

球面 $x^2 + y^2 + z^2 = 4$ を S とし, 平面 $z = 0$ 上の円 $(x - 1)^2 + y^2 = 1$ を C とする. 点 P が C 上にあるとき x 軸に関して P と対称な点を Q とする. さらに, P を通り z 軸に平行な直線, および Q を通り z 軸に平行な直線が $z \geq 0$ の部分で S と交わる点をそれぞれ P' , Q' とする. 点 P が原点 $(0, 0, 0)$ から点 $(2, 0, 0)$ まで C 上を半周するとき, 長方形 $PQQ'P'$ が通過する部分の体積を求めよ.