

弘前大学 一般

平成 23 年度入学試験問題(前期)

理 科

物 理	1～10ページ	化 学	11～24ページ
生 物	25～40ページ	地 学	41～49ページ

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 各科目のページは上記のとおりである。落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. 各科目の問題は、学部・学科・専攻等によって異なる点があるから、下に表示する。

(1) 物理を選択した受験者

教育学部 ② ④ ⑤

医学部医学科 ② ③ ⑤

医学部保健学科，看護学専攻及び理学療法学専攻及び作業療法学専攻 ① ④

医学部保健学科，放射線技術科学専攻及び検査技術科学専攻 ② ③ ④

理工学部 ① ② ③ ⑤

農学生命科学部 ① ④ ⑤

(2) 化学を選択した受験者

教育学部学校教育教員養成課程 ① ③ ④ ⑤

教育学部養護教諭養成課程 ① ② ③ ④

医学部医学科 ② ④ ⑥

医学部保健学科，看護学専攻及び理学療法学専攻及び作業療法学専攻 ① ② ③

医学部保健学科，放射線技術科学専攻及び検査技術科学専攻 ② ③ ④

理工学部 ① ② ③ ④ ⑤

農学生命科学部 ① ④ ⑤ ⑥

(3) 生物を選択した受験者

教育学部 ② ③ ④ ならびに ⑤ または ⑥ の 4 問

医学部医学科 ① ② ④

医学部保健学科 ① ② ④

理工学部 ① ② ③ ④ ならびに ⑤ または ⑥ の 5 問

農学生命科学部 ② ③ ④ ならびに ⑤ または ⑥ の 4 問

⑤ と ⑥ は選択問題である。教育学部，理工学部及び農学生命科学部の受験者は⑤ または ⑥ のいずれかを選択のこと。

(4) 地学を選択した受験者

教育学部 ① ② ③ ⑤

理工学部 ① ② ③ ④ ⑤

農学生命科学部 ① ② ③ ⑤

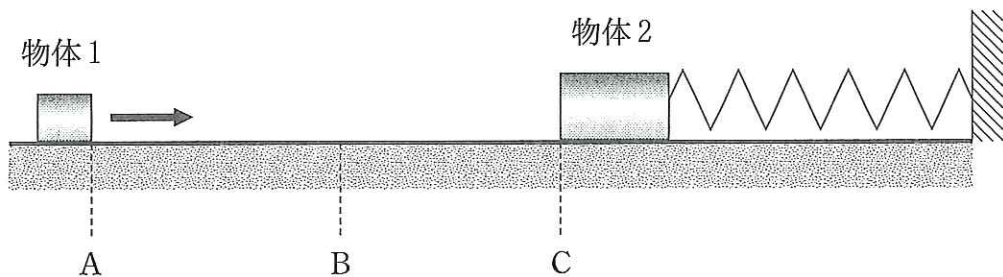
6. 解答用紙の指定された欄に、学部名及び受験番号を記入すること。
7. 提出した解答用紙以外は、すべて持ち帰ること。

物 理

1 図のように質量 4 kg の物体 1 と質量 12 kg の物体 2 が、あらい水平面上の一直線上にある。物体 2 は、一端が壁に固定されているばね定数 12 N/m のばねの他端につながっていて、ばねは自然の長さにある。物体 1 は、ある初速度で地点 A から押し出されて、等加速度直線運動をしながら、地点 B を通って、地点 C に静止している物体 2 と衝突後一体となり、ばねを縮めた。

地点 A を原点とした場合、物体 1 の地点 B および衝突直前の地点 C での通過時刻および変位は、それぞれ 1.0 s と 9.5 m 、 2.0 s と 18.0 m であった。なお、物体 1 と物体 2 の大きさ、ばねの質量、空気の抵抗は無視できるものとする。また、物体 1 および物体 2 と水平面との静止摩擦係数と動摩擦係数は等しいものとし、重力加速度を 10 m/s^2 とする。このとき、次の問いに答えよ。

