解答速報　物理

2022年度　東京慈恵会医科大学

【　講　評　】

問題設定に手が止まってしまったかもしれないが、内容としては単純な問題であった。計算問題が多く、答えも煩雑なため、計算ミスには注意しなければならない。

1 は骨を弾性体として骨折について考察する問題。問5までは完答したい。問6では計算ミスに注意。

2 は生体分子モーターのモデル。一見生物の問題のようで面食らってしまう受験生もいたかもしれないが、することは単純である。計算が多く、求めた数値を他の設問でも用いるため、計算ミスに気をつけたい。

3 は基本的な熱力学の問題。まずはこれを完答して勢いに乗りたい。

【　解　答　・　解　説　】

1

解答

問1　$E=\dfrac{kl}{S}$　　問2　$\dfrac{{T_c}^2}{2E}$　　問3　1.9×10^2 J　　問4　0.56 m

問5　関節部などでもエネルギーを吸収するから。

問6

単位面積あたりの弾性エネルギーの比：1.0×10^2、骨幹部に蓄えられる弾性エネルギーの比：9.8

解説

問1　$T=\dfrac{F}{S}=E\cdot\dfrac{\Delta l}{l}$ に $F=k\Delta l$ を代入すると、$\dfrac{k\Delta l}{S}=E\cdot\dfrac{\Delta l}{l}$. したがって、$E=\dfrac{kl}{S}$.

問2　骨折する瞬間の骨の長さの変化量を Δl_c とすると、単位体積あたりに骨に蓄えられる弾性エネルギーは

$$\frac{1}{2}k(\Delta l_c)^2\cdot\frac{1}{Sl}=\frac{1}{2}k(\Delta l_c)^2\cdot\frac{E}{kl^2}=\frac{1}{2}E\cdot\left(\frac{\Delta l_c}{l}\right)^2=\frac{{T_c}^2}{2E}.$$

問3　問2の結果より、骨に蓄えられた弾性エネルギーは

$$\frac{(1.0\times10^8)^2}{2\times1.4\times10^{10}}\times0.90\times6.0\times10^{-4}=1.92\times10^2\fallingdotseq1.9\times10^2\ \mathrm{J}.$$

問4　問3の結果より、両脚分で吸収できる最大のエネルギーは 3.84×10^2 J より $h=\dfrac{3.84\times10^2}{70\times9.8}=0.559\fallingdotseq0.56$ m.

問5　足以外の骨や筋肉で吸収したり、関節を曲げることなどでエネルギーを吸収することができる。

問6　単位体積あたりの弾性エネルギーは $\dfrac{T^2}{2E}=\dfrac{F^2}{2ES^2}$ である。したがって、比は

$$\frac{\dfrac{F^2}{2E_{軟骨部}{S_{軟骨部}}^2}}{\dfrac{F^2}{2E_{骨幹部}{S_{骨幹部}}^2}}=\frac{E_{骨幹部}}{E_{軟骨部}}\cdot\left(\frac{S_{骨幹部}}{S_{軟骨部}}\right)^2=\frac{1.7\times10^{10}}{1.7\times10^7}\times\left(\frac{15^2-5^2}{25^2}\right)^2=102.4\fallingdotseq1.0\times10^2.$$

体積比は $\dfrac{25^2}{15^2-5^2}\times\dfrac{4}{130}$ であるから、蓄えられる弾性エネルギーの比は

$$10^3\times\left(\frac{15^2-5^2}{25^2}\right)^2\times\frac{25^2}{15^2-5^2}\times\frac{4}{130}=10^3\times\frac{200}{625}\times\frac{4}{130}=9.84\fallingdotseq9.8.$$

$\boxed{2}$

解答

問 1　1.2×10^3 個　　問 2　1.9×10^{-16} A　　問 3　7.3×10^{14} Ω

問 4　2.7×10^{-17} W　　問 5　8.6×10^{-18} W　　問 6　3.0×10^2 個

問 7　1.5×10^{-17} W　　問 8　$N_0 = 5.6 \times 10^{-20}\ \mathrm{N \cdot m}$, $N_1 = 2.4 \times 10^{-20}\ \mathrm{N \cdot m}$

問 9　どちらも回転数には依存しない。

問 10　1.3

解説

問 1　1 回転するのに 12 個の水素イオンが流入するので、$\dfrac{6000 \times 12}{60} = 1.2 \times 10^3$.

