（前期日程）

令和２年度　理科　物理基礎・物理（物理）
化学基礎・化学（化学）

科目の選択方法

教育学部の受験者	届け出た１科目を解答すること。
理学部の受験者	物理受験の者は，物理基礎・物理（物理）を解答すること。 化学受験の者は，化学基礎・化学（化学）を解答すること。
医学部の受験者	物理基礎・物理（物理）と，化学基礎・化学（化学）を解答すること。
工学部の受験者	届け出た１科目を解答すること。
農学部の受験者	届け出た１科目を解答すること。

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　出題科目およびページは，下表のとおりです。

出　題　科　目	ページ
物理基礎・物理（物理）	１～15
化学基礎・化学（化学）	16～26

3　試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁および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なさい。

4　すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。

5　解答は，すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。

6　解答用紙はすべて机の上に出しておくこと。机の中に入れてはいけません。

物理基礎・物理（物理）

教育学部，理学部，工学部および農学部の受験者は，$\boxed{1}$ ～ $\boxed{4}$ を解答すること。
医学部の受験者は，$\boxed{1}$，$\boxed{2}$ を解答すること。

1 以下の設問に答えなさい。

図1のように，水平面に対してθの角をなす斜面を考える。斜面の下部には斜面に沿って動くばね定数kのばねを配置し，ばねの下端を斜面に取り付けた台に固定する。ばねの上端に質量Mの物体1を取り付け，つり合いの位置である点Oに静かに置く。このときばねは自然長からlだけ縮んだ。斜面は物体との摩擦がない滑らかな面であり，ばねの質量，物体1の大きさ，空気抵抗は無視してよい。重力加速度の大きさをgとする。

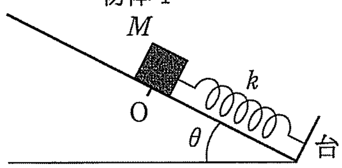


図1

問1 (1) lを，M，g，k，θを用いて表しなさい。

(2) つり合いの位置から，ばねが自然長になる位置まで物体1を引き上げて静かにはなすと，物体1は振動した。この振動の周期Tと速さの最大値V_1をそれぞれ表しなさい。使ってよい記号はl，M，kとする。

問 2　物体1を点Oに静かに置く。図2のように点Oから斜面に沿って距離$3L$上方にある点Aと，点Aから下方に距離L離れた点Bとの間の斜面を動摩擦係数μ'の粗い面にする。それ以外は物体との摩擦がない滑らかな面である。点Aに質量mの物体2を静かに置くと，物体2は斜面に沿って下り始めた。このときの物体2の加速度をaとする。斜面に沿って下向きを速度と加速度等の正の向きとする。物体2の大きさは無視してよい。

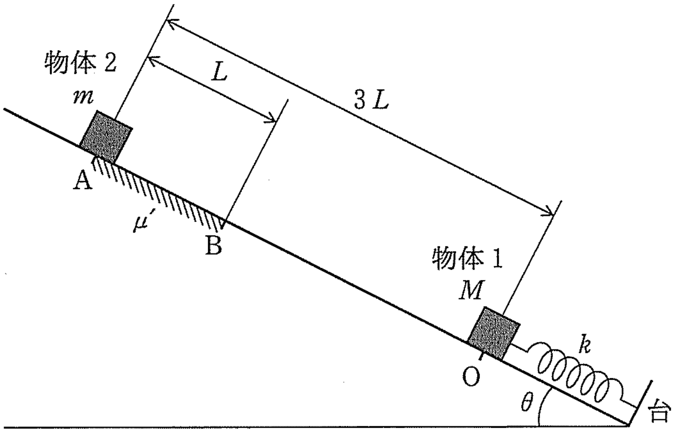


図2

(3)　物体2が点Aと点Bの間にあるとき，aを，g，μ'，θを用いて表しなさい。

(4)　物体2が点Aから点Bに達するまでにかかる時間を，L，aを用いて表しなさい。

(5)　物体2が点Aから点Bに達するまでに，動摩擦力が物体2にした仕事を，m，L，g，μ'，θを用いて表しなさい。

物体2は，点Bを通り過ぎ，速度v_2で点Oに達し，物体1に衝突した。衝突の直後，物体2は速度v_2'，物体1は速度v_1'となった。この衝突に要する時間は無視でき，衝突の際ばねの影響はないものとしてよい。その後，物体1は斜面に沿って下方に動き，点Oから距離d離れた位置で速度が0になった。物体1と物体2の間の反発係数(はね返り係数)をeとし，物体1の速度が0になるまで物体1と物体2との再衝突はないものとする。物体1と物体2は斜面に沿って一直線上を運動するものとする。