- (1) 地点 B および衝突直前の地点 C での通過時刻および変位から、物体 1 の初速度、衝突前の加速度をそれぞれ求めよ。
- (2) 物体 1 と水平面の動摩擦係数を求めよ。
- (3) 物体 1 と物体 2 の衝突によって失われた力学的エネルギーを求めよ。ただし、衝突の瞬間の摩擦力を無視する。
- (4) ばねの自然の長さからの最大の縮み量を求めよ。



2

- (1) 軽い糸の上端を固定し、下端に小球をつるして、鉛直面内で振動させたものを単振り子という。以下は、単振り子をばね振り子と比較して説明したものである。空欄を適切な語句、記号などで埋めよ。

図1(a)にあるように、糸の長さを l [m]、小球の質量を m [kg] として、糸が鉛直方向と角 θ [rad] (反時計回りを正とする) をなす瞬間について考える。重力加速度を g [m/s²] とすると、この場合に小球にはたらく力は、重力 mg [N] と糸が引く力 S [N] の2つである。 S は小球の運動方向に垂直であり、小球を最下点に引き戻す力は重力の接線方向の成分 $F_t = \boxed{\text{ア}}$ [N] である。ここで、力の正の向きは角 θ の正の向きと同じとする。

小球の最下点から円周に沿った変位を、右向きを正として x [m] とすると、弧度法の考え方により、 $\theta = \frac{x}{l}$ である。角度 θ が小さいときは、 $\sin \theta \doteq \theta$ と近似できるので、結局、 F_t は次式のように変形できる。

$$F_t = \boxed{\text{イ}} \quad (1)$$

また、小球の加速度を a [m/s²] とすると、運動方程式は(2)式で与えられる。

$$ma = F_t = \boxed{\text{イ}} \quad (2)$$

次に、図1(b)のような、なめらかな水平面上で、ばね定数 k [N/m] のばねの左端を固定し、右端に質量 m [kg] の小球をとりつけたばね振り子を考える。自然の長さのときの位置を0とし、点0を原点に右向きを正として x 軸を取る。小球の原点からの距離が x [m] のとき、小球にはたらく力 F_s [N] は、

$$F_s = -kx \quad (3)$$

となり、運動方程式は、小球の加速度を a [m/s²] とおくと、

$$ma = F_s = -kx \quad (4)$$

となる。この時小球は単振動し、その周期 T_s [s] は、

$$T_s = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (5)$$

で与えられる。

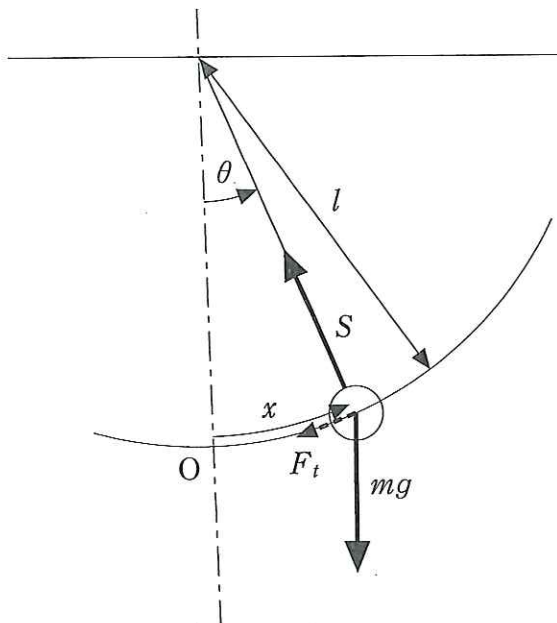
さて、式(2)と式(4)とを比較するとどちらも、運動方程式の右辺にある力は変位 x に $\boxed{\text{ウ}}$ 、小球をつりあいの位置に戻す方向に働いている。したがっ

