

## 藤田医科大学(前期) 物理

2022年1月20日実施

### 第1問

解答

問1  $V_1 = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ ,  $v_1 = \frac{1}{2} \sqrt{v_0^2 + 2gh}$

問2  $V_{k+1} = \sqrt{\left(\frac{k}{k+1}V_k\right)^2 + 2gh}$

問3  $(NV_N)^2 = \frac{N(N+1)(2N+1)}{3} \times gh$

問4  $K = \frac{(N+1)(2N+1)}{6} \times mgh$

問5  $U = \frac{N(N+1)}{2} \times mgh$

問6  $\frac{2}{3}$

解説

問1 最上段より1段下がるときの力学的エネルギー保存則:  $\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh = \frac{1}{2}mV_1^2 + 0$  より,  $V_1 = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$

各衝突は反発係数  $e = 0$  の衝突なので, 1回目の衝突についての運動量保存則:  $mV_1 + 0 = 2mv_1$  より,

$$v_1 = \frac{1}{2} \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

問2  $k$  回目の衝突直後の速さを  $v_k$  とする.  $k$  回目の衝突についての運動量保存則:  $kmV_k + m \cdot 0 = (k+1)mv_k$

より,  $v_k = \frac{k}{k+1}V_k$

1段下がる場合の力学的エネルギー保存則を考慮して,  $V_{k+1} = \sqrt{v_k^2 + 2gh} = \sqrt{\left(\frac{k}{k+1}V_k\right)^2 + 2gh}$

問3 問2より,  $\{(k+1)V_{k+1}\}^2 = (kV_k)^2 + (k+1)^2 \times 2gh$  であるので,

$$(NV_N)^2 = (1^2 + 2^2 + \dots + N^2) \times 2gh$$

1から  $N$  までの自然数の2乗の和の公式:  $1^2 + 2^2 + \dots + N^2 = \frac{N(N+1)(2N+1)}{6}$  を用いて,

$$(NV_N)^2 = \frac{N(N+1)(2N+1)}{6} \times 2gh = \frac{N(N+1)(2N+1)}{3} \times gh$$

問4  $K = \frac{1}{2}NmV_N^2 = \frac{(N+1)(2N+1)}{6} \times mgh$

問5  $U = \{N + (N-1) + \dots + 2 + 1\} \times mgh = \frac{N(N+1)}{2} \times mgh$

問6  $\frac{K}{U} = \frac{2N+1}{3N} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} \frac{2}{3}$

〈〈 模試・講座のご案内 〉〉

医学部進学予備校 **メビオ** では [後期] 模試 / 後期攻略講座 を実施します

※詳細は最終面をご確認ください

## 第2問

解答

問1 (1)  $2mv \cos \theta$                       (2)  $\frac{v}{2L \cos \theta}$                       (3)  $\frac{mv^2}{L}$                       (4)  $\frac{Nm \langle v^2 \rangle}{4\pi L^3}$

問2 単原子分子理想気体なので、内部エネルギーが全分子の運動エネルギーの和であることに注意すると、状態方程式より、

$$PV = \frac{N}{N_A} RT \iff \frac{Nm \langle v^2 \rangle}{4\pi L^3} \times \frac{4\pi L^3}{3} = \frac{N}{N_A} RT \iff N \frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} \frac{N}{N_A} RT$$

問3  $4.3 \times 10^2 \text{ m/s}$

解説

問1 (1) 力積と運動量変化が等しいことから、気体分子1個が1回の衝突で内壁に加える力積の大きさは、

$$m(v \cos \theta) - m(-v \cos \theta) = 2mv \cos \theta$$

(2) 気体分子が内壁に衝突してから次に衝突するまでに進む距離は  $2L \cos \theta$  であるから、気体分子は時間  $\frac{2L \cos \theta}{v}$  に1回衝突する。したがって、単位時間に内壁に衝突する回数は  $\frac{v}{2L \cos \theta}$

(3) (1), (2) の結果より、気体分子1個から単位時間に内壁が受ける力積の大きさは、

$$\frac{v}{2L \cos \theta} \times 2mv \cos \theta = \frac{mv^2}{L}$$

(4)  $k$  番目の気体分子が単位時間に内壁に加える力積の大きさを  $I_k$  とすると、全分子が単位時間に内壁に加える力積の大きさ  $I$  は

$$I = I_1 + \dots + I_N = \frac{m}{L} (v_1^2 + \dots + v_N^2) = \frac{Nm \langle v^2 \rangle}{L}$$

単位時間あたりの力積の大きさが力の大きさに等しいことから、容器内の気体の圧力  $P$  は、 $P = \frac{I}{4\pi L^2} = \frac{Nm \langle v^2 \rangle}{4\pi L^3}$

