

平成 23 年度入学者選抜試験問題

医学部医学科

理 科

(物 理)

前 期 日 程

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子の本文は 1 ページから 3 ページまでです。
- 3 問題は I～III の 3 問です。
- 4 試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁、解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 5 監督者の指示にしたがって、解答用紙に大学受験番号を正しく記入してください。大学受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。
- 6 解答用紙に印刷されている注意事項を読んで解答を始めてください。
- 7 問題を解く際の計算があれば、途中計算も解答用紙に書いてください。
- 8 試験終了後、問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

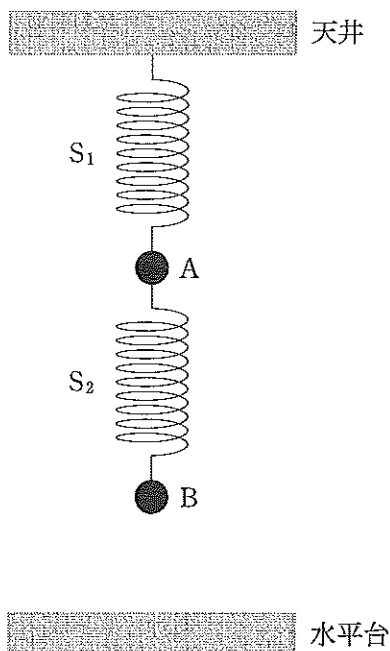
物 理

I 自然の長さが L 、ばね定数が k の 2 個のばね S_1 、 S_2 と、質量が m の 2 個のおもり A 、 B がある。いま、これらを図のように連結し、ばね S_1 の上端を天井に固定し、静かにつり下げた。2 つのばねは伸び、ばねの伸びの和は L よりも大きくなった。また、おもり B と水平台の間には空間ができた。ばねの質量およびおもりの大きさは無視できるものとする。重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。

- (1) ばね S_1 、 S_2 の長さをそれぞれ求めよ。
- (2) ばね S_1 、 S_2 に蓄えられる弾性力による位置エネルギーの和を求めよ。
- (3) 天井の高さを基準としたとき、おもり A 、 B の重力による位置エネルギーの和を求めよ。

次に、水平台を静かに鉛直上方に上げて、おもり B を静かに押し上げてゆく。天井と水平台の間の距離が $3L$ となったところで、押し上げることをやめる。このとき、それぞれのばねは自然の長さよりも長かった。以下の問いに答えよ。

- (4) ばね S_1 、 S_2 の長さをそれぞれ求めよ。
- (5) 水平台がおもり B に及ぼす垂直抗力を求めよ。



II 図1のように、面積 S 、極板間距離 d の平行板コンデンサーがある。それぞれの極板に $+Q$ と $-Q$ の電荷を与えた。真空の誘電率を ϵ_0 とし、以下の問に答えよ。2枚の極板は真空中に置かれており、極板の端の影響は無視できるとする。

- (1) 平行板コンデンサーの電気容量 C_0 、極板間の電位差 V および電場の強さ E を求めよ。
- (2) 極板の間隔を d から $2d$ になるまで静かに広げた。平行板コンデンサーにたくわえられている静電エネルギー U の変化量 ΔU を求めよ。
- (3) 正負に帯電した極板には互いに引き合う力が働いている。この引力に逆らって極板を静かに引き離したために、 U が変化したと考えられる。外力のした仕事が ΔU に等しいとして、極板に働く引力の大きさ F を求めよ。
- (4) 次に、図2のように厚さ d の誘電体を挿入した。この誘電体の比誘電率を ϵ_r として、誘電体を挿入した後の平行板コンデンサーの電気容量 C を求めよ。