て、単振り子の運動も単振動と考えられる。この時、式(3)の k に相当するものは、式(1)では エ となる。これを式(5)に代入して、単振り子の周期 T_p [s] は、

$$T_p = \text{オ}$$

となることが分かる。つまり、振幅が小さい単振り子の場合、周期は糸の長さだけで決まり、小球の質量にはよらない。

(a)



(b)

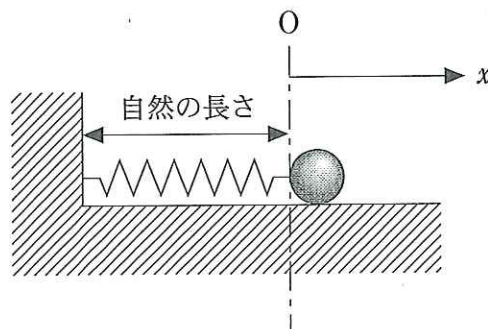


図 1

- (2) 単振り子の糸が静かに切れ、小球が落下することを考える。糸から離れた小球の運動を考えるために、図2に示すように、静止した状態での小球の位置は床面から高さ l [m] にあるとする。また、この単振り子が振動しているときに糸が鉛直方向となす最大の角度は θ_0 [rad] である。

図2中の点Oは、静止した状態での小球の位置を鉛直方向に床面まで延ばした点であり、座標の原点である。座標はここから床面に沿って右向きを正とする。

次の問いに答えよ。なお、小球は床面と平行に運動すると仮定して良い。

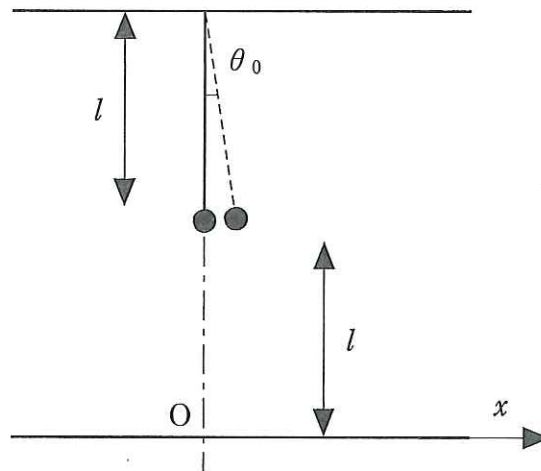


図2

- ① 振動している小球の変位が最大となる瞬間の小球の速度を求めよ。この瞬間に糸が切れたとすると小球は床面のどこに落下するか。落下点の x 座標を答えよ。
- ② 振動している小球の変位が0となる瞬間の小球の速度をばね振り子のエネルギー保存則から類推して求めよ。また、この瞬間に糸が切れた場合には小球は床面のどこに落下するか。落下点の x 座標を答えよ。なお、小球は x の負から正の方向に移動していたものとする。
- ③ 糸が切れる位置によって小球が床面に落下する地点が異なる。例えば、 $x = \frac{\sqrt{3}}{2} l \theta_0$ で糸が切れ、 $x = \left(\frac{\sqrt{2} + \sqrt{3}}{2} \right) l \theta_0$ に落下した。この場合の糸が切れる瞬間の小球の速度を求めよ。
- ④ 小球の時刻と速度の関係のグラフを解答用紙に示されている時刻と変位の関係に対応させて完成させよ。なお、上記①から③でわかった小球の速度をグラフ上に●で示せ。

3 図1のように、抵抗とコンデンサーがつながれている。各抵抗は図に示すように $R[\Omega]$ 、 $3R[\Omega]$ 、 $\frac{3}{4}R[\Omega]$ の抵抗値であり、コンデンサーの電気容量は $C[F]$ である。電池の起電力は $E[V]$ であり、内部抵抗を無視することができる。最初、スイッチは S_1 や S_2 のどちらにも接続されていない状態であり、コンデンサーに蓄えられている電荷は $0C$ である。このとき次の各問いに答えよ。ただし、(3)の②以外の問いには R 、 C 、 E から必要なものを用いて答えよ。

