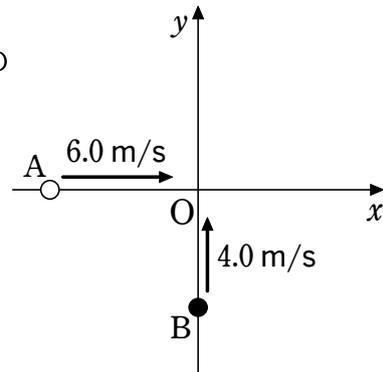
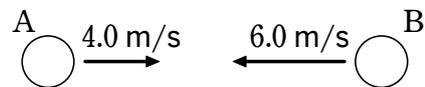


1 運動量 (4点×5 計20点)

- (1) なめらかな水平面の  $x$  軸上を正の向きに  $6.0 \text{ m/s}$  の速さで進んでいた質量  $0.10 \text{ kg}$  の小球 A と、 $y$  軸上を正の向きに  $4.0 \text{ m/s}$  の速さで進んでいた質量  $0.20 \text{ kg}$  の小球 B が原点 O で衝突した。衝突後の A の速度の  $x$  成分が  $2.0 \text{ m/s}$ 、 $y$  成分が  $5.0 \text{ m/s}$  であるとする。B はどのような方向へ速さ何  $\text{m/s}$  で進んだか。衝突後の B の速度の向きは、 $x$  軸となす角を  $\theta$  とするときの  $\tan \theta$  の値で答えよ。



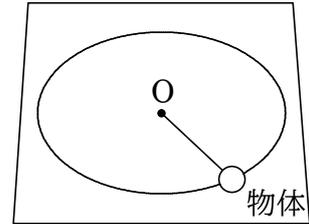
- (2) 一直線上で、質量  $2.0 \text{ kg}$  の小球 A が速さ  $4.0 \text{ m/s}$  で、質量  $1.0 \text{ kg}$  の小球 B が速さ  $6.0 \text{ m/s}$  で、互いに逆向きに進んで衝突した。2 球の間の反発係数を  $0.50$  とする。



- ① 衝突後の小球Aの速度を求めよ。
- ② 衝突後の小球Bの速度を求めよ。
- ③ 衝突により失われた力学的エネルギーを求めよ。

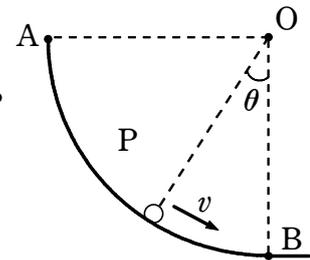
2 円運動 (1)各3点×4 (2) 各4点×4 計28点)

(1) なめらかな水平面上の点  $O$  に、長さ  $0.50 \text{ m}$  の軽い糸の一端を固定し、他端に質量  $1.0 \text{ kg}$  の物体をつけ、速さ  $2.0 \text{ m/s}$  の等速円運動をさせた。  $\pi=3.14$  とする。



- ① 等速円運動の周期  $T[\text{s}]$  を求めよ。
- ② 物体の角速度  $\omega[\text{rad/s}]$  を求めよ。
- ③ 物体の加速度  $a[\text{m/s}^2]$  の向きと大きさを求めよ。

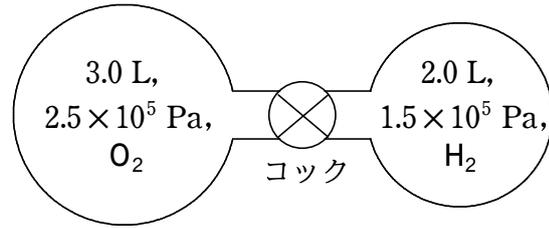
(2) 右図の曲面  $AB$  は  $O$  を中心とする半径  $R$ 、中心角  $90^\circ$  のなめらかな円筒の一部で、 $B$  から右はなめらかな水平面である。点  $A$  から質量  $m$  の小球を初速度  $0$  ですべらせた。円筒面上の点  $P$  について、 $\angle BOP = \theta$  とし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。



- ① 点  $P$  を通るときの速さ  $v$  を求めよ。
- ② 点  $P$  において、小球が面から受ける垂直抗力  $N$  の大きさを求めよ。
- ③ 点  $B$  を通過する直前の垂直抗力  $N_1$  と、直後の垂直抗力  $N_2$  の大きさを求めよ。

3 気体の性質 (各4点×5 計20点)

(1)  $2.5 \times 10^5$  Pa の酸素の入った 3.0 L の容器と、同じ温度で  $1.5 \times 10^5$  Pa の水素の入った 2.0 L の容器がある。



① この2つの容器をつなぎ、十分長い時間同じ温度に保ったときの酸素の分圧と混合気体の全圧を求めよ。

② ①の混合後の気体に点火し水素を完全に反応させた後、前と同じ温度にもどしたときの容器内の圧力 [Pa] を求めよ。ただし、水蒸気圧は考えないものとする。

(2)  $27^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5$  Pa の空気の満ちた 10 L の容器に水 3.6 g を入れ、 $57^\circ\text{C}$  に保った。 $57^\circ\text{C}$  の飽和水蒸気圧を  $1.7 \times 10^4$  Pa、気体定数  $R = 8.3 \times 10^3$  Pa·L/(mol·K)、 $H = 1.0$ 、 $O = 16$  として、次の問いに答えよ。

① 容器内の気体の全圧は何 Pa か。

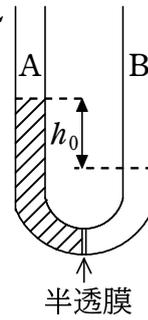
② 容器にはあと何 g の水が蒸発できるか、もしくは液体の水何 g が残存するか。

