

平成 23 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]

図1のように, 真空中に断熱材でできたシリンダーが水平な床に対して垂直に固定されている。断熱材でできた厚みの無視できる質量 m [kg], 断面積 S [m²] のなめらかに動くことのできるピストンにより, 理想気体が閉じ込められている。理想気体には熱を加えることができる。シリンダーにはピストンが抜けないようにストッパーがついている。天井から質量の無視できる, ばね定数 k [N/m] のばねが固定されている。シリンダーの底を $x = 0$ [m], 重力加速度の大きさは g [m/s²] とする。

はじめピストンは $x = A$ [m] に止まっていた。ゆっくりと気体に熱を加えるとピストンは上へ移動し, $x = B$ [m] でばねに接した(過程 I)。さらに熱し続けるとピストンは, ばねを押し縮めながらさらに上へ移動し, $x = C$ [m] でストッパーに接触した(過程 II)。その後, 大きさ Q_0 [J] の熱を加えた(過程 III)。

この実験について文章が正しい記述になるように の中に適切な語句, _____ には式または値を記入しなさい。選択肢がある場合には, かつこの中から正しいものを選び, 解答欄に記号で答えなさい。

気体に加えられた熱 Q [J], 気体が外部からされた仕事を W [J] とすると, 気体の内部エネルギーの変化 ΔU [J] との関係は, $\Delta U =$ (1) となる。この関係を (2) 法則という。

過程 I は気体の (3) が一定であるから (4) 変化である。この過程で気体の圧力は (5) であり, 気体がした全仕事は (6) となる。過程 I では (7) の法則から, 気体の温度が上昇することが分かる。

過程 II で気体のした全仕事は (8) である。また, 過程 II 終了時の気体の圧力は (9) である。

過程 III は気体の (10) が一定の (11) 変化である。したがって, 気体のした仕事は (12) であり, 過程 III で加えられた熱量は気体の (13) の増加と等

しくなる。

ばねを取り除いて同様の実験を行った場合を考える。ピストンがストッパーで止まるまでに気体に加える熱量は、ばねがある場合に気体に加える熱量と比べると、(14) [(ア)大きい, (イ)同じ, (ウ)小さい]。

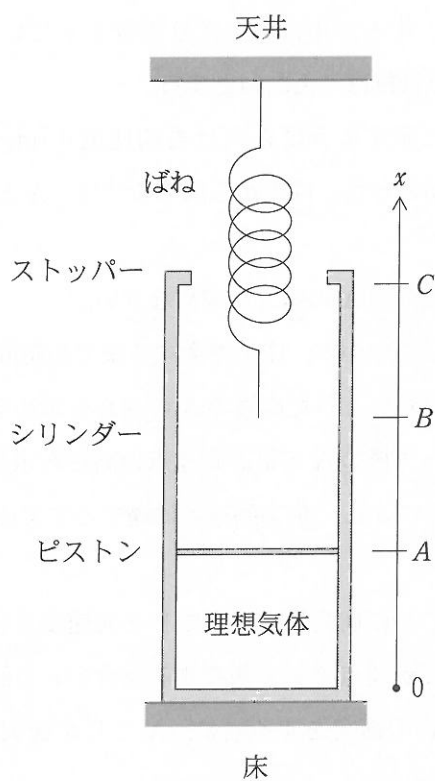


図1

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]

床から高さ h [m] の所に, 大きさの無視できる球 A (質量 M [kg]) と球 B (質量 m [kg]) がある。A, B を落下させるときの運動を考える。運動はすべて鉛直線上でおこるものとする。床と球のはねかえり係数を e とし, 重力加速度の大きさは g [m/s²] とする。空気抵抗は考えないとする。

はじめに, 図 2 a に示すように A だけを初速度 0 [m/s] で落下させた。A は床に衝突した後, はねかえった。問 1 から問 5 までは, A と床の 1 回目の衝突を考える。

- 問 1 床に衝突する直前の A の速さを求めなさい。
- 問 2 A が落下をはじめてから, 床に衝突するまでの時間を求めなさい。
- 問 3 床に衝突し, はねかえった直後の A の速さを求めなさい。
- 問 4 床ではねかえった後の A の最高到達点の高さを求めなさい。
- 問 5 A が床に衝突してから, 最高到達点に達するまでの時間を求めなさい。

次に, A が床にはじめに衝突した瞬間に B を初速度 0 [m/s] で落下させた。

- 問 6 A が問 4 の最高到達点で B と衝突する場合の e の値を求めなさい。
- 問 7 A が床に 2 回目の衝突をする前に, A と B が衝突する場合の e の範囲を求めなさい。

