

問 1 図のように，原点 O から $ABCDEFGG$ の経路を通して物体が運動した．

それぞれの点は一定時間間隔で測定した物体の位置である．

- (1) それぞれの点での瞬間の速度ベクトルの向きを図示しなさい．
- (2) CD 間の平均速度ベクトルの向きを図示しなさい．
- (3) また，それぞれの区間の平均速度を比べたとき，一番平均速度の大きい区間は で，一番遅い区間は である．

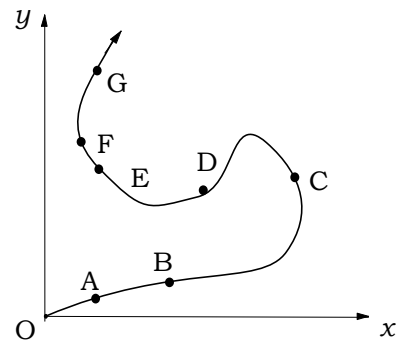
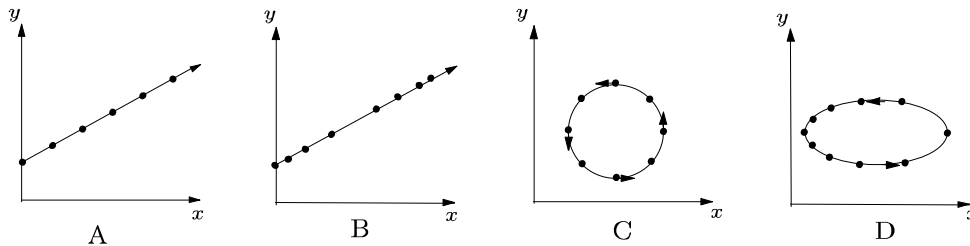


図 経路を移動する物体

問 2 下図 (A～D) は平面上で運動する物体の位置を，一定時間間隔で記録した図である．

- (1) 速度一定の運動をしているのは である．
- (2) 速さ一定の運動をしているのは と である．
- (3) 速度の向きが変化しているのは と である．
- (4) 加速度が 0 の運動をしているのは である．
- (5) 加速度の大きさは変化するが，向きが変化していないのは である．
- (6) 加速度の大きさが一定の運動をしているのは と である．



問 3 直線上を運動している物体の位置 x が時間 t の関数として

$$x(t) = \frac{1}{2}a_0t^2 + v_0t + x_0$$

と表せるとき， $t=0$ での位置、速度、加速度を求めよ．ただし， a_0 ， v_0 ， x_0 は時間によらない定数とする．

問 4 地球表面付近で、すべての物体は下向きに約 9.8m/s^2 で加速して運動する。（重力加速度）
地表から高さ 44.1m の位置にある物体を静かに放したところ、物体は下方方向に運動した。

（ただし、上向きを正の方向とする。）

- ①物体を放してから 2 秒後の物体の速度は何 m/s か？
- ②物体を放してから 2 秒後の物体の位置は地表から何 m の高さか？
- ③物体を放してから地表に着くまでの時間は何秒か？

問 5 物体を地表から真上に速さ 10m/s で放り上げた。（ただし、上向きを正の方向とする。）

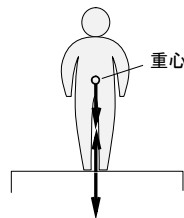
- ①物体を放り上げてから 2 秒後の物体の速度は何 m/s か？
- ②物体を放り上げてから 2 秒後の物体の位置は地表から何 m の高さか？

問 6 重力加速度が 9.8m/s^2 の地表において、質量 1.0kg の物体の受ける重力の大きさは [N] であり、質量 50 kg の人が受ける重力の大きさは [N] である。月の表面での重力加速度は地表での約 $1/6$ である。地表で体重計が 60 kgf を表示する人が月でこの体重計に仮に乗ったとすると、体重計は [kgf] を表示する。この人の質量は月面に行くと変化するのか？

