

平成 22 年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

物 理

学類によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

学 域	学 類	解 答 す る 問 題
人間社会学域	学校教育学類	I, II, III (3問)
理工学域	数物科学類 機械工学類 電子情報学類 環境デザイン学類 自然システム学類	I, II, III, IV, V (5問)
医薬保健学域	医学類 薬学類・創薬科学類	III, IV, V (3問)
	保健学類	I, II, III (3問)

(注 意)

- 1 問題紙は指示のあるまで開かないこと。
- 2 問題紙は本文 10 ページであり、答案用紙は、学校教育学類、保健学類は I, II, III の 3 枚、数物科学類、機械工学類、電子情報学類、環境デザイン学類、自然システム学類は I, II, III, IV, V の 5 枚、医学類、薬学類・創薬科学類は III, IV, V の 3 枚である。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入すること。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ること。

I [学校教育学類, 数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 保健学類]

次の文章が正しい記述となるように, の中に適切な語句, あるいは式を記入しなさい。 _____ には, 答案用紙に与えられている選択肢から正しいものを1つ選択し解答欄に記号で答えなさい。

物体の温度を同じだけ上げるために必要な熱量は, 物体によって異なる。ある物体の温度を 1 K だけ上昇させるのに必要な熱量を, その物体の熱容量という。熱容量が $C[\text{J/K}]$ の物体の温度を, $\Delta T[\text{K}]$ だけ変化させるために必要な熱量 $Q[\text{J}]$ は (1) と表される。

次に, ピストンがついたシリンダー内に 1 モルの理想気体を入れ, 図 1 に示すように気体の体積と圧力を変化させる変化 I から IV について考察する。ある変化で気体に与えた熱量を $Q[\text{J}]$, この変化で気体が行った仕事を $W[\text{J}]$ とすると, 熱力学第一法則から, この変化での気体の内部エネルギーの変化量 $\Delta U[\text{J}]$ は (2) と表される。

図 1 の I と III の変化は, 体積が変化していないことから (3) 変化と呼ばれる。 (3) 変化ではピストンは動かず, I の変化における内部エネルギーの変化量 ΔU は (4) となる。また, (5) から, 状態 B, D の温度 $T_B[\text{K}]$, $T_D[\text{K}]$ の間には大小関係 (6) が成り立つ。

図 1 の II と IV の変化は, 圧力が変化していないことから (7) 変化と呼ばれる。 (7) 変化では (8) から, 状態 B, C の温度 $T_B[\text{K}]$, $T_C[\text{K}]$ の間には大小関係 (9) が成り立ち, 状態 D, A の温度 T_D , T_A の間に大小関係 (10) が成り立つ。このことから, 変化 II では気体は熱を (11) し, 変化 IV では熱を (12) することがわかる。

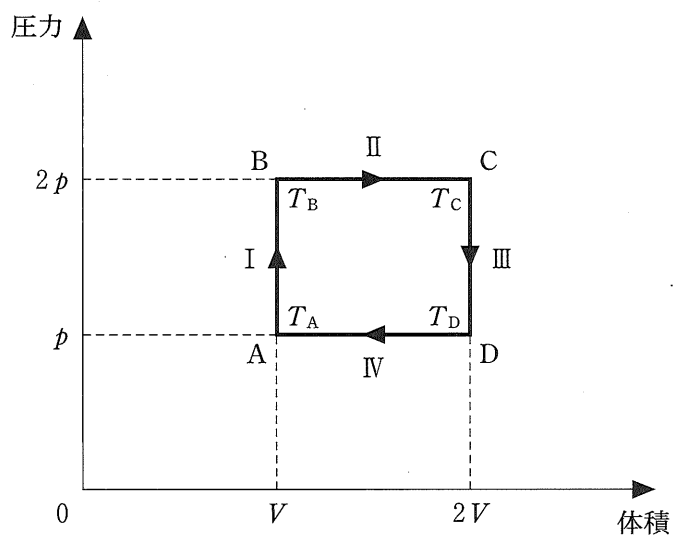


图 1

Ⅱ [学校教育学類, 数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類,
自然システム学類, 保健学類]

