

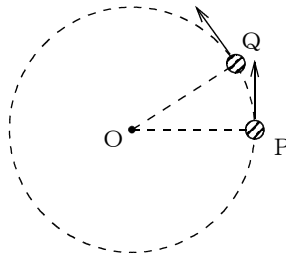
物理のこれだけはできないと「やばい」問題集

No.10

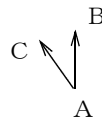
円運動・慣性力編
アツリヲキクヲ

1 次の文章を読み、空欄イ〜ルに適切な式・語句を入れよ。また、後の問にも答えよ。

(図1)のような質量 m [kg]の物体が点Oを中心とした半径 r [m]の軌道上を角速度 ω [rad/s]で等速円運動をしている。時刻 0 [s]に点Pを出発し、時刻 t [s]には点Qに到達した。 $\angle POQ =$ (イ)となるので、弧PQの長さは(ロ)と求まり円運動の速さは(ハ) [m/s]と求まる。また、点P、Qでの速度ベクトルの始点をそろえ(図2)のように、点A、B、Cを置くと、速度変化を表すベクトルは辺BCであり、 $\angle BAC =$ (ニ)となること、また、 t が限りなく小さいとき辺BC \approx 弧BC $=$ (ホ)となることから、円運動の加速度の大きさが(ヘ)と求まる。これと運動方程式より、物体に働く力は(ト)と求まる。また、円運動の速度と加速度はそれぞれ円軌道の(チ)方向と(リ)方向となっている。この運動の周期は、角速度 ω で円を1周することから(ヌ)となり、回転数は(ル)となる。



(図1)



(図2)

- (1) 周期の定義を答えよ。
- (2) 回転数の定義を答えよ。
- (3) 周期を T 、回転数を n として、 T と n の関係式を求めよ。
- (4) 円運動の加速度を v 、 r 、 ω 等を使って3通りで表せ。

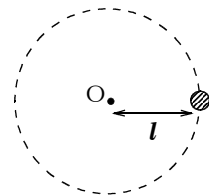
2 次の文章を読み、各物理量を求めよ。

- (1) 角速度 π [rad/s]で等速円運動している物体の周期。
- (2) 角速度 π [rad/s]で等速円運動している物体の回転数。
- (3) 周期 2 [s]で等速円運動している物体の角速度。
- (4) 周期 2 [s]で等速円運動している物体の回転数。
- (5) 回転数 0.25 [Hz]で等速円運動している物体の周期。
- (6) 回転数 0.25 [Hz]で等速円運動している物体の角速度。
- (7) 半径 2.0 [m]、角速度 2.0 [rad/s]で等速円運動している物体の速さとその向き。
- (8) 半径 2.0 [m]、速さ 2.0 [m/s]で等速円運動している物体の加速度とその向き。
- (9) 速さ 2.0 [m/s]、角速度 2.0 [rad/s]で等速円運動している物体の加速度とその向き。
- (10) 半径 2.0 [m]、角速度 2.0 [rad/s]で等速円運動している物体の加速度とその向き。

3 次の文章を読み、各問いに答えよ。

長さ l [m]の糸の一端を点Oに固定し、他端につけた質量 m [kg]の小球を、水平面上で角速度 ω [rad/s]で等速円運動させた。

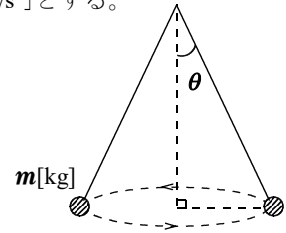
- (1) 円運動の加速度を求めよ。
- (2) 張力を S [N]として、円運動の運動方程式を立てよ。
- (3) 周期を求めよ。



4 次の文章を読み、各問いに答えよ。

長さ l [m] の糸の上端を固定し、下端につるした質量 m [kg] の小球を、水平に等速円運動させる（円錐振り子）。糸が鉛直方向と θ [rad] の角をなしている。ただし、重力加速度を g [m/s²] とする。

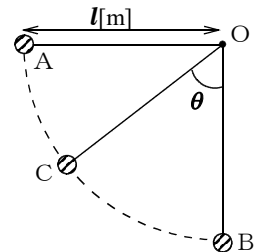
- (1) 張力の大きさを求めよ。
- (2) 物体に働く力の水平成分（向心力）を求めよ。
- (3) 角速度を ω [rad/s] として、円運動の運動方程式を立てよ。
- (4) 等速円運動の角速度を求めよ。
- (5) 周期を求めよ。



5 次の文章を読み、各問いに答えよ。

長さ l [m] の糸の一端に質量 m [kg] の物体をつなぎ、他端は点 O に固定した。糸が水平となる位置まで物体を持ち上げ（点 A）静かに離したところ、最下点 B を通過した。ただし、重力加速度を g [m/s²] とする。

