(注) 最後の答は，原則として3桁で記すことにする．

1.4 運動量 $\boxed{A}$

以下，運動量を p（または P）で表すことがある．

53. (1) $p = mv = 60\,kg \times 7\,m/s = 420\,kg\cdot m/s$

(2) $p = mv = 6800\,kg \times \dfrac{2600 \times 1000\,m}{60 \times 60\,s} = 4.9111\cdots \times 10^{6}\,kg\cdot m/s = 4.91 \times 10^{6}\,kg\cdot m/s$

(3) $p = mv = 5.3 \times 10^{-26}\,kg \times 460\,m/s = 2.438 \times 10^{-23}\,kg\cdot m/s = 2.44 \times 10^{-23}\,kg\cdot m/s$

54. $mv' - mv = F\Delta t$ で $v = 0\,m/s$

$\therefore\ v' = \dfrac{F\Delta t}{m} = \dfrac{5\,N\cdot s}{0.10\,kg} = 50\,m/s = 50.0\,m/s$

55. $F\Delta t = mv' - mv = m(v' - v)$

$= 5\,kg \times (-4\,m/s - 10\,m/s)$

$= -70\,N\cdot s$

初めの進行方向とは逆向きに，70.0 N·s の大きさの力積を与える．

56. (1) $\bar{F}\Delta t = mv' - mv = m(v' - v)$

$= 0.100\,kg \times (30\,m/s - (-15\,m/s))$

$= 4.5\,N\cdot s = 4.50\,N\cdot s$

(2) $\bar{F}\Delta t = 4.5\,N\cdot s$

$\therefore\ \bar{F} = \dfrac{4.5\,N\cdot s}{\Delta t} = \dfrac{4.5\,N\cdot s}{0.02\,s} = 225\,N$

(3) 作用反作用の法則により バットがボールから受けた平均の力は，(2)の結果に等しい．

よって，225 N

57. (1) $\Delta p = mv' - mv = m(v' - v)$

$$= 0.01\,\mathrm{kg} \times (-5\,\mathrm{m/s} - 5\,\mathrm{m/s})$$

$$= -0.1\,\mathrm{kg \cdot m/s} = -0.100\,\mathrm{kg \cdot m/s}$$

(2) 1個の球が壁から受ける平均の力を $\bar{F}$，球と壁の衝突時間を Δt とすると，

$$\Delta p = \bar{F}\Delta t$$

$$\therefore\ \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

1分間に1個 衝突する場合は $\Delta t = 1\,\mathrm{min}$ として，$\bar{F}$ は 1分間の平均の力と考えてよい。

$$\therefore\ \bar{F} = \frac{-0.1\,\mathrm{kg \cdot m/s}}{60\,\mathrm{s}}$$

よって，1分間に 600個 の場合の平均の力 は

$$\bar{F} \times 600 = \frac{-0.1\,\mathrm{kg \cdot m/s}}{60\,\mathrm{s}} \times 600 = -1\,\mathrm{N}$$

作用反作用 の法則により，壁 が 球から受ける平均の力 は，球が壁から受ける平均の力と大きさが等しく向きが逆である。

したがって，求める平均の力は　1.00 N

58. 木片と弾丸の質量をそれぞれ M，m，　弾丸の衝突前の速度を v，木片と弾丸の衝突後の速度を v′とすると，運動量保存則より

$$mv = (m+M)v'$$

$$\therefore\ v' = \frac{m}{m+M}v = \frac{0.010\,\mathrm{kg}}{0.010\,\mathrm{kg} + 2\,\mathrm{kg}} \times 300\,\mathrm{m/s}$$

$$= 1.4925\cdots\,\mathrm{m/s} = 1.49\,\mathrm{m/s}$$

59. 運動量保存則より

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v'$$

$$\therefore\ v' = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{0.1\,\mathrm{kg} \times 20\,\mathrm{m/s} + 0.02\,\mathrm{kg} \times (-10\,\mathrm{m/s})}{0.1\,\mathrm{kg} + 0.02\,\mathrm{kg}}$$

