

单项选择题

- 1、太阳上的产能区为 (A)
A.日核 B.辐射层 C.差旋层 D.对流层
- 2、太阳上将日核产生的光子输运出去的层次为 (B)
A.日核 B.辐射层 C.差旋层 D.对流层
- 3、太阳上的产生磁场的层次为 (D)
A.日核 B.辐射层 C.差旋层 D.对流层
- 4、太阳表面上自转速度最快的区域是 (A) 太阳物理导论第 5 页
A.赤道附近 B.中纬度地区 C.高纬度地区 D.两极附近
- 5、在太阳赤道面内的行星际磁场的几何形态为(B)
A.射线 B.螺线 C.圆形 D.抛物线
- 6、对太阳观测时，光学深度的计算通常取 (A) 为零点。重点四. 1
A.观测者 B.太阳表面 C、对流层顶 D.以上均不是
- 7、太阳辐射的有效发射层是 (A)，据推算太阳表面的有效温度为 5770 K
A.光球层 B.色球层 C.对流层 D.日冕
- 8、观测表明太阳耀斑的电磁辐射和粒子发射分别由太阳大气中的两个不同区域发射，其中 (C) 是主要的能量发射的区域。重点七. 2
A.日冕凝聚区 B.低温耀斑区 C.高温耀斑区 D.光学耀斑区
- 9、以下选项中，(D) 是导致突发电离层扰动的主要原因。重点九. 3
A.爆发日珥 B.太阳风 C、日冕物质抛射 D.太阳耀斑
- 10、太阳内部通过热核聚变反应产生能量的物理层次是 (B)
A.对流层 B.日核 C.辐射层 D.差旋层
- 11、太阳内部通过热核聚变反应产生能量的物理层次是 (B)
A.对流层 B.日核 C.辐射层 D.差旋层
- 12、带电粒子在地磁场的作用下绕地球赤道上空运动一周及以上则可称之为捕获粒子，

这些捕获粒子被储存在地球空间的特定区域（A）。

- A.辐射带 B.电离层 C.热层 D.等离子体层

13、太阳活动区为太阳上各种活动集中发生的强磁区，其核心和标志是（C）。

- A.谱斑 B.光斑 C.太阳黑子 D.以上都不是

14、太阳表面存在不同纬度处自旋角速度显著不同的现象，该现象称之为（C）。重点二.4

- A.子午环流 B.太阳的偏转 C.纬向较差自转 D.径向较差自转

多项选择题

1、空间物理学的特点是（A、B、C、D、E）重点一.5

- A.新兴和前沿 B.对观测的强依赖性 C.基础性和应用性
D.全球性 E.交叉性

2、目前空间物理学的研究对象是（A、B）太空物理学 5 页

- A.日地空间物理 B.太阳-行星空间物理
C. 恒星际空间物理 D.行星际空间物理

3、太阳核心区进行热核聚变产生的能量的主要形式为（B、D）太阳物理导论 106 页

- A.正电子 B.中微子 C.质子 D. γ 射线

4、（ ）是太阳上发生的短时标活动现象（A、B、C、D、E）

时标：对时间具体的分割。太阳物理导论第 8 页或重点二.3

- A.日珥 B.太阳耀斑 C.日冕物质抛射 D.黑子 E.谱斑

5、以下哪些是活动区（A、B、C）太阳物理导论 395 页

活动区：从低层到高层，以强磁场的黑子为核心，形成一个活动中心。

黑子（光球）附近总会出现光斑，上空色球总会出现谱斑，谱斑附近经常出现日珥，黑子上空的日冕则经常出现凝块不均匀结构，最剧烈时表现为耀斑。

- A、太阳耀斑 B、黑子 C、日珥 D、冕洞

6、下列方法中可以用于消除湍流影响的有（A、B、C、D、E）重点三.3

- A、选址在高山或湖面上 B、望远镜建在塔中 C、图像还原技术
D、望远镜光路抽真空或充氦 E、采用自适应补偿校正技术

7、 一个典型太阳耀斑的爆发过程(A、C、D)重点七.2

A、耀斑前相 B、增长相 C、脉冲相 D、延伸相

8、 属于地球磁层基本结构的是 (A、C、D)