問 2　1 秒間に流れる電荷量は、$1.2 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.92 \times 10^{-16} \fallingdotseq 1.9 \times 10^{-16}$ A.

問 3　問 2 の結果より、$\dfrac{140 \times 10^{-3}}{1.92 \times 10^{-16}} = 7.29 \cdots \times 10^{14} \fallingdotseq 7.3 \times 10^{14}\ \Omega$.

問 4　問 2、問 3 の結果より、$1.92 \times 10^{-16} \times 140 \times 10^{-3} = 2.688 \times 10^{-17} \fallingdotseq 2.7 \times 10^{-17}$ W.

問 5　与えられた数値を式に代入すると、$2.30 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 0.75 \times 1.2 \times 10^3 = 8.56 \times 10^{-18} \fallingdotseq 8.6 \times 10^{-18}$ W.

問 6　1 回転するのに 3 個の ATP 分子が加水分解されるので、$\dfrac{6000 \times 3}{60} = 3.0 \times 10^2$ 個である。

問 7　1 秒あたりに得るエネルギーは、$\dfrac{3.0 \times 10^2}{6.02 \times 10^{23}} \times 3.05 \times 10^3 = 1.51 \cdots \times 10^{-17} \fallingdotseq 1.5 \times 10^{-17}$ W.

問 8　F_0 モーターの仕事率は $2.688 \times 10^{-17} + 8.56 \times 10^{-18} = 3.54 \times 10^{-17} \fallingdotseq 3.5 \times 10^{-15}$ W である。

1 秒間に $100 \times 2\pi \fallingdotseq 6.28 \times 10^4$ rad 回転する。したがって、

$N_0 = \dfrac{3.54 \times 10^{-17}}{6.28 \times 10^4} = 5.63 \times 10^{-20} \fallingdotseq 5.6 \times 10^{-20}\ \mathrm{N \cdot m}$.

同様に、$N_1 = \dfrac{1.5 \times 10^{-17}}{6.28 \times 10^4} = 2.38 \times 10^{-20} \fallingdotseq 2.4 \times 10^{-20}\ \mathrm{N \cdot m}$.

問 9　仕事率は回転数に比例するため、力のモーメントは回転数に依存しない。

問 10　モーメントが釣り合うとき、それぞれのモーターの仕事率が等しい。

したがって、$1.5 \times 10^{-17} = 2.30 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times \Delta\mathrm{pH}$ より $\Delta\mathrm{pH} = 1.31 \fallingdotseq 1.3$.

$\boxed{3}$

解答

問 1　1.8×10^2 N	問 2　49 mol/m^3	問 3　12 J
問 4　12 J/K	問 5　42 °C	問 6　21 °C

解説

問 1　ピストン Q に働く力のつり合いより、気体の圧力は $\dfrac{2.0 \times 9.8}{10 \times 10^{-4}} + 1.0 \times 10^5 = 1.196 \times 10^5$ Pa. したがって、気体が及ぼす力は $1.196 \times 10^5 \times 15 \times 10^{-4} = 179.4 \fallingdotseq 1.8 \times 10^2$ N.

問 2　体積を V, 物質量を n とすると、理想気体の状態方程式より $\dfrac{n}{V} = \dfrac{p}{RT} = \dfrac{1.196 \times 10^5}{8.3 \times 295} = 48.846 \fallingdotseq 49$ mol/m^3.

問 3　気体が外部にした仕事は $1.196 \times 10^5 \times 10 \times 10^{-4} \times 10 \times 10^{-2} = 11.96 \fallingdotseq 12$ J.

問 4　グラフの傾きが定積変化する場合の熱容量であるから、12 J/K.

問 5　温度変化に使われた熱量は 240 J であるから、上昇した温度は $\dfrac{240}{12} = 20$ K. したがって、42 °C.

問 6　減少した温度は $\dfrac{2.1 \times 60 \times 2.0}{12} = 21$ K. よって、21 °C.