

令和2年度 入学試験問題

医学部 (Ⅱ期)

理科

注意事項

1. 試験時間 令和2年3月10日、午後1時30分から3時50分まで
2. 配付した試験問題(冊子)、解答用紙の種類はつぎのとおりです。
 - (1) 試験問題(冊子、左折り)(表紙・下書き用紙付)
 - 化学(その1)、(その2)
 - 生物(その1)、(その2)
 - 物理(その1)、(その2)
 - (2) 解答用紙
 - 化学(その1) 1枚(上端赤色)(右肩落し)
 - 〃 (その2) 1枚(上端赤色)(左肩落し)
 - 生物(その1) 1枚(上端緑色)(右肩落し)
 - 〃 (その2) 1枚(上端緑色)(左肩落し)
 - 物理(その1) 1枚(上端青色)(右肩落し)
 - 〃 (その2) 1枚(上端青色)(左肩落し)以上の中から選択した2分野(受験票に表示されている)が配付されています。
3. 下書きが下書き用紙で足りなかったときは、試験問題(冊子)の余白を使用して下さい。
4. 試験開始2時間以降は退場を許可します。但し、試験終了10分前からの退場は許可しません。
5. 受験中にやむなく途中退室(手洗い等)を望むものは挙手し、監督者の指示に従って下さい。
6. 休憩のための途中退室は認めません。
7. 退場の際は、この試験問題(冊子)を一番上にのせ、挙手し、監督者の許可を得てから、試験問題(冊子)、受験票、下書き用紙および所持品を携行の上、退場して下さい。
8. 試験終了のチャイムが鳴ったら、直ちに筆記をやめ、おもてのまま上から解答用紙(選択した2分野の解答用紙、計4枚、化学(その1)、化学(その2)、生物(その1)、生物(その2)、物理(その1)、物理(その2))、試験問題(冊子)の順にそろえて確認して下さい。
確認が終っても、指示があるまでは席を立たないで下さい。
9. 試験問題(冊子)はお持ち帰り下さい。

令和2年度医学部選抜Ⅱ期入学試験

問題文 訂正

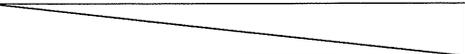
物理（その1）

問題冊子 P. 21

2

（その1）12行目にある次の文章を削除します。
「気体がBに及ぼす……あるから (1-3) となる。」

（その2）これに伴い、物理解答用紙(その1)にある
2の解答欄(1-3)に以下のように斜線を引いて解答し
ないでください。

(1-3) 

※訂正があるので、板書書きをしたうえで、
アナウンスをしてください。聞き取れなかつ
たと質問された場合は、この用紙を見せて口
頭で話さないでください。

物 理 (その1)

1 重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えなさい。

A 滑らかな表面を持つ半径 r の半円筒が、図1のように半円筒部を上にして水平な床に固定されている。半円筒の頂点 A から、質量 m の小物体を静かに滑り出させたところ、小物体は円軌道を描いて点 B を通過し、点 C で半円筒表面から離れた。半円筒の中心 O を通る鉛直線 AO と線分 OB のなす角 $\angle AOB$ を θ とする。

- (1) 点 B における小物体の速さはいくらか。
- (2) 点 B で小物体に働く抗力の大きさはいくらか。
- (3) 点 C は床からどれだけの高さにあるか。
- (4) 小物体が点 C を離れる際の速さはいくらか。
- (5) 小物体が点 C を離れてから床に達するまでの時間 t は以下の式のようにになる。(a), (b)に入る数値を求めなさい。

$$t = \frac{\sqrt{3} (\sqrt{(a)} - \sqrt{(b)})}{9} \times \sqrt{\frac{r}{g}}$$

B ここで問題の設定を変える。すなわち、上の円筒を、同じ半径を持つ表面が粗い新しい半円筒に取り替えて同様の実験を行った(図2参照)。

半円筒の頂点 P から、質量 m の小物体をごく小さな速さ v_0 で静かに滑り出させたところ、小物体は円軌道を描いて点 Q で半円筒表面から速さ v で離れた。半円筒の中心 O を通る鉛直線 PO と線分 OQ のなす角 $\angle POQ$ を θ_2 とする。また点 P から点 Q までの間に、摩擦力が小物体に加えた仕事を W と置く。一方図1の滑らかな半円筒における角 $\angle AOC$ を θ_1 とする。