$$= 15\,\mathrm{m/s}$$

$$= 15.0\,\mathrm{m/s}$$

60. (1) 運動量保存則より

$$m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$$

$$\therefore v_A' = \frac{m_B v_B - m_B v_B'}{m_A} = \frac{m_B (v_B - v_B')}{m_A}$$

$$= \frac{1\,\mathrm{kg} \times (5\,\mathrm{m/s} - (-1\,\mathrm{m/s}))}{2\,\mathrm{kg}}$$

$$= 3\,\mathrm{m/s} = 3.00\,\mathrm{m/s}$$

(2) $$e = \frac{v_A' - v_B'}{v_B - v_A} \quad \left(= -\frac{v_B' - v_A'}{v_B - v_A} \right)$$

$$= \frac{3\,\mathrm{m/s} - (-1\,\mathrm{m/s})}{5\,\mathrm{m/s} - 0\,\mathrm{m/s}}$$

$$= 0.8$$

$$= 0.800$$

1、4 運動量 $\boxed{B}$

61. (1) 動き出した後の A の速度を v_A, B の速度を v_B とすると, 運動量保存則より,

$$0 = m_A v_A + m_B v_B$$

が成り立つ。よって

$$v_A = -\frac{m_B}{m_A} v_B = -\frac{1\,kg}{2\,kg} \times 0.6\,m/s \qquad \text{(右向きを正とする)}$$

$$= -0.3\,m/s$$

右向きに 0.300 m/s の速さで進む

(2) 糸を焼き切る前の速度を v とすると, 運動量保存則より

$$(m_A + m_B) v = m_A v_A + m_B v_B$$

が成り立つ。よって

$$v_B = \frac{(m_A + m_B) v - m_A v_A}{m_B} = \frac{(2\,kg + 1\,kg) \times 0.4\,m/s - 2\,kg \times 0.9\,m/s}{1\,kg} \qquad \text{(右向きを正とする)}$$

$$= -0.6\,m/s$$

右向きに 0.600 m/s の速さで進む

62. 運動量保存則より

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B' \quad \text{------①}$$

反発係数の式より

$$e = \frac{v_A' - v_B'}{v_B - v_A} \quad \text{------②}$$

これらの式に値を代入すると, (東向きを正とする)

① より $0.200\,kg \times 2.5\,m/s + 0.400\,kg \times (-5\,m/s) = 0.200\,kg \times v_A' + 0.400\,kg \times v_B'$

単位省略して整理すると (両辺を 0.2 で割る),

$$v_A' + 2v_B' = -7.5 \quad \text{----①'}$$

② より $1 = \dfrac{v_A' - v_B'}{-5\,m/s - 2.5\,m/s}$

$$\therefore\ v_A' - v_B' = -7.5 \quad \text{----②'}$$

①' − ②' $\quad 3v_B' = 0$

$$\therefore\ v_B' = 0\ [m/s]$$

①' に代入して $\quad v_A' = -7.5\ [m/s]$

以上から, A は西向きに 7.50 m/s の速さで進み, B は静止する。

63. (1) 連結後の速さを v とすると，運動量保存則より

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

$$\therefore v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{4t \times 4\,m/s + 6t \times 8\,m/s}{4t + 6t}$$