問 7 床に立って静止している人にはたらいっている力の合力は必ず 0 である

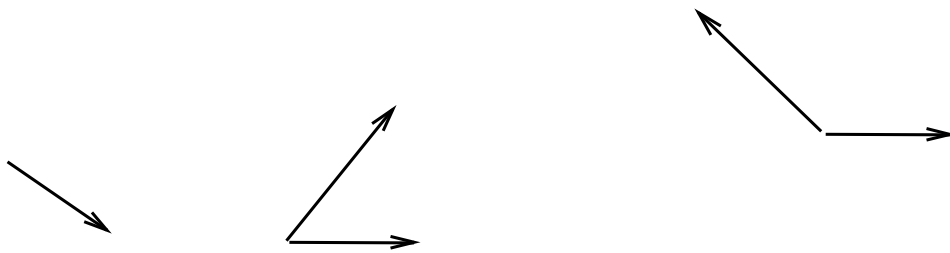
①図に示された矢印には、人にはたらく重力、人が床から受ける抗力、床が人から受ける力を表している。それぞれの力を表す矢印はどれか図に描き込んでみよ。また、人にはたらく力はどれとどれか。

②また、作用・反作用の法則により、力は必ず一対になっている。人にはたらく重力の作用（＝人が地球から受ける万有引力）に対する反作用の力はどこにはたらく力か。



③人の質量が 50kg だとすると、人にはたらく重力、人が床から受ける抗力、床が人から受ける力は各々何 N か。

問 8 図のような矢印で示された力に対し，指示された力を作図してみよ．



つり合う力

2つの力の合力

2つの力とつり合う力

問 9 同一平面ではたらく力は， x - y 座標を使い，それぞれの力の x 成分と y 成分を力の分解で求め， x 成分の合計と， y 成分の合計を求め，その合力を計算すればよい．このことから，右図に示された力 A, B の合力を作図し，三角関数を使って A, B それぞれの x 成分と y 成分，及び力 A と B の合力の x 成分と y 成分を求めなさい．

A の x 成分 = [N] , y 成分 = [N]
 B の x 成分 = [N] , y 成分 = [N]
 合力の x 成分 = [N] , y 成分 = [N]

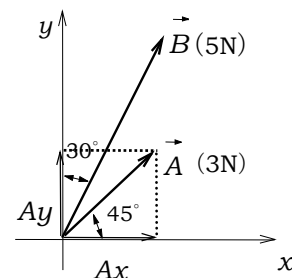


図 力の分解と合成

問 10 図のような斜面上に置かれた質量 10 kg の物体が，斜面上に沿って受ける力の大きさを，三角関数を使って計算しなさい．ただし，重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする．

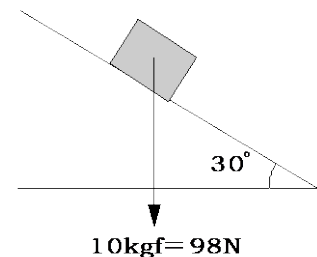
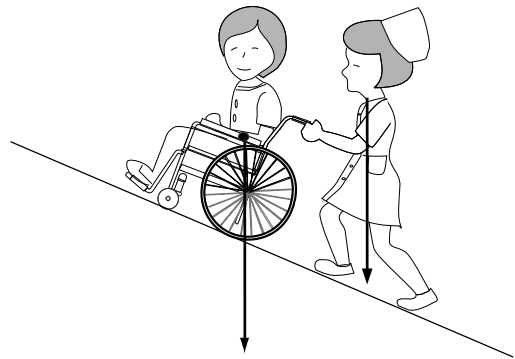


図 斜面上に置かれた物体

問 11 椅子の足と水平な床の最大静止摩擦係数が 0.50 のとき, 10 kg の椅子を水平に引いて動かすには [N] 以上の力が必要である. また, この椅子に 50 kg の人が座った場合, この椅子を動かすには [N] の力が必要である. ただし, 重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする.

問 12 図 は看護師さんが坂道の途中で車椅子を押して支えている様子を示している. 矢印は患者と車椅子を合わせた質量 70 kg にかかる重力のベクトルを, これらの重心を作用点として示している.

