$\boxed{1}$ [解答例]

（1）右向きの速度を正として，点 P で壁と衝突した直後の小球と台の速度をそれぞれ v_1, v_2 とすると，運動量保存則と反発係数の定義より，

$$mv_0 = mv_1 + 6mv_2 \quad \Leftrightarrow \quad v_1 = v_0 - 6v_2$$

$$e = -\frac{v_1 - v_2}{v_0 - 0} = \frac{3}{4} \quad \Leftrightarrow \quad v_1 = v_2 - \frac{3}{4}v_0$$

これらより，

$$v_0 - 6v_2 = v_2 - \frac{3}{4}v_0 \quad \Leftrightarrow \quad v_2 = \frac{v_0}{4},\ v_1 = \frac{v_0}{4} - \frac{3}{4}v_0 = -\frac{v_0}{2}$$

したがって，小球の速度は左向きで $\dfrac{v_0}{2}$，台の速度は右向きで $\dfrac{v_0}{4}$ である。

（2）点 Q で壁と衝突した直後の小球と台の速度をそれぞれ v_1', v_2' とすると，
運動量保存則と反発係数の定義より，

$$mv_1 + 6mv_2 = mv_1' + 6mv_2' \quad \Leftrightarrow \quad v_1' = v_0 - 6v_2'$$

$$e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2} = \frac{3}{4} \quad \Leftrightarrow \quad v_1' = v_2' - \frac{3}{4}(v_1 - v_2) = v_2' - \frac{3}{4}\left(-\frac{v_0}{2} - \frac{v_0}{4}\right) = v_2' + \frac{9}{16}v_0$$

これらより，

$$v_0 - 6v_2' = v_2' + \frac{9}{16}v_0 \quad \Leftrightarrow \quad v_2' = \frac{v_0}{16},\ v_1' = \frac{v_0}{16} + \frac{9}{16}v_0 = \frac{5}{8}v_0$$

したがって，小球の速度は右向きで $\dfrac{5}{8}v_0$，台の速度は右向きで $\dfrac{v_0}{16}$ である。

（3）小球に速さを与えてから，小球がはじめに点 P で壁に衝突するまで，台は移動しない。
小球がはじめに点 P で壁に衝突してから点 Q で壁に衝突するまでの時間を T_1，
その後再び点 P で壁に衝突するまでの時間を T_2 とすると，

$$L = |v_1 - v_2|T_1 = \left|-\frac{v_0}{2} - \frac{v_0}{4}\right|T_1 = \frac{3}{4}v_0T_1 \quad \Leftrightarrow \quad T_1 = \frac{4L}{3v_0}$$

$$L = |v_1' - v_2'|T_2 = \left|\frac{5}{8}v_0 - \frac{v_0}{16}\right|T_2 = \frac{9}{16}v_0T_2 \quad \Leftrightarrow \quad T_2 = \frac{16L}{9v_0}$$

したがって，台が移動した距離は，

$$v_2T_1 + v_2'T_2 = \frac{v_0}{4}\frac{4L}{3v_0} + \frac{v_0}{16}\frac{16L}{9v_0} = \frac{L}{3} + \frac{L}{9} = \frac{4}{9}L$$

である。

$\boxed{2}$ 解答例

A 点での小球の速度の大きさをv_0、重力加速度の大きさをgとする。
水平方向は右向きを正、鉛直方向は上向きを正とする。
A 点での水平方向の速度をv_{0x}、鉛直方向の速度をv_{0y}とすると、