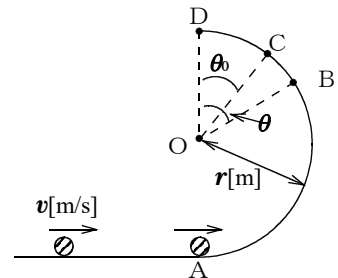
- (1) 最下点 B を通過したときの物体の速さを求めよ。
- (2) 物体が最下点 B を通過するときの張力の大きさを求めよ。
- (3) 糸が鉛直方向から θ の角をなすとき（点 C）の物体の速さを求めよ。
- (4) 物体が点 A にあるときの張力の大きさを求めよ。
- (5) 物体が点 C を通過するときの張力の大きさを求めよ。



6 次の文章を読み、各問いに答えよ。

図のように、半径 r [m] のなめらかな半円筒の最下点 A に置いた質量 m [kg] の物体に水平方向の初速度 v [m/s] を与えた。物体は半円筒内の点 B を通過し、点 C に来たときに物体は半円筒から離れた。ただし、半円筒の中心を O、最高点を D とすると $\angle DOB = \theta$ 、 $\angle DOC = \theta_0$ となる。また、重力加速度を g [m/s²] とする。

- (1) 物体が点 B を通過するときの速さを求めよ。
- (2) 物体が点 B を通過するときの加速度の向心成分を求めよ。
- (3) 物体が点 B を通過するとき、BO 方向について運動方程式を立てよ。
ただし、垂直抗力の大きさを N とする。
- (4) 点 B を通過するときの物体が面から受ける垂直抗力を求めよ。
- (5) 点 C で物体が面から離れることから $\cos \theta_0$ を求めよ。



7 次の文章を読み、各物理量を求めよ。ただし、物体の質量は m [kg] とする。

- (1) 加速度 a [m/s²] で運動している観測者から見た静止している物体に働く慣性力。
- (2) 半径 r [m]、角速度 ω [rad/s] で等速円運動している観測者から見た動く物体に働く慣性力。
- (3) 半径 r [m]、速さ v [m/s] で等速円運動している観測者から見た動く物体に働く慣性力。
- (4) 速さ v [m/s]、角速度 ω [rad/s] で等速円運動している観測者から見た動く物体に働く慣性力。

8 次の文章を読み、各問いに答えよ。

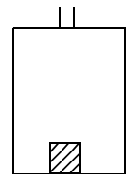
エレベーター内の床の上に質量 m [kg] の荷物を置き、エレベーターを加速度 a [m/s²] で上昇させた。このときの、荷物に働く垂直抗力 N [N] とする。ただし、重力加速度を g [m/s²] とする。

地上で静止する観測者から見た場合

- (1) 荷物に働く力を図示せよ。
- (2) 荷物について、運動方程式を立てよ。
- (3) N を求めよ。

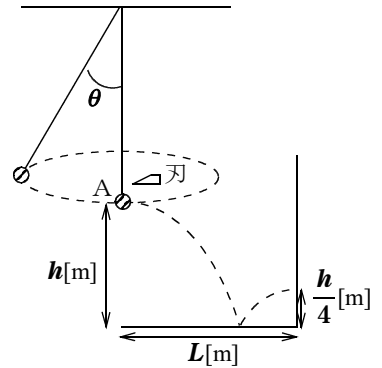
エレベーター内の観測者から見た場合

- (4) 荷物に働く力を図示せよ。
- (5) 荷物について、運動方程式あるいは力のつりあいの式を立てよ。
- (6) N を求めよ。



9 次の文章を読み、各問いに答えよ。

質量 m [kg] の物体に長さ l [m] の糸をつなぎ、他端を天井に固定した。この物体を水平方向に円運動させたとき、糸が鉛直方向となす角度は θ であった。図の点A近くに刃を置き、この場所を糸が通過したときに糸が切れるようにした。このあと、物体はこのときの速度の方向に飛び出し、 h [m] 下の地面に落下し、さらに跳ね上がり、地上からの高さが $\frac{h}{4}$ [m] の的に対して垂直に当たった。ただし、重力加速度を g [m/s²] とする。

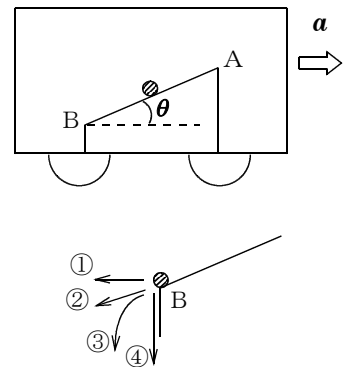


- (1) 円運動しているとき、糸の張力を求めよ。
- (2) 円運動の周期を求めよ。
- (3) 円運動の速さを求めよ。
- (4) 物体と地面とのはねかえり係数を求めよ。
- (5) 図の L を求めよ。

