

2020年度入学試験問題

理 科

(試験時間 10:30~12:10 100分)

1. 解答用紙は、記述解答用紙(「物理」・「化学」・「生物」の3種類)のみです。
2. 問題は、I~IX(「物理」: I~III, 「化学」: IV~VI, 「生物」: VII~IX)の9題あります。そのうち3題を選択して解答してください。「生物」は精密機械工学科, 電気電子情報通信工学科, 応用化学科, 経営システム工学科, 情報工学科, 生命工学科, 人間総合理工学科受験者のみ選択解答できます。数学科, 物理学科, 都市環境学科受験者は, 「生物」を選択解答できません。選択した3題には解答用紙の設問番号の右側の選択欄に○を, 選択しなかった残りすべての問題には×を記入してください。(選択欄の記入がない場合は採点の対象となりませんので注意してください。)なお, 4題以上○を記入した場合は, 理科の解答はすべて無効となります。また, 「生物」を選択解答できる学科とできない学科を併願した場合, 後者の学科においては, 「生物」の解答はすべて無効です。

(記入例)

I	選 択	○
---	-----	---

3. 解答は, 必ず解答欄に記入してください。解答欄以外に書くと無効となります。
4. 解答は, HBの鉛筆またはシャープペンシルを使用し, 訂正する場合は, プラスチック製の消しゴムを使用してください。
5. 解答用紙には, 「物理」・「化学」・「生物」すべてに受験番号と氏名を必ず記入してください。(「物理」, 「化学」, 「生物」のいずれかについて1題も選択していない場合でも受験番号, 氏名は必ずすべての解答用紙に記入してください。試験終了後, 「物理」・「化学」・「生物」すべての解答用紙を回収します。)

(設問は次ページより始まる)

- I 次の問題の答えを解答用紙の所定の場所書きなさい。ただし、小問4、7、10については導出の過程も含めて答えなさい。それ以外の小問については答えのみでよい。(50点)

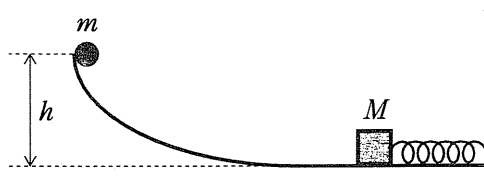


図1

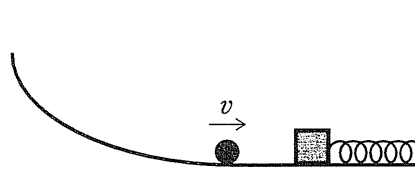


図2

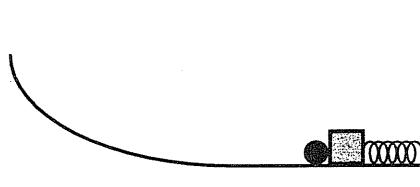


図3

図1のように、摩擦のない水平な台の上に、ばね定数 k [N/m] のばねがある。その一端が壁に固定され、ばねの他端に質量 M [kg] の物体がついている。ここで、ばねは自然の長さになっている。この水平な台より h [m] だけ高い位置で、質量 m [kg] の物体を斜面に接して保持する。この物体の大きさは無視できるものとする。ここから水平な台までは、摩擦のない斜面でなめらかにつながっている。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

問い

1. 質量 m の物体を初速度 0 m/s で離すと、この物体は斜面に沿ってすべり落ちた(図2)。水平な台に到達したときの、この物体の速さ v [m/s] を答えなさい。
2. 質量 m の物体が質量 M の物体に衝突したあと、これらは一体となった。一体となった直後の物体の速さ v_1 [m/s] を、 g を使わずに問1の v を使って答えなさい。

3. 問2で一体となった物体はばねを押し縮めた(図3)。このとき、ばねの最大の縮み x [m] を、 g や v_1 を使わずに問1の v を使って答えなさい。
4. 2つの物体とばねからなる系全体の力学的エネルギーの変化を考えてみよう。質量 m の物体が高さ h のところにあった時点での力学的エネルギーから、問3ではばねが最大に縮んだ時点での力学的エネルギーを引いたものを ΔE_1 [J] とする。この ΔE_1 を、 g や v_1 を使わずに問1の v を使って表しなさい。これが0でなければ、力学的エネルギーは保存されなかったことになる。その場合は、どの時点で力学的エネルギーが変化したかを答えなさい。

