

平成 20 年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で 50 ページある。(落丁・乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。) 問題冊子の中に下書き用紙が 1 枚入っている。

物	理	1 ～ 11 ページ、	化	学	12 ～ 31 ページ
生	物	32 ～ 42 ページ、	地	学	43 ～ 50 ページ
- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された 2 箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
 - (1) 教育学部及び工学部の受験者は、90 分。
 - (2) 理学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 数学科及び化学科の受験者は、90 分。
 - ② 物理学科の受験者は、120 分。
 - ③ 生物学科及び自然環境科学科で理科 1 科目の受験者は、90 分。
 - ④ 生物学科及び自然環境科学科で理科 2 科目の受験者並びに地質科学科の受験者は、180 分。
 - (3) 医学部及び歯学部の受験者は、180 分。
 - (4) 農学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 理科 1 科目の受験者は、90 分。
 - ② 理科 2 科目の受験者は、180 分。
- 6 物理と化学は、学部、学科によって解答する問題が異なるので、物理と化学の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 7 化学及び生物には、選択問題があるので、化学及び生物の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 8 問題冊子及び下書き用紙は、持ち帰ること。

物 理

物理選択の受験者は、下の表を見て○印の問題を解答せよ。

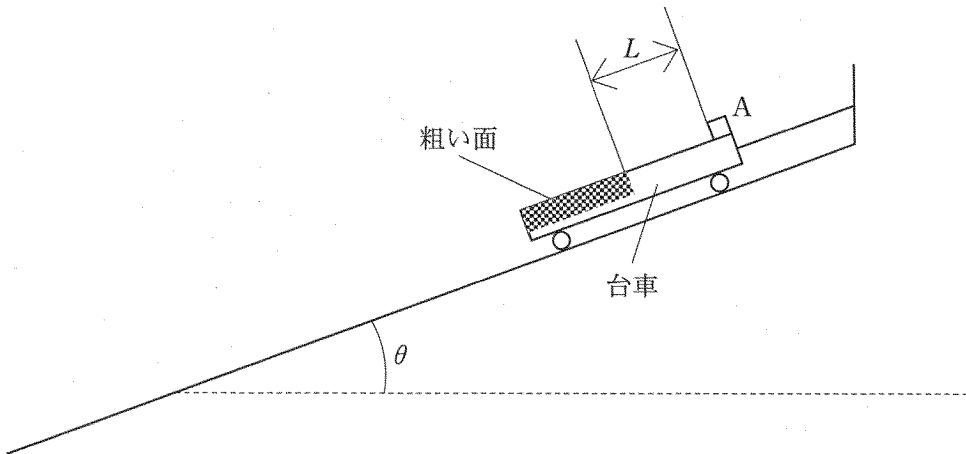
注意

志望学部・学科	問題番号			
	1	2	3	4
教育学部	○		○	○
理学部(物理学科)	○	○	○	○
理学部(数学科・生物学科・ 地質科学科・自然環境科学科)	○	○		○
医学部	○	○	○	
歯学部	○	○	○	
工学部	○	○		○
農学部	○		○	○

1

注意 全学部受験者用

- [1] 図に示すように、水平面に対して傾き θ のなめらかな斜面上に、質量 m の台車が糸で固定されている。この台車の上に、台車と同じ質量 m の物体Aを静かに置き手を離すと、物体Aは台車の上をすべり出した。台車の上面は、物体を置いた位置から距離 L まではなめらかだが、その先は粗い面である。この粗い面と物体Aとの間の動摩擦係数は μ' である。重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。なお、物体Aの大きさは無視できるものとする。



