{\dfrac{\text{ばね定数}}{\text{おもりの質量}}}$ であることより $\omega = \sqrt{\boldsymbol{\dfrac{m+M}{mM}k}}$.

$\boxed{\quad 6 \quad}$

$\boxed{\quad 5 \quad}$ の結果にそれぞれの値を代入して $\omega = \mathbf{1}$ [rad/s].

$\boxed{\quad 7 \quad}$

振動の中心が A : 0.10 [m], B : 0 [m], 振幅は A : 0.02 [m], B : 0.03 [m] であることから答えは次図のようになる.



(2) $\boxed{\quad 8 \quad}$

$K = \dfrac{1}{2}M{V_\mathrm{A}}^2 + \dfrac{1}{2}m{V_\mathrm{B}}^2$ と $K_\mathrm{G} = \dfrac{1}{2}(M+m)V^2$ から $K - K_\mathrm{G} = \boldsymbol{\dfrac{M(m+M)}{2m}{V_\mathrm{A}}^2}$.

$\boxed{\quad 9 \quad}$, $\boxed{\quad 10 \quad}$

重心 G と同じ速度 V で平行移動する人が見たとき，A, B の振幅はそれぞれ 0.03 [m]，0.02 [m] となるので，$\omega = 1$ より V_A, V_B はそれぞれ $-0.03 \leqq V_\mathrm{A} \leqq 0.03$, $-0.02 \leqq V_\mathrm{B} \leqq 0.02$ の範囲で周期的に変化する．これより $0 < V < \mathbf{0.02}$ のとき小球 A，小球 B は行ったり戻ったりを繰り返しながら進む．$\mathbf{0.02} < V < \mathbf{0.03}$ のとき，小球 A は x 軸の正の向きだけに進むが，小球 B は行ったり戻ったりを繰り返しながら進む．$\mathbf{0.03} < V$ のとき，小球 A，小球 B とも x 軸の正の向きだけに進み，戻らない.

＜次頁に続く＞

Ⅱ

略解

$\boxed{\quad 1 \quad}$: フィラメントの温度が上昇し，原子の熱運動により電流が流れにくくなるから．(35 文字)

$\boxed{\quad 2 \quad}$: 8.0　$\boxed{\quad 3 \quad}$: 0.32　$\boxed{\quad 4 \quad}$: 減少　$\boxed{\quad 5 \quad}$: $\dfrac{9-V}{20}$

$\boxed{\quad 6 \quad}$: 0.22　$\boxed{\quad 7 \quad}$: 4.6　$\boxed{\quad 8 \quad}$: 8.0　$\boxed{\quad 9 \quad}$: 1.1

$\boxed{\quad 10 \quad}$: 0.28　$\boxed{\quad 11 \quad}$: 0.45　$\boxed{\quad 12 \quad}$: 0.28　$\boxed{\quad 13 \quad}$: 32

$\boxed{\quad 14 \quad}$: コイルが電流を流し続けるため直後は同じ明るさを保つが，しだいに暗くなる．(36 文字)

解説

(1) $\boxed{\quad 1 \quad}$

金属の場合，温度が上昇すると原子の熱運動により電子の運動が阻害される．

$\boxed{\quad 2 \quad}$, $\boxed{\quad 3 \quad}$

スイッチを閉じた直後は I と V の関係はグラフの破線で与えられ, $V = 8I$．ここから抵抗値は **8.0** [Ω]．図 2 の回路の合成抵抗は $20 + 8 = 28$ [Ω]．よって流れる電流は $\dfrac{9.0}{28} = \mathbf{0.32}$ [A]．

$\boxed{\quad 4 \quad}$

電球が明るくなるにしたがって特性曲線は実線に近づくため，電流の値は **減少** する．

$\boxed{\quad 5 \quad}$ 〜 $\boxed{\quad 7 \quad}$

キルヒホッフの第 2 法則より，$9.0 = 20I + V$. これを I について解く．また $I = \dfrac{\mathbf{9 - V}}{\mathbf{20}}$ と実線との交点の座標を読み取ると，電球にかかる電流と電圧の値がそれぞれ $I = \mathbf{0.22}$ [A],$V = \mathbf{4.6}$ [V] と求まる．

$\boxed{\quad 8 \quad}$ 〜 $\boxed{\quad 10 \quad}$

スイッチを閉じた直後は $V = 8I$ の関係が成り立っているため，抵抗値は **8.0** [Ω]．電球には 9.0 [V] の電圧がかかるため，流れる電流は $9.0/8.0 = \mathbf{1.1}$ [A]．また十分時間が経過すると，グラフの破線から，9.0 [V] の電圧がかかるときには **0.28** [A] の電流が流れると読み取れる．

(2) $\boxed{\quad 11 \quad}$ 〜 $\boxed{\quad 13 \quad}$

十分に時間が経過するとコイルは起電力を生じないから，抵抗とみなすことができる．よって 20 [Ω] の抵抗に 9.0 [V] の電圧がかかるから，**0.45** [A]．また電球に流れる電流は $\boxed{\quad 10 \quad}$ と同様に **0.28** [A] と求められる．非オーム抵抗における抵抗値は $V/I = 9/0.28 = \mathbf{32}$ [Ω] によって計算できる．

$\boxed{\quad 14 \quad}$

コイルの性質とエネルギーの散逸に注目すればよい．

＜次頁に続く＞

Ⅲ

略解

$\boxed{1}$	: 4	$\boxed{2}$	: 2	$\boxed{3}$	: 中性子	$\boxed{4}$	: 陽子
$\boxed{5}$	: 1	$\boxed{6}$	: 8	$\boxed{7}$	: 6		
$\boxed{8}$	: $\sqrt{\dfrac{2M_{\mathrm{B}}(M_{\mathrm{A}}-M_{\mathrm{B}}-m)}{m(M_{\mathrm{B}}+m)}}\cdot c$			$\boxed{9}$	: 49		
$\boxed{10}$	: $\dfrac{\log 2}{T}$	$\boxed{11}$	: $\lambda\,\Delta t$	$\boxed{12}$	: 3.9×10^{18}		