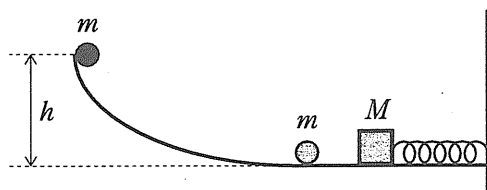


図4

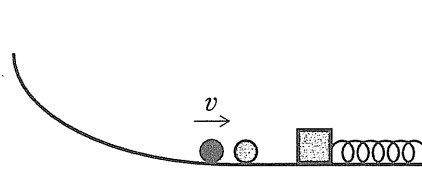


図5

図1と同様に、一端が壁に固定され他端に質量 M の物体がついているばね定数 k のばねが、自然の長さで置かれている他に、図4のように、水平な台の上にもう一つ質量 m の物体が質量 M の物体から離れて静止している。このとき、図1と同様に、なめらかな斜面上の高さ h のところに、大きさが無視できる質量 m の物体を保持する。

問い

5. 斜面上の質量 m の物体を初速度 0 m/s で離すと、斜面に沿ってすべり落ちた(図5)。この物体は水平な台に到達し、速さが v になったあと、もう一つの質量 m の物体と衝突して、一体となった。この一体となった質量 $2m$ の物体がさらに質量 M の物体に衝突したあと、これらすべてが一体となった。一体となった直後の、質量 $(M + 2m)$ の物体の速さ v_2 [m/s] を、 g を使わずに問1の v を使って答えなさい。
6. 問5で一体となった物体はばねを押し縮めた。このとき、ばねの最大の縮み y [m] を、 g や v_2 を使わずに問1の v を使って答えなさい。

7. 3つの物体とばねからなる系全体の力学的エネルギーの変化を考えてみよう。
 質量 m の物体が高さ h のところにあった時点での力学的エネルギーから、問6でばねが最大に縮んだ時点での力学的エネルギーを引いたものを ΔE_2 [J] とする。この ΔE_2 を、 g や v_2 を使わずに問1の v を使って表しなさい。問4の ΔE_1 とこの ΔE_2 はどちらが大きいかを答えなさい。

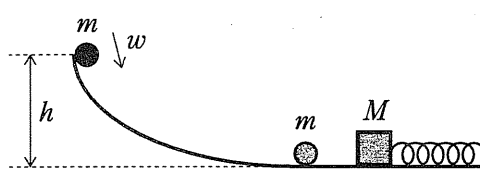


図6

上の問3における x と問6における y は違う値になった。後者を x と同じ値にするように、問5とは違って、図6に示すように、斜面上の高さ h のところにある質量 m の物体に、斜面を降りる向きに速さ w [m/s] の初速度を与えることにした。ただし、紙面に垂直な方向には初速度はなく、運動はすべて紙面内で起きるものとする。その他は、図4で示した状況と同じものとする。

問い

8. このとき、質量 m の物体が斜面に沿ってすべり落ちて、水平な台に到達したときの速さ v_3 [m/s] を、 g を使わずに w と問1の v を使って答えなさい。
9. この質量 m の物体は、問5から問6までと同様に、もう一つの質量 m の物体と衝突して一体となったあと、その結果できた質量 $2m$ の物体がさらに質量 M の物体に衝突してすべてが一体となった。これらすべてが一体となった物体はばねを押し縮めた。このとき、ばねの最大の縮み z [m] を、 g や v_3 を使わずに k , m , M , w , および問1の v のうち必要なものを使って答えなさい。
10. 問9での縮み z を問3での縮み x と等しくするには、 w をどのように設定すればよいか、 k , m , M , および問1の v のうち必要なものを使って答えなさい。

(計算用紙)

(設問は次のページにつづく)

Ⅱ 次の問題の答えを解答用紙の所定の場所書きなさい。ただし、小問1については答えのみを記述し、小問2と小問4については表の空欄を埋めてグラフを完成し、小問3については解答群の中から正しいものを丸で囲み、小問5については導出の過程も含めて答えなさい。なお、表の数値については小数第2位まで答えなさい。(50点)

図1のように座標をとり、 x 軸上の $x = d$ [m] (ただし $d > 0$ とする) および $x = -d$ [m]の位置に y 軸に平行に無限の長さを持つ導線Cおよび導線Dを配置する。以下では導線に電流を流したときに発生する磁場(磁界)について考えてみよう。ただし、それ以外の磁場は無視できるものとする。