なお $|W| > \frac{mv_0^2}{2}$ が満たされているものとする。

- (1) W を $m, v, v_0, g, r, \theta_2$ を使って表しなさい。
- (2) θ_1 と θ_2 はどちらの角が大きいか。解答欄に不等号を入れなさい。

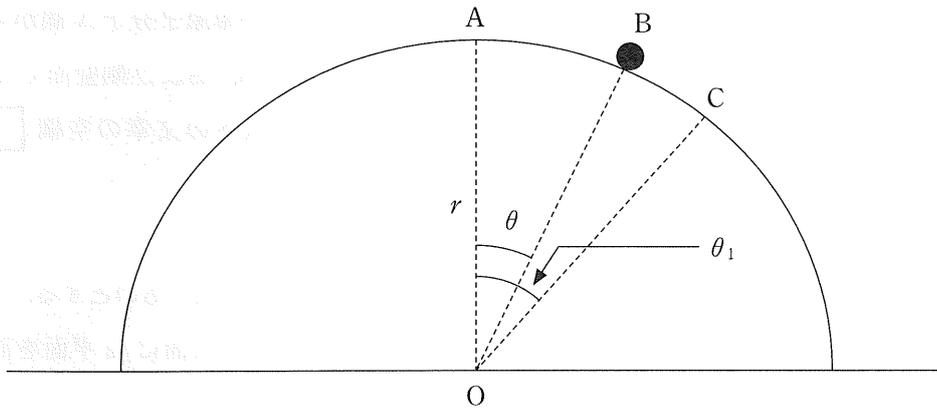


図 1

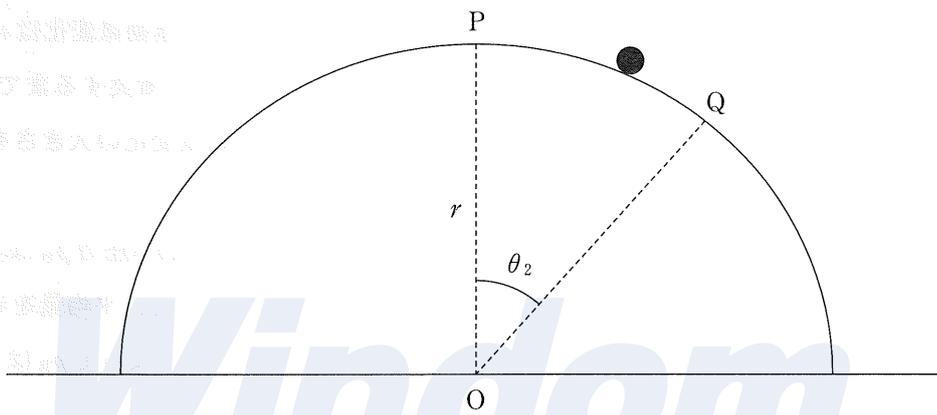


図 2

2 図1に示す断面の半径 r 、高さ h の円筒形容器に、質量 m の単原子分子 N 個からなる n モルの気体が入っている。この気体が円筒の底壁面 A あるいは B、および側壁面 C に与える圧力と、気体が持つ内部エネルギーを求めてみる。このとき以下の文章の空欄 (1-1) から (3-5) に当てはまる適切な数式を入れなさい。

気体分子は容器の壁と弾性衝突を行うが、分子どうしは衝突しないものとする。また分子への重力の影響は無視する。円筒の中心軸を x 軸とし、これに垂直な面に yz 平面を設定する。最初、分子の x 方向成分の運動を考える。