$$= 6.4\ m/s = 6.40\ m/s$$

（質量の単位は
分子，分母で消えるので，
kgに直す必要はない）

(2) 追突後の速度をそれぞれ v_1', v_2' とする．
運動量保存則より

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

値を代入すると，単位省略で

$$4 \times 4 + 6 \times 8 = 4 v_1' + 6 v_2'$$

$$\therefore 2v_1' + 3v_2' = 32 \quad \cdots\cdots ①$$

反発係数の式より

$$e = \frac{v_1' - v_2'}{v_2 - v_1}$$

$$\therefore 0.5 = \frac{v_1' - v_2'}{8 - 4}$$

$$\therefore v_1' - v_2' = 2 \quad \cdots\cdots ②$$

① − ②×2　　$5v_2' = 28$

$$\therefore v_2' = 5.6\ m/s = 5.60\ m/s$$ （単位復活）

②に代入　$v_1' = 2 + v_2' = 2 + 5.6 = 7.6\ m/s = 7.60\ m/s$

64. 衝突後のAの速度をv_A'，Bの速度をv_B'とする．

(1) 運動量保存則より

$$m v_B = m v_A' + m v_B' \qquad (A, B の質量は等しいので m とした)$$

$$\therefore v_B = v_A' + v_B'$$

単位省略で， $v_A' + v_B' = 10$ (衝突前のBの進む向きを正とした) ----①

反発係数の式より

$$e = \frac{v_A' - v_B'}{v_B}$$

$$1 = \frac{v_A' - v_B'}{10}$$

$$\therefore v_A' - v_B' = 10 \qquad \text{-----②}$$

①+② $2v_A' = 20$

$$\therefore v_A' = 10 \ [m/s]$$

②より $v_B' = 0 \ [m/s]$

Aは Bの進んできた向きに 10.0 m/s で進み，Bは静止する(速度を交換する)

(2) 反発係数の式より

$$0 = \frac{v_A' - v_B'}{10}$$

$$\therefore v_A' = v_B'$$

①に代入して $2v_A' = 10$

$$\therefore v_A' = 5 \ [m/s] = v_B'$$

AとBは，Bの進んできた向きに一体となって 5.00 m/s で進む．

(3) 反発係数の式より

$$0.6 = \frac{v_A' - v_B'}{10}$$

$$\therefore v_A' - v_B' = 6 \qquad \text{----③}$$

①+③ $2v_A' = 16$

$$\therefore v_A' = 8 \ [m/s]$$

③に代入して $v_B' = v_A' - 6 = 8 - 6 = 2 \ [m/s]$

AとBは Bの進んできた向きに進む．Aの速さは 8.00 m/s，Bの速さは 2.00 m/s

65. 第1段ロケットの質量 $m_1 = 2.50t - 0.50t = 2.00t$ である。

運動量保存則より

$$(m_1 + m_2)v = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\therefore v_1 = \frac{(m_1 + m_2)v - m_2 v_2}{m_1}$$

$$= \frac{2.50t \times 200\,m/s - 0.50t \times 250\,m/s}{2.00t}$$

$$= 187.5\,m/s$$

$$= 188\ m/s$$

1.4 運動量 $\boxed{C}$

66. 各球は弾性がないので、衝突するたびに一体となって進む（同じ速度で進む）
運動量保存則より

$$m_A v_A = (m_A + m_B + m_C) v$$

$$\therefore v = \frac{m_A}{m_A + m_B + m_C} v_A = \frac{3\,\mathrm{kg}}{3\,\mathrm{kg} + 4\,\mathrm{kg} + 5\,\mathrm{kg}} \times 1.6\,\mathrm{m/s}$$

$$= 0.4\,\mathrm{m/s} = 0.400\,\mathrm{m/s}$$

67. (1) $v^2 - v_0^2 = 2gy$ より $v^2 = v_0^2 + 2gy$

$$\therefore v = \sqrt{v_0^2 + 2gy} = \sqrt{(8\,\mathrm{m/s})^2 + 2 \times 10\,\mathrm{m/s^2} \times 1.8\,\mathrm{m}}$$

$$= 10\,\mathrm{m/s} = 10.0\,\mathrm{m/s}$$

(2) $v'^2 - v_0'^2 = -2gy$ で $v' = 0\,\mathrm{m/s}$

$$\therefore v_0' = \sqrt{2gy} = \sqrt{2 \times 10\,\mathrm{m/s^2} \times 1.8\,\mathrm{m}}$$

$$= 6\,\mathrm{m/s} = 6.00\,\mathrm{m/s}$$

(3) $e = \dfrac{v_1' - v_2'}{v_2 - v_1} = \dfrac{-6\,\mathrm{m/s} - 0\,\mathrm{m/s}}{0\,\mathrm{m/s} - 10\,\mathrm{m/s}}$ （速度は下向きを正とした）

$$= 0.6$$

$$= 0.600$$