(6) v_2を，L，g，μ'，θを用いて表しなさい。

(7) v_1'とv_2'を，v_2，M，m，eを用いて表しなさい。

(8) 衝突直後の物体1の運動エネルギーK_0，重力による位置エネルギーU_0，このときのばねの弾性エネルギーS_0をそれぞれ表しなさい。また，衝突の後に物体1が下方に動き速度が0になった位置での物体1の運動エネルギーK，重力による位置エネルギーU，ばねの弾性エネルギーSをそれぞれ表しなさい。ただし，重力による位置エネルギーは点Oを通る水平面を基準面とし，使ってよい記号はv_1'，M，k，l，d，θ，gとする。

(9) dを，v_1'，k，Mを用いて表しなさい。

物理の試験問題は次ページに続く。

2 以下の設問に答えなさい。

問 1　図 1 のように，内部抵抗が r_A の直流電流計 A，内部抵抗が十分大きい直流電圧計 1， 2，起電力が E で内部抵抗が r の電池， 0 Ω から 5.00 Ω まで抵抗を連続的に変えることのできる可変抵抗，スイッチ S_1，S_2 を用いた回路を考える。可変抵抗の抵抗値を R_1 で表す。

(1)　S_1，S_2 をともに開いたときに，直流電圧計 1 の目盛りが 1.60 V になった。E の値を答えなさい。

(2)　次に，S_2 のみを閉じた。このとき，直流電流計 A が 0.400 A，直流電圧計 1 が 1.50 V，直流電圧計 2 が 1.48 V を示した。r，r_A，R_1 の値を求めなさい。

(3)　次に，S_1，S_2 をともに閉じた。可変抵抗が消費する電力 P の逆数 $1/P$ を E，r，r_A，R_1 のうち必要なものを用いて表しなさい。

(4)　S_1，S_2 を閉じたまま R_1 の大きさを変えて，P を最大にする。そのときの P を P_{max} とする。P_{max} を E，r，r_A のうち必要なものを用いて表しなさい。

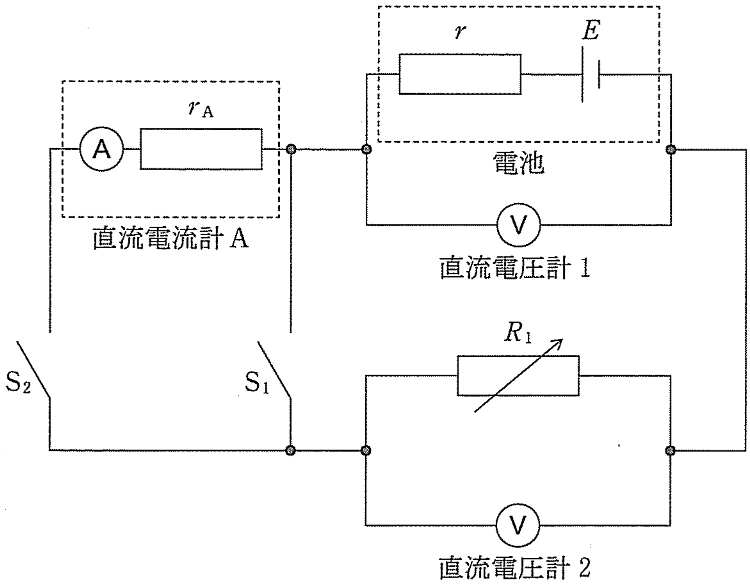


図 1

問 2　内部抵抗 r_B が 4.95 Ω で，最大 10.00 mA まで測定できる直流電流計 B がある。最大 1.000 A まで測定できるように，図 2 のように直流電流計 B と並列に，抵抗値 R_2 をもつ分流器を接続した。