分子は $x = 0$ の底壁面 A で跳ね返され、 $x = h$ の底壁面 B に衝突して、再び底壁面 A に衝突する。B における衝突が Δt の時間に一度起こる。分子は衝突によって速度 \vec{v} の x 成分が v_x から v'_x になる。弾性衝突であるから $v'_x = -v_x$ である。よって分子の運動量変化は m 、 v_x を用いて (1-1) となる。注目している分子が底壁面 B に衝突して次に衝突するまでの時間 Δt は (1-2) である。気体が B に及ぼす平均の力は、全分子の運動量変化の大きさを経過時間で割った量であるから (1-3) となる。

よって N 個の分子が底壁面 B に与える単位面積あたりの力、すなわち圧力 p_B は次のようになる。ただし N 個の分子がすべて同じ速さを持っていることはないので、平均量を考える。すなわち分子全体の v_x^2 という物理量の平均を考えこれを $\langle v_x^2 \rangle$ と表す。よって p_B は (1-4) となる。

次に円筒側壁面 C に与える気体の圧力を考える。図2は円筒形容器の断面である yz 面である。円の中心を O とする。いま1個の分子の速度 \vec{v} が yz 平面に落とす速度の射影の大きさを s としたとき、入射角 θ で壁に衝突する様子を示した。この衝突による分子の運動量変化(の射影された大きさ)は (2-1) である。この分子は次に壁に衝突するまでに (2-2) の時間がかかる。全分子の yz 平面に射影した速度の2乗の平均値を $\langle s^2 \rangle$ とすると、上と同様にして全分子が側壁面 C に与える圧力 p_C は (2-3) と求められる。

ここで全分子が持つ速度および速度の x 成分、 y 成分、 z 成分の2乗の平均値をそれぞれ $\langle v^2 \rangle$ および $\langle v_x^2 \rangle$ 、 $\langle v_y^2 \rangle$ 、 $\langle v_z^2 \rangle$ と表す。よってこれらの量と $\langle s^2 \rangle$ の間に関係が生ずる。そのうち $\langle s^2 \rangle$ 、 $\langle v_x^2 \rangle$ 、 $\langle v^2 \rangle$ の間には (2-4) という関係式が成り立つ。それらの結果、 $\langle s^2 \rangle$ は $\langle v^2 \rangle$ を使って (2-5) と表すことができる。同様の考察を p_B について行くと、 $p_B = p_C$ となる。これが求める気体の圧力 p である。すなわち p は $\langle v^2 \rangle$ 、容器の容積 V 、 N および m を使って (3-1) となる。

さて、圧力 p 、体積 V 、気体のモル数 n および絶対温度 T を持つ理想気体の状態方程式は、気体定数を R とすると (3-2) と表される。この式を上で求めた圧力の式と比較すると、分子1個が持つ平均の運動エネルギーが、アボガドロ数 N_A を用いて (3-3) と書き表すことができる。よって気体全体が持つ内部エネルギーは T 、 n 、 R を用いると (3-4) となる。

また速さの2乗平均 $\langle v^2 \rangle$ の平方根(2乗平均速度) $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$ は気体分子のモル質量を M としたとき (3-5) と表すことができる。これはほぼ分子の平均の速さと考えて良い。