4 希薄溶液 (各4点×3 計12点)

- (1) ベンゼン (凝固点  $5.53\text{ }^{\circ}\text{C}$ )  $100\text{ g}$  に非電解質 A  $3.20\text{ g}$  を溶かした溶液の凝固点は、 $4.25\text{ }^{\circ}\text{C}$  であった。非電解質 A の分子量を求めよ。ただし、ベンゼンのモル凝固点降下は  $5.12\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$  である。
- (2)  $\text{A}^{2+}$  と  $\text{B}^{-}$  からなり化学式  $\text{AB}_2$  と表される化合物  $8.0\text{ g}$  を、水  $200\text{ g}$  に完全に溶解させて凝固点を測定したところ、水の凝固点より  $1.3\text{ K}$  低かった。この化合物の式量を求めよ。ただし、水のモル凝固点降下は  $1.9\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ 、化合物  $\text{AB}_2$  の電離度を  $0.80$  とする。
- (3) 水  $100\text{ g}$  に塩化ナトリウム  $0.010\text{ mol}$  を溶かした溶液を冷却したところ、氷が  $50\text{ g}$  析出した。このときの温度は何  $^{\circ}\text{C}$  か。水のモル凝固点降下を  $1.9\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$  とする。

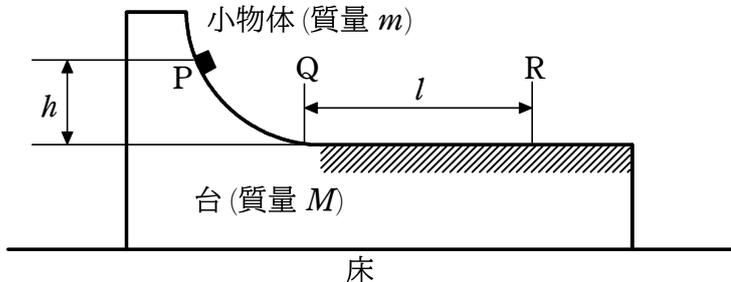
5 実力問題（浸透圧・運動量）（(1)各3点×3 (2)(a)4点 (b)各2点 (c)3点 計20点）

- (1) 中央に半透膜をもった内径の等しい U 字管の A 側に  $1 \times 10^{-3}$  mol/L のブドウ糖水溶液 1 L を、B 側には水 1 L を入れ、放置した後、つりあったときの A 側と B 側の液面の高さの差は  $h_0$  であった。次の (1)~(3) の操作を行い、つりあったときの両液面の高さの差を  $h_x$  とすると、それぞれの操作における  $h_x$  と  $h_0$  の関係を (a)~(c) から選べ。



- (a)  $h_x = h_0$     (b)  $h_x > h_0$     (c)  $h_x < h_0$
- ① 温度を高くしたとき。
- ② A 側および B 側にそれぞれ水 1 L を追加したとき。
- ③ A 側にブドウ糖水溶液のかわりに  $1 \times 10^{-3}$  mol/L の塩化ナトリウム水溶液 1 L を入れたとき。

- (2) 下図のように、質量  $M$  の台が水平な床の上に置かれている。この台の上面では、摩擦がない曲面と摩擦がある水平面が点  $Q$  で滑らかにつながっている。台の水平面から高さ  $h$  にある面上の点  $P$  に質量  $m$  の小物体を置き、静かに放す。ただし、空気による抵抗はなく、重力加速度の大きさを  $g$  とする。



- (a) 台が床に固定されているとき、小物体は点  $Q$  まで滑り落ちたのち、点  $Q$  から距離  $l$  だけ離れた点  $R$  で止まった。QR 間の水平面と小物体の間の動摩擦係数  $\mu'$  はいくらか。正しいものを、次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。

- ①  $\sqrt{\frac{h}{l}}$                       ②  $\sqrt{\frac{l}{h}}$                       ③  $\frac{h}{l}$   
 ④  $\frac{l}{h}$                               ⑤  $\frac{l+h}{l}$                       ⑥  $\frac{l+h}{h}$

- (b) 次に、台が床の上で摩擦なく自由に動くことができるようにした。台が静止した状態で、点  $P$  から同じ小物体を静かに放した。小物体が台上の点  $Q$  に達したときの、小物体の床に対する速度を  $v$ 、台の床に対する速度を  $V$  とする。ただし、速度は右向きを正とする。このとき、 $v$  と  $V$  が満たすべき関係式はどれか。正しいものを、次の ①～⑧ のうちから 2 つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。

- ①  $mv + MV = 0$                       ②  $mv - MV = 0$   
 ③  $v + V = 0$                               ④  $v - V = 0$   
 ⑤  $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}MV^2$                       ⑥  $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}MV^2 = mgh$   
 ⑦  $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$                               ⑧  $\frac{1}{2}MV^2 = mgh$

- (c) (b) と同様に台が床の上で摩擦なく自由に動く場合、小物体は、点  $Q$  を通り過ぎたのち、点  $Q$  からある距離だけ離れた位置で台に対して停止した。この時点における台の床に対する運動はどうなるか。正しいものを、次の ①～④ のうちから 1 つ選べ。

- ① 小物体が停止しても、台は動くが、その進む方向は点  $P$  の高さ  $h$  によって決まる。  
 ② 小物体と台の間の摩擦力により、小物体が停止しても台は右向きに進む。  
 ③ 小物体が曲面を下っている間は、台は小物体と反対方向に進むので、小物体が停止しても、慣性の法則により台は左向きに進む。  
 ④ 小物体と台を合わせた全体には水平方向に外力がはたらかないため、運動量保存の法則により、小物体が停止すると台も停止する。