

医学部専門予備校 クエスト 解答速報

東京慈恵会医科大学 物理 試験日2月9日(水)



1

向1) $F = k\Delta l$
 かつ $\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l}{l}$

よ、 $\frac{k\Delta l}{S} = E \frac{\Delta l}{l}$

$\therefore k = \frac{ES}{l}$

向2 $U = \frac{1}{2} k(\Delta l)^2$
 $= \frac{1}{2} \frac{ES}{l} \left(\frac{lT_c}{E} \right)^2$
 ($\because T_c = E \frac{\Delta l}{l}$)
 $= \frac{T_c^2}{2E}$

向3

$u = \frac{T_c^2}{2E}$
 $= \frac{(10^8 \text{ Pa})^2}{2 \times 1.4 \times 10^{10} \text{ Pa}}$

$= \frac{1}{2.8} \times 10^6 \text{ Pa}$

($\frac{\text{J}}{\text{m}^3} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}^3} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$)

よ、骨が蓄える弾性エネルギー E' は、

$E' = u \times S l$
 $= \frac{10^6}{2.8} \text{ Pa} \times 6 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 0.9 \text{ m}$

$\approx 1.9 \times 10^2 \text{ J}$

向4 題意より、

$mg h = E' \times 2$

$\therefore h = \frac{2E'}{mg}$

$= \frac{2 \times 1.92 \times 10^2 \text{ J}}{70 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2}$

$\approx 0.56 \text{ m}$

$$\therefore U_1 = \frac{F^2}{2E_1 S_1^2}, \quad U_3 = \frac{F^2}{2E_2 S_2^2}$$

$$\begin{aligned} \therefore \frac{U_1}{U_2} &= \frac{E_2 S_2^2}{E_1 S_1^2} \\ &= \frac{1.7 \times 10^{10} \text{ Pa}}{1.7 \times 10^9 \text{ Pa}} \times \left(\frac{30^2 - 10^2 (\text{mm}^2)^2}{50^2 (\text{mm}^2)^2} \right)^2 \\ &\approx 1.0 \times 10^2 \quad \left(\uparrow \frac{\pi}{2} \text{ と省略} \right) \end{aligned}$$

問5 60cm 程度の高さから飛び下りて足が折れることはない。



ということはおそらくで求めたエネルギーの一部は別の何かに吸収されている。(あるいは、何らかの仕方で散逸している。)

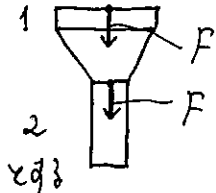


(解答例)

おそらくで求めたエネルギーの一部は両脚の骨以外の部分で吸収されているため。

問6
$$\begin{cases} U_i = \frac{T_i^2}{2E_i} \\ \text{かつ} \\ T_i = \frac{F}{S_i} \end{cases}$$

より、
$$U_i = \frac{F_i^2}{2E_i S_i^2} \quad (i=1, 2)$$



また、

$$\frac{E_1'}{E_2'} = \frac{U_1 \times \pi \left(\frac{c}{2} \right)^2 \times e}{U_2 \times \pi \left\{ \left(\frac{b}{2} \right)^2 - \left(\frac{a}{2} \right)^2 \right\} \times g}$$

≈ 9.8

- $\frac{U_1}{U_2} \approx 100$ より、単位体積あたりのエネルギー吸収値は軟骨部がずっと大きいことが分かる。

- $\frac{E_1'}{E_2'} \approx 10$ と考えれば、軟骨部は小さい部位で「よく働いている」ことが分かる。

- $\frac{k_1}{k_2}$ を求めてみると、 $k = \frac{ES}{l}$ より、

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{E_1 S_1 \cdot l_2}{l_1 \cdot E_2 S_2} = \frac{1}{10}$$

つまり、軟骨部は骨幹部よりも10倍「やわらかい」ことが分かる。

2

問1 1分間に6000回転ゆえ
1秒間では100回転.

H^+ は 30° 回転するごとに1コ入るので、
1回転($=360^\circ$)で12コ入る.

\therefore 1秒間に $12 \times 600 = 1.2 \times 10^3$ コ
入る.