解説

(1) $\boxed{1}$, $\boxed{2}$

質量数 A，原子番号 Z の原子 ${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X}$ の α 崩壊は，${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X}\to{}^{\mathrm{A-4}}_{\mathrm{Z-2}}\mathrm{Y}+{}^{4}_{2}\mathrm{He}$ となり，${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ 原子核が放出される．したがって，質量数は **4** 減少し，原子番号は **2** 減少する．

$\boxed{3}$ 〜 $\boxed{5}$

質量数 A，原子番号 Z の原子 ${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X}$ の β 崩壊は，${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X}\to{}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z+1}}\mathrm{Y}+{}^{0}_{-1}\mathrm{e}^{-}+\overline{\nu_{\mathrm{e}}}$ となる．これは，原子核中の 1 個の **中性子** が **陽子** と電子と反ニュートリノに変わることによっておこる．したがって，原子番号は **1** だけ増加する．

$\boxed{6}$, $\boxed{7}$

α 崩壊が m 回，β 崩壊が n 回起こったとすると，質量数と原子番号の変化からそれぞれ，

質量数 : $238-4m=206$

原子番号 : $92-2m+n=82$

が成立するので，$(m,\ n)=(\mathbf{8},\ \mathbf{6})$ となる．

(2) $\boxed{8}$, $\boxed{9}$

B の速さを V，α 粒子の速さを v とすると，

運動量保存則 : $M_{\mathrm{B}}V-mv=0$

エネルギー保存則 : $M_{\mathrm{A}}c^2=M_{\mathrm{B}}c^2+mc^2+\dfrac{1}{2}M_{\mathrm{B}}V^2+\dfrac{1}{2}mv^2$

が成立する．したがって，$v=\sqrt{\boldsymbol{\dfrac{2M_{\mathrm{B}}(M_{\mathrm{A}}-M_{\mathrm{B}}-m)}{m(M_{\mathrm{B}}+m)}}}\cdot\boldsymbol{c}$ となる．

また，運動エネルギーの比は，$\dfrac{1}{2}mv^2\div\dfrac{1}{2}MV_{\mathrm{B}}{}^2=\dfrac{M_{\mathrm{B}}}{m}=\dfrac{200-4}{4}=\mathbf{49}$ 倍となる．

＜次頁に続く＞

(3) $\boxed{\quad 10 \quad}$, $\boxed{\quad 11 \quad}$

$$\frac{N_{\rm A}}{N_0} = e^{-\lambda t} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

が成立するので，対数をとると，

$$-\lambda t = -\frac{t}{T}\log\frac{1}{2} \qquad \therefore\ \lambda = \boldsymbol{\frac{\log 2}{T}}$$

また，$\lambda\Delta t \ll 1$ であることに注意すると，

$$\Delta N_{\rm A} = N_{\rm A}(t) - N_{\rm A}(t+\Delta t) = N_0\left\{e^{-\lambda t} - e^{-\lambda(t+\Delta t)}\right\} = N_0\left\{e^{-\lambda t} - e^{-\lambda t}\cdot e^{-\lambda\Delta t}\right\}$$

$$\fallingdotseq N_0\left\{e^{-\lambda t} - e^{-\lambda t}\cdot(1-\lambda\Delta t)\right\} = \lambda\Delta t\cdot N_0 e^{-\lambda t}$$

したがって，$\Delta N_{\rm A} = \boldsymbol{\lambda\Delta t} \times N_{\rm A}(t)\cdots\cdots$①

(4) $\boxed{\quad 12 \quad}$

空欄 10 により，定数 λ と，半減期 T は反比例することがわかる．

したがって，$\dfrac{\Delta N_{\rm A}}{\Delta t} = \dfrac{\Delta N_{\rm B}}{\Delta t}$ の関係に (3) の①式を用いると，

$$\frac{N_{\rm A}}{T_{\rm A}} = \frac{N_{\rm B}}{T_{\rm B}}$$

$$\therefore\ N_{\rm B} = \frac{T_{\rm B}}{T_{\rm A}}N_{\rm A} = \frac{3.8}{1600\times 365}\cdot 6.0\times 10^{23} \fallingdotseq \boldsymbol{3.9\times 10^{18}} \text{ 個}$$

講評

Ⅰ [力学：単振動・重心系](標準) 2 つの小球と 1 つのばねという単純な系についての出題だが，重心や単振動，エネルギー，相対速度まで幅広い範囲の知識を要求される．(1) のグラフや (2) の初速度 V の範囲を正確に答えることができるか否かで差がつくだろう．

Ⅱ [電磁気：非オーム抵抗](標準) 電球の特性曲線を利用するという点では標準的で, 計算も難しくない. 論述は 40 文字と長いため, 少し詳しく説明する必要があり, また内容的にも回路の分野をよく理解している必要がある. 後半も, コイルが起電力を生じないことに気づけば前半を利用できる.

Ⅲ [原子：原子核崩壊](やや難) (1)(2) は標準的だが，(3) の崩壊定数が出てきたあたりからやや難しくなる．最後の 2 段階の崩壊に関しては一度やったことがないと解答するのは難しいだろう．

Ⅱの計算を完答して，Ⅰ，Ⅲは後半の難度の高い問題以外で点数を稼ぎたい．力学の重心系の考え方や原子核の分野は現役生にはやや難しかっただろう．目標は，70%．