- (1) スイッチを S_1 に接続した瞬間を考える。
 - ① fg間の合成抵抗を求めよ。
 - ② この瞬間に点hを流れる電流の大きさを求めよ。
- (2) スイッチを S_1 に接続して十分に時間が経ったときを考える。
 - ① 点hを流れる電流の大きさを求めよ。
 - ② コンデンサーに蓄えられた電気量を求めよ。
- (3) スイッチを S_1 に接続してから十分に時間が経つまでに、コンデンサーの向かい合う極板間の電位差は図2のように増加して最後には $V_m[V]$ になった。時刻 $0s$ はスイッチを S_1 に接続した瞬間であり、 $t_1[s]$ と $t_2[s]$ は電位差がそれぞれ $\frac{1}{2}V_m[V]$ と $\frac{3}{4}V_m[V]$ になった時刻である。
 - ① 電位差 V_m はいくらになるか答えよ。
 - ② fg間の電位差がどのように時間変化するか、図2を参考に時刻 t_1 と t_2 の電位差の違いに注意してグラフを描け。
- (4) スイッチを S_1 に接続して十分に時間が経った後、スイッチを S_1 から S_2 に接続した。 S_2 に接続した瞬間に点hを流れる電流の大きさを求めよ。

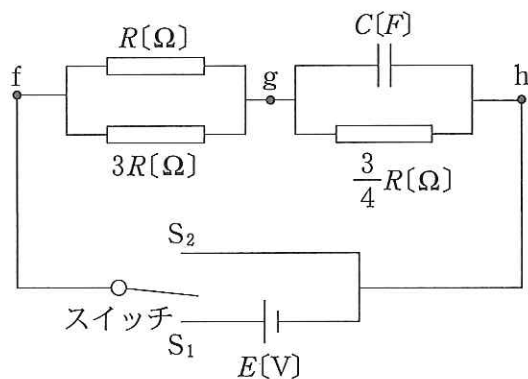


図1

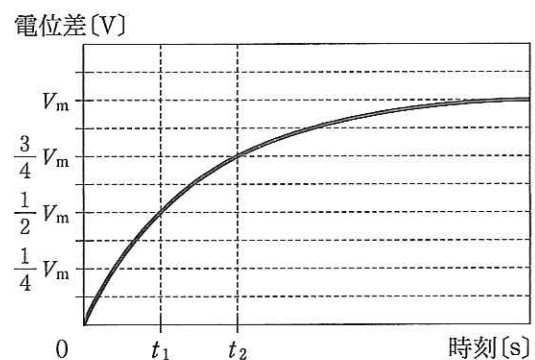


図2

4

問1, 問2の問題に答えよ。

問1 図1のように、物体(光源)、凸レンズ、スクリーンを一直線上に配置して凸レンズの性質について調べた。凸レンズは固定して、物体(光源)を凸レンズから距離 x [mm] に置き、スクリーン上に像が生じるようにスクリーンと凸レンズとの距離 y [mm] を調整した。なおここでは、凸レンズの焦点距離を f [mm] とする。