磁层由磁层顶、等离子体幔、磁尾、中性片、等离子体层、等离子体片等组成。在磁层顶外还存在磁鞘和弓激波。

A、磁层顶 B、辐射带 C、等离子体层

D、等离子体片 E、电离层 F、ICME

9、光球层上典型的特征物包括(A、B)针状物、谱斑为色球。光斑和谱斑都与太阳黑子有着密切的关系，有着11年周期的变化。

A.米粒组织 B.太阳黑子 C.谱斑 D.针状体

10、按发生的区域不同，空间暴可以分为原初暴和次级暴。地球空间发生的次级暴包括(B、C)

A.日冕物质抛射 B.电离层扰动 C.磁暴 D.太阳耀斑

http://2011.cma.gov.cn/zxbd/20110104/20110817/2011081707/201108/t20110818_101867.html

空间暴：空间天气在瞬间或者短时间内远远偏离正常状态的带电粒子和电磁场的强烈扰动。

按照空间暴产生的区域主要分为原初暴（即太阳暴）和次生暴（即地球空间暴）（包括磁暴、亚暴和电离层暴等）

太阳暴：太阳活动高峰阶段（例如太阳黑子较多的年份），太阳表面产生的剧烈爆发活动。

太阳暴的直接原因为耀斑，按到达地球空间时间的快慢分为3部分：1. 增强的电磁辐射（太阳耀斑），导致突发电离层骚扰，8分钟 2. 高能带电粒子流导致太阳质子事件或极盖吸收事件，几十分钟 3. 耀斑爆发伴随的日冕物质抛射（等离子体云）引起地磁暴、高能电子暴、热等离子体注入、电离层暴、高层大气密度增加，几天。

地球空间暴：由于太阳爆发或者地球空间自身存储的能量的剧烈释放，使得地球空间的场和粒子处于剧烈的扰动状态。地球空间暴包括磁层亚暴（伴随着地球极区极光突然增强的磁层能量释放过程）、磁暴（全球尺度地球磁场的剧烈扰动）、磁层粒子暴（磁层粒子的突然增强）、电离层暴（电离层等离子体浓度突然的增强或减少）和热层暴（高空大气密度和温度突然的扰动）等。

11、 在以下现象中，太阳耀斑发生时色球中可能伴随的现象是(B、C、D)还包括日浪、日喷。EIT波在日冕，是太阳大气中尺度最大的波动现象，其传播范围跨越整个日面。导论 525-526 涉及部分

A. EIT 波 B.暗条消失 C.耀斑后环 D.莫尔顿波

12、磁暴发展阶段包括（B、C、D）

A.脉冲相 B.恢复相 C.初相 D.主相

13、地球大气按垂直温度可分为(A、B、C、D)重点九.1

A.中间层 B.平流层 C.对流层 D.热层

14、以下选项中，可用于观测日冕物质抛射的是（A、C）

A.极紫外 B.红外线 C.白光 D. γ 射线

15、以下方法中，（A、B、C、D）可以尽量降低在太阳观测中大气湍流的影响。

A.选址在湖面上 B.选址在高山上

C.望远镜光路抽真空或充氦 D.望远镜建在塔中

16、日冕物质抛射是太阳上最猛烈的爆发性活动之一，具有不同的次级结构，其中典型三组分结构包括（A、C、D）重点七.3

A.暗腔 B.冕流 C.亮前沿 D.亮核

填空题

1、日地空间由太阳上层大气层、日地行星际空间、地球磁层、地球电离层和地球中高层大气构成，其中后三者又称为地球空间。太空物理学第1页

2、从地球上，太阳的角半径为 $16'$ 。

3、太阳常数 S 指在日地平均距离处，地球大气外垂直于太阳光束的单位面积上、单位时间内接受到的太阳辐射能量，其值约为 $1367 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。重点二.1

