

理学部
繊維学部

後期日程

【後期日程 理科（物理）】

平成 23 年度 入学 試験 問題

理 科

注 意 事 項

1. この問題冊子は試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっているので、解答はすべて解答用紙の指定されたところに記入すること。
3. 学部名、受験番号を解答用紙の指定されたところへ必ず記入し、決して氏名を書いてはいけない。
4. この問題冊子は、37 ページある。ページの脱落等があった場合は監督者に申し出ること。
5. 理学部の受験者は、出願の際選択科目として届け出た1科目又は2科目を解答すること。
6. 繊維学部の受験者は、出願の際選択科目として届け出た1科目を解答すること。
7. 下書きには問題冊子の中の余白を使用すること。
8. この問題冊子は持ち帰ること。

後期日程

1.

物体の衝突，斜面上の運動，放物運動に関する問題である。ばねに蓄えられるエネルギー，運動エネルギー，運動量保存，エネルギー保存，重力の位置エネルギーなど物体の運動に関する概念や法則を正しく理解しているか，等加速度運動を正しく理解しているかを問うている。また，グラフを描く能力もみている。

2.

ベータトロンに関する問題である。荷電粒子が電場や磁場から受ける力，電磁誘導に関する法則を正しく理解しているかどうか問うている。

3.

いろいろなエネルギーや仕事に関する問題である。仕事，力学的エネルギー，ジュール熱，熱量と比熱に関する基本的な法則を正しく理解しているかどうか問うている。また，数値計算において，有効数字を正しく理解しているかどうか問うている。

4.

気柱の共鳴現象についての問題である。定常波の発生原理，閉管と開管における固有振動の違いについての理解を問うている。

物 理

1 図1のように、 x 座標軸を取った水平面上にばね定数 k の軽いばね、質量 M の小球1、質量 m の小球2 ($M > m$ とする)、そして水平面と角度 θ をなす斜面(左端は $x = a_1$ 、右端は $x = a_2$)がある。ばねの一端は固定され、他端には軽い板が取り付けられている。ばねを自然長から長さ A だけ縮め、板に接するように小球1を置き、静かに手を離した。小球1は速さ V_0 で板から離れ、 $x = 0$ の位置に静止していた小球2に弾性衝突した。衝突直後の小球1の速さを V 、小球2の速さを v_0 とする。小球2は斜面を登りきり、斜面から速さ v_1 で飛び出し、水平面に速さ v_2 で落下した。重力加速度の大きさを g とし、運動は一鉛直面内でおこり、空気抵抗や摩擦は無視できるとする。

以下の問いに答えよ。

- (1) 小球1が板から離れるのは、ばねの長さがどうなったときか。また V_0 を求めよ。
- (2) V 、 v_0 を求めよ (V_0 を用いてよい)。
- (3) 小球2が斜面を登りきるための条件と v_1 を求めよ (v_0 を用いてよい)。
- (4) 小球2が斜面を登り始めてから斜面を飛び出すまでにかかった時間 T_1 を求めよ (v_0 、 v_1 を用いてよい)。
- (5) v_2 を求めよ (v_0 を用いてよい)。
- (6) 小球2が斜面を飛び出してから水平面に落下するまでにかかった時間 T_2 を求めよ (v_0 、 v_1 を用いてよい)。

(7) 水平面に落下した位置を $x = a_3$ とするとき、 a_3 を求めよ (v_1 , T_2 を用いてよい)。

(8) 時刻を t とし、小球 2 が小球 1 と衝突した直後を $t = 0$, 斜面を登り始めた時刻を $t = t_1$, 斜面を飛び出した時刻を $t = t_2$, 水平面に落下した時刻を $t = t_3$ とする。小球 2 の運動エネルギー K と時刻 t の関係を、 $0 \leq t \leq t_3$ の範囲でグラフに描け。また、 K の最大値と最小値も記入せよ (v_0 , v_1 を用いてよい)。