- ① 重力を斜面に沿った力と斜面に垂直な力に作図して分解しなさい.
- ② 次に, この作図をもとに斜面に平行に押すのに必要な力と, 車輪が斜面から受ける抗力の大きさを作図しなさい.
- ③ 作図した押す力の矢印の長さから, 押す力の大きさを計算しなさい.

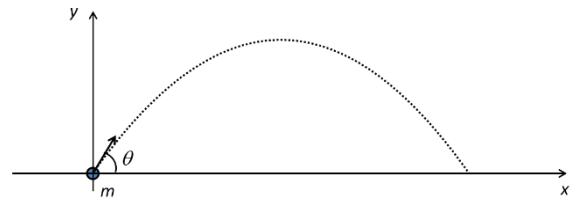


- ④ さらに, 車椅子を支えている看護師さんにはたらいている力について説明し, それらの力を矢印で図に描きなさい.

問 13 前問と同じ図において, 車椅子の車輪をロックしたとき, 看護婦さんが手を離しても車椅子が滑り落ちないためには, 斜面とタイヤとの間の静止摩擦係数がいくら以上あればよいか.
(ヒント : 摩擦力の式 $F = \mu N$ F : 摩擦力, N : 垂直抗力)

問 14 地上から質量 m [kg] の小物体を水平面に対して角度 θ で、速さ v_0 [m/s] で投げ上げる。投げ上げた点を原点にとり、水平右向きに x 軸、鉛直上向きに y 軸をとる。また、投げ上げた瞬間の時刻 t [s] を 0 とする。ただし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、空気抵抗などは無視出来るとして、以下の問に答えよ。

- (1) 加速度の x 成分 a_x 、 y 成分 a_y は各々いくらか。
- (2) 飛行中の任意の時刻 t における物体の速度の x 成分 v_x 、 y 成分 v_y を g 、 t 、 v_0 、 θ を用いて表せ。
- (3) 飛行中の任意の時刻 t における物体の位置 x および y を g 、 t 、 v_0 、 θ を用いて表せ。
- (4) 水平方向の到達距離 b [m] を求めよ。また、最高到達高度 d [m] を求めよ。



問 15 図のような水平面上のサーキットを一定の速さで車が走っている。点 B, 点 E での速度ベクトルが描いてある。

- (1) 他の地点での速度ベクトルの向きを描きなさい。
- (2) 点 E, 点 G で車にはたらく向心力の向きを描きなさい。
- (3) 点 E で車にはたらく向心力と, 点 G での向心力はどちらが大きいのか。
- (4) 車にはたらく力の合力が 0 の区間はどこか。

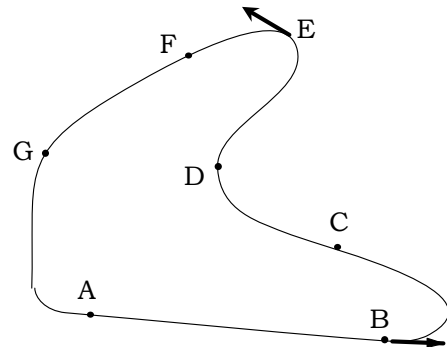


図 サーキット

問 16 図のように, 質量 1000 kg の車が一定の速さ 30 m/s (108 km/h) で 半径 200 m カーブを曲がっている。

- (1) このときタイヤと路面との間の中心方向の摩擦力の大きさは何 N か。

- (2) 路面が雨に濡れてタイヤと路面との最大静止摩擦係数が小さくなると, タイヤはスリップしやすくなる。この場合静止摩擦係数がいくつになるとタイヤがスリップするか計算せよ。

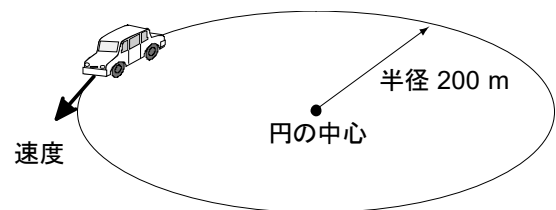
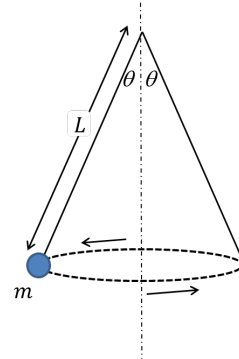


