２０２５年度　私大医学部入試

２０２５年１月２３日　実施

杏林大学

医学部　一般　物 理

（制限時間　理科２科１００分）

解答速報

解　答

第１問

ア	③	イ	①	ウ	⑥	エ	⑥	オ	②
カ	⑦	キ	②	ク	③	ケ	⑧	コ	③
サ	②	シ	②	ス	②	セ	⑥	ソ	③
タ	①	チ	④	ツ	②	テ	②	ト	①
ナ	⑤	ニ	③	ヌ	⑨				

第２問

ア	⑤	イ	②	ウ	④	エ	⑧	オ	①
カ	⑨	キ	⑦	ク	⓪	ケ	⓪	コ	⑤
サ	④	シ	⓪	ス	⑧	セ	⑧	ソ	⓪

第３問

ア	⑤	イ	③	ウ	④	エ	①	オ	①
カ	②	キ	①	ク	②	ケ	①	コ	②
サ	②	シ	⑧	ス	②	セ	②	ソ	⓪
タ	⓪	チ	⑥	ツ	①	テ	⑤		

解　説

第１問

(a) 統一原子質量単位uは，1個の $\underbrace{{}^{12}_{6}\mathrm{C}}_{ア:③}$ の質量が12uとなるように定められている。したがって，

$$12\,\mathrm{u} = \frac{12\,\mathrm{g/mol}}{6.02\times10^{23}\,/\mathrm{mol}} \qquad \therefore \quad 1\,\mathrm{u} = \underbrace{1.66}_{イウエ}\times10^{\overset{-27}{オカ}}\,\mathrm{kg}$$

(b) 以下の計算のために，1uをMeV単位に換算する係数を求めておく。

$$1\,\mathrm{u} = \frac{1.661\times10^{-27}\,\mathrm{kg}\cdot\left(3.00\times10^{8}\,\mathrm{m/s}\right)^{2}}{1.60\times10^{-19}\,\mathrm{J/eV}} = 934.3\,\mathrm{MeV}$$

求める質量欠損を Δm とすると，

$$\Delta m = 1.00728\,\mathrm{u} + 1.00866\,\mathrm{u} - 2.01356\,\mathrm{u} = \underbrace{2.38}_{キクケ}\times10^{\overset{-3}{コ}}\,\mathrm{u}$$

これをMeV単位に換算すると，

$$\Delta mc^{2} = 2.38\times10^{-3}\,\mathrm{u}\cdot934.3\,\mathrm{MeV/u} = \underbrace{2.22}_{サシス}\,\mathrm{MeV}$$

(c) この反応で放出されるエネルギーは，

$$\left(13.99925\,\mathrm{u} + 1.00866\,\mathrm{u} - 13.99996\,\mathrm{u} - 1.00728\,\mathrm{u}\right)\cdot934.3\,\mathrm{MeV/u} = \underbrace{6.3}_{セソ}\times10^{\overset{-1}{タ}}\,\mathrm{MeV}$$

最終的に放出されたエネルギーは ${}^{14}_{6}\mathrm{C}$ とpの質量の逆比で分配されるため，${}^{14}_{6}\mathrm{C}$ の運動エネルギーは，

$$6.26\times10^{-1}\,\mathrm{MeV}\cdot\frac{1}{15} = \underbrace{4.2}_{チツ}\times10^{\overset{-2}{テ}}\,\mathrm{MeV}$$

(d) 30時間で親核種の個数は $\frac{1}{4}$ に減少しているから，半減期は $\underbrace{15}_{トナ}$ 時間である。親核種の個数がはじめの $\frac{1}{6}$ となるまでの時間を t とすれば，