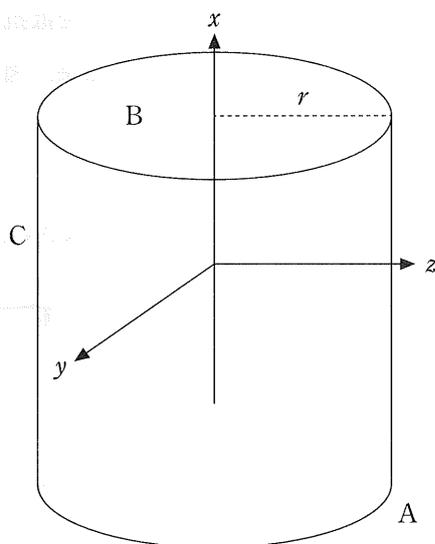


図 1

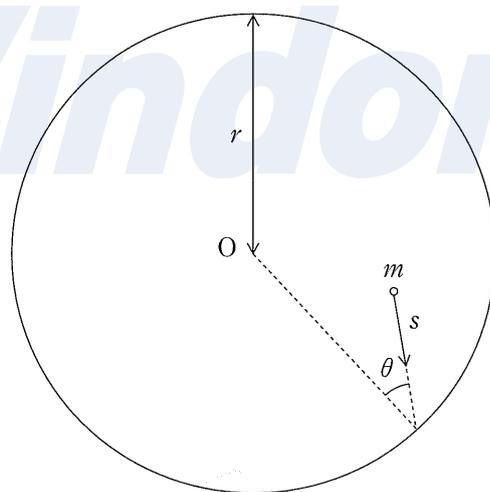


図 2

物 理 (その2)

3 図1に示す回路で、使用する電池Dは内部抵抗 r で起電力 E を持っている。 E と r の値を調べるために電池Dを回路から取り外し、その両端に可変抵抗をつなぎ、抵抗値を変えて回路を流れる電流 I と電池Dの電位差 V を測定した。その結果、図2のグラフが得られた。以下の問いに答えなさい。なお、すべての解答に単位も記載すること。