問2 単原子分子理想気体なので、内部エネルギーが全分子の運動エネルギーの和であることに注意すると、状態方程式より、

$$\begin{aligned} PV &= \frac{N}{N_A} RT \\ \iff \frac{Nm \langle v^2 \rangle}{4\pi L^3} \times \frac{4\pi L^3}{3} &= \frac{N}{N_A} RT \\ \iff N \frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle &= \frac{3}{2} \frac{N}{N_A} RT \end{aligned}$$

問3 問2の結果より、

$$\begin{aligned} \sqrt{\langle v^2 \rangle} &= \sqrt{\frac{3RT}{mN_A}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.31 \times 300}{40 \times 10^{-3}}} = 150\sqrt{8.31} = 150\sqrt{9 - 0.69} \\ &= 450\sqrt{1 - \frac{0.69}{9}} \doteq 450 \left( 1 - \frac{1}{2} \frac{0.69}{9} \right) = 450 - 17.25 = 432.75 \doteq 4.3 \times 10^2 \text{ m/s} \end{aligned}$$

### 第3問

解答

問1  $\frac{E}{R}$

問2  $\frac{a(E - V_m)}{aR + 1}$

問3  $\frac{C(E + aRV_m)}{aR + 1}$

問4  $\frac{a(E - V_m)}{aR + 1}$

問5  $\frac{E - V_m}{R}$

問6 0

解説

問1 コンデンサーにおける電圧降下は0であり、ダイオードの電圧は0となる。コンデンサーを導線とみなせばよく、ダイオードには電流は流れない。以上より  $\frac{E}{R}$

問2 抵抗に流れる電流を  $I'$ 、ダイオードの電圧を  $V$  とすると、

$$\begin{cases} E = RI' + V \\ I' = a(V - V_m) \end{cases}$$

が成り立つ。これを解くと  $I' = \frac{a(E - V_m)}{aR + 1}$

問3 問2を解くと  $V = \frac{E + aRV_m}{aR + 1}$ 。よって求める電気量は  $CV = \frac{C(E + aRV_m)}{aR + 1}$

問4 コンデンサーの電圧は問2問3と同じく  $V$  となる。よってダイオードの電圧も同じく  $V$  となるので、ダイオードに流れる電流は  $I'$  のままである。ゆえに  $\frac{a(E - V_m)}{aR + 1}$

問5 問4からさらに十分に時間が経過したあと、コンデンサーの電圧は  $V_m$ 、ダイオードに流れる電流は0となる。よってスイッチSを閉じた直後は、コンデンサー、ダイオードの電圧はともに  $V_m$  となる。よって、ダイオードを流れる電流を  $I''$  とすると

$$E = RI'' + V_m$$

となる。これより  $I'' = \frac{E - V_m}{R}$

問6 スイッチSを開いたとき、コンデンサー、ダイオードの電圧はともに  $E (< V_m)$  となり、ダイオードには電流が流れない。よってこれらの電圧は変化しない。再びスイッチSを閉じたとき、電源の起電力、ダイオードの電圧、コンデンサーの電圧はともに  $E (< V_m)$  となり電流は流れない。よって 0

## 第4問

解答

問1  $\sqrt{\frac{2QEL}{m}}$

問2  $-\mu'(mg + QvB)$

問3 (iii)

等速度になった後の小球の速さを  $v_\infty$  とする.  $x$  軸方向の力のつり合い  $QE = \mu'(mg + Qv_\infty B)$  を解いて

$$v_\infty = \frac{1}{QB} \left( \frac{QE}{\mu'} - mg \right)$$

解説

問1 運動エネルギーの変化と仕事の関係より  $QEL = \frac{1}{2}mv_0^2 \quad \therefore v_0 = \sqrt{\frac{2QEL}{m}}$

問2  $x > 0$  の領域で小球はローレンツ力  $QvB$  を鉛直下向きに受ける. 鉛直方向の力のつり合いから垂直抗力  $N = mg + QvB$ . したがって動摩擦力の大きさは  $\mu'N = \mu'(mg + QvB)$ . 向きは  $-x$  向きなので,  $-\mu'(mg + QvB)$

問3 (iii)  $x > 0$  の領域では, 動摩擦力と静電気力  $QE$  を受ける. 小球の速度を  $v$  とすると, 運動方程式より小球の加速度は  $b = \frac{1}{m} \{QE - \mu'(mg + QvB)\}$  と表せる. ここで  $v_\infty = \frac{1}{\mu'QB}(QE - \mu'mg)$  とおくと,  $b = -\frac{\mu'QB}{m}(v - v_\infty)$  である. したがって, 十分に時間が経過したのち加速度は 0 となり, 等速度  $v_\infty$  で運動する. 以上より求める速度は  $v_\infty = \frac{1}{QB} \left( \frac{QE}{\mu'} - mg \right)$

参考 (i) から (iv) の中から正しい選択肢を消去法で選ぶこともできる.

