

1 図1のように、赤道上から鉛直上向きに初速度 V_0 [m/s] で、質量 M [kg] の人工衛星を打ち上げる。地球の半径を R [m]、地表での重力加速度を g [m/s²] として、以下の間に答えなさい。解答欄の中に [] があるものは、国際単位系 (SI) による簡潔な形の単位を [] の中に記入すること。

- 1) 地表における人工衛星にはたらく重力の大きさはいくらか。
 - 2) 地表から高さ H [m] の点 P で人工衛星の速度が 0 [m/s] になった。無限遠を万有引力による位置エネルギーの基準点にとったとき、点 P での人工衛星の位置エネルギーはいくらか。また、初速度 V_0 [m/s] はいくらか。ただし、地球の自転や空気抵抗の影響は無視できるものとする。
 - 3) 点 P で人工衛星の速度が 0 [m/s] になった瞬間、地球の中心 O と点 P を結ぶ直線に対して直角な方向の速度を人工衛星に与えたら、人工衛星は O を中心として赤道上空を等速円運動をした。人工衛星の速さ V [m/s] はいくらか。
 - 4) 次に、人工衛星を赤道上空を回る静止衛星にする。地球が角速度 ω [rad/s] で自転しているとしたとき、人工衛星の地表からの高さ H [m] がいくらであればよいか。
- 図 11 のように、この人工衛星から質量 m [kg] の探査機を人工衛星の軌道の接線方向に放出した。発射直後の探査機の速さは $V + U$ [m/s] であった。
- 5) 発射直後の人工衛星の速さを V' [m/s] として、発射前後の運動量保存則を示し、速さ V' を V , M , m , U を用いて表しなさい。
 - 6) 探査機が地球の引力圏から脱出するために必要な U の最小値を V で表しなさい。

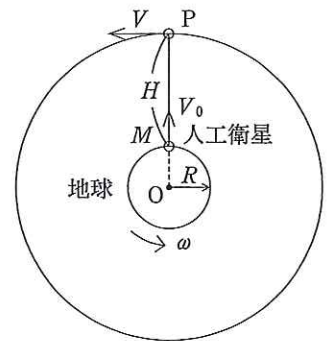
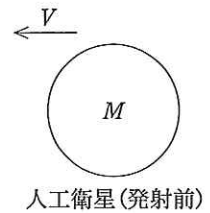
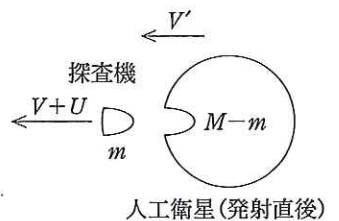


図 1



人工衛星(発射前)



人工衛星(発射直後)

図 11

2 図2のような温度計、攪拌棒とヒーターからなり、外部との熱の出入りが無視できる熱量計を用いて、液体や固体(金属)の比熱を測定した。以下の間に答えなさい。必要な単位は国際単位系 (SI) を使い、解答欄 [] に簡潔な形で記入しなさい。有効数字は3桁とする。

- A) あらかじめ液体 W を 100 g だけ熱量計に入れ、充分時間の経過した後、温度を測定したところ 20.0 °C であった。これに 50.0 °C の液体 W 150 g を加え、静かに攪拌したところ、温度計は 37.0 °C を示した。熱量計の熱容量はこの液体 W の何 g に相当するか。
- B) 図2の熱量計に液体 W 150 g を入れ、しばらく放置した後温度を測定したところ 25.0 °C であった。ヒーターに 2.00 V の電圧をかけたところ、ヒーターに流れる電流は 3.00 A であった。静かに攪拌しながら、5.00 分間電流を流し続けたところ、温度計は 28.0 °C を示していた。ヒーターの電気抵抗の大きさはいくらか。電源からヒーターに供給された電力はいくらか。ヒーターから発生した熱は一般に何と呼ばれているか。発熱量はいくらか。液体 W の比熱を求めなさい。
- C) 電気炉を用いて、150 g の金属球を 85.0 °C にまで熱した。この金属球を手早く、図2の熱量計に入れた。熱量計にはあらかじめ 25.0 °C の液体 W 200 g が入れてあったが、金属を入れて静かに攪拌した結果、全体の温度が 29.0 °C となった。金属の熱容量および比熱はいくらか。

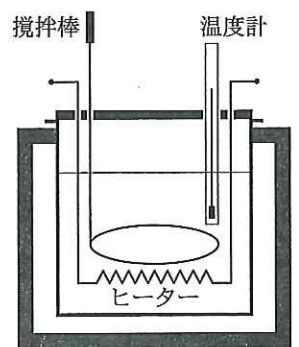


図 2

3 図3のように、起電力 E の電池、スイッチ S 、抵抗値 R の抵抗が水平面上に導線 $WXYZ$ で結ばれている。重さの無視できる長さ L の導体棒 PQ はこの上を、両端を導線に接しながら滑らかにすべることが出来る。これらは上向きで磁束密度 B の磁界中に置かれている。導体棒 PQ の中央には重さの無視できる糸が付けられ、滑車を介して質量 M のおもりが下げられている。回路を流れる電流による磁界は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g として、以下の間に答えなさい。物理量はすべて国際単位系 (SI) を用いたものとし、解答に際しては単位を簡潔な形で解答欄の [] 内に記入すること。

- 1) はじめ、導体棒 PQ が運動しないように力を加えて支え、スイッチ S を閉じた。回路を流れる電流の大きさを求めなさい。導体棒 PQ を支える力を静かに取り除いたところ、おもりは落下し始めた。
- 2) 導体棒 PQ の移動速さが v となったとき、導体棒に発生する誘導起電力により、高電位となるのは P 、 Q どちらか。誘導起電力の大きさを答えなさい。回路に流れる電流、および導体棒 PQ が磁界から受ける力の大きさはいくらか。また、おもりの加速度の大きさはいくらか。
- 3) 十分に時間の経過したとき、導体棒 PQ の速さは一定となった。この速さはいくらか。このとき、抵抗で発生する熱の単位時間当たりの値、おもりが単位時間に失う位置エネルギーの大きさを求めなさい。

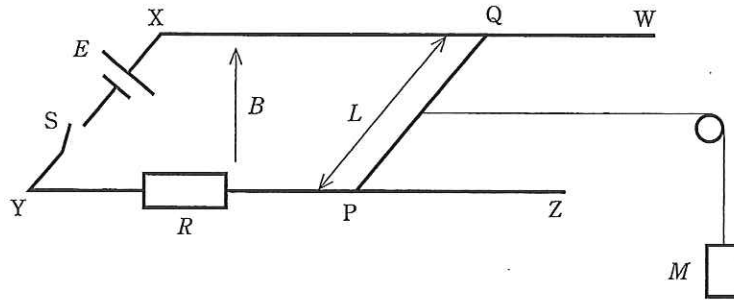


図 3