

试题名称： 大气科学导论

(请从下列考题中任意选做 10 题，每题 15 分)

1. 名词解释：
大气气溶胶， 大气窗， 位温， 梯度风， 峨嵋宝光。
2. 请简述水成云降水形成的机制。
3. 晴天的天空为什么是蓝色的？在什么情况下它会变成乳白色或灰白色，为什么？
4. 什么是气旋？什么是反气旋？在我国境内通常有哪几种气旋？他们对我国天气有何影响？
5. 什么是晴天大气电场？请说明它能维持的原因。
6. 何谓条件不稳定气层？这气层稳定度的性质取决于什么条件？
7. 请证明：干空气绝热运动时，其温度随高度的变化率 $\frac{dT}{dz}$ 为常数。
8. 请给出虚温的表达式，并计算气压为 1013hPa，气温为 10℃时的干空气密度和在相同温压条件下，水汽压为 20hPa 时的湿空气密度。
(干空气的比气体常数 $R_d = 287 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
9. 设近地面气压为 1000hPa、密度为 1.29 kg/m³、平均西风为 10 m/s 的均质大气表面上有一重力波，求此重力波的波速。

10. 请由大气静力学方程推导出大气的压高公式，并说明气压随高度变化的特征。
11. 已知太阳常数 S_0 为 $1367 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ，设地球系统对太阳辐射的反射率为 0.5，地球长波辐射的放射率为 1。求地球的辐射平衡温度。
(斯蒂芬-波尔兹曼常数 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$)
12. 请画出气温随高度的增加而降低时的声线分布图，解释这种分布图形成的原因。

试题名称: 大气科学导论

(下列考题中任选 10 题, 每题 15 分)

1. 名词解释:

大气气溶胶: 含有分散、悬浮的固态和液态粒子的空气
称为大气气溶胶。

大气窗: 大气中分子吸收气体对长波辐射的吸收有^明明显的选择性, 在某些波段有强的或较强的吸收带, 而在这些吸收带之间有些很窄的准透明区, 称为“大气窗”, 为 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ 波段, 地表的射出的长波辐射可以透过大气射向太空。

位温: 处于任意压力状态 (P, T) 下的空气, 干绝热移动到 $P = 1000 \text{ hPa}$ 处时所具有的温度称为位温。

梯度风: 在水平面上沿曲线运动的空气, 在水平气压梯度力, 科里奥利力和离心力的平衡下, 风速称为梯度风。

山影山眉宝光: 在多雾的山上早晨或傍晚, 当太阳高挂在山上, 阳光从他背后射向他前面的雾之或浓雾时, 他可能看到之雾带之上出现一个人影, 且围绕此人影四周有一圈彩色光环, 这种景象常出现在四川峨眉山, 故称为山影山眉宝光。

试题名称:

大气科学导论

2. 水成云中, 水滴的增长主要通过凝结过程和重力碰并过程来完成。水成云形成之初, 水汽在凝结核上凝结成水滴并继续由凝结过程增大, 但其增长速度随着水滴的增大而变慢。当水滴增大到 $10\mu\text{m}$ 以上时, 凝结过程基本就不起作用了。这时重力碰并过程开始启动, 而且随着水滴的变大, 其增长速度越来越快。当水滴增大到一定程度, 上升气流无法托住水滴时, 大水滴就会脱离云体而降落成雨。
3. 晴空呈蔚蓝色, 可以用瑞利散射理论来解释。晴天时天空中, 大气中的粗粒子少, 我们看到的天空颜色主要是大气分子对太阳光的散射光。根据瑞利散射理论, 分子散射光的强度 (决定于体积散射系数) 与波长的 4 次方成反比。波长越短的光散射多, 波长越长的光 (如红、黄、橙光) 散射少, 所以我们可以看到天空呈蔚蓝色。
- 当天空中粗粒子 (如浮尘、雾滴等) 多了时, 主要变为米散射, 其散射光对波长无选择性, 所以天空成灰白色或灰白色。
4. 在北半球低层气压区附近, 空气围绕低压中心成反时针方向流动 (旋转), 称为气旋, 而在高压区附近空气围绕高压中心成顺时针方向旋转, 称为反