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{15\text{時間}}} = \frac{1}{6}$$

$$\therefore \quad t = \log_{2}6\cdot15\text{時間} = \left(1 + \frac{\log_{10}3}{\log_{10}2}\right)\cdot15\text{時間} = \left(1 + \frac{0.48}{0.30}\right)\cdot15\text{時間}$$

$$= \underbrace{39}_{ニヌ}\text{時間}$$

第２問

(a) 小球Aは，$x=x_0(<L)$の位置から静かに振動中心を$x=L$とする単振動を始めるため，横軸に時間，縦軸に小球Aの位置xをとったグラフは⑤である。小球Aの位置がxであるとき，小球Bが壁から受ける垂直抗力の大きさをR，静止摩擦力を右向きを正としてfとすれば，小球Bにはたらく水平方向の力のつり合いより，

$$k(x-L)+R+f=0 \qquad \therefore \quad R+f=-k(x-L)$$

である。よって，$R+f$は0を中心としてcos型の振動をする。このため，$\left|R+f\right|$のグラフは②である。

小球Aの加速度をa，位置をxとしたとき，小球Aの水平方向の運動方程式

$$ma=-k(x-L) \qquad \therefore \quad a=-\frac{k}{m}(x-L)$$

より，小球Aは角振動数$\sqrt{\dfrac{k}{m}}$，周期$\underbrace{2\pi}_{\text{ウ：④}}\sqrt{\dfrac{m}{k}}$，振動中心$x=L$の単振動をすることがわかる。振動の一端が$x=x_0(<L)$の位置であることから，振幅は$L-x_0$である。よって，速さの最大値は$\underbrace{(L-x_0)\sqrt{\dfrac{k}{m}}}_{\text{エ：⑧}}$である。小球Aがもう一方の振動端に達してバネが$L-x_0$だけ伸びたときにも小球Bが滑り出していないことから，

$$k(L-x_0)<\alpha\mu mg \qquad \therefore \quad x_0 \underbrace{\geq}_{\text{オ：①}} L-\underbrace{\alpha\mu}_{\text{カ：⑨}}\frac{mg}{k}$$

が成り立つ。

(b) 小球Bにはたらくバネによる弾性力の大きさが，最大摩擦力の大きさを上回ったときに小球Bは動き始める。そのときの小球のx座標をx_1とすれば，

$$k(x_1-L)=\alpha\mu mg \qquad \therefore \quad x_1=\underbrace{\alpha\mu}_{\text{キ：⑨}}\frac{mg}{k}+L$$

である。

2つの小球がともに正の方向に運動しているとき，運動方程式は，

$$\text{小球A：}ma_{\mathrm{A}}=k\big(\underbrace{-x_{\mathrm{A}}+x_{\mathrm{B}}+L}_{\text{ク：⓪}}\big) \qquad \cdots\cdots①$$

$$\text{小球B：}\alpha ma_{\mathrm{B}}=\underbrace{-\alpha\mu'}_{\text{ケ：⓪}}mg+k\big(\underbrace{x_{\mathrm{A}}-x_{\mathrm{B}}-L}_{\text{コ：⑤}}\big) \qquad \cdots\cdots②$$

と書ける。小球A，Bの重心は，線分ABをその質量の逆比$\underbrace{\alpha:1}_{\text{サ：④}}$に内分する点であるから，重心加速度（$a_{\mathrm{G}}$とする）も同様に，$a_{\mathrm{G}}=\dfrac{ma_{\mathrm{A}}+\alpha ma_{\mathrm{B}}}{m+\alpha m}$と表せる。

①＋②より，

$$ma_{\mathrm{A}}+\alpha ma_{\mathrm{B}}=-\alpha\mu' mg$$

であるから，

$$a_{\mathrm{G}}=\frac{ma_{\mathrm{A}}+\alpha ma_{\mathrm{B}}}{m+\alpha m}=-\underbrace{\frac{\alpha}{1+\alpha}}_{シ:⓪}\mu' g$$