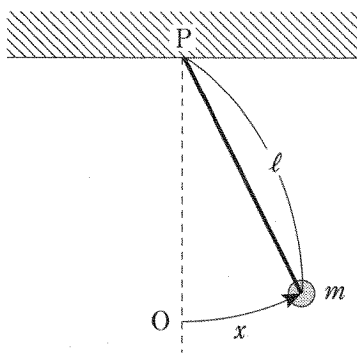
問 1 物体 A が台車上のなめらかな面をすべっている間の糸の張力を求めよ。

問 2 物体 A が台車上の粗い面に進入する瞬間の速さ v を求めよ。

問 3 物体 A が粗い面に進入すると同時に、糸が切れて台車も動き出した。
糸が切れた後の物体 A の加速度 a_A と、台車の加速度 a_B を求めよ。ただし、斜面下向きを正とする。

問 4 台車の粗い面上を運動していた物体 A が、台車上で台車に対して静止し、台車と一体となって運動し始めた。物体 A が台車の粗い面上を運動し、台車に対して静止するまでの時間を求めよ。

- [2] 図のように、長さ l の軽い糸の上端を天井の点 P に固定し、下端に質量 m の小球をつけて鉛直面内で振動させる振り子の運動を考える。小球の最下点の位置を点 O とする。振り子の振れが小さい場合には、点 O から円周に沿った変位 x に比例する復元力が働いて、小球は単振動する。重力加速度の大きさを g 、糸の長さは変位の大きさに比べて十分に長いとして、以下の問いに答えよ。なお、 β [rad] がきわめて 0 に近い数であるとき成り立つ近似公式、 $\sin \beta \doteq \beta$ 、 $\cos \beta \doteq 1 - \frac{1}{2}\beta^2$ を用いてよい。



- 問 1 変位 x の点に小球があるときの復元力を求めよ。
- 問 2 変位が a の点において、糸を張った状態で小球を静かに放した。
- (1) 小球が点 O を通過した瞬間の小球の速さを求めよ。
 - (2) (1)における糸の張力は、小球が点 O で静止しているときの張力に比べてどれだけ大きいか。

次に、糸の長さが l 、小球の質量が m である同じ振り子を二つ用意し、それらを点 P からつり下げた。

- 問 3 一つの小球を点 O に静止させ、もう一方の小球を問 2 と同様に変位が a の点で静かに放した。二つの小球は点 O で完全非弾性衝突し、その後、一体となって単振動を始めた。この振動における変位の最大値を求めよ。

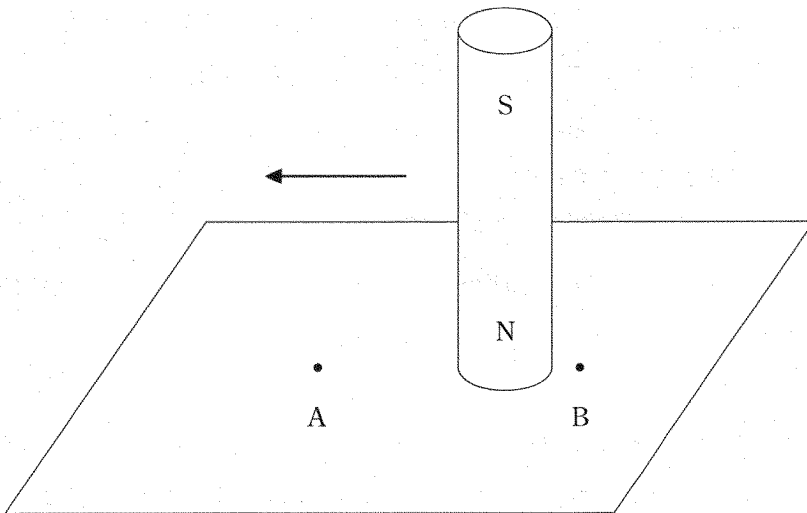
2

注意 理学部(数学科, 物理学科, 生物学科, 地質科学科, 自然環境科学科),
医学部, 歯学部および工学部受験者用

〔1〕 以下の **ア** ~ **カ** にあてはまる適切な語句を次に示す語群から選んで, 文章を完成させよ。ただし, 同じ語句を何度使用してもよい。

(引力, 斥力, 中心力, N, S, 上向き, 下向き, 時計回り, 反時計回り, 同じ, 反対)