4、根据观测和研究分析，太阳可以分为物理性质明显不同的8个层次。重点一.2

5、太阳具有分层结构，其中太阳内部结构由内而外依次是日核、辐射层、对流层、差旋层、对流层，太阳外层大气分别为光球层、色球层、光球—日冕过渡区、日冕。重点一.2

6、太阳的光球层是很薄但非常重要的层次，是人们肉眼唯一可见的层次。

7、太阳活动是指短时标、局部区域上发生的现象。

8、太阳活动是太阳在时间和空间上局部化的现象及其表现出来的各种辐射增强。太阳物理学导论第9页

9、当用不同波长的光观测太阳时，会观测到各种太阳活动现象，其反映了的不同层次的结构信息。（待补充）

10、太阳耀斑发生过程中会伴随各种电磁辐射和粒子发射，其随时间的演化可分为耀斑

前相、脉冲相和延伸相三个阶段。

11、对太阳黑子的长期观测发现，日面上黑子群的极性呈周期性变化，反映了太阳磁极的周期性变化，太阳磁性周期为 22 年。

12、电离层按其自由电子数密度的垂直分布可分为 D 层、E 层和 F 层，其中持久存在且受地磁场控制的是 F2 层。

13、太阳的辐射以电磁辐射、粒子流和重力波、磁流波等形式发射，从能流大小角度来看，电磁辐射 是其最为主要的发射形式。

14、太阳风存在于整个行星际空间，主要由太阳等离子体流和太阳磁场构成，其中空间观测证实高速太阳风源于冕洞。（太阳物理导论 342 页）

15、日地空间各部分之间因相互影响而形成紧密联系的整体系统，又称为日地系统，是由太阳大气、日地行星际空间、地球磁层、电离层和中高层大气构成。

判断题

1、日地空间又称为日地系统（√）

2、宁静太阳可视为时间上稳定的空间上球对称和均匀辐射的理想太阳。（√）

3、可以借助各种观测仪器通过光谱观测太阳大气的不同层次或区域，因为这些谱线形成温度或来源区域不同。（√）

4、太阳上的活动现象只会发生在活动区。（×）不是所有的活动都发生在活动区，但倾向于产生各种各样的爆发活动

5、暗条消失只发生在太阳耀斑事件期间。（×）

6、高温耀斑区是耀斑能量的真正释放区域，也是耀斑的主体。（√）

名词解释（摘抄于重点，并校正）

视宁度：大气湍流造成的望远镜焦平面上的太阳像和星像的毁坏程度，作为衡量观测地天文气候优劣的标准。

太阳耀斑：发生在太阳表面局部区域中突然和大规模的能量释放过程，伴随一系列的各类粒子和辐射增强。包括几乎全波段的电磁辐射增强；发射能量从 $10^3 \text{ eV} - 10^{11} \text{ eV}$ 的各种粒子流；以及大规模的物质运动和抛射现象 (CME)

光子平均自由程：光子与原子两次碰撞之间的自由行程（或是指光的能量衰减到 $1/e$ 时所经过的距离。）太阳物理导论第 250 页

空间天气：太阳、太阳风、磁层、电离层和热层的状况。它可影响天基和地基技术系统的运行和可靠性，危及人类的健康和生命。恶劣的空间环境会引起卫星运行、通信、导航和输电网的事故，造成经济损失。

简答题

1、简单说明空间物理、空间环境、空间天气的联系与区别。（太空物理学概论第3、4页）

空间环境和空间物理研究内容一致，空间物理研究对象为空间环境；空间环境研究内容主要为对太空活动的影响和预报，属于空间物理的应用范畴，两者无法分割；空间天气和空间物理研究范围一致，空间天气更侧重于对天基和地基的技术系统和人类健康有影响的灾害性空间环境的研究和预报，空间天气是空间物理中于应用密切结合的研究内容。（有待补充成人话）

2、什么是临边昏暗？试给出在光球观测中的临边昏暗的物理解释。（太阳物理导论 269 页）

用可见光或红外连续光谱单色光观测太阳表面时，整个太阳圆面亮度从中心向边沿逐渐减弱。原因：将波长 λ 固定，由 $\tau_{\lambda} \sec \theta \approx 1$ ，在日面中心附近，日心角距 θ 较小，即 $\sec \theta$ 较小， τ_{λ} 较大，说明辐射来自于光球深层，温度较高，辐射较强，显得较亮；随着 θ 增大， τ_{λ} 变小，辐射来自光球外层，温度低，辐射弱，显得暗。