(5)　R_2 の値を答えなさい。

(6)　端子 a と端子 b に電源をつなぎ，800 mA の電流を端子 a から端子 b へ(図 2 の矢印の向きに)流す。直流電流計 B を流れる電流を求めなさい。

(7)　(6)の電源を外し，図 2 の回路に時間に比例して強くなる一様な磁界を，回路 cdef が作る面と磁界が垂直になるようにかけた。このとき，e から d へ 2.00 mA の電流が流れた。回路 cdef を貫く磁束を $\varPhi$ とするとき単位時間あたりの磁束の変化量 $\varDelta\varPhi/\varDelta t$ を求めなさい。また，磁束が回路 cdef を貫く向きが紙面の裏から表に向かう向きか，紙面の表から裏に向かう向きのどちらであるか答えなさい。ただし，直流電流計は磁界の影響を受けないものとし，誘導電流によって生じた磁界は無視してよい。

(8)　(7)において磁界による誘導電流が流れているときに，磁界が回路に供給する電力を $\varDelta\varPhi/\varDelta t$，$r_B$，$R_2$ を用いて表しなさい。

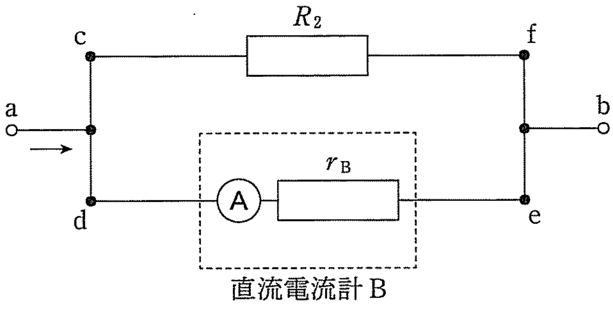


図 2

物理の試験問題は次ページに続く。

3 次の文章を読んで，設問に答えなさい。

図1のように半径 R の球形のガラス内を光が直進し，球面上の点Cで屈折し空気中へ進行している。（下線部「光」に (ア)）図1は球の中心Oを通る断面を示している。ガラスの空気に対する相対屈折率を n とする。Oを通りガラス内の光線に平行な直線を ℓ とする。また直線 ℓ と球面の右側の交点をDとする。空気中へ進行した光線は直線 ℓ 上の点Fを通る。Cにおける光線の入射角 ϕ，屈折角 θ の間には [(イ)] の関係がある。またCFDのなす角度 α は [(ウ)] で与えられる。Cから直線 ℓ へ垂線を下ろしたときの交点をEとすると，CE間の距離は [(エ)] となるので，EF間の距離は [(オ)] となる。さらにDE間の距離は [(カ)] となるのでDF間の距離 $\overline{\mathrm{DF}}$ は [(キ)] となる。これを α を用いずに表すと $\overline{\mathrm{DF}}$ = [(ク)] となる。

ここで入射角 ϕ が十分小さいものとする。このとき θ，α も十分小さい。ラジアン単位の角度 p が十分小さいとき成立する $\sin p \fallingdotseq \tan p \fallingdotseq p$ と $\cos p \fallingdotseq 1$ の近似式，および ϕ と θ の関係式を用いると，$\overline{\mathrm{DF}}$ は [(ケ)] となる。これは ϕ を含まないので，球の中心付近を通過する平行な光線は一点に集まることがわかる。

