

平成 21 年 度

理 科

2 科目選択 時間 120 分

問 題 物 理 ページ：1～2

化 学 ページ：3～4

生 物 ページ：5～6

解答用紙 物理, 化学, 生物 各 1 枚

- 注 意
1. この中には上記の物が入っている。試験開始後確認すること。
 2. 3 科目すべての解答用紙に受験番号を記入すること。
 3. 出願のときの選択に従って 2 科目について解答すること。
 4. 試験終了時に、3 科目すべての解答用紙を回収する。

物 理 (全2の1)

1 図1のように、質量 m [kg] の小球を長さ L [m] の軽い糸で、電車の天井の点 O からつるした。重力加速度の大きさを g [m/s²] として、次の問いに答えなさい。国際単位系 (SI) による簡潔な形の単位を解答欄の [] 内に記入すること。

I] 電車が静止しているとき、

問 1 小球を最下点 P から点 Q まで糸がたるまないように持ち上げた。点 P を基準として、重力による小球の位置エネルギーを求めよ。ただし、 $\angle POQ = \alpha$ [rad] である。

点 Q から小球を静かに放したところ、鉛直面内で振り子の運動をした。点 P での糸の張力はいくらか。また、このときの小球の加速度の大きさはいくらか。

問 2 同様に点 R まで小球を持ち上げて放したところ、振れの角 $\angle POR = \beta$ [rad] が十分に小さく、小球は単振り子の単振動をした。周期はいくらか。

糸と鉛直線 OP とのなす角を θ [rad] として、変位 θL を時刻 t [s] の sin 関数で表せ。ただし、小球が点 R で運動し始めた時刻を $t = 0$ s とする。

II] 電車が水平なレールの上を等加速度直線運動をしているとき、

問 3 図2のように、小球は点 S を中心として、単振り子の単振動した。糸と鉛直線 OP とのなす角度 $\angle POS$ は ϕ [rad] であった。小球に働く慣性力の大きさを求めよ。また、電車が時刻 $t = 0$ s にスタートしてから時刻 t_0 [s] までの電車の走行距離を求めよ。

点 S から右向きを正方向とし、小球が点 S から円弧に沿って正方向に距離 d [m] 変位した位置を点 T とする。点 T で、小球に働く接線方向の力 F の大きさを求めよ。また、この単振り子の周期を求めよ。ただし、 $L \gg d$ とする。

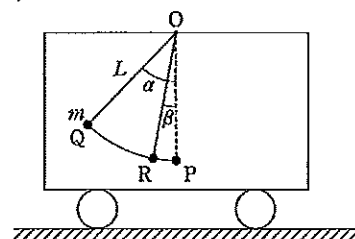


図 1

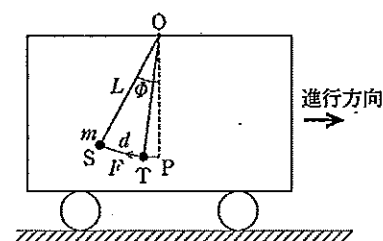


図 2

2 以下の文章中の [] 内に適切な言葉、記号等を記入し、文章を完成させなさい。①, ②, ④, ⑧, ⑩, ⑪, ⑰では適切な語を [] 内から選び、他の数値については有効数字 2 桁で解答し、解答欄に記入しなさい。また、必要な単位は国際単位系 (SI) を使い、解答欄 [] 内に記入すること。

空気中を伝わる音は ① ; たて、横) 波である。15℃ においてその速さは ② ; 340, 1500, 6420) であるので、振動数 220 Hz の音の波長は ③) である。

水温 25℃ の水中での音速は ④ ; 340, 1500, 6420) であるので、波長 7.5×10^{-4} m の音の振動数は ⑤) である。

静止する観測者に向かって秒速 10 m/s で運動する車から発せられる振動数 550 Hz の音は、⑥) 効果のため、この観測者には振動数 ⑦) の音として観測される。