図2のように、滑らかにつながっている斜面と水平面がある。水平面の位置Pから左側の面には摩擦があり、その他の水平面や斜面には摩擦がない。水平面上には、質量 M [kg] の直方体の台が置かれ、その上に質量 m [kg] の物体Aが置かれている。台の右側には、質量の無視できるばね定数 k [N/m] のばねが取り付けられている。はじめ台と物体Aは静止していた。水平面から高さ h [m] の斜面上に質量 m [kg] の小球を置いてそっと手を離れたところ、小球は斜面を滑り落ちて、台に取り付けられたばねに接触してはね返った。この時点では台の左端は点Pに達していなかった。その後、台と物体Aは一体になったまま左方向に運動し、摩擦のある水平面で減速した。摩擦のある水平面と台との間の動摩擦係数を μ_1 、台と物体Aとの間の動摩擦係数を μ_2 とする。重力加速度の大きさを g [m/s²] として、以下の問いに答えなさい。

問1 ばねに接触する直前の小球の速さ v [m/s] を求めなさい。

問2 小球がばねに接触すると、小球に押されてばねは縮み始める。ばねが最大に縮んだときの小球の速さと、このときのばねの自然長からの変化量を求めなさい。ただし v 、 M 、 m 、 k のうち必要なものを用いて表しなさい。

問3 小球がはね返った直後の台の速さを求めなさい。ただし v 、 M 、 m のうち必要なものを用いて表しなさい。

問4 はね返った後の小球は、斜面を最初の高さの何倍の高さまでもどるか答えなさい。ただし M 、 m を用いて表しなさい。

以下、小球がはね返った後、左方向に運動する台と物体Aについて考える。ただし、台全体は摩擦のある水平面上にあるとする。また、斜面に戻った小球が再び斜面を滑り落ちて台に接触することは考えない。

台が摩擦のある水平面で減速するとき、物体Aは台の上に完全にのっけて水平に滑っている場合を考える。

問 5 台と物体 A との間に働く摩擦力の大きさを求めなさい。

問 6 台の運動方程式を示しなさい。ただし、運動は左向きを正とし、台の加速度は $a[\text{m/s}^2]$ とする。

別な場合として、台が摩擦のある水平面で減速するとき、物体 A が台の上で滑らず台に対して静止している場合を考える。

問 7 台の加速度を求めなさい。ただし、運動の向きは左向きを正とする。

問 8 台と物体 A との間に働く摩擦力の大きさを求めなさい。

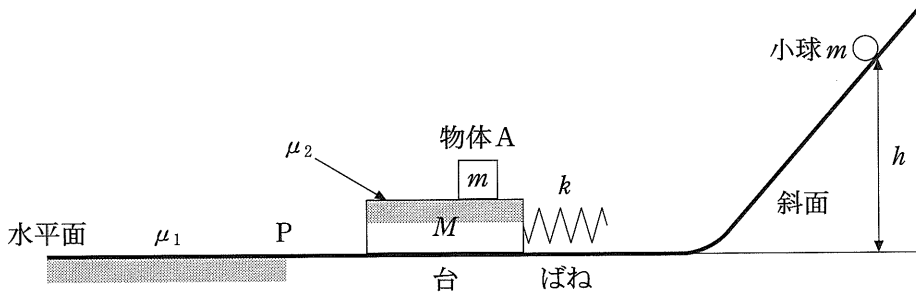
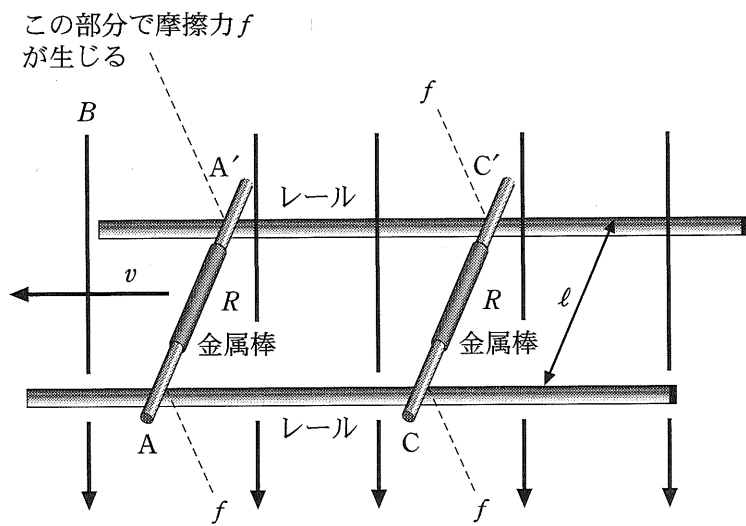


