金沢医科大学

2025 年度　一般選抜　物理

（2 科目　90 分）

以下の問題に答えなさい。解答欄には問題の指示に従い，数字または符号をマークしなさい。

〔解答番号 1 〜 49 〕

1 光は電磁波と呼ばれる波の一種であり，ドップラー効果が観測される。同一直線上を相対速度 v で運動する光源と観測者を考える。ここで，v は光源と観測者が遠ざかるときを正，近づくときを負とする。光源から振動数 f で放射された光は，ドップラー効果により f とは異なる振動数 f' で観測者に測定される。v の大きさが光の速さ c に比べて十分に小さい場合，$f' - f \fallingdotseq -\dfrac{v}{c}f$ ……(A) と近似できる。ドップラー効果による光の振動数の変化は近似式（A）で計算するものとして，以下の文章中の解答欄 1 〜 27 を埋めなさい。解答欄 14 〜 19 は解答群から選択し，残りの解答欄には当てはまる数字をマークしなさい。数値を計算する際には，円周率を 3.14，光の速さを $c = 3.00 \times 10^8\,\mathrm{m/s}$，万有引力定数を $6.67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N{\cdot}m^2/kg^2}$ とし，結果は有効数字 2 桁として解答すること。

図 1 のように，質量 m の天体 P が質量 $M(m < M)$ の天体 Q のまわりを速さ V，角速度 ω，半径 r で等速円運動している。P は振動数 f の光を全方向へ等しく放射しているものとする。円運動と同一平面上の十分遠方にいる観測者 O（図には示していない）がこの光を観測したところ，光の振動数に周期的な変動が見られた。変動の周期は $3.14 \times 10^4\,\mathrm{s}$，変動幅（観測される光の振動数の最大値と最小値の差）は f の 2.4×10^{-3} 倍であった。ここで，r に比べて P，Q の半径は十分小さく，その大きさや形の影響は無視できるものとする。

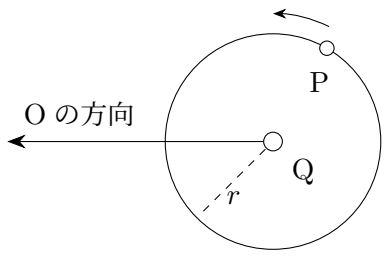


図 1

(1)　Q から見て O は静止していると仮定し，観測された光の振動数の変動周期と変動幅から求め

られる ω，V，r，M の値をそれぞれ ω_1，V_1，r_1，M_1 とすると，$\omega_1 =$ 1.2 $\times 10^{-3}$ rad/s，$V_1 =$ 4.5 $\times 10^{6}$ m/s，$r_1 =$ 7.8 $\times 10^{9}$ m，$M_1 =$ 10.11 $\times 10^{12\,|\,13}$ kg と求められる。

(2) Q から見て O は一定の速さ v_0（v_0 は c に比べて十分に小さい）で遠ざかっていると仮定した場合に，観測された光の振動数の変動周期と変動幅から求めた r と M の幅をそれぞれ r_2，M_2 とする。c，v_0，および，(1) で求めた V_1，r_1，M_1 の中から必要なものを用いると，r_2 と M_2 はそれぞれ以下の式で表される。

$$r_2 = \left(1 + \frac{\boxed{14}}{\boxed{15}}\right)^{\boxed{16}} \times r_1 \qquad M_2 = \left(1 + \frac{\boxed{17}}{\boxed{18}}\right)^{\boxed{19}} \times M_1$$

次に，図 2 のように，質量 m' の天体 P′ と質量 $M'(m' < M')$ の天体 Q′ が，P′ と Q′ の重心 C のまわりを同じ周期で等速円運動する場合を考える。ただし，C，O，P′，Q′ は常に同一平面上にあり，C から見て O は静止しているとする。また，P′ と Q′ は同じ振動数 f の光を全方向へ等しく放射しているものとする。これらの光を O が観測すると，光の振動数に異なる変動幅をもつ二つの周期的変動が見られた。変動の周期はともに 3.14×10^4 s，変動幅はそれぞれ f の 3.6×10^{-3} 倍，1.2×10^{-3} 倍であった。