试题名称: 大气科学导论

气旋。在我国境内通常有华北气旋，东北低压，江淮气旋和西南低涡。它们常带来大风、降水等天气。

5. 晴天大气电场 —— 地球-大气系统是一个球形电容器。
其正极在电离层和电离层，负极在地球。中间是大气。
电势差^{由大气}形成一个电场，称为晴天大气电场。

由于大气有导电性，所以晴天大气电场中有从上向下的传导电流。它会使地面上的电荷减少。如果没有^{其他}电流的补偿，晴天电场就会逐渐消失。晴天电场之所以能够维持，是因为在地球-大气系统中存在着一种充电机制。当雷暴发生时，雷暴云底部对地面的电场方向与晴天大气电场相反。通过云底放电，将云底的负电荷传到地面，同时地面上的物体向云底的尖端放电，把正电荷传到上方，使地面上的电荷得以维持。也就维持了晴天大气电场。

6. 温度递减率 γ 满足 $\gamma_s < \gamma < \gamma_d$ 的层称为条件不稳定层。其中 γ_d 和 γ_s 分别为干绝热和湿绝热过程的温度递减率。

此层的不稳定程度决定于：①层中是否有充足的水汽。②层中是否有液态水。③层中是否有上升运动或下沉运动。

如果层中水汽充足又有上升运动，那么，在上升过程中还未达到饱和时就已饱和，达到饱和后就不再饱和了。如果层中

试题名称: 大气科学导论

有饱和水, 则无论上升或下沉都是不稳定的. 无饱和水, 则下沉运动时是稳定的.

7. 考虑单位质量空气, 其体积即为比容 α . 在这过程中其内能的变化量为 $c_v dT$. 做功为 $p d\alpha$. 由热力学第一定律有:

$$c_v dT + p d\alpha = d\alpha = 0 \quad (\because \text{绝热运动}). \quad (1)$$

$$\text{由 } p = \rho R_d T \Rightarrow p \alpha = R_d T.$$

$$p d\alpha + \alpha dp = R_d dT \quad \text{代入 (1) 式得:}$$

$$c_v dT + R_d dT - \alpha dp = 0. \quad \text{又 } \because c_v + R_d = c_p.$$

$$\therefore c_p dT - \alpha dp = 0. \quad \text{或:}$$

$$c_p \frac{dT}{dz} - \alpha \frac{dp}{dz} = 0.$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{1}{c_p} \frac{1}{\rho} (-\rho g) = -\frac{g}{c_p} \quad (\text{常数}). \quad \text{证毕.}$$

$$8. \text{ 虚温: } T_v = T \left(1 + 0.378 \frac{e}{p}\right).$$

$$\text{由干空气状态方程 } p = \rho R_d T.$$

$$\text{求干空气密度 } \rho = 1.247 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{由湿空气状态方程 } p = \rho R_d T_v.$$

$$T_v = 283 \left(1 + 0.378 \frac{20}{1013}\right) = 285.11$$

$$\text{湿空气密度 } \rho = 1.238 \text{ Kg/m}^3$$

试题名称:

大气科学导论

9. 重力外波波速 $C_0 = \bar{u} \pm \sqrt{gH}$.

其中 $H = \frac{P_0}{\rho_0 g} = 7910.14 \text{ m}$.

$$C_0 = 10 \pm \sqrt{9.8 \times 7910.14} = 10 \pm 278.42 \text{ (m/s)}$$

即重力波速在顺风方向为 288.42 m/s .

在逆风方向为 268.42 m/s .

10. 大气静力学方程: $\frac{dp}{dz} = -\rho g = -\frac{p}{RT} g$

$$\therefore \frac{dp}{p} = -\frac{g}{RT} dz$$

设 P_1 和 P_2 分别对应高度 z_1 和 z_2 处的压强, 对上式积分:

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{dp}{p} = - \int_{z_1}^{z_2} \frac{g}{RT} dz \Rightarrow \ln \frac{P_2}{P_1} = - \int_{z_1}^{z_2} \frac{g}{RT} dz$$

$$P_2 = P_1 e^{- \int_{z_1}^{z_2} \frac{g}{RT} dz} \quad \text{—— 压高公式}$$

压高公式表明气压随高度的增加而按指数规律降低.

且降低的速率与温度随高度的分布状况有关.

11. 考虑同一时刻, 地球只有向阳面接收到太阳辐射.

