

'13

前期日程



理 科 問 題

(教育学部)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題に落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には、申し出てください。
3. 答案用紙の受験番号欄 の中に受験番号を、必ず記入してください。
4. 『物理Ⅰ・物理Ⅱ，化学Ⅰ・化学Ⅱ，生物Ⅰ・生物Ⅱ，地学Ⅰ・地学Ⅱ』の中から
1科目を選択して解答してください。
5. 答案用紙の科目欄 の中に、選択した科目名を必ず記入してください。
6. 時間は60分です。
7. 答案用紙は持ち帰ってはいけません。
8. 問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

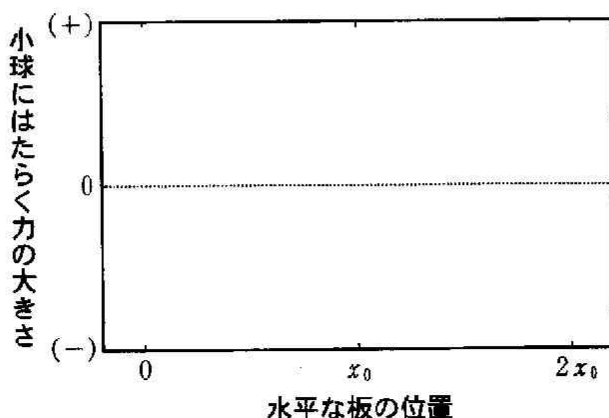
◇M7(707-35)

物理 I ・ 物理 II

次の三つの問題①, ②, ③の解答を, 一枚の答案用紙に問題番号を付けて記入しなさい。なお, 答案用紙には解答の途中経過や理由も記入すること。必要ならば, 図を用いてもよい。

① ばね定数 k (N/m) の軽いばねの上端を天井につるし, 下端に大きさの無視できる質量 m (kg) の小球を付けた。次の問いに答えなさい。なお, 位置 x (m) は, 鉛直下向きを正とし, ばねが自然の長さのときの小球の位置を原点として測った距離で表す。つりあい状態の小球の位置は x_0 (m) であり, 重力加速度を g (m/s²) とする。

- (1) 小球をつりあいの位置 x_0 から鉛直上向きに移動させてから静かに放した。小球の加速度を a (m/s²) として運動方程式を示しなさい。
- (2) 次に, 位置 0 m のところで小球を水平な板で下から支え, そのままゆっくりと水平な板を位置 $2x_0$ まで降ろした。
 - (a) この過程では, いくつかの力が小球にはたらく。それらをすべて答えなさい。
 - (b) 上記(a)のそれぞれの力は水平な板の位置によってどのように変化するか, 次ページの図を参考にしてグラフを描きなさい。横軸はその図と同じにして, 縦軸には必要に応じて目盛を記すこと。
- (3) 上記(1)において小球を位置 0 m で放したとしよう。その場合と上記(2)の場合とを比較すると, つりあいの位置 x_0 での力学的エネルギーが異なる。その理由を説明しなさい。



2 電気に関する次の問いに答えなさい。

- (1) 真空中に2つの電荷AとBが5.0 m離れて固定されている。Aは正電荷で 9.0×10^{-9} C、Bは負電荷で -1.6×10^{-8} Cである。これについて次の問いに答えなさい。必要に応じて図を使ってもよい。ただし、クーロンの法則における真空中の比例定数は $k_0 = 9.0 \times 10^9$ N・m²/C²とする。
- (a) AとBを結ぶ直線の延長上で、電場の強さが0になる位置はAからどちら向きに何mのところにあるかを求めなさい。
- (b) Aから3.0 mかつBから4.0 m離れた点Pにおける電場の大きさ E [V/m]と向きを求めなさい。向きについては線分PBとなす角度で答えなさい。
- (2) 電流の大きさは単位時間に導線の断面を通過する電気量とされている。実際には、電流の向きとは反対に、多くの自由電子(負電荷 -1.6×10^{-19} C)が導線内部を移動している。これについて次の問いに答えなさい。
- (a) 断面積 1.0×10^{-6} m²の導線に1.2 Aの電流が流れている。このときの自由電子の平均移動速度の大きさが 3.0×10^{-4} m/sであるとして、導線内部の自由電子の1.0 m³当たりの個数を求めなさい。
- (b) 上記(a)で述べた自由電子の平均移動速度の大きさは非常に小さい。一方で、理科の実験で電気回路のスイッチを入れると、豆電球が瞬間的に点灯する。この違いはどのように考えたらよいか、簡潔に述べなさい。
- (3) コンデンサーを充電するには、極板間の電位差に逆らって電荷を運ばなければならない。それに要した仕事が静電エネルギーとしてコンデンサーにたくわえられる。いま、 V [V]に充電されて電気量 Q [C]をたくわえたコンデンサーがある。このコンデンサーにたくわえられている静電エネルギーは $\frac{1}{2} QV$ であることを説明しなさい。

