

平成 21 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理 ・ Ⅱ 化 学
Ⅲ 生 物 ・ Ⅳ 地 学

2 月 25 日 (水) (情—自然) 13 : 45—15 : 00

(理・医・工・農) 13 : 45—16 : 15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、52 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報文化学部自然情報学科志望者には 15 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 3 枚、地学 4 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 11 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 3 枚)、工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報文化学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。
理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。
医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。
工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を選択して解答せよ。
6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所に受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

I

物 理

問題は次のページから書かれていて、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの3題ある。3題すべてに解答せよ。

解答は、答案紙の所定の欄の中に書け。計算欄には、答にいたるまでの過程の要点(法則、関係式、論理、計算など)を書け。

物理 問題 I

図1のように、物体AおよびBをのせた台車が、水平な平面上を直線運動している。物体AとBの質量はいずれも m 、台車の質量は M_0 である。台車にはブレーキがあり、ブレーキをかけないときは、台車は摩擦なく平面上を運動できる。一方、ブレーキをかけると台車は平面から一定の力を受け減速する。台車上には、ばね定数 k のばねがつながれており、ばねの端には接着剤を付けた板が取り付けられている。

ただし、物体A、Bおよび板は、台車上を摩擦なく運動できる。台車の長さは十分長く、物体AおよびBは台車から落ちることはない。また、ばねの弾性力についてはフックの法則が成り立つとする。板、接着剤、およびばねの質量は無視できる。

次の文章を読んで、以下の設問に答えよ。答は、問題文中で与えられた物理量のみを用いて表せ。

台車は平面上を図1の矢印方向に速さ V_0 で等速運動していた。物体AおよびBは互いに接し、台車に対して静止していた。時刻 $t=0$ で台車にブレーキをかけると、物体AおよびBは、一体で台車に対して動きだした。台車は減速し、時刻 $t=t_0$ で平面上に停止した。時刻 $t=0$ から t_0 の間、物体Bは板まで達することはなかった。時刻 $t=0$ から t_0 の間における物体と台車の運動に関する以下の設問(1)、(2)に答えよ。

設問(1)：平面に対する台車の加速度の大きさを求めよ。

設問(2)：台車とともに運動する観測者から物体Bを見た場合、水平方向の慣性力が働いているように見える。その大きさと向きを求めよ。なお、観測者は物体および台車の運動に影響を与えないとする。慣性力の向きに関しては、台車の進行方向を正の向きとし、正または負で答えよ。

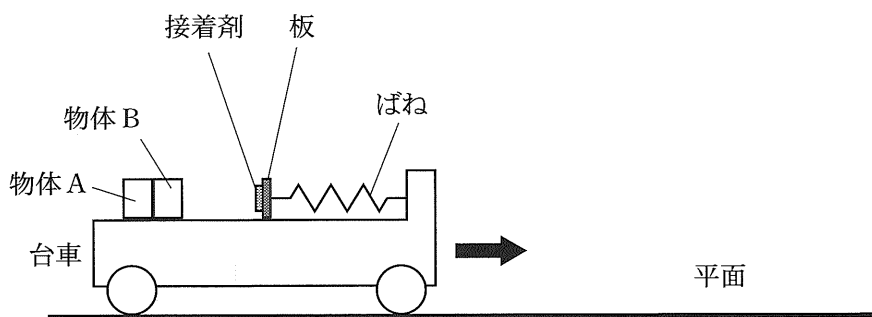


図 1

物体 B は、時刻 $t = t_1$ でばねの端の板に衝突し、板に瞬間的に接着された。ただし、 $t_1 > t_0$ である。衝突による力学的エネルギーの増減はないとする。

設問(3)：衝突直前の物体 A と B の平面に対する速さ v_1 を求めよ。

時刻 $t = t_1$ 以降の運動について、下の(ア)と(イ)の 2 つの場合を考えよう。以下、衝突直前の物体 A と B の速さは v_1 とせよ。

(ア)の場合：

図 2 のように、衝突直前にブレーキが解除され、時刻 $t = t_1$ 以降、台車は摩擦なく平面上を運動できるようになった場合を考えよう。衝突後、物体 A および B は一体となってばねを押すように運動したため、静止していた台車もそれに押されて運動を始めた。