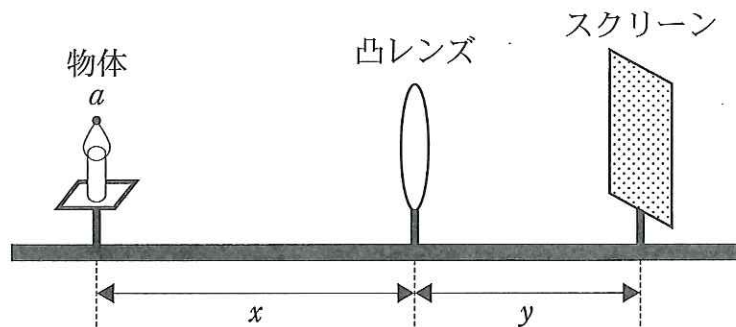


図1

(1) $x > f$ のとき、スクリーン上に像がはっきりと映った。

① このときの像はどのようなものか、以下の(ア)~(エ)より選び記号で答えよ。

(ア) 正立・実像

(イ) 正立・虚像

(ウ) 倒立・虚像

(エ) 倒立・実像

② このとき、 x 、 y 、 f がどのような関係式となるか答えよ。

③ ここで、レンズの上半分を黒い紙で遮った。このとき、スクリーン上の像はどのようなになるか、もっとも適切なものを以下の(ア)~(オ)より選び記号で答えよ。

(ア) 上側が暗くなった

(イ) 下側が暗くなった

(ウ) 全体的に暗くなった

(エ) 像が小さくなった

(オ) 変わらなかった

(2) $x = f$ のとき、スクリーン上の像はどのようなになるか、物体の点 a の光線の経路を解答用紙の図に描き、理由とともに答えよ。

(3) $x < f$ のとき、スクリーン上にははっきりとした像は映らなかった。しかし、スクリーンを外して肉眼で適切な距離からレンズをのぞくと、虫めがねで見たようにはっきりと拡大された物体の像が見えた。ただし、 x の値によっては肉眼でもぼやけた像となる。

① このときの像はどのようなものか、以下の(ア)~(エ)より選び記号で答えよ。

(ア) 正立・実像

(イ) 正立・虚像

(ウ) 倒立・虚像

(エ) 倒立・実像

② このとき、物体の点 a の光線の経路を解答用紙の図に描け。また、拡大される像も図中に描け。

問 2 顕微鏡や望遠鏡は原理的には 2 つの凸レンズを組み合わせたものである。

この 2 つのレンズは役割によりそれぞれ名称がある。ひとつは物体からの光を受けるレンズで A レンズ と呼ばれ、もうひとつは像を目で見るためのレンズで B レンズ と呼ばれている。

顕微鏡の場合、この 2 つのレンズでそれぞれに拡大することで大きな倍率を実現している。ここでは、A レンズにより物体を拡大した像を拡大像 A、B レンズにより拡大像 A をさらに拡大した像を拡大像 B とする。一般的な顕微鏡では、A レンズと B レンズの間かくは一定であり、A レンズと物体との距離 x_1 [mm] のみを調整できる。 x_1 が決まると、A レンズと拡大像 A との距離 y_1 [mm] が決まる。同時に、A レンズと B レンズの間かくは一定のため、拡大像 A と B レンズとの距離 x_2 [mm] も決まる。この様子を図 2 に示す。さらに、 x_2 が決まると、B レンズと拡大像 B との距離 y_2 [mm] も決まる。この時、 y_2 が明視の距離(目を楽にした状態でものをはっきりと見ることが出来る距離：約 250 mm)となる時、顕微鏡で高倍率に拡大された像を肉眼で見ることが出来る。ただし、B レンズの焦点距離を f_2 [mm] とすると、一般的に $x_2 < f_2$ である。

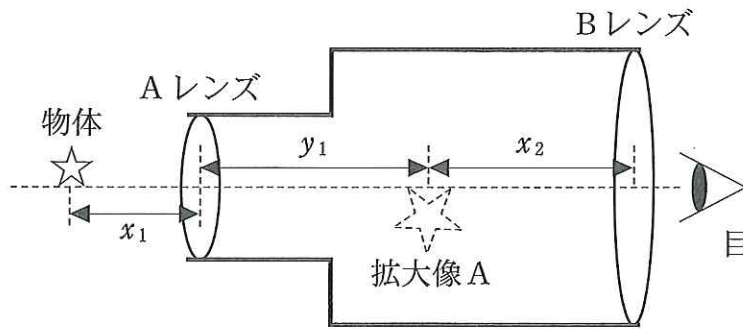


図 2

- (1) A レンズと B レンズの名称を答えよ。
- (2) A レンズの焦点距離を f_1 とするとき、図 2 のように、A レンズによる拡大像 A が倍率 1 以上の実像となるためには、 x_1 と f_1 とはどのような関係か、不等式で答えよ。
- (3) ある顕微鏡を用いて小さい物体を観察した。 x_1 を調整して、拡大像 B を肉眼で見ることができた。この時の x_1 と顕微鏡の倍率 m を小数点以下 1 桁まで求めよ。ただし、 $f_1 = 5 \text{ mm}$ 、 $f_2 = 25 \text{ mm}$ 、2 つのレンズ間の距離を 135 mm 、明視の距離を 250 mm ($y_2 = 250 \text{ mm}$) とする。