3 質量 M [kg] の惑星のまわりを2つの人工衛星 A と B が、この惑星の万有引力だけを受けて同じ軌道面上を等速円運動している。どちらの人工衛星にも一定の振動数 f_0 [Hz] の電波を放つ発信器が積まれており、電波は光速 c [m/s] で伝わっていく。観測者に対して発信器が近づく(または遠ざかる)とき、電波の振動数には音の場合と同じようにドップラー効果の式が適用できる。また、人工衛星の電波を観測する宇宙船は、人工衛星の軌道面上の遠く離れた位置にあって、惑星に対して静止している。次の問いに答えなさい。ただし、万有引力定数を G [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$] とする。

- (1) 人工衛星がこの惑星のまわりを半径 r [m]、周期 T [s] で等速円運動しているとき、関係式 $\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$ が成り立つことを示しなさい。
- (2) 事前の実験で、一定の速さ v [m/s] で近づく発信器(振動数 f_0) の電波を観測したところ、測定された振動数は f [Hz] であった。振動数の比 $\frac{f_0}{f}$ を発信器の速さ v と光速 c で表しなさい。ただし、発信器から観測者に向かう向きを正とする。
- (3) 人工衛星 A の電波を宇宙船で観測したところ、測定された振動数 f は周期的に変化していた。次ページの図 1 は、時間を横軸、振動数の比 $\frac{f_0}{f}$ を縦軸(上方ほど値が大きい)として、その様子を表したグラフである。しかし実際には、宇宙船から見て人工衛星が惑星の背後に隠れるときに(次ページの図 2)、人工衛星からの電波が一時的に途絶える。これが起きるのは、図 1 のグラフの横軸の a~d のどのときか、理由を示して答えなさい。
- (4) 次に、人工衛星 B の電波を宇宙船で観測したところ、測定された振動数は、図 1 と同じように周期的に変化していた。しかし、その振動数の比 $\frac{f_0}{f}$ の変化の幅は人工衛星 A の 2 倍であることがわかった。人工衛星 B の円運動の半径、角速度、周期はそれぞれ人工衛星 A の何倍になるかを導きなさい。

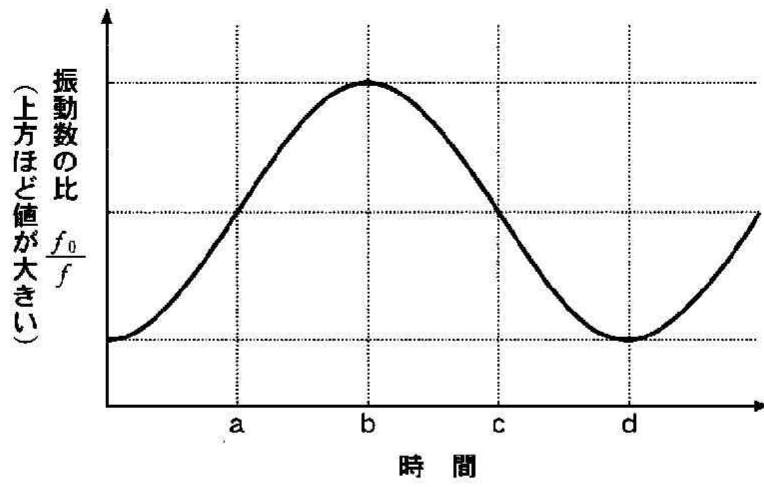


図 1

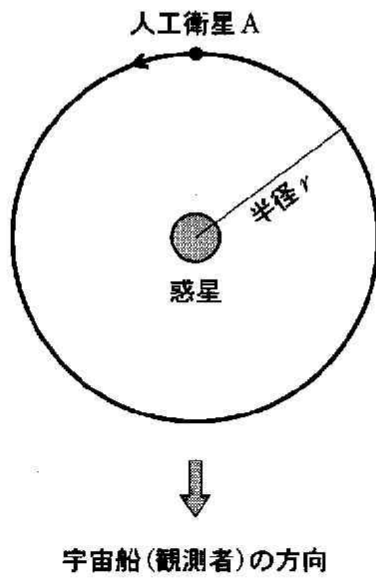


図 2