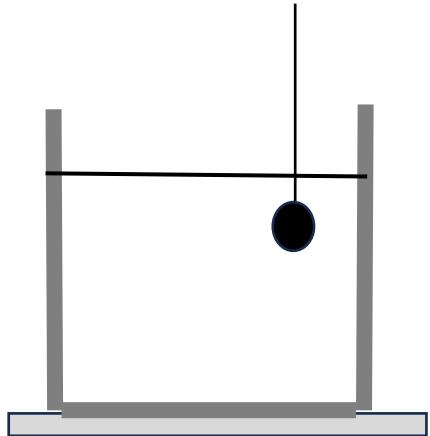


【名古屋大】

図のように、一様な密度 ρ 、体積 V である粘度の高い液体が、水平な床の上に置かれた質量 M の水槽に入っている。また、体積を無視できる質量 m の金属球が、天井から糸でつるされ、水槽の側面から十分離れた位置に、液体に完全につかり静止している。

いま、時刻 $t=0$ において糸を静かに切断すると、金属球は鉛直方向に落下運動を始め、その速度は終端速度に到達した。その後、金属球は床面に衝突し、十分に時間がたったのちに底面上で静止した。金属球が終端速度に到達したとみなせる時刻を t_1 、底面上で静止したとみなせる時刻を t_2 とする。



ここで、金属球が液体の中を速度 v で運動する時、金属球は、速度と逆向きに大きさ $k |v|$ の抵抗力を受けるものとする。ただし、 k は正の定数とする。また、金属球の体積を無視できることから、金属球が液体から受ける浮力は考えなくてよいものとする。糸の体積や質量、糸が液体や大気から受ける抵抗力、水槽の変形、液体の温度変化、液面の振動及び高さの変化は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g として、以下の設問に答えよ。

(1) 時刻 $t=0$ で糸を切る直前および直後において、水槽が床から受ける垂直抗力の大きさをそれぞれ N_1, N_2 とする。

N_1, N_2 をそれぞれ M, ρ, V, m, g, k の中から必要なものを用いて表せ。

(2) 時刻が $0 < t < t_1$ の範囲にある時、液中を落下する金属球の速度を v 、加速度を a (いずれも鉛直下向きを正) とする。このときの金属球に関する運動方程式を m, g, v, a, k の中から必要なものを用いて表せ。また、このとき、水槽が床から受ける垂直抗力の大きさ N_3 を M, ρ, V, m, g, k, v の中から必要なものを用いて表せ。

(3) 金属球の速度が終端速度に到達したとみなせる時刻 $t=t_1$ において、水槽が床から受ける垂直抗力の大きさは N_4 となった。 N_4 を M, ρ, V, m, g, k の中から必要なものを用いて表せ。

(4) 水槽が床から受ける垂直抗力の大きさ N の時刻 t に伴う変化の概形として、最も適切のものを以下の選択肢の中から1つ選べ。ただし、 $t_1 < t < t_2$ の間に置ける N の変化は複雑なものなので、選択肢のグラフには描かれていない。なお、選択肢のグラフはいずれも、横軸は t 、縦軸は N 、原点は O であり、破線は補助線である。