となる。

①$-\dfrac{1}{\alpha}\times$②より，

$$m(a_{\mathrm{A}}-a_{\mathrm{B}})=\mu' mg-\frac{1+\alpha}{\alpha}k(x_{\mathrm{A}}-x_{\mathrm{B}}-L)$$

$$\therefore\quad a_{\mathrm{A}}-a_{\mathrm{B}}=-\left(1+\frac{1}{\alpha}\right)\frac{k}{m}\left\{x_{\mathrm{A}}-x_{\mathrm{B}}-L-\frac{\alpha\mu' mg}{(1+\alpha)k}\right\}$$

となり，小球Ｂから見た小球Ａの相対位置 $x_{\mathrm{A}}-x_{\mathrm{B}}$ は角振動数 $\sqrt{\underbrace{\left(1+\frac{1}{\alpha}\right)\frac{k}{m}}_{ス:⑧}}$ の単振動をすることがわかる。

(c) 小球Ｂが壁から離れて止まったままになるまで，小球Ｂにはたらく動摩擦力の向きは変化するが，常に小球Ｂの変位とは逆向きにはたらくため，動摩擦力がした仕事は $\underbrace{-\mu'\alpha}_{セ:⑧} mgD$ である。その後，単振動する小球Ａの振幅を A として，はじめの状態からバネが最も伸びるまでの系のエネルギー収支から，

$$\frac{1}{2}kA^2=\frac{1}{2}k(L-\beta L)^2-W\qquad\therefore\quad A=L\sqrt{\underbrace{(1-\beta)^2-\frac{2W}{kL^2}}_{ソ:⓪}}$$

を得る。

第３問

前半(1)はダイオードを構成する半導体に関する知識，後半(2)(3)はダイオードを使ったホイートストンブリッジ回路とダイオード特性に関する問題である。

(1) 真性半導体は価電子が4個の共有結晶である。n型半導体のnはnegativeのnであり，負電荷である $\underbrace{\text{電子}}_{\text{オ：①}}$ をキャリアとする半導体である。ゆえに，真性半導体に価電子が $\underbrace{5}_{\text{ア}}$ 個の不純物をドープ（混合）すれば結合において電子が1つ余り，これをキャリアとするn型半導体ができる。p型半導体のpは positive のpであり，価電子の不足を $\underbrace{\text{正孔（ホール）}}_{\text{ウ：④}}$ という名のキャリアとする半導体である。ゆえに，真性半導体に価電子が $\underbrace{3}_{\text{イ}}$ 個の不純物をドープすればよい。半導体に電場を加えるとp型ならば正電荷とみなせる正孔が $\underbrace{\text{電場と同じ}}_{\text{エ：①}}$ 向きに移動し，n型ならば負電荷である電子が $\underbrace{\text{電場と逆}}_{\text{カ：②}}$ 向きに移動する。p型とn型半導体の接合素子であるダイオードは，n型より $\underbrace{\text{p}}_{\text{キ：①}}$ 型半導体を高電位とするように電圧(順電圧)をかければ電流を流す。逆電圧では電流を流さない。これを整流作用という。

(2)

(a) ホイートストンブリッジ回路の性質より，可変抵抗 R_4 の抵抗値は $2\,\Omega$ より大きくないと回路上の点aより点bが高電位とならないため，ダイオードに電流は流れない。したがって，R_4 の抵抗値が $1.0\,\Omega$ ならばダイオードに電流は流れない。このとき，R_1 と R_2 に流れる電流 i は，

$$i=\frac{9\,\mathrm{V}}{6\,\Omega+3\,\Omega}=1\,\mathrm{A}$$

R_3 と R_4 に流れる電流 j は，

$$j=\frac{9\,\mathrm{V}}{4\,\Omega+1\,\Omega}=1.8\,\mathrm{A}$$

であるから，点aに対する点bの電位 V_{ab} は抵抗 R_1 と R_3 の電圧降下の差として，

$$V_{\mathrm{ab}}=6\,\Omega\cdot i-4\,\Omega\cdot j=\underbrace{-}_{\text{ク：②}}\underbrace{1.2}_{\text{ケコ}}\,\mathrm{V}$$