3、简述日冕辐射的三种成分及其特点（重点五.1 或太阳物理导论 328、329 页）

K 冕，来源：日冕电子对光球辐射的散射，特点：与光球光谱类似的连续谱，因日冕高温电子的多普勒加宽效应而没有夫琅禾费吸收线，辐射有偏振的，偏振度约为 20-70%；

F 冕，来源：行星际尘埃对光球辐射的散射，特点：更弱与光球类似的连续谱，含有夫琅禾费谱线，偏振度很低（或者说非偏振），集中在黄道面内，可延伸至很远的距离；

E 冕，来源：日冕等离子体本身在光学波段（自 X 射线至可见光）的辐射，特点：暗弱的连续谱+明亮的发射线，辐射强度随高度（径向）的梯度很陡；对日冕辐射总强度贡献很小，但发射线波长处辐射强度高于 K 冕和 F 冕。

4、什么是磁浮力？试推导其方程。（太阳物理导论 407 页或重点六.3）

在水平方向上，磁通量管内外压力平衡，导致等离子体管内密度小于管外密度，管获得一向上浮力，

$$P_e = n_e kT = \frac{\rho_e}{\mu m_H} kT, \quad P_i = n_i kT = \frac{\rho_i}{\mu m_H} kT \quad (\mu \text{ 为平均原子量, } m_H \text{ 为氢原子质量})$$

$$\text{压力平衡: } P_e - P_i = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad (P_i \text{ 和 } P_e \text{ 分别为磁流管内、外的流体压力, } B \text{ 为磁场强度, } \mu_0 \text{ 为真空磁导率})$$

$$F_{\text{浮}} = (\rho_e - \rho_i)g = \frac{\mu m_H g}{kT} \left(\frac{B^2}{2\mu_0} \right)$$

5、试例举三种日冕结构，并简要说明其特征。（有待重新补充和完善，过于凌乱，请勿阅读，如有推荐资料和书籍，请联系）

冕流：由太阳边缘向外延伸的明亮结构，日冕最突出的大尺度结构之一，长度与太阳活动有关，密度比邻近区域大 3-10 倍，寿命几个太阳周，形成机制：新磁通量浮现、冕洞开放磁力线通过磁场重新连接。

射线：南北两极附近、也可出现在任何高度，有些垂直的亮射线系，可能是小冕流的侧视物，也可能时开放的磁力线结构中的密度增强区

极羽：日面两极区的羽毛状（射线状）结构，因气体完全电离，其反应磁场的形态，可描述极区磁力线，密度增强区寿命 15h，太阳活动极小年最明显

冕盔：活动区上空的冕流常成盔状，其下部为联结双极区的闭合磁力线系，顶部为向外延伸的开放力线。

冕穴：冕盔下部闭合磁力线包围的区域较暗，如同空穴，常出现日珥。

冕环：日冕的基本结构，充满炽热的等离子体，常常为耀斑和 CME 的前兆，大小 10^3-10^4 km ，宁静区环比活动区大，厚度无明显变化。寿命：几天至两周 温度、压强分布：环顶最高，向两足点下降

6、试说明 2B/M5 级耀斑的含义, 试说明 M6/3N 级耀斑的含义。（太阳物理导论 465 页）

光学耀斑分级: B、N、F 分别为耀斑亮度很亮、中等、很暗, 前面的数字含义: 耀斑处于日面中心面积为 S_p , (后面单位为太阳半球面) 若小于 100×10^{-6} , 为 S, $100-250 \times 10^{-6}$, 为 1, $250-600 \times 10^{-6}$, 为 2, $600-1200 \times 10^{-6}$, 为 3, 大于 1200×10^{-6} , 数字为 4;