設問(4)：ばねが最も縮んだときの平面に対する台車の速さを求めよ。

設問(5)：ばねが最も縮んだときの自然長からの縮みを求めよ。

(イ)の場合：

図 3 のように、衝突後もブレーキがかけられたままで、時刻 $t = t_1$ 以降も、台車は平面上に静止したままであった場合を考えよう。物体 A および B は一体となって、ばねを押すように運動した。ばねが最も縮んだのち、物体 A および B はばねに押されて一体となって運動した。そして、ある時刻以降は、物体 A は物体 B から離れて等速直線運動をした。

設問(6)：ばねが最も縮んだときの自然長からの縮みを求めよ。

設問(7)：物体 A が物体 B から離れた時刻を求めよ。

$t \geq t_1$ (衝突後：(ア)の場合)

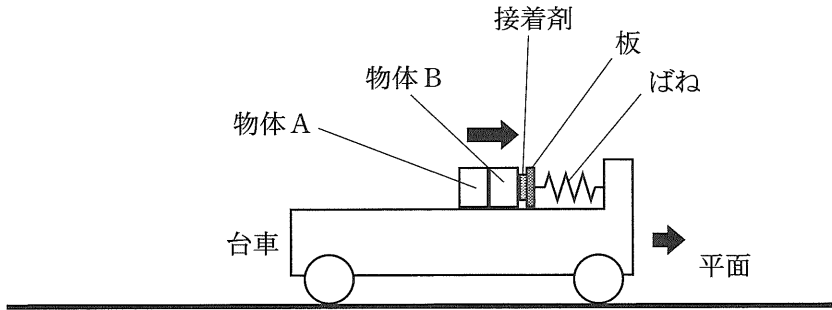


図 2

$t \geq t_1$ (衝突後：(イ)の場合)

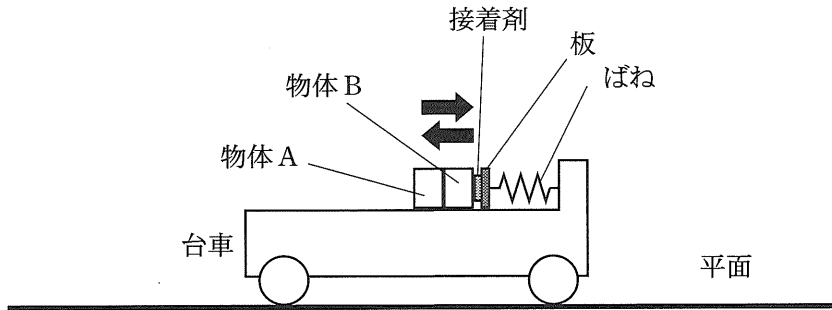


図 3

物理 問題Ⅱでは、「金属板A」、「金属板B」、「金属板C」及び「金属板D」の厚さは無視できるものとする。

次の文章を読んで、以下の設問に答えよ。解答は問題文中で与えられた物理量のみを用いて表せ。

図1のように長さ L 、幅 W の2枚の金属板A、Bを電圧 V の電池とスイッチSにつないだ。金属板A、Bは距離 d だけ離れて平行に向かい合わせて置かれている。はじめにスイッチSを閉じてじゅうぶんな時間をおいた。金属板間には金属板に垂直で一様な電場が生じ、金属板間以外の電場は無視できるものとする。金属板間は真空とし、真空の誘電率を ϵ_0 とする。

設問(1)：金属板A上の電荷量を求めよ。

設問(2)：金属板AB間の電場の大きさを求めよ。

図2は、図1の金属板A、Bの端にスクリーンを追加して横から見た図である。図2のように、原点 O をとり、金属板に平行に x 軸を、垂直に y 軸をとる。スクリーンは $x=L$ に置かれている。正の電荷 q をもつ質量 m の粒子を x 軸正方向に速さ v_0 で原点 O から射出したところ、金属板に衝突することなく、金属板間を通過してスクリーンに到達した。粒子およびスクリーンは金属板AB間の電場に影響を与えず、また重力の影響は無視できるものとする。

設問(3)：粒子がスクリーン上に到達した位置の y 座標を求めよ。

設問(4)：図2において、紙面に対して垂直に表から裏の方向へ一様な磁場を加えた。

設問(3)と同じ粒子を x 軸正方向に速さ v_0 で原点 O から射出したところ、粒子は x 軸上を直線運動しスクリーンに到達した。この時の磁束密度の大きさを求めよ。

