

練習問題の解答

永井佑紀

平成 17 年 9 月 9 日

すべて略解なので注意してください。

狙撃手

ライフル銃の弾丸の質量を m 、ライフル銃の質量を M とする。弾丸発射直後の弾丸の速度を v 、ライフル銃の速度を V とする。運動量保存則より

$$-mv = MV \quad (1)$$

$m \ll M$ なので、 $v \gg V$ であることがわかる。また、危険性はその物体のもつエネルギーの大小に関係する。弾丸の運動エネルギーは $\frac{mv^2}{2}$ 、ライフル銃の運動エネルギーは $\frac{MV^2}{2}$ である。つまり、速度の二乗に比例している。よって、 $v \gg V$ であるならばライフル銃のエネルギーは問題にならないことがわかる。

スケーター

スケーターは静止しており、そのスケーターが動き出すとすれば、フリスビーから得た運動量が原因である。投げられたフリスビーの速度を v 、投げ返したときの速度を v' 、フリスビーの質量を m 、スケーターの質量を M 、最終的な速度を V とすると、投げ返す方向を正にとって、運動量保存則より

$$+mv = mv' + MV \quad (2)$$

$$V = \frac{m(v - v')}{M} \quad (3)$$

となる。(a),(b) は $v' = 0$ の場合であり、(c) は $v' \neq 0$ である。 $v < 0$ より $V < 0$ であるから、 $v' \neq 0$ の方が V の速さは大きくなる。よって、(c)。

9-14

エンジンの速さを V (切り離し前)、 V' (切り離し後)、エンジンの質量を M 、衛星の質量を m 、衛星の速度を v とする。ロケットの進行方向を正とする。運動量保存則より

$$(M + m)V = MV' + mv \quad (4)$$

相対速度は

$$v - V' = 910 \text{ m/s} \quad (5)$$

である。

(a)

上の連立方程式を解くと

$$v = 8.20 \times 10^3 \text{ m/s} \quad (6)$$

$$V' = 7.29 \times 10^3 \text{ m/s} \quad (7)$$

となる。よってエンジンの速さは 7290m/s。

(b)

上より、衛星の速さは 8200m/s。

(c)

運動エネルギーは

$$\frac{1}{2}(M + m)V^2 = 1.271 \times 10^{10} \text{ J} \quad (8)$$

となる。

(d)

運動エネルギーは

$$\frac{1}{2}MV'^2 + \frac{1}{2}mv^2 = 1.275 \times 10^{10} \text{ J} \quad (9)$$

となる。縮んでいたばねのエネルギーが物体に与えられたため。

10-8

ブロックの質量を M 、弾丸の質量を m とする。弾丸の入射時の速度を v 、貫通時の速度を v' し、ブロックの弾丸貫通時の速度を V とする。ブロックが跳ね上がる高さを h とする。運動量保存則より、

$$mv = MV + mv' \quad (10)$$

$$V = \frac{m}{M}(v - v') \quad (11)$$

となる。また、エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2}MV^2 = Mgh \quad (12)$$

となり、よって、

$$h = \frac{1}{2} \frac{m^2}{gM^2} (v - v')^2 \approx 0.07\text{m} \quad (13)$$

である。

注：ブロックに厚さがあると重力で弾丸が減速する。薄ければ薄いほど上の値に近づく。

10-9

衝突後、ブロックは両方とも速度 v_f で動いているとする。運動量保存則より

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2) v_f \quad (14)$$

となり、 $v_f = 5\text{m/s}$ である。また、そのとき、ばねは x だけ縮んでいるとすれば、エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 = \frac{1}{2} k x^2 + (m_1 + m_2) \frac{1}{2} v_f^2 \quad (15)$$

となる。よって、 $x = 0.25\text{m}$ 縮む。

8

1

野球ボールの運動量が一部バスケットボールに移る。このとき、移動の向きは逆であるから、お互いに進んでいた方向と逆向きの運動量を受け取ることになり、減速する。したがって、バスケットボールの速度は小さくなり、跳ね返りの高さは低くなる。

2

ベースボールが床と衝突する場合は、運動量保存則より完全弾性衝突であれば衝突時と同じ大きさで逆の方向の速度で跳ね返る。ベースボールとバスケットボールと衝突する場合は、床と異なりバスケットボールから上方の運動量をもろうことになり、床と衝突する場合よりも多く運動量をもろう。したがって、跳ね返りの高さは大きい。