(i) 小球が等加速度運動を続けるとすると十分時間がたつと小球の速度が無限大に発散するので不適.

(ii) 十分時間が経過した後, 小球が静止し続けると仮定する. 「 $x > 0$  の範囲の適当な位置に小球を置き静かに手をはなすと, 小球は床の上をすべり出した」という問題文に矛盾するので不適.

(iv) 小球にはたらく力のうち  $-x$  向きになりうる力は動摩擦力のみである. 動摩擦力による仕事は運動エネルギーを小さくする向きにはたらく(摩擦熱). したがって, はじめ  $+x$  向きの速度だった小球が動摩擦力により  $-x$  向きの速度をもつことはない. (初め  $+x$  向きの速度だった小球が  $-x$  向きの速度を持つ場合, 速度の向きが変わる前後に一瞬静止する. 静止した瞬間と  $-x$  向きの速度を持った時を比べると, 運動エネルギーが動摩擦力の仕事により増加することになる.)

講評

第1問 [力学：段差のある斜面での連続衝突] (やや難)

問2で漸化式が正しく作れたかどうかで大きく差がつく。ここができれば、問3以降の誘導は丁寧なので完答することができるだろう。

第2問 [熱：球形容器における気体分子運動論] (標準)

今回の大問の中では最も解きやすい問題。球形容器での気体分子運動論を扱ったことがあれば完答できる問題。問2までは定番の答えなので、計算せずに解答を出した受験者もいることだろう。できれば完答したい。

第3問 [電磁気：ダイオードを含む回路] (標準)

類題を扱ったことがあれば完答も可能。非オーム抵抗と同じように、ダイオードにかかる電圧と電流の関係式と与えられたグラフの式を連立する。できれば完答したい。

第4問 [力学+電磁気：電場・磁場内における摩擦のある平面上での物体の運動] (標準)

摩擦のある平面上を運動する電荷をもつ小球の運動を考える新傾向の問題。設定が複雑なので、問題文から正確に状況を把握する必要がある。内容はそれほど難しくはないが、情報の多さに戸惑った受験者も多かったのではないだろうか。

総評

総じて昨年度前期よりもやや易化している。とはいえ難易度は高い。全体での目標は、55%。

本解答速報の内容に関するお問合せは

医学部進学予備校 **メビオ**

☎ 0120-146-156 受付 9:00~21:00(土日祝可)  
大阪市中央区石町 2-3-12 ベルヴォア天満橋  
https://www.mebio.co.jp/



友だち追加で全科目を閲覧!  
**LINE 公式アカウント**

◀ メビオの友だち登録はこちらから

医学部専門予備校 **YMS** ☎ 03-3370-0410  
https://yms.ne.jp/

医学部専門予備校 **英進館メビオ** 福岡校 ☎ 0120-192-215  
https://www.mebio-eishinkan.com/

後期模試/後期攻略講座は名古屋会場でも実施します!

**金沢医科大学 [後期] 模試 2.11 (金)**

科目 英/数 申込締切 2月8日(火) 20:00 大阪名古屋福岡  
会場 大阪・名古屋・福岡の各会場  
※会場の詳細はHPでご確認ください

**関西医科大学 [後期] 模試 2.16 (水)**

科目 英/数/理科2 申込締切 2月13日(日) 20:00 大阪東京福岡  
会場 大阪・東京・福岡の各会場  
※会場の詳細はHPでご確認ください

対象 医学部受験生・新高3生 料金 6,600円(税別)

※内容は一部変更の可能性があります。時間割の詳細はHPでご確認ください

お申し込みはこちら



**医学部後期攻略講座** 大阪名古屋

2月6日~3月7日 大阪/名古屋会場(金沢・藤田対策のみ)

- 大阪医科大学 テストゼミ/全2授業(大阪会場)
- 関西医科大学 全8授業(大阪会場)
- 近畿大学医学部 全8授業(大阪会場)
- 金沢医科大学 全8授業(大阪会場)(名古屋会場)
- 藤田医科大学 全4授業(大阪会場)/全6授業(名古屋会場)
- 久留米大学医学部 全8授業(大阪会場)

◆各講座の時間割・受講料・会場についてはHPでご確認ください

※内容は一部変更の可能性があります。時間割の詳細はHPでご確認ください

医学部進学予備校 **メビオ** フリーダイヤル ☎ 0120-146-156 【受付時間】 9:00~21:00

大阪府大阪市中央区石町 2-3-12 ベルヴォア天満橋  
天満橋駅(京阪/大阪メトロ谷町線)より徒歩3分

2022年度より特待制度を新設します  
条件によって学費を50~90%減免。  
詳しくはお問い合わせください。