問2 $I = eN$

$$= 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1.2 \times 10^3 \text{ 1/s}$$

$$\approx 1.9 \times 10^{-16} \text{ A}$$

問3 $R = \frac{V}{I}$

$$= \frac{140 \times 10^{-3} \text{ V}}{1.92 \times 10^{-16} \text{ A}}$$

$$\approx 7.3 \times 10^{14} \Omega$$

問4 エネルギー保存則より、

$$F_0 e^{-\tau} \text{ の仕事率} = RI^2$$

$$= 7.29 \times 10^{14} \times (1.92 \times 10^{-16} \text{ A})^2$$

$$\approx 2.7 \times 10^{-17} \text{ W}$$

問5 仕事率を求めることに注意.

H^+ 1コの入力で ΔE ゆえ、
 1.2×10^3 コでは $1.2 \times 10^3 \Delta E$ である.

$$\text{仕事率} = 1.2 \times 10^3 \times 2.3 k_B T (\Delta pH)$$

$$= 1.2 \times 10^3 \times 2.3 \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} \times 300 \text{ K}$$

$$\times 0.75$$

$$\approx 8.6 \times 10^{-18} \text{ W}$$

問6 $\left\{ \begin{array}{l} \text{1秒間に100回転} \\ \text{かつ} \\ \text{1回転で3コ分解される} \end{array} \right.$

\therefore 1秒間で 3.0×10^2 コ分解される

問7 3.0×10^2 を mol に換算すると、

$$\frac{3.0 \times 10^2}{6.02 \times 10^{23}} \text{ mol} \cdot \text{秒}^{-1} \cdot \text{モーターの}$$

$$\text{仕事率} = \frac{3.0 \times 10^2}{6.02 \times 10^{23}} \times 30.5 \text{ kJ/mol}$$

$$\approx 1.5 \times 10^{-20} \text{ kJ/s}$$

$$= 1.5 \times 10^{-17} \text{ W}$$

問8 題意より、

$$N_0 \times \underbrace{2\pi}_{\text{角度}} \times \underbrace{100}_{\text{回転数}} = \text{問4} + \text{問5}$$

rad / s

$$= 2.68 \times 10^{-19} \text{ W} + 0.856 \times 10^{-17} \text{ W}$$

$$\therefore N_0 = \frac{(2.68 + 0.856) \times 10^{-19} \text{ W}}{2 \times 3.14 \text{ /s}}$$

$$\approx 5.6 \times 10^{-20} \text{ N}\cdot\text{m}$$

問9

問8を見ると「回転数100」で割っているから
($\Rightarrow n$ とおける)

N_0 は n に反比例するふうに思えるから

そうではない。こういう計算の場合、問4や

問5までしかのぼるべきである。

(あるいはそれ以前まで)

すると、問4では I が関係していることが
分かる、 I は n が関係していることが分かる
(問1, 2より)。問5でも同様にながら
関係している。

以上から、以下の様な式が成り立っている
ことが分かる。

$$N_0 \times n \times A = \underbrace{n \times B}_{(A, B \text{ は定数})}$$

$$\therefore N_0 = \frac{B}{A} \quad \text{問4} + \text{問5}$$

これは n に依存しない値である。(N_1 も同様)

以上をふまえて、解答は次のとおり。

両モーターとも回転数には依存しない。

(ガソリンエンジンとはまるで違う結果であり、
大変面白い)

問8つづき

N_1 を求める。

題意より、

$$N_1 \times 2\pi \times 100 = 1.51 \times 10^{-17} \text{ W}$$

$$\therefore N_1 = 2.4 \times 10^{-20} \text{ N}\cdot\text{m}$$

問10

$V=0V$ のとき、 $I=0A$ 。おて、
向4の値は0Wであり、向5のみと
考慮すればよい。

題意より、 $N_0' = N_1$

$$\Leftrightarrow \frac{2.3k_B \times 300 \times \Delta PH}{2\pi \times 100} \times (1.2 \times 10^3)^2 = 2.40 \times 10^{-20}$$

$$\therefore \Delta PH \approx 1.3$$

<講評>

② 最も解きにくい向題だったと
思われる。「題意を読み取れば解
ける」のだが、それが難しい。

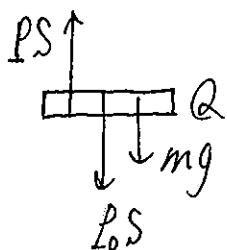
向9は 図2がなくても向える向いにお
かかわらず、図2が載せてある。こ
ういや、向題内容そのものから「サイ
スもやてほい」という原意がかが
えて、素晴らしく思われる。選
抜試験としてどこまで機能する
のかは分からないうえ、こ
うい向題と出合えに受験生は幸
いである。

