

出題の趣旨

科学の面白さは現象を見て楽しむこと、その現象の原理を考察し考えることであると思う。また、考えだした原理をもとにその現象の更なる発展を考えることであると思う。科学を楽しむための身近な現象を楽しむ心と論理的思考能力（しっかりした基礎と応用力&発想力）を問いたい。答えが間違っている場合でも自由な発想で、かつ、論理的な考察を期待している。

解答例

問 1

現象をよく見ると、図 1 (c) のように水が流れ落ちているときは、上のペットボトルには空気が流れこんでいない。一方、図 1 (d) の水の流れが止まっているときは、上のペットボトルに下のペットボトルから空気が流れこんでいることがわかる。このことに注目し、図 1 (c) のように水の入ったペットボトルを上にしたときの管の先端での圧力を考える。上からの圧力は上のペットボトルに入っている水と空気の圧力であり、下からの圧力は下のペットボトルに入っている空気の圧力である。ここで、水の入ったペットボトルを上にしたとき、水圧の分だけ上からの圧力が強くなり、水が流れ落ち出す。水が流れ落ちるにしたがって、上のペットボトルからの圧力は弱くなる。また、下のペットボトルには水が流れ込み空気圧は高くなる。この結果、管の先端での圧力が釣り合う方向に向かう。もしこのまま、圧力が釣り合えば水の流れは止まる。管の径が十分小さければ、管の先端での界面張力の影響により上からの圧力と下からの圧力が釣り合い水の流れが止まることが予想される（振動は発生しない）。しかしながら、管の径がある程度の大きさであれば、管付近での流体の慣性運動のため、その釣り合い点より多めに水が下のペットボトルに流れ落ちる。そうすると、下のペットボトルの空気圧が釣り合いの圧力より大きくなり、また、上のペットボトルの水と空気の圧力は釣り合いの圧力より小さくなる。その結果、流れ落ちていた水は止まり、下のペットボトルの空気が上のペットボトルに流れこむ。下のペットボトルの空気圧は高くなっていることもあり、釣り合いの圧力になるより多めに上のペットボトル流れこむ。そのため下のペットボトルの圧力は釣り合いの圧力より弱くなり、上のペットボトルの空気と水の圧力は釣り合いの圧力より強くなる。そのため再び上のペットボトルの水が流れ落ち始める。このような現象が上のペットボトルに水がある間続く。

振動を繰り返す毎に音がなっている。ペットボトルが振動を繰り返す毎に変形していることが考えられ、振動を繰り返す現象のアシストをしていることも考えられる。ペットボトルを繋いでいる管の直径に依存して現象の振舞が変わることが予想される。ペットボトルの変形や管の径の違いなどを考えた思考実験とその思考実験の結果を使った考察などがあればうれしい。

問2

水が流れ落ちることと空気が流れ込む現象を一周期と考えると、二つのペットボトル振動子は位相が180度ずれた状態で同期して振動しているように見える。左のペットボトルをボトルA1（上）、ボトルA2（下）とし、右のペットボトルをボトルB1（上）、ボトルB2（下）とおく。ボトルA1の水がA2に流れ落ちている場合を考える。そのとき上のペットボトルの空気層の圧力は弱くなる。そのためボトルBの管の先端での圧力はB1からの圧力は弱くなり、B2からB1へ空気が流れ込む。しばらくすると、A2の空気の圧力が強くなり、ボトルAの管の先端での圧力の逆転がおき、A2の空気がA1に流れ込む。そうすると上のペットボトルの空気の圧力が強くなり、ボトルBの先端の圧力の逆転がおき、B1からB2に水が流れ落ちる。このような現象が繰り返しおきる。さて、では、位相が揃って振動することはないのであろうか？このことについても議論していただきたい。

問3

ししおどし、蛍の同期発光、ろうソクの炎の振動的燃焼（ろうソクの配置によって、位相が揃う場合と逆位相になる場合がある）、人が歩くときの手と足の同期（西洋的歩き方は逆位相、なんば的歩き方は同位相）など。