

一辺の長さが 2 である正四面体 $ABCD$ があります。また十分に長い円柱があります。この円柱は、正四面体 $ABCD$ の線分 AB と、線分 AC と接しており、線分 BC の垂直二等分線を共有しています。このとき、以下の問いに答えてください。

(1) 点 A, B, C を通る平面 α と、点 B, C, D を通る平面に垂直かつ点 B, C を通る平面 β のなす角を θ とします。 $\cos \theta$ を求めてください。また、点 A, B, D を通る平面 γ と平面 β のなす角を ϕ とします。 $\cos \phi$ を求めてください。ただし、 θ, ϕ は鋭角とします。

(2) この十分に長い円柱の半径を r とします。 r を求めてください。

(3) 正四面体 $ABCD$ の表面の一部は、この十分に長い円柱に含まれています。その部分の面積を、 $r, \cos \theta, \cos \phi$ を用いて表してください。