$$v_{0x} = v_0 cos\theta \ , \quad v_{0y} = v_0 sin\theta$$

となる。

小球は水平方向に等速運動であるので、小球が点 A から投げ出されてから点 B に到達するまでの時間をtとして

$$v_0 cos\theta t = 6H \qquad \cdots ①$$

が成り立つ。
また、B 点での水平方向の速度をv_xとすると、

$$v_x = v_0 cos\theta$$

となる。

B 点での鉛直方向の速度をv_yとすると、水平方向と鉛直方向の速度のなす角が 45°であるため、

$$v_y = -v_0 cos\theta$$

となる。
そのため、A 点と B 点の鉛直方向の速度の関係から

$$v_0 sin\theta - gt = -v_0 cos\theta \qquad \cdots ②$$

が成り立つ。

A 点と B 点の高さの差がHであるため

$$H = v_0 sin\theta t - \frac{1}{2} g t^2 \qquad \cdots ③$$

が成り立つ。

②にtを乗じて

$$g t^2 = v_0 t (sin\theta + cos\theta)$$

③に代入して

$$H = \frac{1}{2} v_0 t (sin\theta - cos\theta) \qquad \cdots ③'$$

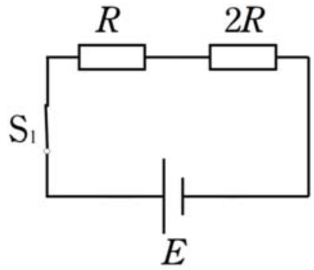
①より$t = 6H/(v_0 cos\theta)$であるため
③'に代入して

$$tan\theta = \frac{sin\theta}{cos\theta} = \frac{4}{3}$$

を得る。

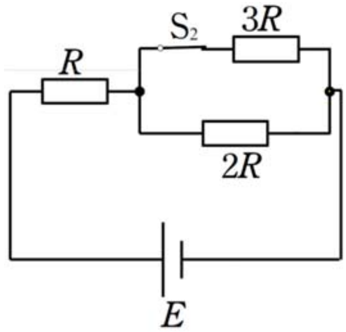
3　解答例

(1) S_1に流れる電流の大きさをI_1とする。このときの回路は右図の回路と等価である。合成抵抗は$R+2R=3R$なので，



$$I_1=\frac{E}{3R}$$

(2) S_2に流れる電流の大きさをI_2とする。S_2を閉じた直後は，コンデンサーに電荷は蓄えられていないので，等価な回路は右図のようになる。このとき，$2R$と$3R$の抵抗は並列なので，並列部の合成抵抗は



$$\frac{1}{\frac{1}{2R}+\frac{1}{3R}}=\frac{6}{5}R$$

となる。電池から流れ出る電流の大きさは

$$\frac{E}{R+\frac{6}{5}R}=\frac{5E}{11R}$$

となるので，この並列部分の両端に生じる電位差は，

$$\frac{5E}{11R}\cdot\frac{6}{5}R=\frac{6}{11}E$$

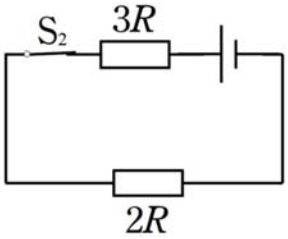
となる。したがって

$$I_2=\left(\frac{6}{11}E\right)/3R=\frac{2E}{11R}$$

(3)　十分時間がたつと，等価回路は再び(1)と同じになり，コンデンサーの極板間の電位差は抵抗値$2R$の抵抗の両端に生じる電位差$\frac{2}{3}E$と等しくなる。したがって，コンデンサーに蓄えられる電気量をQとすると，

$$Q=C\cdot\frac{2}{3}E=\frac{2}{3}CE$$

(4) S_1を開けた直後は，コンデンサーが電池となって，右図のような回路になる。コンデンサーの極板間の電位差は(3)と同じ$\frac{2}{3}E$で，合成抵抗は$2R+3R=5R$なので，S_2を流れる電流の大きさをI_2'とすると，



$$I_2'=\frac{2}{3}E/5R=\frac{2E}{15R}$$

$\boxed{4}$

（ア） 体積　　（イ） 絶対温度　　（ウ） ボイル・シャルル　　（エ） 標準

(1) $\dfrac{\rho\overline{v^2}}{3}$　　（2） $\dfrac{3}{2}R$　　（3） $\dfrac{3}{2}R$

（a） 2.24×10^{-2}　　（b） 0.179　　（c） 1.70