図のように, N極が下になるように, 棒磁石を銅板のB点付近の直上に静止させる。次にこの磁石を, 銅板に沿ってA点に向かってすばやく動かす。このとき, 銅板上のA点のまわりにできるうず電流の向きは, 上から見て **ア** であり, B点のまわりにできるうず電流は **イ** である。うず電流により生じる磁界の向きは, A点においては, **ウ** である。このときの磁界を仮想的な磁石でつくったと考えると, A点の上側は **エ** 極になる。また動かす磁石と, A点で考えた仮想的な磁石との間で及ぼしあう力は, **オ** となる。したがって銅板に沿って磁石をすばやく動かすとき, 銅板は磁石と **カ** 方向に動く。



〔2〕 次の平行板コンデンサーに関する問いに答えよ。ただし、コンデンサーの極板の大きさは、極板間隔に比べて十分に大きいものとする。

コンデンサーの2枚の平行極板に起電力 V の電池をつなぐ。極板間が真空である場合に、コンデンサーの両極板にそれぞれ Q 、 $-Q$ の電気量が蓄えられたとする。

問 1 このコンデンサーの電気容量を求めよ。

電池をつないだままで、上記のコンデンサーの極板の間に、誘電体を図1のように挿入する。図1の斜線部分が誘電体で、極板と誘電体表面との間隔はきわめて狭いとする。このような場合、誘電分極により誘電体表面に電荷が誘起され、極板上の電気量が変化する。誘電体表面に誘起された電気量の絶対値を q とする。

問 2 このコンデンサーの正極板上の電気量を求めよ。

問 3 この場合のコンデンサーの電気容量を求めよ。

問 4 この誘電体の比誘電率を求めよ。

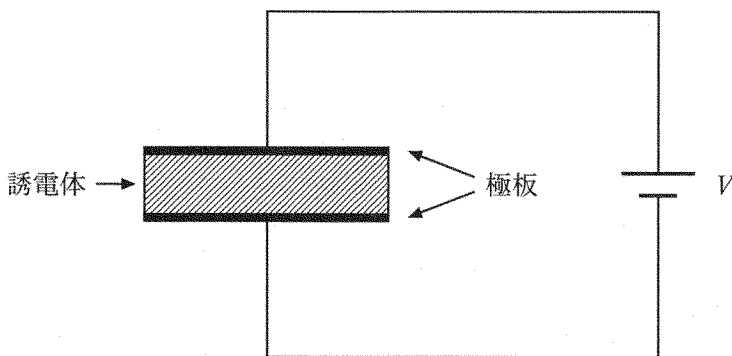


図 1

誘電体を引き抜き、図2のように誘電体の厚さを半分にして再びコンデンサーの中に入れた。

問 5 このときのコンデンサーの電気容量を求めよ。

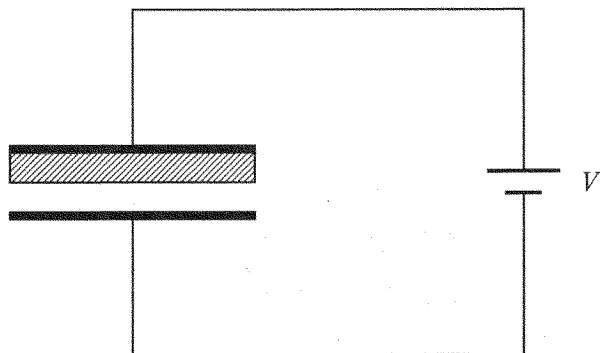


図2

図1のように、波源Gで発生した周期 T 、振幅 a の平面波が、水面を右側に向かって進んでいるとする。水面には壁が立っており、波源Gと壁から等距離の位置に点Qをとる。時刻 $t=0$ において、波は図2のように点Qまで進んでいた。発生した波の波長が λ であるとして、以下の問いに答えよ。

