予習課題は、「予習課題１」と「予習課題２」の２種類があります。
両方に解答してください。

地球物理学（流体地球物理学分野）　予習課題１

これは、地球物理学（流体地球物理学分野）を履修するにあたって必要となる気象学の基礎知識を復習するための課題です。必要に応じて気象学概説の講義資料を参考にしてください。レポート用紙に解答し、流体地球物理学分野の初回の授業の開始時までに提出してください。

問 1　以下の条件で、乾燥空気の密度[kg/m^3]を有効数字 3 桁まで求めよ。ただし、乾燥空気の気体定数を R = 287 J/kg K とし、理想気体の状態方程式を用いてよい。1 hPa=100 Pa である点に注意せよ。
（１）気圧が 1000 hPa、気温が 300 K（約 27℃）
（２）気圧が 1000 hPa、気温が 273 K（約 0℃）
（３）気圧が 700 hPa、気温が 273 K（約 0℃）

問 2　以下の条件のもとでは、鉛直上方に移動したとき、1 m につき何 hPa の割合で気圧が低下するか。有効数字 3 桁まで求めよ。ただし、空気は理想気体であるものとし、静水圧平衡を仮定してよい。重力加速度は 9.81 m/s^2、気体定数は 287 J/kg K とする。
（１）気圧が 1000 hPa、気温が 300 K（約 27℃）
（２）気圧が 1000 hPa、気温が 273 K（約 0℃）
（３）気圧が 700 hPa、気温が 273 K（約 0℃）

問 3　スケールハイトが 8.0 km である等温大気を考える。地表面気圧が 1000 hPa の場合、気圧が 250 hPa になるのは高度何 km のときか。有効数字 2 桁まで求めよ。ただし、ln 2 = 0.693 とする。

問 4 以下のような高層気象観測データについて、各気圧面での温位[K]を計算し、小数点第 1 位まで求めよ。ただし、0 ℃は 273.15 K である。また、気体定数と定圧比熱との比は、$R/C_p = 2/7$ としてよい。解答は表で示すこと。

気圧[hPa]	高度[m]	気温[℃]
1000	98	24.5
850	1515	18.3
700	3156	9.9
500	5885	−4.4
300	9722	−28.9

（データは気象庁のウェブサイトより）

問 5 北緯 35°において、時速 270 km で走行する列車内にいる体重 60 kg の人にはたらくコリオリ力（水平成分のみ）の大きさを有効数字 2 桁で求めよ。ただし、地球の自転角速度を 7.29×10^{-5} /s、sin 35° ＝0.547 とする。

問 6 地衡風について以下の問いに答えよ。

（１）北緯 30°において、気圧勾配が 100 km あたり 1 hPa のとき、地衡風の大きさを有効数字 2 桁で求めよ。ただし、地球の自転角速度を 7.29×10^{-5} /s、空気の密度を 0.5 kg/m^3 とする。

（２）（１）と同様の計算を北緯 45°において行なえ。

問 7 水路を水が一様な速さ 0.1 m/s で流れている。水は上流に行くほど高温であり、温度勾配の大きさは 0.02 ℃/m である。つまり、流速は $u = 0.1$ m/s、温度勾配は $\dfrac{\partial T}{\partial x} = -0.02$ ℃/m である。水じたいが加熱、冷却されることはなく断熱的であると仮定して、以下の問いに答えよ。

（１）流れていかないように水路に固定した水温計で水温を計測したら、水温は 1 分間に何℃の割合で上昇するか。小数点第 2 位まで求めよ。

（２）この水路に流れに乗って移動する水温計を流して水温を計測したら、水温は 1 分間に何℃の割合で上昇するか。小数点第 2 位まで求めよ。

問８ ３次元空間でのベクトルの外積について以下の問いに答えよ。ただし、３次元空間における２つのベクトル$\vec{a}=\begin{pmatrix}u\\v\\w\end{pmatrix}$と$\vec{b}=\begin{pmatrix}x\\y\\z\end{pmatrix}$の外積$\vec{a}\times\vec{b}$は、

$$\vec{a}\times\vec{b}=\begin{pmatrix}u\\v\\w\end{pmatrix}\times\begin{pmatrix}x\\y\\z\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}vz-wy\\wx-uz\\uy-vx\end{pmatrix}$$

と定義される。

（１）$\vec{u}=\begin{pmatrix}u\\v\\0\end{pmatrix}$、$\vec{\Omega}=\begin{pmatrix}0\\0\\\Omega\end{pmatrix}$のとき、$\vec{u}$と$\vec{\Omega}\times\vec{u}$が直交することを示せ。

（２）一般に、$\vec{u}=\begin{pmatrix}u\\v\\w\end{pmatrix}$、$\vec{\Omega}=\begin{pmatrix}\Omega_x\\\Omega_y\\\Omega_z\end{pmatrix}$のとき、$\vec{u}$と$\vec{\Omega}\times\vec{u}$が直交することを示せ。

ヒント：２つのベクトルの内積がゼロであれば、その２つのベクトルは直交するといえる。