

学籍番号

氏名

得点

重力加速度の大きさを g として、必要なら 9.80m/s^2 を代入せよ。

Q1 いくつか、太陽系における重要な定数を求めてみよう。

(1) 万有引力定数が $6.67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$ 、地表の重力加速度が 9.80m/s^2 であることを利用して、地球の質量を計算しなさい。なお、地球の半径は $6.37 \times 10^6 \text{m}$ とする(10)。

※地球を、質量がその中心にある質点と近似して良いことは重要でよく知られた事実。

地上の、質量 1kg の物体に働く万有引力は $F = G \frac{M_e}{R^2} = 9.80\text{N}$ である。これを M_e について解き、地球の半径を計算して代入する。答は $5.96 \times 10^{24} \text{kg}$ 。教科書のデータで確認のこと。

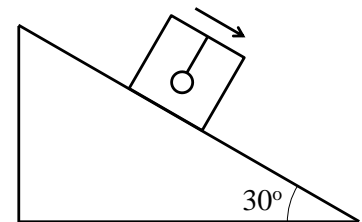
(2) 地球と太陽の間に働く万有引力の大きさを求めよ。ここで、地球の公転周期(1年)は $3.16 \times 10^7 \text{s}$ 、地球は円運動していて、軌道半径は $1.5 \times 10^{11} \text{m}$ とする(10)。

向心力の公式、 $F_r = M_e \frac{v^2}{r}$ を使う。問で与えられた量を直接使うために、これを $F_r = M_e r \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$ と変形しておくが良い。値を代入し、 $F_r = 3.5 \times 10^{22} \text{N}$

(3) 太陽の質量を求めよ(10)。

再び万有引力の法則を使う。 $F_r = G \frac{M_s M_e}{r^2} = 3.5 \times 10^{22} \text{N}$ 。解いて、 $M_s = 2.0 \times 10^{30} \text{kg}$ 。

Q2: 図のように、摩擦のない角度 30° の斜面を、箱が一定の加速度で滑り降りている。箱の中には天井から吊るされた質量 m のおもりがある。

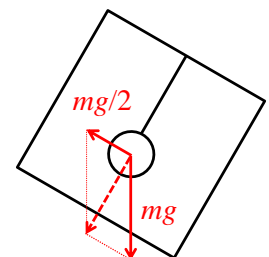


(1) 箱の加速度の大きさを求めよ(10)。

重力の斜面成分が箱を加速させる。 $a = \frac{g}{2}$ 。

(2) 箱の中で、おもりが静止していたとする。おもりの鉛直線に対する角度を求めよ(10)。

箱の中の観測者には、重力と加速度に由来する慣性力が見えている。ベクトル的に足した方向がおもりに対する「下」になる。図のように、これは斜面に対して垂直な方向で、鉛直線に対する角度は 30° 。

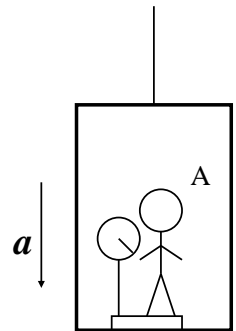


(3) ひもの張力を求めよ(10).

箱の中の観測者が感じる擬似重力は図より $mg' = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$ である. したがって張力も $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$.

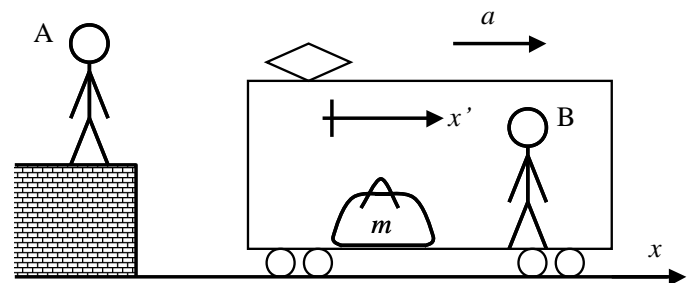
Q3: 下向きの加速度 a で運動するエレベーターがある. A が, 地上で体重計を使って測ると $m[\text{kg}]$ であった. エレベーターの中で同じ体重計が指す数値 $[\text{kg}]$ を答えよ(10).

慣性力は, 質量を持った物体全てに平等に作用する. 一方, 体重計の原理は, 「乗せられた物体が床に及ぼす重力」を計測するものである. 慣性力により, A が床に及ぼす力は $mg - ma$ となる. 元々の重力は $mg[\text{N}]$ で, このとき体重計は「 $m[\text{kg}]$ 」



を指すから, $mg - ma$ なる重力がかかったときの体重計の指針はこれを g で割って $m \frac{g - a}{g}$.

Q4: 図のように, 電車内の水平な床面に質量 m の鞆が置かれている. 列車が右向きに加速度 a で等加速度運動を始めたところ, 鞆が床の上を滑りだした. 列車の外の観測者を A, 列車の中の観測者を B とする. 静止摩擦係数を μ_s , 動摩擦係数を μ_k として以下の間に答えよ.



(1) A の立場(x 系)で見て, 鞆は左右どちらに動いているか. 理由とともに答えなさい(10).

左 : 右 : どちらも言えない

なぜなら x 系では水平方向の力は摩擦力以外には存在せず, 摩擦力は B の立場(x' 系)で右向きであることは明らかだから. ※慣性力以外の力の向きや大きさが見るものの立場によって変わることは無い

(2) B の立場(x' 系)で見た鞆の加速度を, 符号も含めて答えなさい(10).

x' 系で素直に運動方程式を立てる.

$$m \frac{d^2 x'}{dt^2} = \mu_k mg - ma \quad \text{加速度: } \frac{d^2 x'}{dt^2} = \mu_k g - a$$

(3) 鞆が滑り出さない様な, 列車の最大の加速度を求めよ(10).

鞆を x' 系で後方に押しやる力 F_a は ma で一定. 最大静止摩擦力は

$$F_{s\max} = \mu_s mg = ma_{\max}$$

$$a_{\max} = \mu_s g$$