吸收的太阳辐射量为 $A \cdot \pi R_{\text{地}}^2 \cdot S_0$ (其中 $A = 1 - \text{反射率}$)

地球向外辐射的长波辐射为 $4\pi R_{\text{地}}^2 \sigma T^4$.

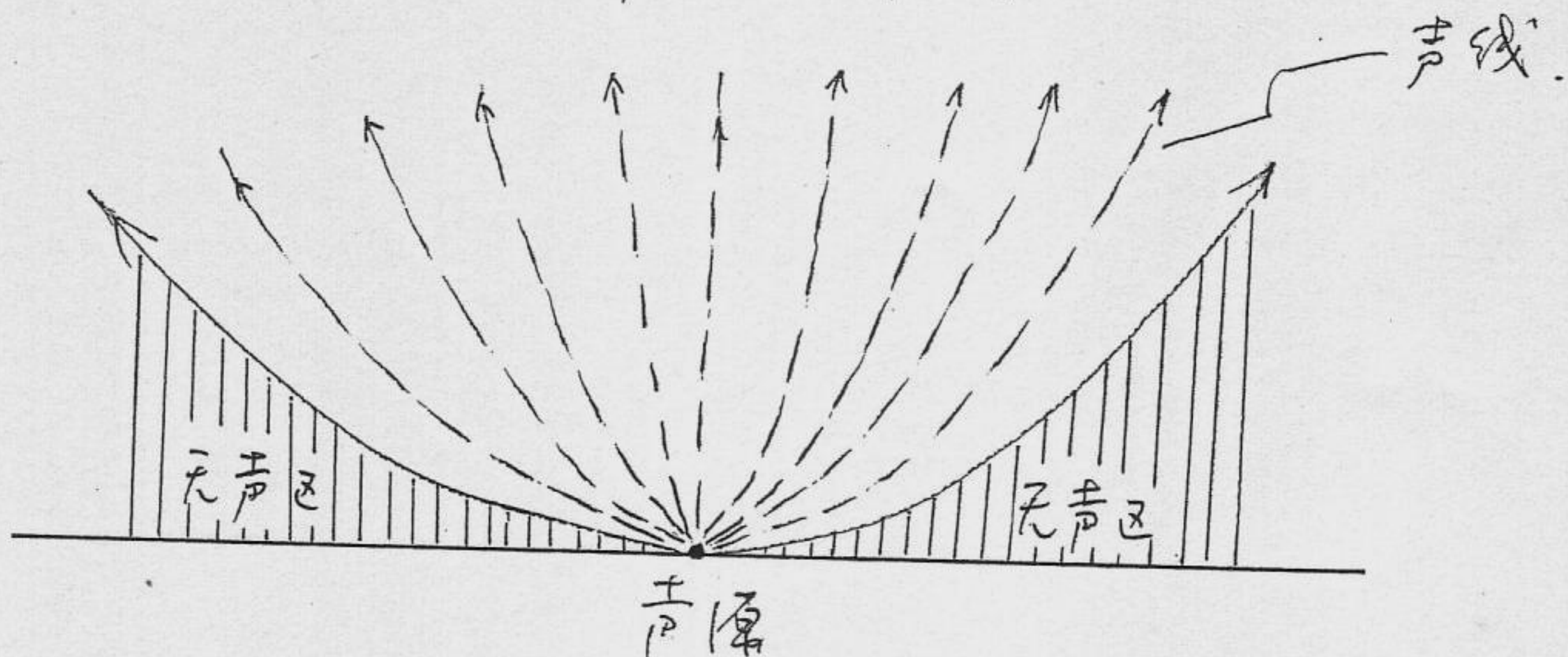
$$\therefore 0.5 \times \pi R_{\text{地}}^2 \cdot S_0 = 4\pi R_{\text{地}}^2 \sigma T^4$$

$$T^4 = \frac{S_0 \times 0.5}{4\sigma} \quad \text{代入平衡温度} \quad T = 234.3 \text{ (K)}$$

试题名称:

大气科学导论

12. 气温随高度降低时的声线分布图:



形成原因: 由于声波的折射, 声线会向声速小的方向弯曲。而大气中声速与气温的平方根成正比, (即 $c = 20.1\sqrt{T}$)。当气温随高度的增加而下降时, 声速也随高度的增加而变小, 即从地面向上声速越来越小, 所以声线会向上弯曲。在地面附近声源以外的地区会出现无声区。