A を落下させた直後に B も落下させた。双方とも初速度は 0 [m/s] である。図 2 b, 図 2 c に示すように, A が床に衝突しはねかえった直後に, A と B は完全弾性衝突をした。A, B の落下した距離はどちらも h と考えてよい。

- 問 8 衝突後に球 B の最高到達点の高さが h となる場合の, 床と A のはねかえり係数 e を M, m, h, g の中から必要なものを用いて表しなさい。
- 問 9 床と A との衝突が完全弾性衝突の場合, M が m に比べてじゅうぶん大きいとして, 衝突後に B が到達できる最高到達点の高さを求めなさい。ただし, M が m に比べてじゅうぶん大きく, $\frac{m}{M} \doteq 0$ と近似してよい。

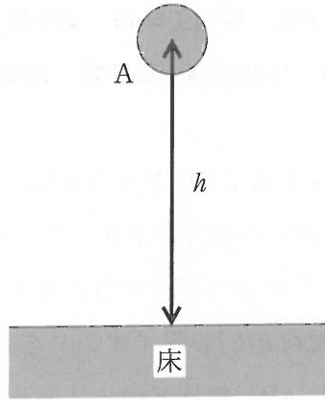
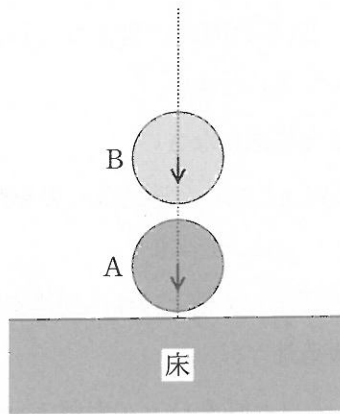
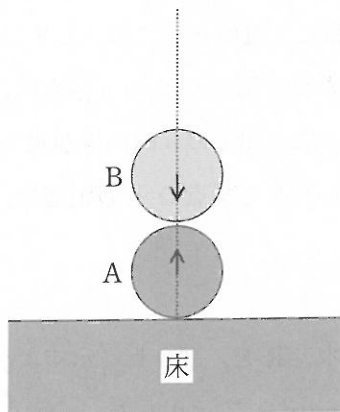


図 2 a



球 A が床に衝突する直前

図 2 b



球 A が床に衝突した直後

図 2 c

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 a に示すように, xy 平面上の $y > 0$ の領域に紙面に垂直に裏から表に向かって, 一様な磁束密度 B [T] の磁界がかかっている。この方向を z 軸方向とする。真空中に平面電極 E, F を xz 平面に平行に置き, 電極 E と y 軸との交点に静止していた質量 m [kg], 電荷 q [C] の陽イオン P を EF 間に加えた電圧 V [V] で加速する。加速された陽イオン P は電極 F のスリットを通過後, 原点 O から y 軸の正方向に速さ v [m/s] で入射され, その後, x 軸上の点に到達した。陽イオンに働く重力の影響は無視して, 以下の問いに答えなさい。問 4, 問 5 は v, m, q, B の中から必要なものを用いて表しなさい。

問 1 P の原点 O での速さ v を求めなさい。

問 2 P は x 軸上のどこに到達したか。適切なものを選び記号で答えなさい。

(ア) $x < 0$

(イ) $x = 0$

(ウ) $x > 0$

問 3 P が原点 O を通過してから x 軸上の点に到達するまでに, ローレンツ力が P に対してする仕事を求めなさい。

問 4 P が到達した x 軸上の点と原点 O との距離 L [m] を求めなさい。

問 5 P が原点 O を通過してから x 軸に到達するまでの時間を求めなさい。

次に, 陽イオン P と同様に, 電極 E 上に静止していた質量 $3m$, 電荷 $2q$ の陽イオン Q を電圧 V で加速した後, 原点 O から y 軸方向に入射した。

問 6 Q の原点 O での速さは, 問 1 の v の何倍か求めなさい。

問 7 Q が到達する x 軸上の点と原点 O との距離は, 問 4 の L の何倍か求めなさい。

質量 m , 電荷 q の陽イオン R を, 図 3 b に示すように, 原点 O から y 軸と角度 θ [rad] をなす方向に速さ w [m/s] で入射した。このとき, 速度ベクトルは xy 平面内にあり, 速度の x 方向成分は負であるとする。以下の問いに w, m, q, B, θ の中から必要なものを用いて答えなさい。