図 タイヤのスリップ

問 17 図のように、軽い糸の端に質量 m [kg] のおもりをつけて長さ L [m] の振り子にして、おもりを水平面内で等速円運動をさせる（円錐振り子）。糸が鉛直線となす角を θ として次の間に答えよ。ただし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

- (1) 糸がおもりを引く力の大きさは何 N か？
- (2) おもりの速さを求めよ。



問 18 ハンドルに図のような力 F_A , F_B を加えたとき, それぞれの力による軸の周りの力のモーメントと, これらの力のモーメントの和を求めなさい.

力 F_A のモーメント = [Nm]
 力 F_B のモーメント = [Nm]
 力のモーメントの和 = [Nm]

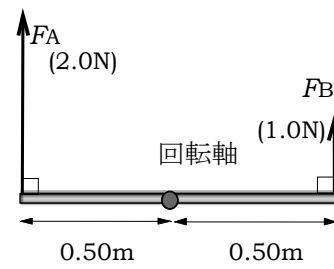


図 ハンドルに作用するモーメント

問 19 図のようなてこを用いて, A を支点とし, 一端の B に質量 100 kg の物体をのせ, 他端 C に力を加え, 真下に押し下げたところつりあった. 点 C に加えた力と, 支点 A が受ける力の大きさを計算しなさい. ただし, AC の距離は AB の距離の 2 倍である. ($\theta_1 = \theta_2 = 90^\circ$)

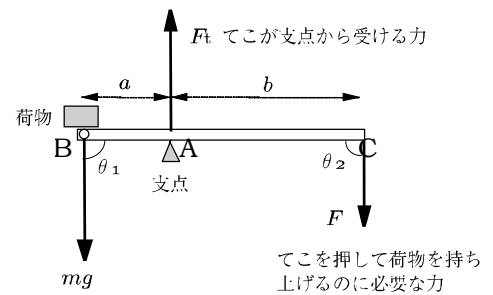
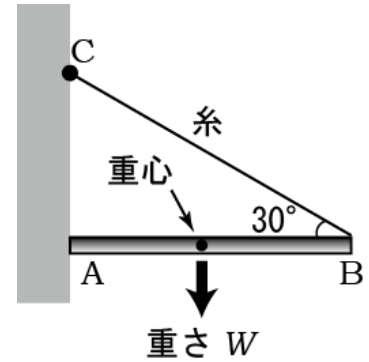


図 てこ力

問 20 長さ l [m] で重さ W [N] の一様な棒 AB がある。棒の一端 A を鉛直なあらい壁に垂直にあて、棒の B に糸を結び、糸の他端を鉛直な壁の 1 点 C に結びつけて棒が水平になるようにつるす。このとき、 BC を結ぶ糸は水平と 30° の角をなしてつりあっている。

- ① 棒が壁から受ける摩擦力の大きさ F を求めよ。
- ② BC を結ぶ糸が引く力の大きさ T を求めよ。
- ③ A において、壁から棒にはたらく垂直抗力の大きさ N を求めよ。



問 21 運動量は物体の $\times$ で表される．物体に力がはたらいたときの運動量変化は に等しい．ここで力積= $\times$ である．

問 22 速さ 40m/s で飛んできた質量 0.14 kg のボールをバットで打ち、反対向きに 60m/s で打ち返した．ボールがバットから受けた力積はいくらか．（衝突後のボールの向きを正とする）

問 23 10m/s で走る 1000 kg の車の持つ運動量は $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ である．この車に、 400N の力を後ろ向きに 10 秒間はたらかせ続けた．車の速さは m/s となる．この状態から車を静止させるにはさらに 秒間 400N の力を後ろ向きに加え続けなければならない．

問 24 図のように、速さ 10m/s で走る質量 500 kg (運転手込み) の車 A と、同じ速さで反対向きに走ってきた質量 1000 kg (運転手込み) の車 B が正面衝突した。反発係数が 0 の場合について、車 A の走っていた向きを正として、衝突後の車の速さを求めよ。

