

学籍番号 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_ 得点 \_\_\_\_\_

※指定が無い限り, 重力加速度の大きさを  $g$  とせよ.

※計算問題の場合, 途中式がない解答は無効とする.

Q1: 以下の質問に答えなさい

(1) 運動量とはどのような物理量か文章で答えよ(5).

運動する物体の質量と速度を掛けた物理量.

(2) 力積とはどのような物理量か文章で答えよ(5).

物体に力のある時間加え続けたときの, 力の時間積分.

(3) 力積-運動量定理を数式で書きなさい. ここで時間に依存する力ベクトルを  $\mathbf{F}$ , 力を加え始めた時刻を  $t_1$ , 加え終えた時刻を  $t_2$  として, それ以外の記号は適宜定義すること(10).

$$\int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F} dt = m\mathbf{v}_2 - m\mathbf{v}_1$$

Q2: 速度 4.0 m/s で動いている 1.0kg の物体に対して, 運動の方向に 2.0N の力を加え, 2.0 秒間押した. その後の物体の速さを求めよ(10).

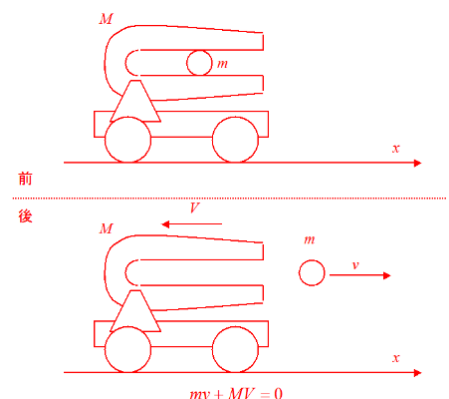
$mv_f = mv_i + F\Delta t$       答 : 8.0 m/s.

Q3: 質量 3,000kg の大砲で質量 5.0kg の砲弾を水平に撃ち出す. 大砲は自由に動けるよう台車に乗っている. 砲弾を撃ち出した直後, 大砲は-1.5m/s の速さで後退した. 砲弾の初速度を求めよ(10).

運動量保存則の問題は「前」と「後」の状態を考えること.

前 : 全運動量=0. 従って, 大砲発射後も全運動量はゼロである.

$$MV + mv = 0 \rightarrow v = \frac{MV}{m} = 9.0 \times 10^2 \text{ m/s}$$



Q4: 体重 60kg の人が、高さ 2.0m から床に飛び降りた。着地の瞬間から静止するまでの時間が 0.20s だとすると、この人の足に加わる平均の力の大きさはどれほどか。重力加速度の大きさを  $9.8\text{m/s}^2$  とせよ(10).

高さ 2m からの落下速度はエネルギー保存則を使って、 $\sqrt{2gh} = 6.3\text{m/s}$ 。  $\Delta p = F\Delta t$  の関係から、 $F=1.9\times 10^3\text{N}$  である。質量に換算すると約 190kg である。無理はしないこと。

※撃力近似を使う場合、重力は無視してよいが、この問題では  $\Delta t$  が結構長いので、無視できない重力の寄与がある。体重分の重力  $mg = 588\text{N}$  を足し、 $F=2.5\times 10^3\text{N}$  も正解。

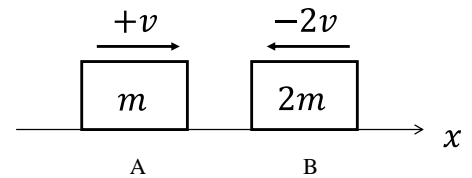
Q5: 以下の空欄にふさわしい文字または数式を入れなさい(5×6=30).

「衝突」とは、2 物体が短い時間に大きな力積を及ぼし合う現象である。そのため、外力の影響が無視できて、衝突では一般に 運動量保存則 が必ず成り立つと考えてよい。

衝突は「はね返り係数」 $e$  で分類される。 $e = 0$  の衝突が完全非弾性衝突で、特徴は衝突後に 2 物体が 一体となる 衝突である。一方、 $e = 1$  の衝突を弾性衝突と呼び、この場合、衝突の前後で運動量だけでなく 力学的エネルギー が保存される。そのため、衝突前後で 相対速度の大きさが不変 という特徴を持つ。

Q7: 図のように  $x$  軸を定義する。質量  $m$ 、速度  $+v$  で運動する A と質量  $2m$ 、速度  $-2v$  で運動する物体 B が弾性衝突した。

(1) 跳ね返り係数  $e = 1$  を使い、衝突前の相対速度と衝突後の相対速度の関係を表せ。ここで衝突後の A, B の速度をそれぞれ  $V_A$ ,  $V_B$  とする(10).



$$1 = -\frac{V_B - V_A}{-2v - v} = \frac{V_B - V_A}{3v}$$

(2)  $V_A$ ,  $V_B$  を決定せよ(10).

(1)の解を変形、 $V_B - V_A = 3v$ . 運動量保存則から  $mV_A + 2mV_B = -3mv$ . あとは連立方程式.

$$V_A = -3v, V_B = 0$$