(1) 電池Dの起電力 E ならびに内部抵抗 r の値を求めなさい。

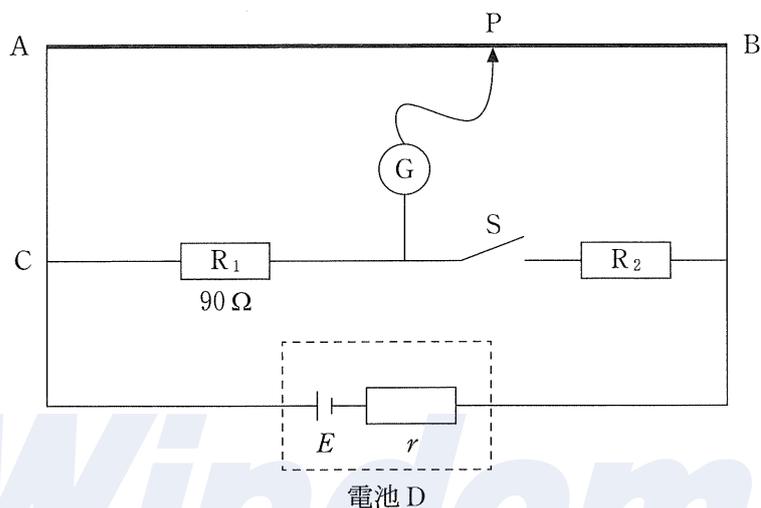


図1

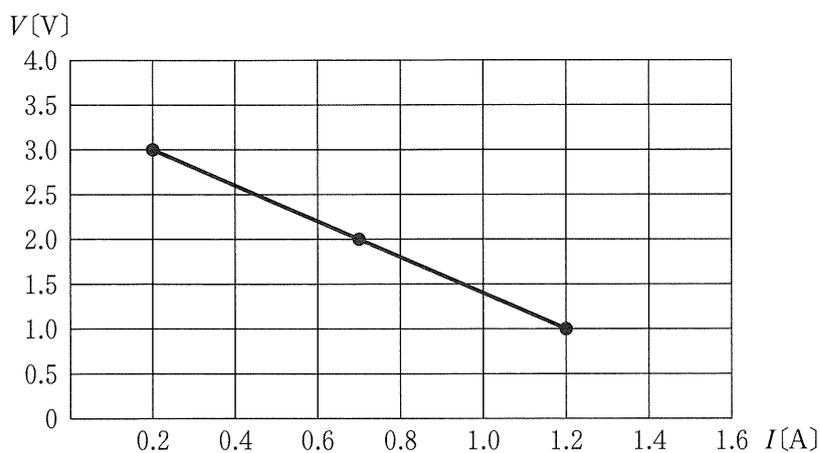


図2

- 次に、図1の回路に電池Dを組み込んだ。ABは太さが一様で、長さ100 cm、抵抗値120 Ω の直線状の抵抗線で、接点Pの位置は調節でき、AP間、PB間の抵抗値 R_{AP} 、 R_{PB} を変化させることができる。 R_1 は抵抗値90 Ω の抵抗で、 R_2 は抵抗値が未知の抵抗である。電流計Gの内部抵抗は無視できるものとする。スイッチSを閉じ、接点PをAB上で移動させたところ、AP間の距離が60 cmのとき電流計Gの針が振れなかった。
- (2) R_{AP} 、 R_{PB} の値はそれぞれいくらか。
 - (3) 抵抗 R_2 の抵抗値はいくらか。
 - (4) 次にスイッチSを開いた。このとき、PB部分を流れる電流の値を求めよ。また電池の供給電力を求めなさい。

Windom

- 4 A 図1は30 cm離れた波源 S_1 , S_2 が同位相で、0.5 s の周期で振動した時に出る波の、ある時刻での山の位置を示したものである。

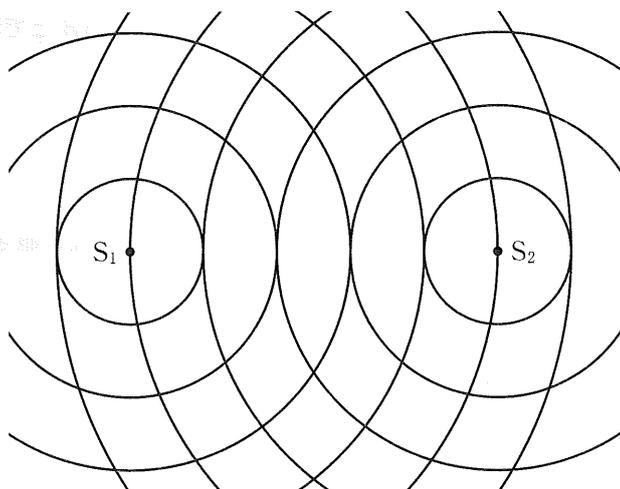


図1

- (1) この波の波長はいくらか。また、波の速さはいくらか。
- (2) 次の点では波は強め合うか、弱め合うか答えなさい。
 - (a) $S_1P = 21$ cm, $S_2P = 9$ cm となるような点 P
 - (b) $S_1Q = 24$ cm, $S_2Q = 9$ cm となるような点 Q
 - (c) $S_1R = 24$ cm, $S_2R = 51$ cm となるような点 R
- (3) S_1S_2 を横切り、波源 S_2 の最も近くを通る強め合う線を図に記入しなさい。
- (4) S_1 , S_2 が逆位相で振動した時、 S_1 , S_2 を除いて S_1S_2 間には何本の弱め合う線がみられるか。

- B** 図2のように遠浅の海岸に打ち寄せる波の波面は海岸に近づくにつれて海岸線に対して平行になる。この理由を80字以内で記述しなさい。

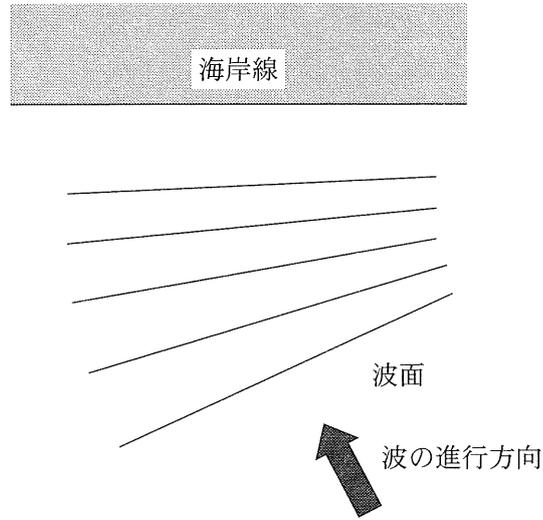


図2

Windom