10 次の文章を読み、各問いに答えよ。【04弘前大改題】

図のように、水平面と θ の角度をなすなめらかな斜面 AB が、水平方向右向きに加速度 a [m/s²] で直線運動している電車内に固定されている。この斜面上に質量 m [kg] の小球を置き、これを電車内の人から観測したところ、小球は斜面 AB 上を加速度運動したという。ただし、重力加速度を g [m/s²] とする。

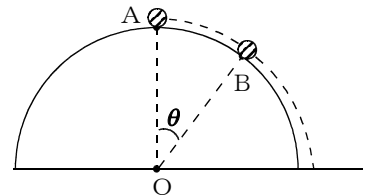
- (1) この観測者から見て、小球に働く力を図示せよ。
- (2) この観測者から見た小球の加速度を b [m/s²] として、この方向について運動方程式を立てよ。
- (3) (2) に垂直な方向について力のつりあいの式を立て、小球に働く垂直抗力の大きさを求めよ。
- (4) 小球が斜面上を等加速度運動するための電車の加速度 a の最大値を求めよ。また、このときの電車内の人から見た小球の加速度を求めよ。
- (5) (4) の加速度で小球は斜面の点 B を通過した後、電車内の人から見てどのような軌道を描いて落下するか。図中の①～④より選び答えよ。



11 次の文章を読み、各問いに答えよ。

図のような半径 R [m] のなめらかな半円柱があり、その最高点 A に質量 m [kg] の物体を置き静かに離れた。物体が点 B を通過したときに面から離れ、地面に落下した。半円柱の中心を点 O とすると、 $\angle AOB = \theta$ であり、重力加速度を g [m/s²] とする。

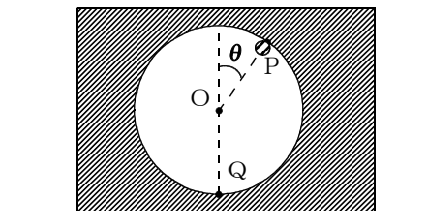
- (1) 点 B を通過する瞬間の速さを求めよ。
- (2) $\cos\theta$ の値を求めよ。
- (3) 物体が地面に衝突する直前での速さの鉛直成分を求めよ。
- (4) 地面に衝突する直前の物体の速度と地面のなす角度を α として、 $\tan\alpha$ を求めよ。



【チャレンジ問題】

12 次の文章を読み、各問いに答えよ。【08金沢大】

図のように、中が円筒形にくり抜かれたブロックが水平で粗い床の上に置かれている。くり抜かれた円筒の内面はなめらかで、その最下点Qから、小球が内面にそって上昇し、内面中の点Pを速さ v [m/s] で通過する。ただし、ブロックの質量を M [kg]、小球の質量を m [kg]、円筒の半径を r [m]、重力加速度を g [m/s²]、点Pと中心Oを結ぶ線分Pが鉛直線となす角を θ [rad] とする。また、小球の運動は同一鉛直面内に限り、ブロックは静止したままとする。



- (1) 小球の最下点Qでの速さを求めよ。
- (2) 点Pにおいて、小球が生じている、中心Oに向かう加速度の大きさ a とその加速度に対して直角をなす方向の加速度の大きさ b を求めよ。
- (3) 点Pで小球が内面から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。
- (4) 小球が点Pを通過するとき、ブロックが床から受ける垂直抗力と摩擦力の大きさを求めよ。
- (5) 点Pで小球が内面から離れるとき、 a 、 b 、 θ の間に成り立つ関係式を求めよ。
- (6) (5)で点Pで内面から離れた後、小球が再び点Pと同じ高さになった。このときの、小球は点Pからどれだけ離れているか。

13 次の文章を読み、各問いに答えよ。

質量 M [kg] で傾角 θ の斜面台がなめらかな床の上に置かれている。この斜面台上の最高点Aに質量 m [kg] の小物体を置き静かに離したところ、最下点Bに到達した ($AB = l$ [m])。ただし、重力加速度を g [m/s²] とする。

台を固定していた場合

- (1) 小物体の加速度を求めよ。
- (2) 小物体が点Bを通過したときの速さを求めよ。

台の固定をはずした場合

- (3) 台に生じる加速度を b [m/s²] として、台上の人から見た小物体の加速度を求めよ。
- (4) 小物体が台から受ける垂直抗力の大きさを b 等を用いて表せ。
- (5) 台の加速度 b を m 、 M 、 g 、 θ を用いて表せ。
- (6) 台上の人から見た小物体の加速度を m 、 M 、 g 、 θ を用いて表せ。

