

物理のこれだけはできないと「やばい」問題集

No.9

運動量と力積編

ぶつりきりま

1. [運動量と力積](#)



2. [運動量保存則](#)



3. [はね返りの式 \(前編\)](#)



4. [はね返りの式 \(後編\)](#)



5. [ばねが絡んだ衝突](#)



5. [重心運動](#)



1 運動量を求めよ。

- (1) 速さ 5.0 [m/s] で北向きに運動する質量 5.0 [kg] の物体。
- (2) 速さ 3.0 [m/s] で東向きに運動する質量 2.0 [kg] の物体。
- (3) 速さ v [m/s] で東向きに運動する質量 m [kg] の物体。

2 運動量の変化 (大きさと向き) を求めよ。

- (1) 質量 5.0 [kg] の物体が北向きに 10 [m/s] から北向きに 5.0 [m/s] になった。
- (2) 質量 5.0 [kg] の物体が北向きに 10 [m/s] から南向きに 5.0 [m/s] になった。
- (3) 質量 5.0 [kg] の物体が北向きに 10 [m/s] から西向きに 10 [m/s] になった。
- (4) 質量 m [kg] の物体が北向きに v [m/s] から西向きに v [m/s] になった。

3 次の文章を読み、各問いに答えよ。

一直線上を速さ v [m/s] で運動している質量 m [kg] の物体に、運動方向に F [N] の力を t [s] 間加えて加速させたところ v' [m/s] になった。

- (1) 物体に生じる加速度を m , F を用いて表せ。
- (2) 物体に生じる加速度を v , v' , t を用いて表せ。
- (3) 運動量の変化が力積に等しいことを示せ。

4 力積を求めよ。また、力が加わっていた時間を 0.1 [s] として加えた力の向きと大きさを求めよ。

- (1) 質量 5 [kg] の物体が北向きに 10 [m/s] から北向きに 5 [m/s] になった。
- (2) 質量 5 [kg] の物体が北向きに 10 [m/s] から南向きに 5 [m/s] になった。
- (3) 質量 5 [kg] の物体が北向きに 10 [m/s] から西向きに 10 [m/s] になった。
- (4) 質量 m [kg] の物体が北向きに v [m/s] から西向きに v [m/s] になった。
- (5) 質量 m [kg] の物体が北向きに v [m/s] から北から 60° 傾いた向きに v [m/s] になった。

5 次の文章を読み、各問いに答えよ。

速さ v [m/s] で進む質量 m [kg] の物体Aと同じ方向に速さ V [m/s] で進む質量 M [kg] の物体Bがあり、BがAに追いつき衝突した。衝突後はA, Bの速さはそれぞれ v' , V' [m/s] になり運動方向の変化はなかった。

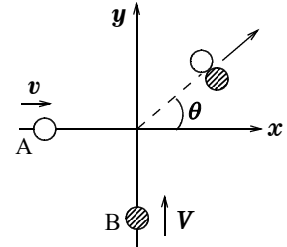
- (1) AがBに与えた力積を I [N・s] として、 $mv' - mv$ を求めよ。
- (2) AがBに与えた力積を I [N・s] として、 $MV' - MV$ を求めよ。
- (3) この衝突において、2物体の運動量の和が保存されることを証明せよ。

6 次の文章を読み、各問いに答えよ。

東西方向にある一直線上を、質量 $2.0[\text{kg}]$ の小球 A が東向きに $4.0[\text{m/s}]$ の速さで進み、その前方を質量 $3.0[\text{kg}]$ の小球 B が西向きに $4.0[\text{m/s}]$ の速さで進んできて小球 A と衝突した。衝突後の小球 B の速さが東向きに $2.0[\text{m/s}]$ の速さであるとき、小球 A の速度を求めよ。

7 次の文章を読み、各問いに答えよ。

x 軸方向に速さ $v[\text{m/s}]$ で進む質量 $m[\text{kg}]$ の物体 A と y 軸方向に速さ $V[\text{m/s}]$ で進む質量 $M[\text{kg}]$ の物体 B が同時刻に原点に到達し衝突した。衝突後は 2 物体が一体となって運動した。