問 8 R が到達する x 軸上の点と原点 O との距離を求めなさい。

問 9 R が原点 O を通過してから x 軸に到達するまでの時間を求めなさい。

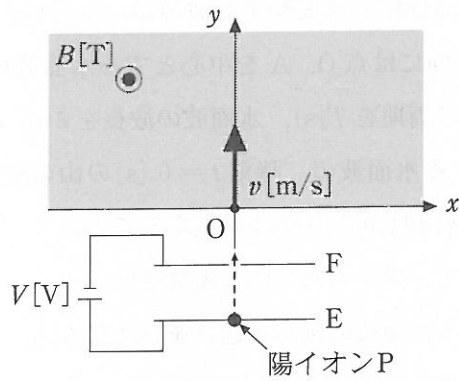


図 3 a

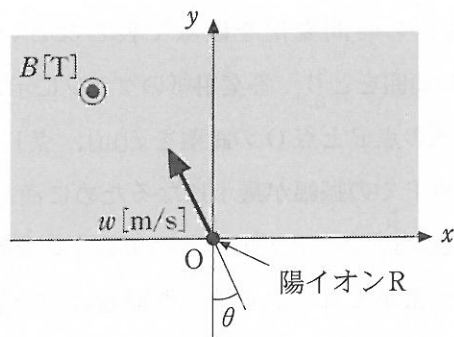


図 3 b

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 aのように, 同位相で単振動する波源が, 水面(xy 平面)上の原点 O と x 軸上の点 A にある。水面には点 O, A を中心とする水面波(円形波)が一定の波長で広がる。波源の振動の周期を T [s], 水面波の波長を λ [m]とする。図4 aは, それぞれの波源から広がる水面波の, 時刻 $t = 0$ [s]の山の波面(実線)と谷の波面(破線)を表している。各波源からの波は減衰することなく, 振幅 a [m]の正弦波が伝わっていくものとして, 以下の問いに答えなさい。

問 1 各波源から出る水面波の伝わる速さを答えなさい。

問 2 OA 間の距離は波長 λ の何倍か答えなさい。

問 3 図4 aの点 B での, 点 A からの水面波の変位の時間変化を実線で, 点 O からの水面波の変位の時間変化を破線で表しなさい。横軸は $t = 0$ [s]から $t = 2T$ [s]までの範囲をとり, 答案用紙のグラフに示しなさい。

問 4 xy 平面上の任意の点 P と点 O の距離を ℓ [m], 点 P と点 A の距離を d [m]とする。合成波の点 P での振幅が最小になるために満たすべき条件を, ℓ, d, m, λ を用いて表しなさい。ただし, m は 0 以上の整数とする。

問 5 合成波の振幅が最小となる点を連ねた曲線は, 全部で何本あるか答えなさい。

問 6 図4 aの点 C を高さ $2a$ の山が y 方向に速さ v [m/s]で通過する。 v は問1で求めた速さの何倍か求めなさい。ここで, 時刻 $t = 0$ [s]と短い時間 Δt [s]後の波面は図4 bのようになっているとして考えなさい。ただし, $(\Delta t)^2$ は 0 とする。