図 2

Ⅲ [学校教育学類, 数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類,
自然システム学類, 医学類, 保健学類, 薬学類・創薬科学類]

図3のように, 水平面上に長い2本の金属レールが間隔 l [m] で平行に設置され, 鉛直下向きに, 磁束密度 B [T] の磁界がかかっている。太さの無視できる, 質量 m [kg] の金属棒2本 (AA' と CC') をレールに対して直角に置いた。金属棒 AA' を一定の速さ v [m/s] でレールに平行な方向 (矢印の向き) に引っ張った。2本の金属棒はレールと直角を保ったまま動くようになっており, 金属棒の両端にはそれぞれ f [N] の摩擦力 (ここでは簡単化のために最大摩擦力と動摩擦力の大きさは同じとする) が生じる。また, 各金属棒はレール間に R [Ω] の電気抵抗を持つ。レールの電気抵抗はゼロとする。誘導電流が作る磁界は無視できるものとして, 以下の問いに答えなさい。

- 問1 金属棒 CC' が静止しているとき, 金属棒 AA' に流れる電流の向きを, $A \rightarrow A'$ か $A' \rightarrow A$ かで答えなさい。また, その電流の大きさを答えなさい。
- 問2 金属棒 CC' が動き出すための, 金属棒 AA' の速さ v の条件式を求めなさい。また, 条件が満たされたとき, 金属棒 CC' の動く向きを, 左か右かで答えなさい。
- 問3 金属棒 CC' の速さが v_1 [m/s] のときについて, 金属棒 CC' の運動方程式を書きなさい。ただし, 図で左向きを正の向きにとり, 金属棒 CC' の加速度を a [m/s²] とする。
- 問4 金属棒 CC' の速さが v_1 [m/s] のとき, 金属棒 AA' を引っ張る力の仕事率を求めなさい。
- 問5 金属棒 CC' が動き出してから十分時間が経過したときの金属棒 CC' の速さを求めなさい。
- 問6 仮に金属棒とレール間の摩擦がないとすると, 十分時間が経過して金属棒 CC' の速さが一定になったとき, 金属棒 AA' に流れている電流を求めなさい。



レールは左右方向に十分長く続いている。

図 3

IV [数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類]

図4のように, 厚い平面ガラス板の上に平凸レンズを置く。レンズは中心の位置Pでガラス板と接触していて, ガラス板の平面とレンズの平面は平行になっている。レンズの平面側の上方から波長 λ [m]の赤い単色光を平面に直角に照射して, レンズの平面側から眺める。すると, 光の明暗の線が同心円状に交互に観測される。レンズの中心線からの距離を r [m], その位置でのレンズとガラス板の間の空気層の厚みを d [m]とする。レンズの曲面は中心をP'とする半径 R [m]の球面の一部とみなせる。この R を曲率半径と呼ぶ。 $R \gg d$ とする。レンズとガラス板の屈折率を n (ただし $n > 1$)とする。また空気の屈折率は1とする。以下の問いに答えなさい。ただし, 選択肢がある場合はかつこの中から選びなさい。