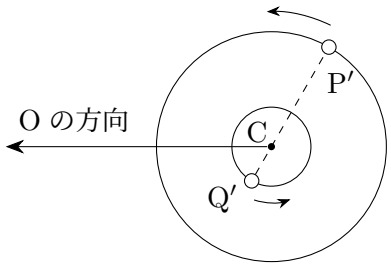


図 2

(3) このとき，P′ と Q′ の質量は $m' =$ 20.21 $\times 10^{22\,|\,23}$ kg，$M' =$ 24.25 $\times 10^{26\,|\,27}$ kg と求められる。

ここで，P′Q′ 間の距離に比べて P′，Q′ の半径は十分小さく，その大きさや形の影響は無視できるものとする。

14，15，17，18 の解答群

① c　② V_1　③ v_0

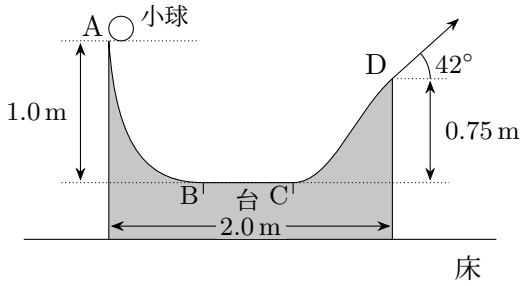
④ $V_1 + v_0$　⑤ $V_1 - v_0$

16，19 の解答群

① $\frac{1}{2}$　② 1　③ 2　④ 3

⑤ $-\frac{1}{2}$　⑥ -1　⑦ -2　⑧ -3

2 右図のような形をした質量 9.0 kg の台が水平な床の上に置かれている。質量 1.0 kg の小球を点 A から静かにはなした。小球は高さ 1.0 m 下の点 B まで曲面 AB をすべり降り，水平面 BC をすべり，点 C から高さ 0.75 m 上の点 D まで曲面 CD に沿って昇り，点 D から飛び出した。曲面 CD の点 D における接線と台の水平方向のなす角は 42°，AD 間の水平方向の距離は 2.0 m である。小球と台，台と床の間の摩擦は無視できるものとする。以下の問いに答えなさい。ただし水平方向右向きを正とする。数値を計算する際には，重力加速度の大きさを $9.8\,\mathrm{m/s^2}$，$\tan 42^\circ = 0.90$，$\sqrt{190} = 14$ として，結果は有効数字 2 桁として解答すること。



(1) 小球が点 B を通過したとき，床上で静止している観測者から見た小球の速度 v_B と台の速度 V_B を求めなさい。

解答欄 28，31 は符号（+ または −）を選択しなさい。

$v_\mathrm{B} =$ 28 29 . 30 m/s　　$V_\mathrm{B} =$ 31 32 . 33 $\times 10^{-34}$ m/s

(2) 小球が点 D に達したとき，床に対して小球が動いた水平方向の変位 l と床に対して台が動いた水平方向の変位 L を求めなさい。解答欄 35，38 は符号（+ または −）を選択しなさい。

$l =$ 35 36 . 37 m　　$L =$ 38 39 . 40 $\times 10^{-41}$ m

(3) 小球が点 D から飛び出したとき，床上で静止している観測者から見た小球の速度の水平成分 v_x の大きさと垂直成分 v_y の大きさを求めなさい。またこのとき，床上で静止している観測者から見た台の速度 V_D を求めなさい。解答欄 46 は符号（+ または −）を選択しなさい。

$v_x =$ 42 . 43 m/s　　$v_y =$ 44 . 45 m/s

$V_\mathrm{D} =$ 46 47 . 48 $\times 10^{-49}$ m/s