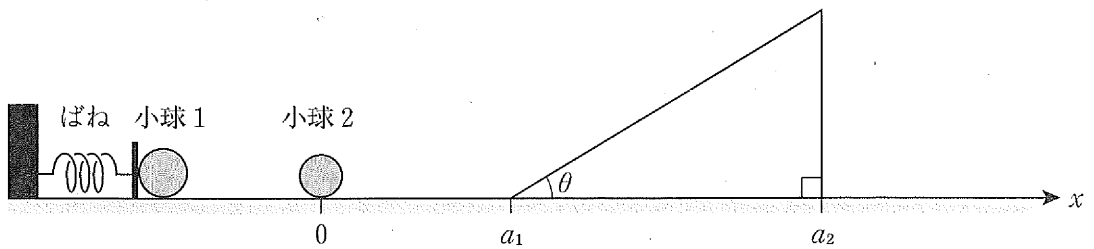


図 1

2 次の文中の ② から ⑨ に適当な式をうめよ。① と ⑩ には、選択肢から適当なものを選べ。

ベータトロンは時間的に変化する磁場(磁界)による誘導起電力により電子を加速する装置で、磁場の強さを調節することで、電子が加速されても電子の円運動の軌道半径が変わらないようになっている。図2に示すように、強さが z 軸からの距離のみで決まる磁場を z 軸の正の方向にかけ、質量 m [kg]、電荷 $-e$ [C] ($e > 0$)の電子を、 xy 平面内に入射したところ、原点を中心にして、軌道半径 a [m]で、 z 軸の正の方向から見て ① に等速円運動をした。軌道上の磁束密度の大きさを B [T]とすると、このときの電子の速さは $v =$ ② [m/s]である。

次に、円軌道を貫く磁束 Φ [Wb]が、短い時間 Δt 秒間に $\Delta\Phi$ [Wb]だけ増加するように、磁場を増加させた。このとき、円軌道上には誘導起電力 ③ [V]が発生し、円軌道に沿って電場 ④ [V/m]が発生する。電子はこの電場から ⑤ [N]の力を受けて加速度運動をする。 Δt 秒間での電子の速さの増加分を Δv [m/s]とすると、 $\Delta v =$ ⑥ [m/s]となる。この式から、 a [m]が一定の場合には、 v [m/s]と Φ [Wb]が比例関係にある。 $\Phi = 0$ Wbのときの速さを $v = 0$ m/sとすると、 a [m]を変化させないようにするので、 v [m/s]と Φ [Wb]の間には、 ⑦ の関係が成り立つ。したがって、 Φ [Wb]は B [T]を用いて $\Phi =$ ⑧ [Wb]と表すことができる。これより、 B [T]の値は円軌道の内側の平均磁束密度の ⑨ 倍になる。強さが ⑩ ように磁場をかければ $\Phi =$ ⑧ [Wb]の関係を満たすことができる。

選択肢①：(a) 時計回り

(b) 反時計回り

選択肢⑩：(a) z 軸からの距離が小さくなると大きくなる

(b) z 軸からの距離が小さくなると小さくなる

(c) z 軸からの距離によらない

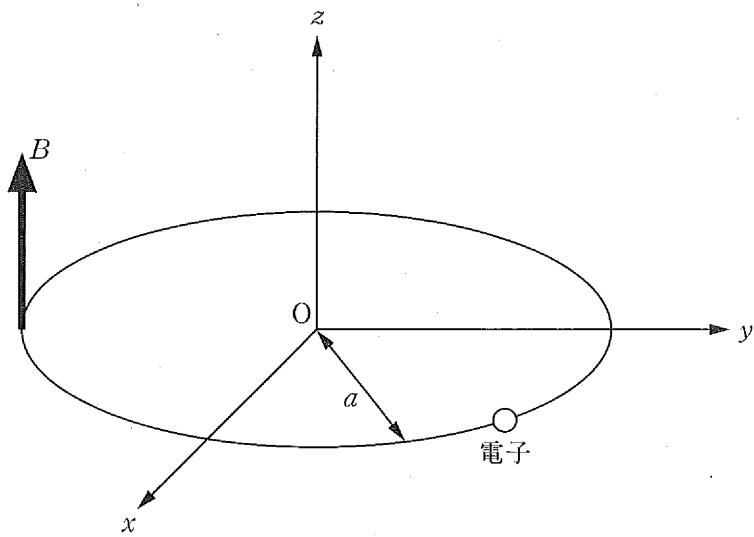


图 2

3 次の問いの (あ) から (き) に適当な数値をうめよ。数値は、有効数字2桁まで計算せよ。ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 、水の密度を 1.0 g/cm^3 、水の比熱を $4.2 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$ 、1馬力を 736 W とする。