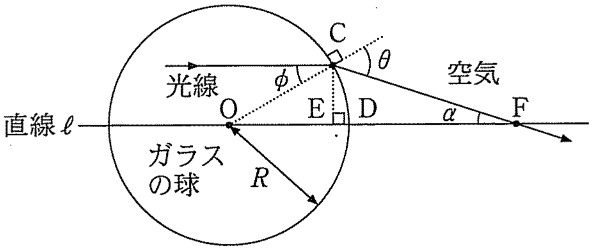


図1

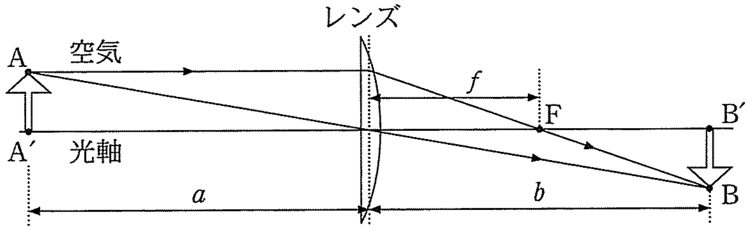


図2

次にガラスの球を直線ℓに垂直な平面で切り取って，厚さがRと比べて十分小さいレンズとした。直線ℓはレンズの光軸となるが，このとき図2のように点Aから発した光は点Bに集まった。A，Bから光軸へ垂線を下ろしたときの交点をそれぞれA′，B′とし，レンズからA′，B′への距離をそれぞれa，bとする。a，bはレンズの厚さと比べて十分大きいものとする。ただし図2は模式図であり，a，b，fなどは正確な長さを表したものではない。fをレンズと点Fとの距離とすると，このときa，b，fの間には $\boxed{\text{(コ)}}$ なる関係がある。aがfより大きいと，物体AA′から出た光線が $\boxed{\text{(サ)}}$ としてBB′の間に結ばれる。一方，aがfより小さいと，レンズの右側からはその物体が $\boxed{\text{(シ)}}$ として観測される。これは物体が実際の位置 $\boxed{\text{(ス)}}$ ，かつ実際の大きさ $\boxed{\text{(セ)}}$ 見える。

問 1　下線(ア)について，可視光線の空気中における波長の範囲はおよそ3.8×10^{-N} m〜7.7×10^{-N} mである。整数Nを答えなさい。

問 2　(イ)に入る関係式をθ，ϕ，nを用いて答えなさい。

問 3　(ウ)に入る数式をθ，ϕを用いて表しなさい。

問 4　(エ)，(オ)，(カ)，(キ)に入る数式をR，α，ϕから必要なものを用いて答えなさい。

問 5　(ク)に入る数式をR，θ，ϕを用いて答えなさい。

問 6　(ケ)に入る数式をR，nを用いて答えなさい。

問 7　(コ)に入る関係式を答えなさい。

問 8　(サ)，(シ)，(ス)，(セ)に入る語句を下から選び，番号で答えなさい。

(1)　実　像	(2)　虚　像	(3)　鏡　像
(4)　より近くに	(5)　より遠くに	(6)　と同じ位置に
(7)　より小さく	(8)　より大きく	(9)　と同じ大きさで

4 以下の図のように断熱材でできた容器内に単原子分子からなる理想気体を閉じ込める。この理想気体の定積モル比熱は気体定数 R を使って $C_V = \frac{3}{2}R$ と表される。以下の設問に答えなさい。

問 1　図 1 のように，容器内を断熱材でできた固定壁でそれぞれ体積 V_0 の空間 A と B に隔てる。このとき，気体は互いの空間にもれることはない。A と B の内部の気体の物質量はそれぞれ n_0 および $2n_0$ であり，温度はどちらも絶対温度で T_0 であった。

(1)　V_0，n_0，T_0，R を用いて，A の気体の圧力を表しなさい。

(2)　図 1 の状態から A の気体のみを温めたところ，A の気体の温度が $2T_0$ となった(図 2)。このときの A の気体の圧力は図 1 の場合と比べて何倍か答えなさい。

(3)　n_0，T_0，R を用いて，図 1 から図 2 まで変化する間に A の気体が得た熱量を表しなさい。

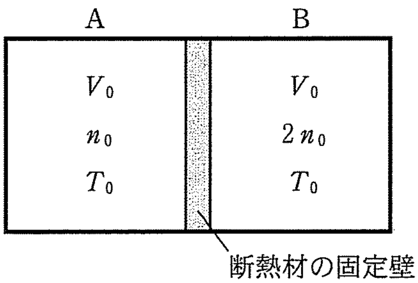


図 1

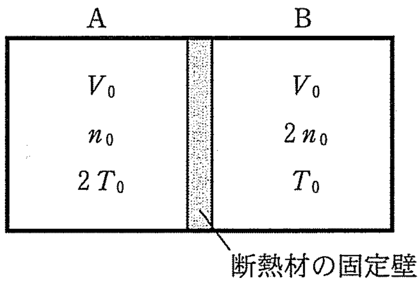


図 2

問 2　図 2 の状態にある A と B の気体について，熱を伝える(気体分子は通さない)固定壁で A と B を隔てる場合を考える(図 3)。図 3 の状態から放置したところ，A と B は熱平衡に達して温度は T_1 となった(図 4)。