問1

- (1) 波の速さ v を λ と T を用いて表せ。
- (2) 波源Gにおける変位と時刻 t の関係を、 $0 \leq t \leq 2T$ の範囲でグラフに描き表せ。

問2 時間が経つと、波は点Qからさらに右側に進み、水面に立った壁にぶつかる。点Qにおける変位と時刻 t との関係を、 $0 \leq t \leq 4T$ の範囲でグラフに描き表せ。ただし、波は壁で自由端反射する。

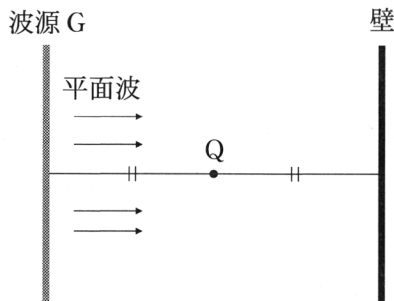


図1

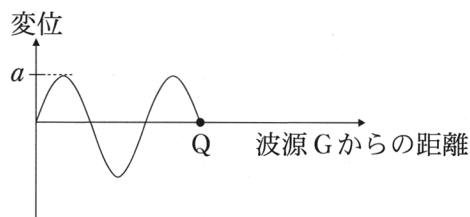


図2

波源Gと点Qとの距離は $\frac{3}{2}\lambda$ です。

問 3 図3のように、壁に点Oをとり、そこから壁に垂直に距離 ℓ だけ離れた点をPとする。点Oの両側に、それぞれ距離 d だけ離れたところに開閉可能なすき間AとBを設ける。ここで、すき間の幅は十分狭く、壁の右側へはすき間を中心とした円形波が広がっていくと考えよ。

(1) すき間Bを閉じてすき間Aのみを開けた場合、点Pの水面が上下に振動した。さらにすき間Bを開け、点Pにすき間Bからの波が伝わると、振動の振幅と周期はどのように変化するか。

(2) すき間AとBが開いた状態で、観測点を点Pから壁と平行な方向に移動すると、周期的に水面の振動の様子が変化した。水面が振動しなくなる点のうち、もっとも点Pに近いものを点P'とする。PP'の距離 x はいくらか。ここで ℓ は d および x にくらべて十分大きいとする。必要であれば、 $|y| \ll 1$ のとき $\sqrt{1+y} \doteq 1 + \frac{1}{2}y$ の近似式を用いてよい。

(3) すき間AとBが開いた状態で、水を別の液体に替えたところ、波の進む速度が a 倍($a > 1$)になった。このとき点P'において液面は振動したが、波源の周期を T から連続的に変化させると、 T' のとき再び振動しなくなった。このときの周期 T' を求めよ。