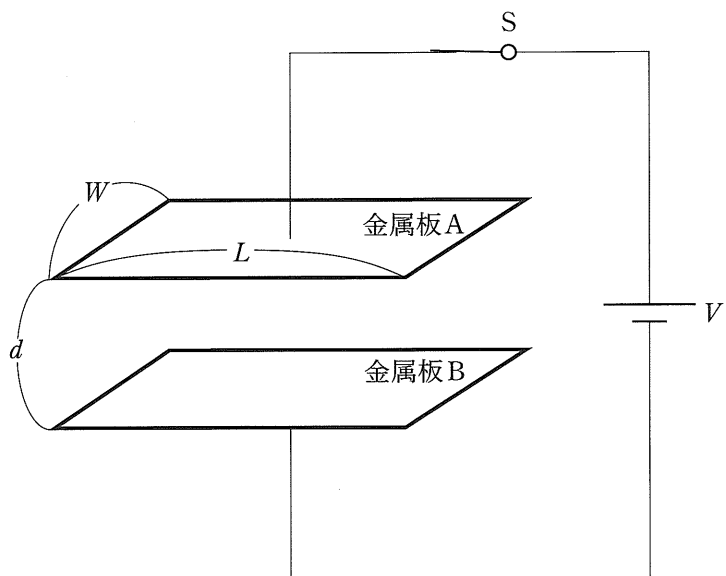


図 1

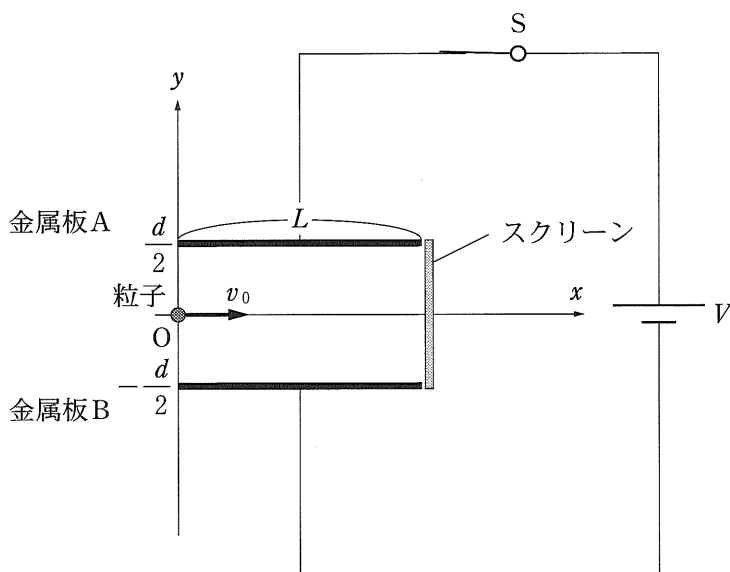


図 2

次に、磁場を加えるのをやめて、図3のように、長さ L 、幅 W の2枚の金属板C、Dを図2の回路に加えた。金属板C、Dは距離 d だけ離れて平行に置かれている。このとき金属板A、B、C、D上の電荷はないものとする。そしてスイッチSを閉そしてスイッチSを閉じてじゅうぶんな時間をおいた。

その後、以下の(ア)と(イ)の2つの手順にしたがい、図4のように金属板CD間を帯電していない誘電率 ϵ の誘電体で満たす場合を考える。金属板C、Dと誘電体表面との間隔は極めて狭いとする。誘電体で満たしてじゅうぶんな時間が経過した後、正の電荷 q をもつ質量 m の粒子を x 軸正方向に速さ v_0 で原点Oから射出したところ、金属板A、Bに衝突することなくスクリーンに到達した。