(4)　このとき T_1 は T_0 の何倍になるか答えなさい。ただし，熱を伝える固定壁の熱容量は無視できるものとする。

問 3　図 2 の状態にある A と B の気体について，A と B を隔てる壁を取り除いた場合を考える(図 5)。壁を取り除く際に A と B の気体には仕事がなされないものとする。図 5 の状態から放置したところ，A と B の気体は均一に混ざり，ある温度に達した。

(5)　このときの温度が T_0 の何倍になるかを答えなさい。また，V_0，n_0，T_0，R を用いて，このときの圧力を表しなさい。ただし，取り除かれた固定壁の体積は無視できるものとする。

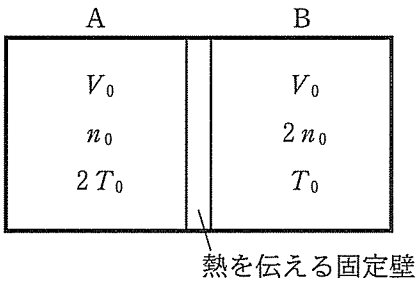


図 3

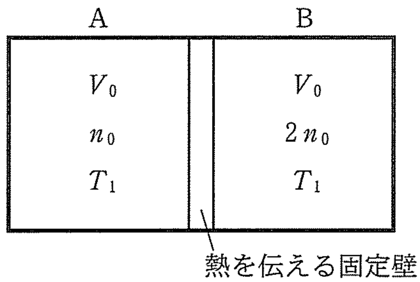
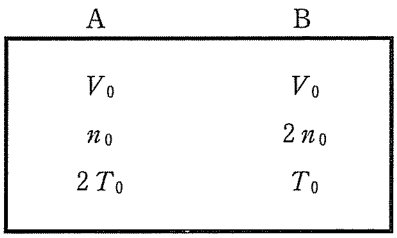


図 4



壁を除いた直後

図 5

問 4　図 1 の状態にあるＡとＢの気体について，滑らかに動かすことのできる断熱材でできた壁でＡとＢを隔てる場合を考える(図 6)。図 6 の状態からＡとＢを隔てる壁をゆっくりとＡの方に動かし，ＡとＢの気体の圧力が等しくなった位置で壁を止めたところ，Ａの体積は V_1 となった(図 7)。

(6)　V_0，n_0，T_0，R および V_1 を用いて，このときのＡの気体の圧力を表しなさい。ただし，この理想気体の断熱変化においては，圧力 p と体積 V の間に pV^γ = 一定の関係が成り立つことを使ってよい。ここで，$\gamma = \dfrac{C_V + R}{C_V} = \dfrac{5}{3}$ である。

(7)　図 7 の状態において，ＡとＢの気体の圧力が等しいという条件から，V_1 が V_0 の何倍になるか答えなさい。ただし，$2^{\frac{3}{5}} \fallingdotseq 1.5$ の近似を用いてよい。

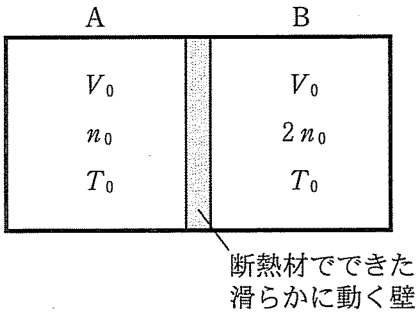


図 6

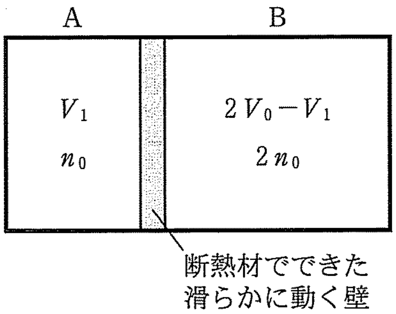


図 7