問1 レンズの中心から r の距離にある円周上で, レンズの曲面で反射した光と, ガラス板の上面で反射した光の光路長の差 L [m](光路差, 光の通過する光学的距離の差)を d を用いて表しなさい。ただし, 曲面での屈折の効果は無視でき, 光はガラス板にも直角に入射すると考えてよい。

問2 光が, 屈折率の大きい媒質から小さい媒質へ入射する際は, 反射される光の位相は変化しないが, 屈折率が小さな媒質から大きな媒質へ入射する場合には, 固定端の反射に相当し, 反射される光の位相は反転する(半波長分変化する)。この事をふまえて, 光路差 L と波長 λ のどのような関係のときに光が干渉し弱め合い暗線となるか示しなさい。ただし, 整数を用いる場合は m と表記しなさい。

問3 平凸レンズの中心の位置では, [明るい, 暗い]。

光が干渉し強め合う明線の半径と光の波長の関係から, 大きな曲率半径を持つレンズの曲率半径 R を測定したい。

問4 r^2 を d , R を用いて表しなさい。

問5 前問において, R に比べて d が十分小さいときには, d^2/R の項は無視できる。これを用いて d を r , R を用いて表しなさい。

問 6 $r = 2.0 \text{ mm}$ の円周上の位置に 2 つ目の明線がみられた。この時のレンズの曲率半径 $R[\text{m}]$ を求めなさい。光の波長を $6.5 \times 10^{-7} \text{ m}$ とする。有効数字は 2 ケタとする。

問 7 同じ装置で青い単色光を用いた場合、赤い光のときに比べて暗線の間隔は [広がる, 変わらない, 狭くなる]。

問 8 レンズとガラス板の間の空間を水で満たす。水の屈折率 n_1 は、1 より大きく、 n より小さいとする。この時のレンズの中心から r の距離にある円周上で、レンズの曲面で反射した光と、ガラス板の上面で反射した光の光路長の差 (光学的距離の差) $L' [\text{m}]$ を d, n, n_1 のうち必要なものを用いて示しなさい。空気の時と比べて水を入れた場合の暗線の間隔は [広がる, 変わらない, 狭くなる]。

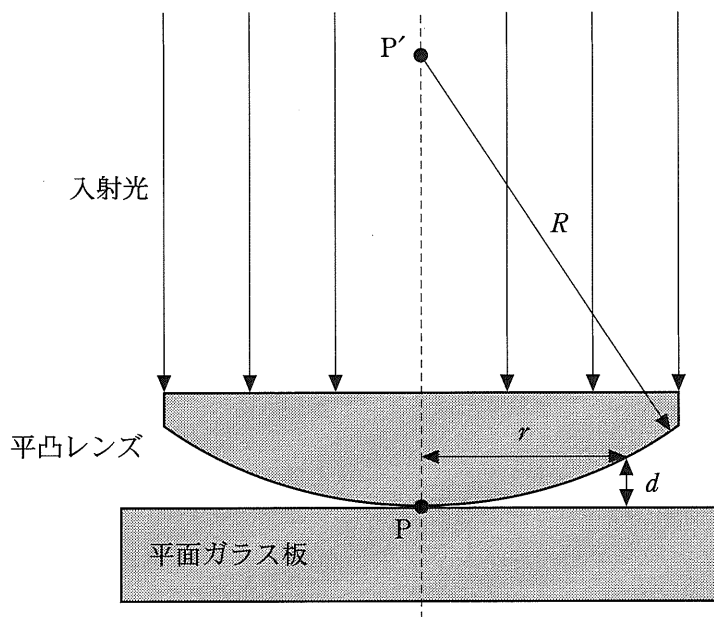


図 4

V [数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類]