1. ある水力発電所では、導水管の取水口と発電機の水車までの落差が 130 m で、毎秒 50 m^3 の水が発電機の水車を回転させ、発電の出力が $5.2 \times 10^4 \text{ kW}$ であった。この発電所では、水的位置エネルギーの (あ) % が電気エネルギーになった。発電した電力を 500 kV で送電したときの送電線の電気抵抗による電力の損失は、同じ電力を 100 V で送電したときの電力の損失の (い) 倍である。

2. 石油を燃焼させて発生する熱エネルギーの 45% が発電に使われ、 $9.0 \times 10^5 \text{ kW}$ の電力を発電する火力発電所がある。発電所から排出される発電に使われなかった熱エネルギーのすべてを水で冷却するとき、水温の上昇を 10°C 以下に抑えるための水の流量は (う) m^3/s 以上でなければならない。

3. 直径 0.40 mm 、長さ 32.0 cm 、電気抵抗率 $1.1 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ の抵抗線に 10 V の電圧を 500 秒間かけて、熱容量 80 J/K の容器に入った温度 15°C の 100 cm^3 の水を加熱する。この抵抗線での発熱量は、(え) J であり、水温は (お) $^\circ\text{C}$ に上昇する。ただし、容器と水は常に同じ温度とし、熱は全て容器と水の温度上昇に使われたものとする。

4. 高速道路を走っているある自動車が、 90 km/h の速さを維持するのにエンジンの出力が 40 馬力必要である。このとき、この自動車に働いている抵抗力の大きさは (か) N である。もしこの抵抗力の大きさが速さに比例すると仮定すると、この自動車が 100 km/h の速さを維持するには、エンジンの出力は、(き) 馬力必要となる。

4 図3(a)のように、円筒のガラス管の内部にピストンを取りつけて閉管としたものを考える。開口側(図の左側)に音源を置き、 5.00×10^2 Hzの音を発生させながら、左端から右へピストンを動かしていくと、閉管の長さが18.0 cmとなったとき音が大きく聞こえた。この現象は共鳴と呼ばれ、管の内部に定常波と呼ばれる波が発生することが原因である。図3(b)は、開口位置を原点にとり、定常波の節の位置を●、腹の位置を○として示したものである。開口端補正は考えなくてよいとして、以下の問いに答えよ。

(ア) この閉管で定常波が発生する仕組みを説明せよ。

(イ) さらにピストンを右へ動かしていくと、閉管の長さが54.0 cmとなったとき再び共鳴が起こった。このとき管内の定常波の節と腹の位置を解答用紙に記せ。(図3(b)を参考にせよ。)

(ウ) (イ)のときの、音源から出る音の波長および音速を求めよ。

(エ) (イ)の共鳴した位置でピストンを固定し、音源から出る音の振動数を 5.00×10^2 Hzから徐々に上げていったところ、ある振動数で再び共鳴が起こった。このときの振動数を求めよ。

(オ) 音源から出る音の振動数を(エ)で共鳴した値に固定し、再びピストンを右に動かしていくと共鳴は起こらなかったが、ガラス管からピストンがはずれると同時に、再び共鳴が起こった。このとき管内の定常波の節と腹の位置を解答用紙に記せ。(図3(b)を参考にせよ。)

(カ) このガラス管の長さを求めよ。

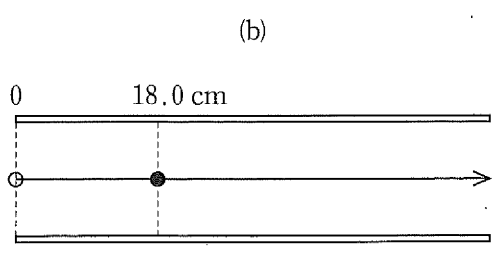
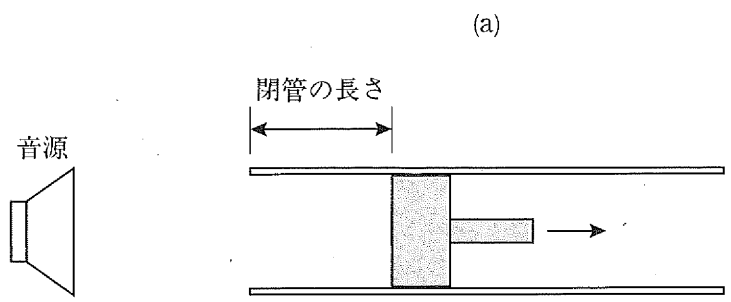


図 3