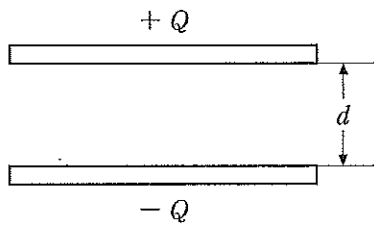


図1

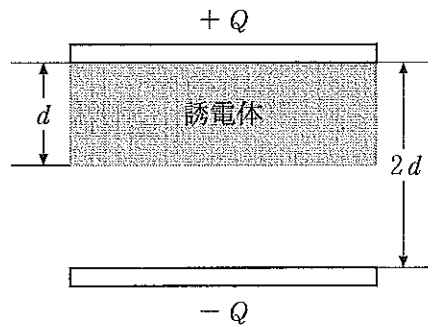
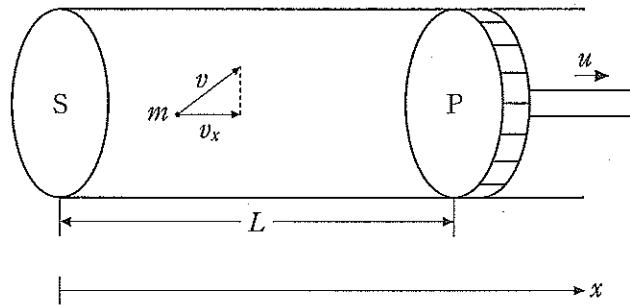


図2

III 気体の断熱膨張を、気体分子の運動をもとにして考察した。□ に適当な数式や数字を入れて、以下の文章を完成せよ。

図のように、 x 方向に動くピストンを備えた円筒形の断熱容器があり、その中に質量 m の単原子分子からなる気体が入っている。ただし、気体分子どうしの衝突は無視できるとする。

ピストン壁 P と固定円形壁 S との間の距離が L のとき、気体の温度は T であった。ピストンを一定のゆっくりした速さ u で動かすとき、気体分子の運動エネルギーの変化を調べる。



個々の気体分子はピストン壁 P と弾性衝突すると考えることができるので、反発係数(はねかえり係数) $e = 1$ である。分子の x 方向の速度を、衝突前は v_x 、衝突後は v_x' とすると、P から見た分子の相対速度は、衝突前 □ (1) □, 衝突後 □ (2) □ であるから

$$-\frac{\text{□ (2) □}}{\text{□ (1) □}} = 1 \text{ より } v_x' = \text{□ (3) □}$$

という関係が成り立つ。ピストン壁 P との衝突では、 x 軸に垂直な方向の速度成分 v_y, v_z は変化しないから、1 回の衝突による運動エネルギーの変化 ΔK は

$$\Delta K = \frac{1}{2} m v_x'^2 - \frac{1}{2} m v_x^2 = \text{□ (4) □}$$

で与えられる。したがって、ピストンの速さ u が v_x に比べて十分小さい場合には、 u の 2 乗の項を無視して、運動エネルギーは近似的に $\Delta K = \text{□ (5) □}$ だけ変化すると見なすことができる。

分子はピストン壁 P と固定円形壁 S との間を往復運動すると考えてよい。微小時間 Δt にピストンが動く距離 $u\Delta t$ は L に比べて十分小さいから、この時間に分子がピストン壁と衝突する平均回数は □ (6) □ であり、 Δt に 1 個の分子の運動エネルギーは □ (7) □ だけ変化する。

容器内の分子の数 N はきわめて大きく、すべての分子は特定の方向にかたよることなく不規則に運動している。分子の速さ v の 2 乗の平均を $\overline{v^2}$ とおくと、 N 個の分子の運動エネルギーの総和は $E = \text{□ (8) □}$ である。 N 個の分子に対する v_x^2 の平均値 $\overline{v_x^2}$ と $\overline{v^2}$ の間には、

$\overline{v_x^2} = \text{□ (9) □} \times \overline{v^2}$ の関係がある。したがって、 Δt における運動エネルギーの総和の変化 ΔE と E の比は $\frac{\Delta E}{E} = \text{□ (10) □}$ で与えられる。

一方、 Δt における容器の体積増加量 ΔV と、もとの体積 V との比は $\frac{\Delta V}{V} = \text{□ (11) □}$ となるので、 $\frac{\Delta E}{E} = \text{□ (12) □} \times \frac{\Delta V}{V}$ という関係が得られる。とくに理想気体の場合、内部エネルギーは分子の運動エネルギーだけである。内部エネルギーは気体の温度 T に比例しているのだから、断熱膨張による温度変化 ΔT は $T, V, \Delta V$ を用いて $\Delta T = \text{□ (13) □}$ と表される。