- (1) 衝突後の速さの x 成分を求めよ。
- (2) 衝突後の速さの y 成分を求めよ。
- (3) 衝突後の速さを求めよ。
- (4) 衝突後の速度の x 軸となす角度を θ として $\tan\theta$ を求めよ。

8 次の文章を読み、各問いに答えよ。

速さ $v[\text{m/s}]$ で進む質量 $m[\text{kg}]$ の物体 A と同じ方向に速さ $V[\text{m/s}]$ で進む質量 $M[\text{kg}]$ の物体 B があり、B が A に追いつき衝突した。衝突後は A、B の速さはそれぞれ $v', V'[\text{m/s}]$ になり運動方向の変化はなかった。ただし、はねかえり係数を e とする。

- (1) 運動量保存則を立てよ。
- (2) はねかえりの式を立てよ。

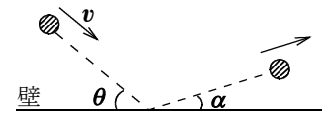
9 次の文章を読み、各問いに答えよ。

速さ $v[\text{m/s}]$ で進む質量 $m[\text{kg}]$ の物体 A と静止していた質量 $M[\text{kg}]$ の物体 B があり、この 2 球が衝突した。ただし、はねかえり係数を e とする。

- (1) 衝突後の 2 球の速さを求めよ。
- (2) 物体 A がはねかえる条件を求めよ。
- (3) 物体 A と B の合計の力学的エネルギーは衝突でいくら減少したか。また、そのエネルギーは何に使われたか。
- (4) A と B が完全弾性衝突し、 $M=m$ のとき、衝突後の 2 球の速さを求めよ。

10 次の文章を読み、各問いに答えよ。

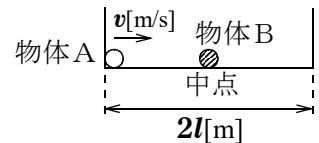
図のように水平でなめらかな床を速さ v で運動している小球がある。この小球がなめらかな壁に、小球の速度と壁が θ の角度をなす方向で衝突した。ただし、はねかえり係数を e とする。



- (1) 衝突後の小球の速度の壁に平行な成分と垂直な成分を求めよ。
- (2) 衝突後の小球の速さを求めよ。
- (3) 衝突後の小球の速度と壁のなす角度を α とするとき、 $\tan\alpha$ を求めよ。

11 次の文章を読み、各問いに答えよ。

図のような幅 $2l[\text{m}]$ の堀があり、その中には同質量の物体 A と B がある。始め、物体 A は堀の端に、物体 B は堀の中央に置かれており、物体 A に初速度 $v[\text{m/s}]$ を与えた。ただし、衝突はすべて弾性衝突とする。



- (1) 物体 A が元の位置に戻るまでの時間は初速度を与えてから何秒後か。
- (2) 物体 A の運動の様子を横軸を時間、縦軸を速さとしたグラフで表せ。
- (3) 物体 A の運動の様子を横軸を時間、縦軸を変位としたグラフで表せ。

12 次の文章を読み、問いに答えよ。

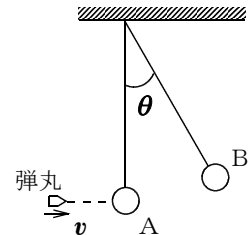
質量 $3m$ のロケットがあり、質量 $2m$ の前方部と質量 m の後方に分かれ、切り離すことができるようになっている。ロケット全体が地上から見て速さ V で運動しているときに、前方部から見て速さ v で後方を後方に切り離した。後方を切り離した直後における、ロケットの前方部の地上から見た速さを求めなさい。