空気中を伝播する光は ⑧ ; たて、横) 波であり、その速度はおおよそ ⑨) である。波長 ⑩ ; 430, 550, 700) ⑪ ; km, mm, nm) の赤色の光の振動数は ⑫) となる。

格子定数 d [m] の回折格子では、格子面に垂直に入射した波長 λ [m] の光が直進から角度 θ [rad] だけふれた方向で明線となって観測される。これらの量の間になり立つ関係を示すと、⑬) となる。1.0 cm に 500 本のみぞの掘られた回折格子の格子定数は ⑭) であり、この回折格子に上記の赤色の光を垂直に入射すると、直進からふれた方向で初めて明線が観測されるのは、ふれの角度が ⑮) rad の時である。ただし θ [rad] $\ll 1$ のとき $\sin \theta \approx \theta$ なる関係を用いた。

この赤色の光が、空気に対する相対屈折率 1.41 の液体中へ、空気中より入射角 45° で入射すると、屈折角は ⑯) ° である。また、この赤色の光がこの液体中から空気中へ進むとき、臨界角は 60° より ⑰ ; 大き、小さ) く、おおよそ ⑱) ° と求められる。

物 理 (全2の2)

3 図3のような磁場中で運動する電子について以下の問いに答えなさい。電子の質量を m [kg]、電荷を $-e$ [C] とする。解答に当たっては必要な単位を解答欄の [] 内に、国際単位系 (SI) を用いて記入しなさい。

電子を加速電源の電位差の中を運動させて、速さを初速 0 より v [m/s] に加速した。

問 1 加速電源の電位差の大きさを求めよ。

ドーナツ状に存在する磁場は磁束密度 B [Wb/m²] をもち、磁場方向をドーナツを含む面とは垂直の方向に有する。この円周に接する方向から、上記の加速した電子を入射したところ、半径 R [m] の円軌道を描いて運動した。

問 2 円運動をする理由を述べよ。

問 3 半径 R を求めよ。

次に図4のように、円軌道内側に、短い時間 Δt [s] の間に磁束を $\Delta\phi$ [Wb] だけ、上記磁場と平行に増加させた。この磁束変化により、軌道に誘導起電力が生じる。これは軌道に誘導電場(電界)をもたらす、その大きさは円周に沿って1周したときの電位差が誘導起電力の大きさに等しいと考える。

問 4 誘導起電力、誘導電場の大きさを求めなさい。

誘導電場によって電子は加速され、運動量は Δp だけ増加した。このとき同時に電子の運動する軌道上の磁束密度 B も、 Δt [s] 間で ΔB [Wb/m²] だけ変化させた。この結果、加速された電子は同じ半径 R の円軌道上を円運動した。 ΔB の増加による誘導起電力は無視できるとする。このように誘導電場を利用して電子を加速することができる。

問 5 電子が誘導電場から受ける力の大きさを求めなさい。力積を考え、増加した運動量 Δp の大きさを求めなさい。

問 6 電子が半径 R で運動し続けるためには軌道上の磁束密度の増加分 ΔB は $\Delta\phi$ とどのような関係で結ばれていなくてはならないか。

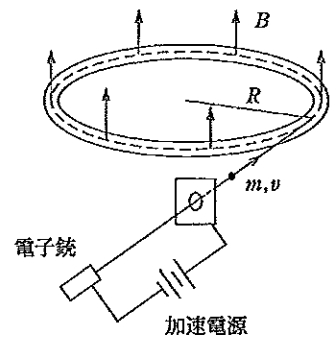


図 3

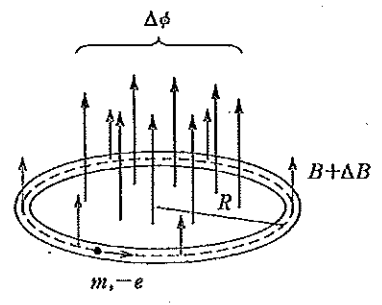


図 4