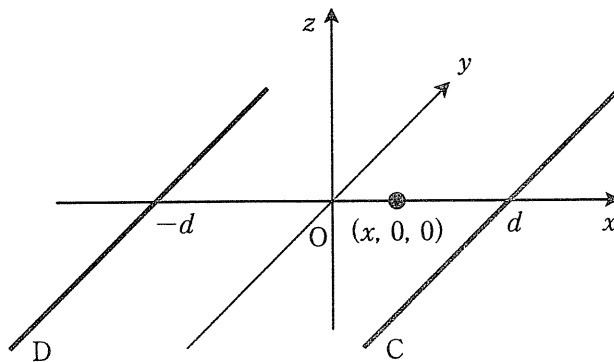


図1

問い

1. 導線Cのみに y 軸の正の向きに電流 I [A]を流し、導線Dには電流を流さないとする。このとき導線Cの周りに磁場が発生する。 x 軸上の点 $(x, 0, 0)$ における磁場の z 成分 H_c [A/m]を求めなさい。
2. 問1において $I = 10$ A および $d = 5$ mとしたとき、点 $(x, 0, 0)$ における H_c の値が $\frac{1}{\pi}$ の何倍かを計算して解答欄の表1の空欄を埋めなさい。例えば $x = -2$ mのとき $H_c = 0.71 \times \frac{1}{\pi}$ A/mとなる。次に、表1をもとに解答欄のグラフ1に $H = H_c$ [A/m]の値を白丸(○)で示し、それらをなめらかな実線(—)でつないでグラフを描きなさい。

3. 次に、導線 D のみに y 軸の正の向きに電流 I [A] を流し、導線 C には電流を流さないとする。ここで $I = 10$ A および $d = 5$ m としたとき、点 $(x, 0, 0)$ における磁場の z 成分 H_D [A/m] のグラフを考えてみよう。ここで、問 2 で描いた H_C の曲線を $H_C = f(x)$ 、 H_D の曲線を $H_D = g(x)$ とおく。このとき 2 つの関数 $f(x)$ と $g(x)$ はどのような関係にあるか、(a) 左右反転 (b) 上下反転 (c) 上下左右反転 (d) 元と同じ、の中から選びなさい。

注 1 : 図 2 に、(a)~(d) の 4 つの関係を関数 $f(x)$ が放物線であった場合に示したので、参考にすること。

注 2 : 必要な場合、解答欄のグラフ 1 に H_D を描いてもよい。ただしその場合には、問 2 と問 4 の解答と区別できるように印や線を工夫しなさい。

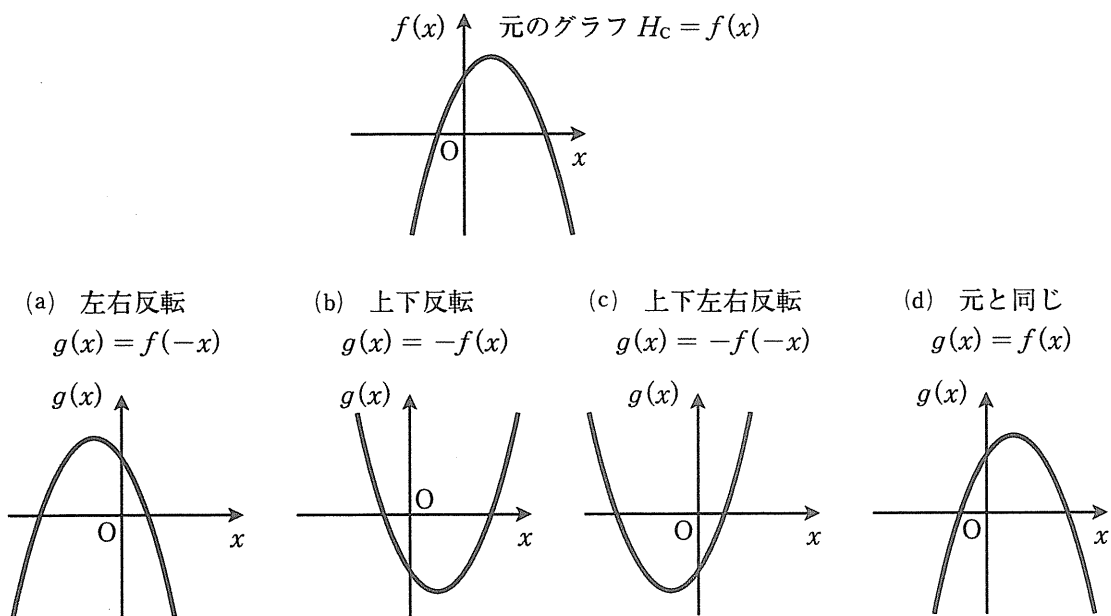


図 2

4. 最後に、導線 C と導線 D の両方に、いずれも y 軸の正の向きに電流 I [A] を流した。ここで $I = 10$ A および $d = 5$ m としたとき、問 2 のグラフおよび問 3 の結果を使って、点 $(x, 0, 0)$ における磁場の z 成分 H [A/m] をグラフに描いてみよう。表 1 と同様に表 2 を完成させ、グラフ 1 に H の値を黒丸 (●) で示し、それらを破線 (-----) でつないでグラフを描きなさい。
5. 問 4 において点 $(x, 0, 0)$ が原点に近いときを考える。 d に比べて $|x|$ が十分小さいとして、 H を I, d, x などを使って書き表しなさい。ただし、 $|a|$ が十分小さいとき $(1 + a)^n \approx 1 + na$ (n は実数) としてよい。

(計算用紙)

(設問は次のページにつづく)