(ア)の場合：

スイッチSを閉じたまま金属板CD間を誘電体で満たした場合。

設問(5)：金属板A上の電荷量を求めよ。

設問(6)：粒子がスクリーン上に到達した位置の y 座標の値は設問(3)で求めた y 座標の値の何倍になるか求めよ。

(イ)の場合：

スイッチSを開いてから金属板CD間を誘電体で満たした場合。

設問(7)：粒子がスクリーン上に到達した位置の y 座標の値は設問(3)で求めた y 座標の値の何倍になるか求めよ。

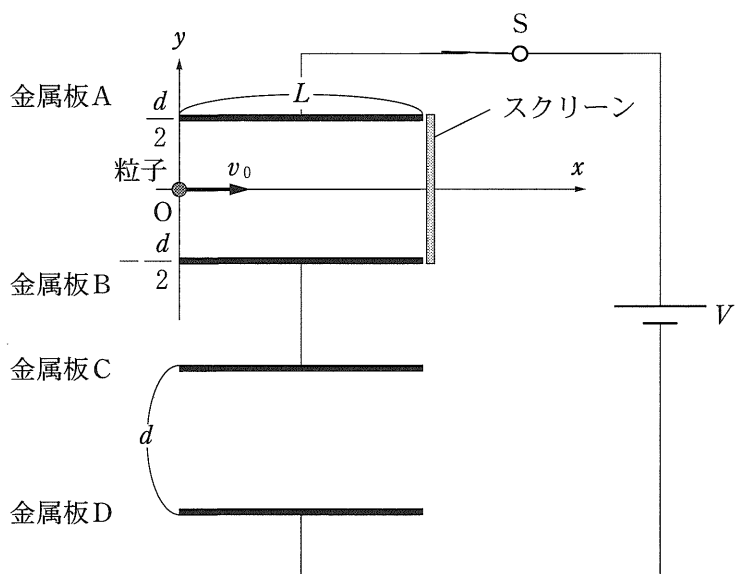


図 3

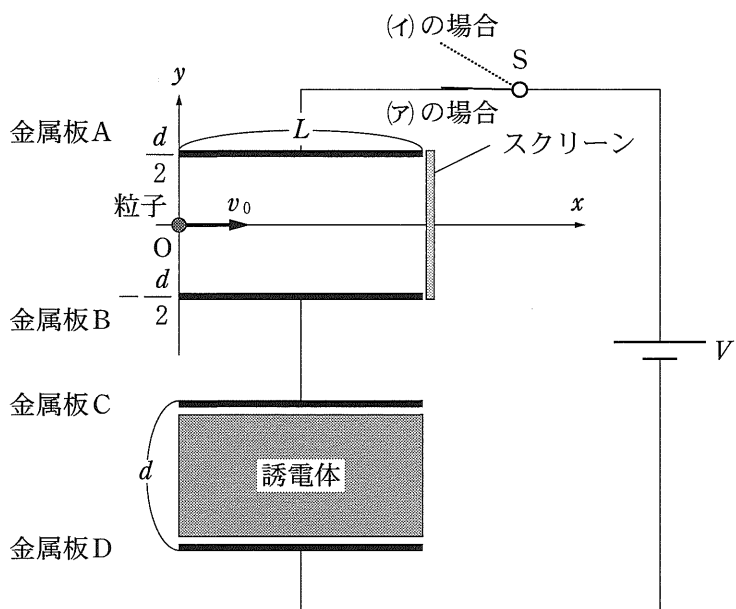


図 4

物理 問題Ⅲ

コンパクトディスク CD には同心円状に等間隔に溝がある。以下の問では CD を溝が直線状に刻まれている反射板とみなして考える。ただし、溝からの反射は考えない。

問 1 次の文章を読んで、以下の設問(1)~(3)に答えよ。

図 1 のようにレーザーポインタからの波長 λ の緑色光を P 点から CD 上の O 点に垂直に入射させた。このとき垂直に反射してレーザーポインタに戻る光以外に、CD で反射した光が CD に平行に置かれたスクリーン上にいくつかの明点を作った。ここで、CD の溝間隔を d とする。ポインタに最も近い明点を Q 点とし、 $\angle POQ = \theta$ とする。

設問(1)：明点 Q をつくる光について、O 点の付近を拡大した図 2 のように溝を隔てて d だけ離れた部分で反射する光線 1 と光線 2 の経路差を求め、光線 1 と光線 2 が強め合う条件から λ を θ 、 d を用いて表せ。

設問(2)：実際の CD の溝間隔は $1.6 \mu\text{m}$ であり、角度 θ を測定したところ $\sin \theta$ は 0.33 であった。 λ を有効数字を考慮して求めよ。