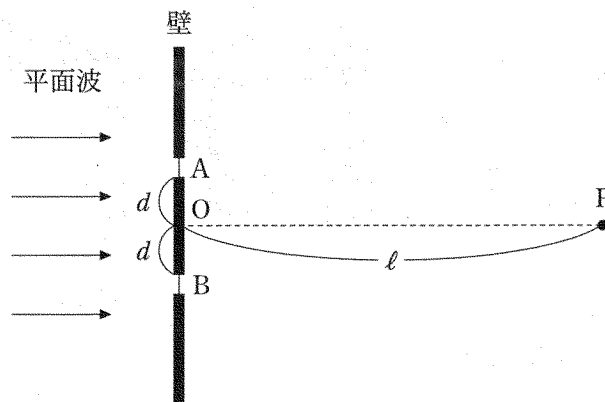


図 3

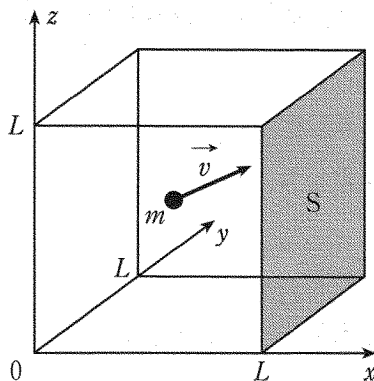
4

注意 教育学部, 理学部(数学科, 物理学科, 生物学科, 地質科学科, 自然環境科学科), 工学部および農学部受験者用

問 1 次の問題の ① ~ ⑩ の中を適当な式でうめよ。

1 辺の長さが L の立方体の容器に, N 個の分子からなる理想気体が閉じ込められている。この気体の圧力と分子の運動エネルギーについて考える。

図のように, 質量 m で速度 $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$ を持つ気体分子が, x 軸方向の速度成分 v_x で, x 軸に垂直な壁 S に完全弾性衝突したとする。この分子による 1 回の衝突で壁が受ける運動量変化(力積)は ① となる。この分子が壁 S と単位時間あたりに衝突する回数は ② であるので, 壁 S がこの分子から受ける力は ③ である。壁 S が気体から受ける力を計算するためには, この力を N 個の気体分子について足し合わせればよい。全気体分子についての v_x^2 の総和を, v_x^2 の平均値 $\overline{v_x^2}$ を使って $N\overline{v_x^2}$ と置き換える。また, 運動の等方性から $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$ に注意すると, $\overline{v_x^2}$ は速度の 2 乗平均値 $\overline{v^2}$ と $\overline{v_x^2} = \frac{1}{3}(\overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}) = \frac{1}{3}\overline{v^2}$ の関係をもつ。これらの結果から, 壁が N 個の気体分子から受ける力は $N \times$ ④ となり, 壁が受ける圧力は $P = N \times$ ⑤ と書ける。ここで L^3 が気体の体積 V に等しいことを使うと, $PV = N \times$ ⑥ となる。



次に2種類の分子からなる混合気体を考える。このとき壁Sが受ける力はa分子とb分子からの寄与の和である。容器はa分子を N_a 個、b分子を N_b 個含むものとする。a分子とb分子の質量と速度の2乗平均値を、それぞれ m_a 、 m_b 、 $\overline{v_a^2}$ 、 $\overline{v_b^2}$ とすると、壁Sが受ける圧力は

$$PV = N_a \times \boxed{\text{⑦}} + N_b \times \boxed{\text{⑧}} \quad (\text{ア})$$

となる。

ところで、この混合気体の状態方程式は、 k をボルツマン定数、 T を気体の絶対温度とすると、

$$PV = N_a \times \boxed{\text{⑨}} + N_b \times \boxed{\text{⑩}} \quad (\text{イ})$$

である。この結果は、理想気体の状態方程式が分子の種類に依存しないことを意味している。ここで(ア)式と(イ)式とを比較する。それらの式はどのような N_a 、 N_b についても成り立つので、 $\boxed{\text{⑦}} = \boxed{\text{⑧}} = \boxed{\text{⑨}}$

となる。この結果から気体分子a、bがもつ平均の運動エネルギー $E_a = \frac{1}{2} m_a \overline{v_a^2}$ 、 $E_b = \frac{1}{2} m_b \overline{v_b^2}$ と温度 T との間に $E_a = E_b = \boxed{\text{⑩}}$ の関係があることがわかる。

問 2 水素分子と酸素分子からなる混合気体がある。問1で導いた式を使い、これらの気体中の分子の平均速度に関する以下の問いに答えよ。ただし、分子の平均速度は、速度の2乗の平均値の平方根(2乗平均速度)とする。

(1) 水素分子の質量を 3.3×10^{-27} kg、ボルツマン定数を 1.4×10^{-23} J/K、温度を300 Kとして、水素分子の平均速度を有効数字1桁で答えよ。

(2) 酸素分子の質量は水素分子の質量の16倍とする。酸素分子の平均速度は同じ温度の水素分子の平均速度の何倍か。