Ⅲ 次の問題の答えを解答用紙の所定の場所を書きなさい。小問4以外は答えのみでよい。小問5, 6, 8, 9は当てはまるものすべてを答えなさい。(50点)

媒質中を x 軸の正の向きに進む縦波がある。図1は時刻 $t = 0$ sにおける x 軸上の各位置での媒質の変位を y 座標で表している。ただし、媒質の変位が正のとき y も正、媒質の変位が負のとき y も負とする。図2は x 軸上のある位置での媒質の変位 y を時刻 t に対して表している。 x と y の単位は m, t の単位は s である。図1と図2はともに正弦波の形をしている。

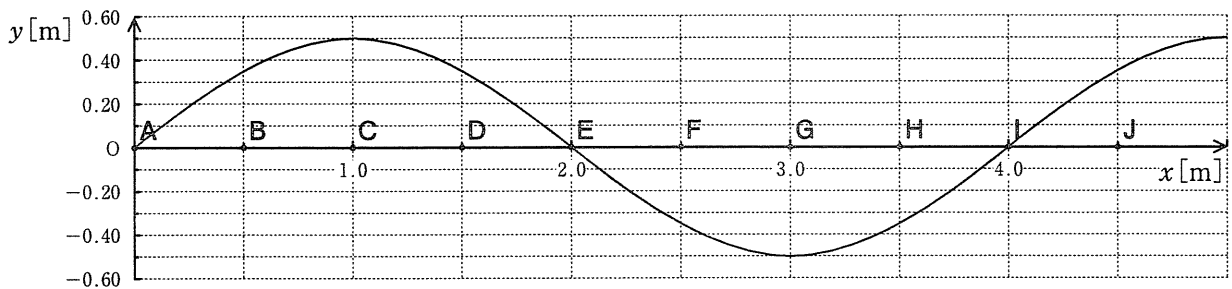


図1

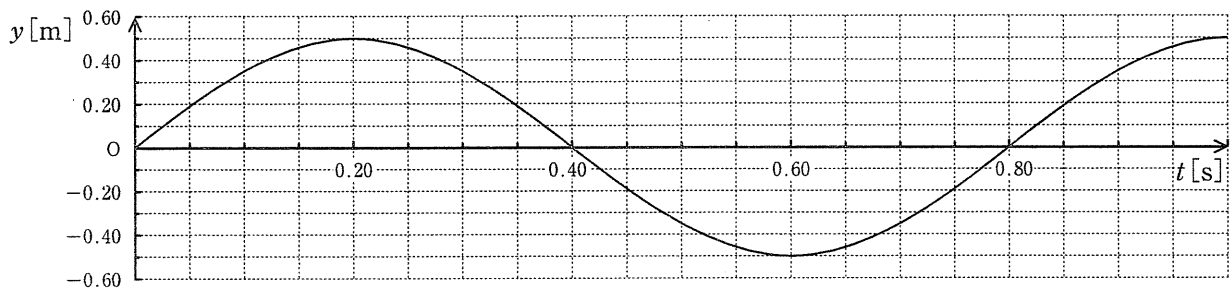


図2

問い

1. 波の波長 λ [m] を求めなさい。
2. 波の周期 T [s] を求めなさい。
3. 波の進む速さ v [m/s] を求めなさい。

4. 図1に示した波は縦波なので、 x 軸上の各位置での媒質の変位は常に x 軸方向である。時刻 $t = 0$ sの瞬間、点Aから点Jの各位置の媒質の変位先は x 軸上のどこにあるだろうか。解答用紙のグラフに示した点Bの解答例に従って補助線を破線(-----)で描き、点C、点D、点F、点G、点H、点Jの変位先を解答欄のグラフにそれぞれ黒丸(●)で示しなさい。
5. 図1において、媒質の密度が最大となる位置は点Aから点Jまでの中のどれか、アルファベット(A～J)で答えなさい。
6. 図1において、媒質の速さが x 軸の正の向きに最大となる位置は点Aから点Jまでの中のどれか、アルファベット(A～J)で答えなさい。
7. 問6で答えた位置での媒質の速さを2つの図から読み取り、以下の(a)～(h)の中から最も近いものを記号で答えなさい。
- (a) 0.20 m/s (b) 0.40 m/s (c) 0.45 m/s (d) 0.50 m/s
(e) 2.0 m/s (f) 4.0 m/s (g) 4.5 m/s (h) 5.0 m/s
8. 図2で媒質の密度が最大となる時刻はいつか、 $0 \text{ s} \leq t \leq 1.00 \text{ s}$ の範囲で答えなさい。
9. 媒質が図2に示すような変化をするのは点Aから点Jまでの中のどれか、アルファベット(A～J)で答えなさい。

(計算用紙) 計算用紙

(計算用紙)

(設問は次のページにつづく)