5 図のように、容器 A とシリンダー B が、コック C のついた体積の無視できる細管でつながれている。容器 A の内部容積は V_0 [m³] であり、シリンダー B の内部容積はピストンの位置によって変化する。ただし、シリンダー B にはストッパーが取り付けられており、ピストンがストッパーに接触したときのシリンダー B の内部容積は V_0 [m³] である。また、容器 A 内にはヒーターがあり、気体を加熱することができる。ヒーターの電気抵抗は 100Ω 、電源電圧は 10 V である。容器 A とシリンダー B およびピストンは断熱材でできている。気体定数を R [J/(mol·K)] として、以下の設問に答えよ。ただし、ピストンはシリンダー内をなめらかに動くものとし、また、ヒーターの体積と熱容量は十分小さく無視できるものとする。

- (1) 最初、コック C は閉じていて、容器 A には圧力が大気圧 p_0 [Pa]、温度 T_0 [K]、物質量 $\frac{4}{3} \text{ mol}$ の単原子分子の理想気体が閉じ込められている。シリンダー B 内は真空であり、内部容積が V_0 [m³] である。この状態で、ヒーターに t_1 秒間電流を流したところ、容器 A 内の温度が $2 T_0$ [K] となった。
- ① 加熱後の容器 A 内の圧力 p_1 [Pa] を p_0 を用いて表せ。
 - ② 加熱により、容器 A 内の気体が外部にした仕事 W_1 [J] を求めよ。
 - ③ ヒーターに電流を流した時間 t_1 を R 、 T_0 を用いて表せ。
- (2) 次に、コック C をゆっくりと開き、容器 A 内の気体をシリンダー B へ流入させた。十分に時間が経った後、容器 A とシリンダー B の圧力が p_2 [Pa] となった。この状態変化において、気体の温度は変化しなかった。
- ① 変化後の圧力 p_2 [Pa] を p_0 を用いて表せ。
 - ② 容器 A 内の気体が外部にした仕事 W_2 [J] を R 、 T_0 を用いて表せ。
- (3) (2)の後、コック C を開けた状態で、ヒーターに t_2 秒間電流を流したところ、容器 A およびシリンダー B 内の温度が T_0 [K] 上昇した。
- ① t_2 と(1)で求めた t_1 との比 $\left(\frac{t_2}{t_1}\right)$ を数値で表せ。
 - ② 加熱により、気体が外部にした仕事 W_3 [J] を求めよ。

(4) (3)の後、コック C を閉じてから、ピストンをストッパーの位置まで押し
た。この状態変化において、シリンダー B 内の圧力 p [Pa] と体積 V [m³] の間
に $pV^\gamma = \text{一定}$ の関係がある。ただし、 γ は定圧モル比熱と定積モル比熱の比
であり、1 より大きい定数である。

① $pV^\gamma = \text{一定}$ の関係から導かれる、温度 T [K] と体積 V [m³] との関係とし
て適切なものを次の中から選び、その記号を解答欄に示せ。

(ア) $T^\gamma V = \text{一定}$ (イ) $T^{\gamma-1} V = \text{一定}$ (ウ) $T^{\gamma+1} V = \text{一定}$

(エ) $TV^\gamma = \text{一定}$ (オ) $TV^{\gamma-1} = \text{一定}$ (カ) $TV^{\gamma+1} = \text{一定}$

② この変化における、気体の内部エネルギーの増加 ΔU [J] を R 、 T_0 、 γ を
用いて表せ。

③ ピストンをストッパーの位置まで押すのに要した仕事 W_4 [J] を R 、 T_0 、 γ
を用いて表せ。