13 次の文章を読み、空欄に適切な式・語句を入れよ。ただし、重力加速度を g [m/s^2] とする。

質量 m [kg] の物体を床から高さ h [m] の場所から自由落下させた (時刻 0 [s])。時刻 (1) [s] に速さ (2) [m/s] で床に衝突し、床とのはねかえり係数を e とおくと、衝突後の速さは (3) [m/s] となる。この後、物体は床から高さ (4) の場所まで上昇する。物体が 2 回目に床に衝突する時刻は (5) [s] であり、この衝突後の最高点の高さは床から (6) である。3 回目に床に衝突する時刻は (7) [s] であり、この衝突後の最高点の高さは床から (8) である。これより、 n 回目に床に衝突する時刻は (9) [s] であり、この衝突後の最高点の高さは床から (10) である。従って、時刻 (11) [s] に物体は跳ね返らなくなる。

14 次の文章を読み、各問いに答えよ。

質量 M [kg] のおもりのついた長さ l [m] の糸が天井につり下げられている (点 A)。質量 m [kg] の弾丸をおもりに打ち込むと、弾丸はおもりの中で静止し、おもりは糸が最大で鉛直線と角度 θ をなすまで傾いた (点 B)。ただし、重力加速度を g [m/s^2] とする。

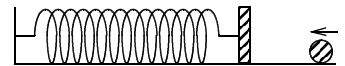


- (1) 弾丸の速さを v [m/s] として、衝突直後のおもりと弾丸の速さを求めよ。
- (2) 点 B での力学的エネルギーを、 l 等を用いて求めよ。ただし、基準点を A とする。
- (3) (1) で求めた速さを g , l , θ を用いて求めよ。
- (4) 衝突前の弾丸の速さ v を求めよ。

15 次の文章を読み、各問いに答えよ。

図のように、一端に質量 M [kg] の台がつながれたばね定数 k [N/m] のばねがなめらかな床の上に置かれ、他端が壁に固定されている。このとき、ばねは自然長で台は静止している。その横から質量 m [kg] の物体に初速度 v [m/s] を与えたところ物体と台が衝突した。ただし、物体と台とのはねかえり係数を e とする。

- (1) 衝突の直前直後について、運動量保存則を立てよ。ただし、衝突直後における台、および、物体の速度は自分で設定すること。
- (2) 衝突の直前直後について、はねかえりの式を立てよ。ただし、衝突直後における台、および、物体の速度は自分で設定すること。
- (3) 衝突直後の物体と台の速度を求めよ。ただし、図中の左向きを正とする。
- (4) 衝突後、物体がはねかえるための e についての条件を求めよ。
- (5) 衝突後のばねは最大でいくら縮むか。



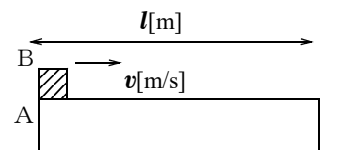
質量は同じで材質が異なる物体に換え、同じ条件で台に衝突させたところ、物体だけが静止した。

- (6) はねかえり係数を求めよ。

16 次の文章を読み、各問いに答えよ。

なめらかな床の上に長さ l [m] の質量 M [kg] の物体 A を、その上の左端には大きさの無視できる質量 m [kg] の物体 B を置いた。B に初速度 v [m/s] を与えたところ、しばらくして B は A の上で静止した。ただし、A と B の間の動摩擦係数を μ 、A と床の間に摩擦は働かないものとする。また、重力加速度を g [m/s^2] とし、加速度と速度は右向きを正とする。

- (1) 物体 B が A 上で滑っているとき、物体 A に働く摩擦力の大きさを求めよ。
- (2) 物体 A と物体 B の加速度をそれぞれ a , b [m/s^2] として運動方程式を立てよ。
- (3) 加速度 a , b を求めよ。
- (4) 物体 B が物体 A 上で静止した時の物体 A の速さを求めよ。
- (5) 物体 B が物体 A 上で静止するのは初速度を与えてから何秒後か。