本向は、向1~8は何とか解けるので
はないだろうか。

① ③の次に解きやすい内容・レベルで
ある。昨年度も骨折の話題であり、
骨折が2年続いた。昨年同様、
「モデル化」の妙少を味わうべき向
題だろう。(昨年度よりムリのない、より
良いモデル化だと思われる。)
向5以外は何とかしたいところ
だが、20分程度では難しかった
だろうか。

3

問1 封じ気体の圧力を求める。



Qにおよぼす力のつり合いより、

$$0 = PS - P_0 S - mg$$

$$\therefore P = P_0 + \frac{mg}{S}$$

$$= 10^5 \text{ Pa} + \frac{2 \times 9.8 \text{ N}}{10 \times (10^{-2})^2 \text{ m}^2}$$

$$= 1.196 \times 10^5 \text{ Pa}$$

よって、S面が気体からおぼよぼよする力は、

$$1.19 \times 10^5 \text{ Pa} \times 15 \times (10^{-2})^2 \text{ m}^2$$

$$\approx 1.8 \times 10^2 \text{ N}$$

問2 $PV = nRT$

$$\therefore \frac{n}{V} = \frac{P}{RT}$$

$$= \frac{1.19 \times 10^5 \text{ Pa}}{8.3 \text{ J/K}\cdot\text{mol} \times 295 \text{ K}}$$

$$\approx 4.9 \text{ mol/m}^3$$

問3 $W = P\Delta V$

$$= 1.19 \times 10^5 \times 10^{-1} \times (10^{-2})^2$$

$$\approx 12 \text{ J}$$

問4 熱容量Cの定義

$$C \equiv \frac{Q}{\Delta T} \text{ [J/K]}$$

(気体の温度を1K上げるのに必要な熱量)

また、V一定のもとでの熱力学第一法則より、 $Q = \Delta U$ (①と略記)

かつ、図2より、

$$\Delta U = \nu R \Delta T$$

以上から、

$$C = \nu R = \frac{\Delta U}{\Delta T} \text{ (図2の代り)}$$

$$= 12 \text{ J/K}$$

問5 ①より、

$$Q_{\text{吸収}} = C \Delta T + W$$

$$\therefore \Delta T = \frac{Q_{\text{吸収}} - W}{C}$$

$$= \frac{252 - 12}{12}$$

$$= 20 \text{ K} = 20^\circ\text{C}$$

(差は不変)

$$\therefore T' = T + \Delta T$$

$$= 22^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C}$$

$$= 42^\circ\text{C}$$

問6 V -一定のもとでの①より、

$$Q_{\text{放出}} = C \Delta T'$$

$$\therefore \Delta T' = \frac{Q_{\text{放出}}}{C}$$

$$= \frac{2.1 \text{ J/s} \times 120 \text{ s}}{12 \text{ J/K}}$$

$$= 21 \text{ K} = 21^\circ\text{C}$$

$$\therefore T'' = T - \Delta T'$$

$$= 42^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C}$$

$$= 21^\circ\text{C}$$

<講評>

最も解きやすく完答すべきである。

(①②とのギャップが大きいので、やや小さくする。)

<総評>

80分程度かければ完答もできそうであるが、60分では60~70%程度の正答となるだろうが、本年度の入試において、問題集に載っているような問題は解かされ続けるときに受験生には、一種の清涼剤になったのではなかろうか(甚だしい?)。

あまりにも異色すぎて、手も足も出なかった受験生も多かったと思われる。「物理という道具を使って自然現象を考える」姿勢が身について人に味方する出題内容であった。1に7の難問とは別種の、興味深い内容であった。