図5のように, 質量 M [kg], 底面積 S [m²], 長さ l [m] の円柱状の細長い浮きを水槽に浮かべる。このとき, 浮きが傾かずに鉛直方向にのみ動くように, 浮きの底面に, 長さ d [m] の質量の無視できる細い糸をつけ, その先に, 体積の無視できる質量 m [kg] の小さいおもりを取りつけた。重力加速度の大きさを g [m/s²], 水の密度を ρ [kg/m³] とし, 水の抵抗や水面のゆれは考えない。浮きの運動中に糸がたるむことはないものとして, 以下の問いに答えなさい。

問 1 浮きが静かに浮かんでいるとき, 浮きの底面の水面からの深さ δ [m] を求めなさい。

次に, 浮きを少し持ち上げてそっと離すと, 少し沈んだ後, 再び浮かび上がってきた。この間, 浮きが完全に水没してしまうことはなかった。すなわち, 浮きの上面が水面より下になることはなかった。浮きの底面が最初に深さ δ を通過した瞬間の速さを v_1 [m/s] とする。

問 2 浮きとおもりの運動方程式をそれぞれ示しなさい。ただし, 運動は下向きを正とし, 浮きの底面の深さを $(\delta + x)$ [m], 糸の張力を T [N], 浮きとおもりの加速度を a [m/s²] とおく。

問 3 前問の2つの運動方程式から張力 T を消去し, 問1で求めた深さ δ の値を代入し, 加速度 a を求めなさい。また, このような運動を何と呼ぶか答えなさい。

問 4 浮きの底面が深さ δ を通過してから, 再び元の深さ δ に浮かんでくるまでの時間を求めなさい。ただし $M, m, \rho, S, g, v_1, d, l$ のうち必要なものを使って表しなさい。

問 5 浮きが完全に水没してしまわないための速さ v_1 の条件を求めなさい。ただし, $M, m, \rho, S, g, v_1, d, l$ のうち必要なものを使って表しなさい。

次に、浮きを高く持ち上げてそっと離すと、浮きは完全に水没した後、再び浮かび上がってきた。浮きが完全に水没した瞬間の速さを v_2 [m/s] とする。

問 6 浮きが完全に水没しているときの運動について、浮きとおもりの運動方程式をそれぞれ示しなさい。ただし、運動は下向きを正とし、浮きの底面の深さを $(\delta + x)$ 、糸の張力を T 、浮きとおもりの加速度を a とする。

問 7 浮きが完全に水没した瞬間から、再び浮かび上がって浮きの上面が水面に現れるまでにかかる時間を求めなさい。ただし、 M 、 m 、 ρ 、 S 、 g 、 v_2 、 d 、 ℓ のうち必要なものを使って表しなさい。

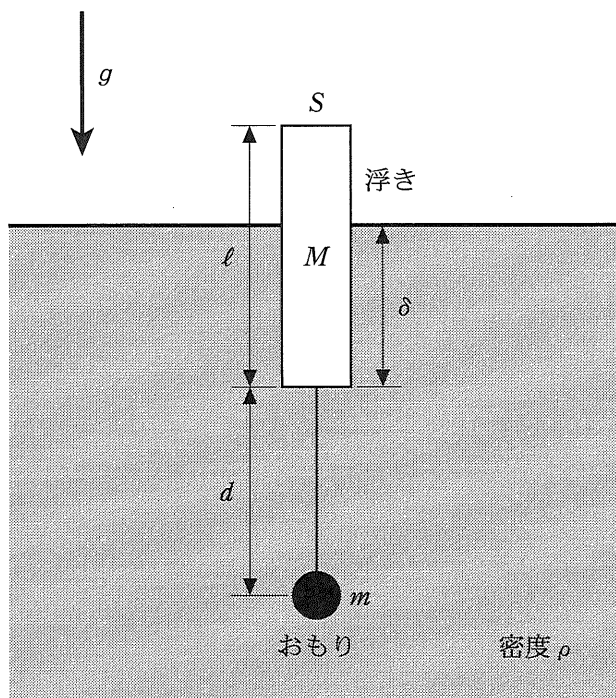


図 5