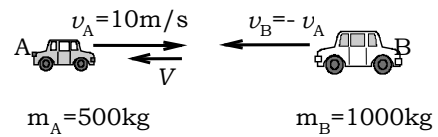


図 衝突

問 25 前問の衝突が 0.10 秒間で起こったとし、両車ともに質量 50 kg の人が乗っていたとして受ける衝撃を考える。まず、それぞれの車に乗っている人の衝突前後での運動量変化を求めよ。次に、運動量変化が力積に等しいことから、それぞれの搭乗者の受ける力の大きさを求めよ。軽い車に乗った人が受けるダメージの方が大きいことを説明せよ。

問 26 図 に示す 4 つの場合について、以下の問に答えよ。

- (1) 図(a) に示すように、親が F_1 、子が F_2 の力を合わせて物体に加え、物体を x [m] だけ動かした。2 人のした仕事はそれぞれいくらか。また、どちらのした仕事が大きいか。
- (2) 図(b) では、人が倒れかけたタンスを支えている。人は仕事をしているだろうか。
- (3) 図(c) では、A と B が図に示すような力を物体に加えている。物体が x [m] 動いたとき、誰がどれほどの仕事をしたか。
- (4) 図(d) A と B が図のように物体に力を加え、物体は x [m] 動いた。A は物体に対し仕事をしたか。B は物体に仕事をしたか。

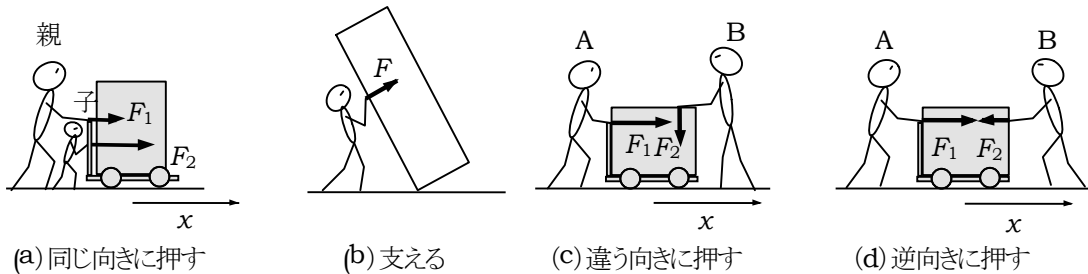
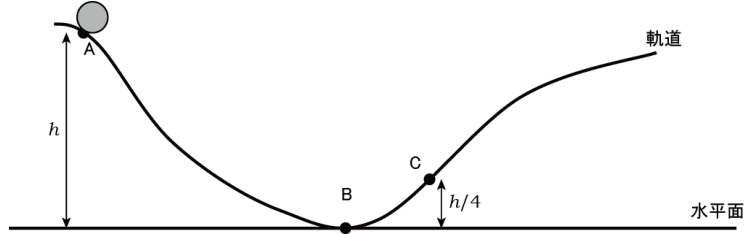


図 人のする仕事

問 27 図のように，なめらかな軌道がある。水平面からの高さ h [m] の軌道上の点 A から質量 m [kg] 小物体を静かに放した。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

- ① 水平面と同じ高さ B 点での小物体の速さを g, h を用いて求めよ。
- ② 水平面からの高さが $h/4$ である C 点での速さを g, h を用いて求めよ。



問 28 図のような滑らかに動くジェットコースターがある。高さ H [m] の B 地点を乗り越えるのに必要な A 地点の速さ v_0 [m/s] を求める。ジェットコースターの質量を m とすると，A 地点での運動エネルギーは v_0 を用いて表すと J である。B 地点での速度を 0 とすると，B 地点での運動エネルギーは J であり，位置エネルギーは H を用いて表すと J である。力学的エネルギーの保存則から，A 地点での速さ v_0 を重力加速度 g と H で表すと となる。また，同様に考えると A 地点から $H/2$ だけ高い C 地点での速さは g と H を用いて表すと であり， v_0 の 倍である。また，D 地点に達したときの速さは である。ただし，A、D 点を重力による位置エネルギーの基準点とする。