次に, 波源 O, A が逆位相で単振動している場合を考える。波源の振幅はそれぞれ a とする。

問 7 y 軸上の $y > 0$ の部分には, 振幅が最小になる点がひとつ観測された。点 O からこの点までの距離を求めなさい。

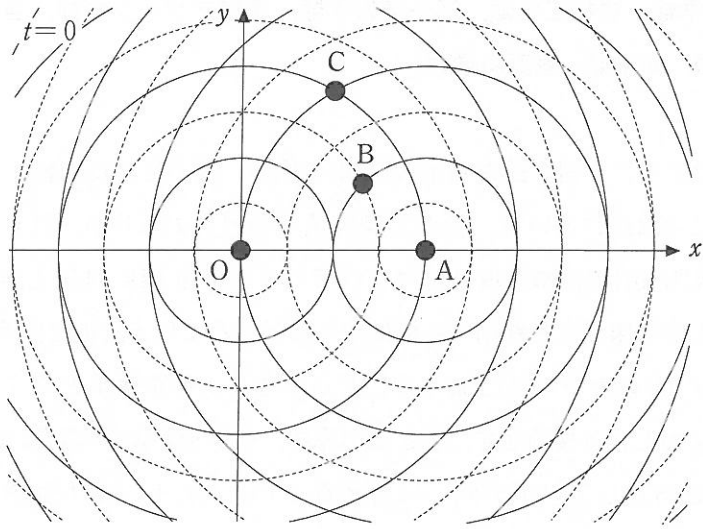


図 4 a

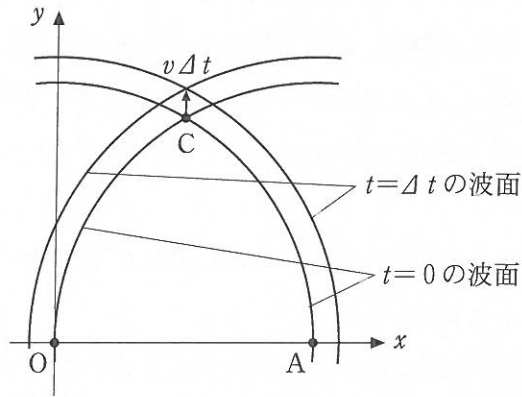


図 4 b

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 aのように, 同じ長さ ℓ [m]の2本の棒が, なめらかに回転する接合点Aで左右対称につながれている。点Aには質量 m [kg]のおもりが, 点BとCの間にはばね定数 k [N/m]のばねが取り付けられている。平面ABCは床と垂直である。棒の下端は水平な床面上を移動する板に取り付けられていて, 板には互いに反対向きの大きさ P [N]の力を水平に加えることができる。棒が水平となす角度を θ [rad]とする。ばねと床は接触せず, 板と床の摩擦, 棒や板およびばねの質量, 棒の変形は無視できるとして以下の問いに答えなさい。ただし, 重力加速度の大きさは g [m/s²]とする。

図5 bのように, 点Aのおもりには重力と, それぞれの棒から大きさ F [N]の力が作用している。点Bの板は, ばねと棒からそれぞれ大きさ f [N]と F の力, 水平に加えた大きさ P の力, および床から R [N]の垂直抗力を受けて静止している。

問1 おもりにおける垂直方向の力のつりあいの式を F , m , g , θ で表しなさい。

問2 板における水平方向の力のつりあいの式を F , P , R , f , θ のうち必要なものを用いて表しなさい。

問3 棒の角度が $\theta = \beta$ [rad]でばねが自然長となった。このとき $P = P_0$ [N]であった。 P_0 を m , g , β を用いて表しなさい。

$P = 0$ [N]のとき, $\theta = \gamma$ [rad]でおもりに働く力がつりあい, おもりは静止した。

問4 $\theta = \gamma$ のとき, ばねの自然長からの伸びは d [m]で, 板がばねから受ける力の大きさは $f = f_0$ [N]であった。 $\theta = \beta$ のとき, ばねが自然長であるとして, d と f_0 を, それぞれ k , ℓ , β , γ のうち必要なものを用いて表しなさい。

問5 $\theta = \gamma$ の状態から, 点Aが下に x [m]だけ動くと, 点BとCはそれぞれ水平方向に s [m]だけ動くとする。そのとき板がばねから受ける力の大きさ f を f_0 , k , s を用いて表しなさい。

$\theta = \gamma$ の状態から、おもりを h [m] だけ持ち上げると、ばねが自然長となる。この位置からおもりを落下させる。

問 6 おもりが $\theta = \gamma$ のつりあいの位置を通過するときの速さ v [m/s] を d , m , g , k , h を用いて表しなさい。

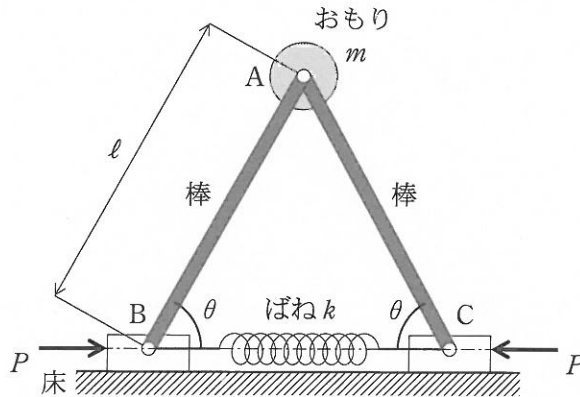


図 5 a

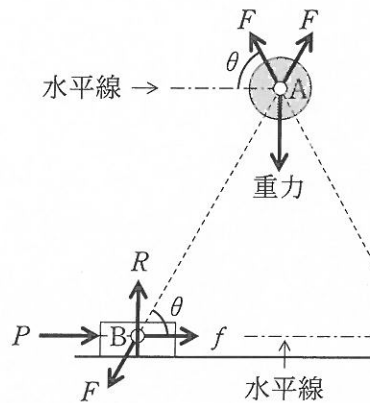


図 5 b