となる。電池を流れる電流は，

$$i+j=\underbrace{2.8}_{\text{サシ}}\,\mathrm{A}$$

(b) 前述の通りダイオードを電流が流れるための条件は，R_4 の抵抗値を R として，

$$R\underbrace{>}_{\text{ス：②}}\underbrace{2.0}_{\text{セソ}}\,\Omega$$

※ 物理は現象を相手にしているため，物理法則に真の等号は存在しない。つまり等号なし不等号(＞)と等号つき不等号(≧)に区別は存在しない。ここではダイオードDに電流が流れるかどうかのギリギリの状態を「電流が流れていない」と判断し，解答した。等号の存在の是非については物理学の範疇ではないので，このような出題は避けてほしいものである。ついでに言うと，R は数値ではなく物理量なので設問 $\boxed{ソ}$ のあとに単位Ωの表記が足りていない。

(c) $\mathrm{R_4}$ の抵抗値が7.0Ωならば$\mathrm{R_1}$，$\mathrm{R_2}$，$\mathrm{R_3}$，$\mathrm{R_4}$ の合成抵抗値 R_A は，

$$R_\mathrm{A}=\frac{6\times4}{6+4}\,\Omega+\frac{3\times7}{3+7}\,\Omega=4.5\,\Omega$$

ゆえに電池を流れる電流の大きさ I は

$$I=\frac{9\,\mathrm{V}}{4.5\,\Omega}=2\,\mathrm{A}$$

であり，並列している$\mathrm{R_1}$と$\mathrm{R_3}$にはこれを2:3に分配した電流が流れる。ゆえに$\mathrm{R_1}$を流れる電流 i_1 は，

$$i_1=\frac{2}{5}I=\frac{4}{5}\,\mathrm{A}$$

である。並列している$\mathrm{R_2}$と$\mathrm{R_4}$についても同様に考えて，$\mathrm{R_2}$を流れる電流 i_2 は，

$$i_2=\frac{7}{10}I=\frac{7}{5}\,\mathrm{A}$$

である。ダイオードを流れる電流はこれらの差であり，

$$i_2-i_1=\frac{3}{5}\,\mathrm{A}=\underbrace{0.6}_{タチ}\,\mathrm{A}$$

(3) 抵抗$\mathrm{R_1}$，$\mathrm{R_3}$を流れる電流をそれぞれ i，j とすると，電荷保存則（キルヒホッフの第１法則）より，抵抗$\mathrm{R_2}$と$\mathrm{R_4}$を流れる電流はそれぞれ $i+I_\mathrm{D}$，$j-I_\mathrm{D}$ と表せる。回路方程式（キルヒホッフの第２法則）より，

E・$\mathrm{R_1}$・$\mathrm{R_2}$ ： $6\,\Omega\cdot i+3\,\Omega\cdot(i+I_\mathrm{D})=9\,\mathrm{V}$

E・$\mathrm{R_3}$・$\mathrm{R_4}$ ： $4\,\Omega\cdot j+12\,\Omega\cdot(j-I_\mathrm{D})=9\,\mathrm{V}$

$\mathrm{R_1}$・$\mathrm{R_3}$・D ： $6\,\Omega\cdot i=4\,\Omega\cdot j+V_\mathrm{D}$

図２のダイオードの特性より，

$$V_\mathrm{D}=0.5\,\mathrm{V}+\frac{50}{3}\,\mathrm{V/A}\cdot I_\mathrm{D}$$

これらを連立計算すれば，

$$I_\mathrm{D}=0.\underbrace{15}_{ツテ}\,\mathrm{A},\quad i=0.95\,\mathrm{A},\quad j=0.675\,\mathrm{A},\quad V_\mathrm{D}=3\,\mathrm{V}$$

を得る。