【チャレンジ問題】

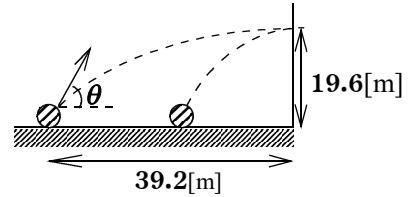
- (6) 物体 B が物体 A から落ちないための v の条件を求めよ。

【チャレンジ問題】

17 次の文章を読み、各問いに答えよ。

なめらかで鉛直な壁面から水平に 39.2 [m]離れた床上のある点から質量 8.0 [kg]の小球を投げたところ、壁面上の高さ 19.6 [m]のところへ垂直に当たり跳ね返った。ただし、重力加速度を 9.8 [m/s²]、小球と壁とのはねかえり係数を 0.25 とする。

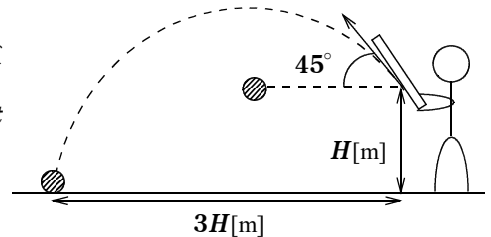
- (1) 小球を投げてから壁面に当たるまでの時間はいくらか。
- (2) 小球に与えた初速度の向きと地面のなす角を θ とすると、 $\tan\theta$ の値はいくらか。
- (3) 小球に与えた初速度の大きさはいくらか。
- (4) 壁との衝突時に小球が受けた力積を求めよ。
- (5) 小球の着地点は壁からいくら離れた場所か。



18 次の文章を読み、各問いに答えよ。

打席に入っているバッターがピッチャーが投げた質量 m [kg]のボールを打ち返した。打つ直前で水平方向に進んでいたボールを水平方向からの仰角 45° 、同じ速さで打ち返したところ、バッターから水平方向に $3H$ [m]離れた点に落下した。ただし、ボールの打点の高さを H [m]、重力加速度を g [m/s²]とする。

- (1) 打った直後のボールの速さを v [m/s]、ボールを打ってから地面に落下するまでの時間を t [s]として、水平方向に進んだ距離 $3H$ を v 、 t を用いて求めよ。
- (2) (1)と同様にして、ボールの鉛直方向の変位 H を v 、 g 、 t を用いて求めよ。
- (3) 打った直後のボールの速さ v を t を用いずに求めよ。
- (4) ボールがバットから受けた力積を求めよ。

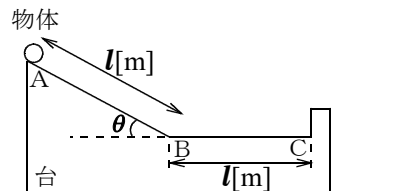


19 次の文章を読み、各問いに答えよ。

図のような、傾角 θ でなめらかな斜面 AB ($AB = l$ [m]) となめらかな水平面 BC ($BC = l$ [m]) を持つ質量 M [kg]の台があり、この台上の点 A に質量 m [kg]の物体が置かれている。物体を支えていた手を静かに離すと物体は動きだし、斜面 AB を通り、水平面 BC に到達し点 C にある壁にぶつかりはね返った。ただし、重力加速度を g [m/s²]、物体と台とのはねかえり係数を e とする。

台を固定していた場合で考える。

- (1) 物体が斜面 AB 上を運動している時の加速度を求めよ。
- (2) 物体が点 B を通過するときの速さを求めよ。
- (3) 物体が水平面 BC 上を運動している時の加速度を求めよ。
- (4) 物体が点 C の壁に衝突する直前の速さを求めよ。
- (5) 物体が点 C の壁に衝突した直後の速さを求めよ。
- (6) 物体は壁との衝突後、斜面 AB 上をいくら滑り上がるか。



次に台の固定をはずした場合を考える。

- (7) 壁に衝突する直前の物体と台の速さを求めよ。
- (8) 壁に衝突した直後の物体と台の速さを求めよ。
- (9) 物体は壁との衝突後、斜面 AB 上をいくら滑り上がるか。