設問(3)：以下の文章について、解答欄にある選択肢の中で最も適当な語句を選び○で囲め。

緑色光のレーザーポインタを赤色光のレーザーポインタに変えたとき、 θ は 。

溝間隔が CD よりも狭くなると、 θ は 。

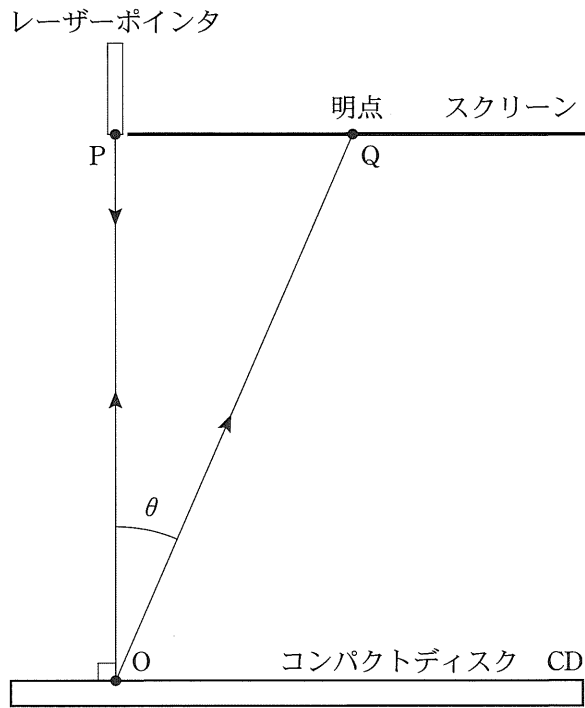


図 1

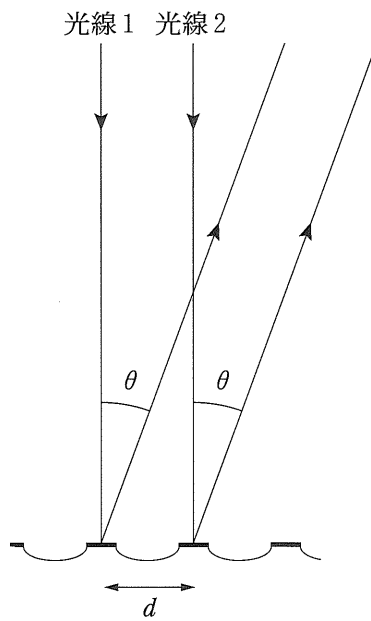


図 2

問 2 次の文章を読んで、以下の設問(1)~(4)に答えよ。

図3のように、水面から深さ l の位置に CD を沈め、水面から高さ L の位置に CD に平行にスクリーンを置き、レーザーポインタから波長 λ の緑色光を CD に垂直に入射させた。ここで空気に対する水の相対屈折率を n とする。

設問(1)：以下の文章について、解答欄にある選択肢の中で最も適当な語句を選び
○で囲め。

水中で CD に入射する光の波長は、空気中に比べ、 。

このとき光の速さは、 。

設問(2)：水中での光の波長 λ_1 を n , λ を用いて表せ。

設問(3)：緑色光のレーザーポインタに最も近い明点を R 点とし、明点 R をつくる光について図3のように角度 θ_1 と θ_2 を定義する。 θ_2 を図1の θ で表せ。

設問(4)：P 点と R 点の距離 x を、 l , L , n , θ_2 を用いて表せ。

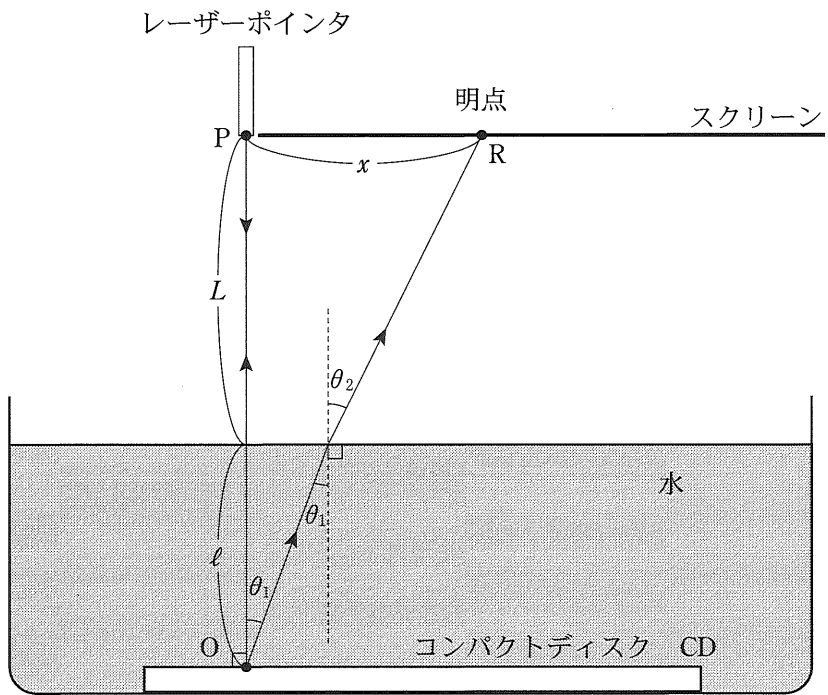


図 3

草 稿 用 紙
(切りはなしてはならない)

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