X 光辐射强度定级: C ($<10^{-2}$)、M ($10^{-2}-10^{-1}$)、X ($>10^{-1}$) 大级 (单位 $\text{erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), 每大级再细分 1-9 共 9 个小子, 即后面的数字含义。扩展 (A: $<10^{-7}$, B: $10^{-7}-10^{-6}$, C: $10^{-6}-10^{-5}$, M: $10^{-5}-10^{-4}$, X: $10^{-4}-10^{-3}$, 单位为: W/m^2)

2B/M5: 耀斑亮度为很亮, 耀斑面积在 $250-600 \times 10^{-6}$ 太阳半球面之间, X 光峰值流量为 $5 \times 10^{-2} \text{erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
M6/3N: 耀斑亮度为中等, 耀斑面积在 $600-1200 \times 10^{-6}$ 太阳半球面之间, X 光峰值流量为 $6 \times 10^{-2} \text{erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

8、某耀斑 $S_p=1000 \times 10^{-6}$ 太阳半球面积, 中等亮度, 试为该耀斑定级。
3N

9、试写出太阳分层结构及其特点和特征物。（已延展内容, 选择阅读, 摘自笔记、重点、维基）（如有详细介绍太阳分层结构的书, 请一定要联系我）

日核（日心-0.25R）: 炙热（一千五百万 K）、高密度（约占质量的 50%）、等离子体状态, 99% 的能量产生于此, 通过辐射向外转移, 核聚变区: 主要为质子-质子链 (proton-proton chain), 少数来自碳氮氧循环 (CNO cycle), 可简单总结为: 4 个氢 \rightarrow 1 个氦 + 能量 + 2 个中微子, 能量的形式通常为高能的 γ 射线与 X 射线光子。

辐射层 (0.25-约 0.70R): 温度 (七百万 K 降至两百万 K)、密度 (20g/cm^3 降至 0.2g/cm^3), 热辐射为主要能量传递手段, 光子约花上两百万年穿过该层 (光子移动很短的距离, 就会被吸收或散射成另一个粒子, 并逐渐转移成较长的波长, 温度降至 150 万 K)。

差旋层 (0.7~0.74R): 因旋转速率变换迅速, 存在巨大切变; 其几何形状和厚度在太阳能发电机模型中起重要作用。

对流层 (0.75R 至肉眼可见的太阳表面附近): 由施瓦西准则, 顶底温度差, 气体上浮, 当浮力不足, 将下沉而形成对流; 太阳磁场产生和变化的区域, 是太阳表面的各种电磁变化的能量与磁场来源。

光球层 (厚度约 500-550km): 太阳大气由完全不透明变为完全透明薄层 (吸收可见光的 H 离子数量减少), 太阳半径、太阳表面均以光球层外边界定义, 肉眼观察到的明亮日轮; 太阳辐射到空间能量主要来自光球层, 可见光波段的辐射几乎全部来源于此 (由电子和氢作用产生 H 离子时产生); 阳光有着近似于黑体的光谱, 温度约为 6000K; 存在临边昏暗现象, 有黑子、光斑 (白光观测下在黑子周围明亮的小片区)、米粒 (斑点结构, 在太阳热气体云的顶部, 大小约为 300~1450 公里, 形状为不规则多边形, 持续时间约 7~10 分钟, 有垂直方向的振荡)、超米粒组织。

色球层 (外缘不规则, 厚度约 2500km): 密度较光球层下降 5 个量级, 光球层压倒性的明亮效果, 无法肉眼看见色球层。用单色光观测, 可见玫瑰红气层; 谱线主要是发射谱线; 温度由 4200K 上升至 5 万 K; 在 1500km 以下的色球比较均匀, 1500km 以上充满针状体 (光球生长, 上升到色球层的顶端, 然后再回转下降, 约 10 分钟); 边缘突出的丝状体, 酷似燃烧着的草原 (日珥), 日珥投影到太阳表面上所呈现的暗黑色条带 (暗条); 典型的色球影像会呈现线状的明亮单元 (网格); 谱斑 (黑子附近的明亮区域)。(几者有一定联系, 可参考多选第 5 题)

色球-日冕过渡区 (薄层) 温度急剧变化, 适合远紫外波段观测

日冕 (延伸到数倍太阳半径处, 形状不规则, 无明显边界) 超高温 (百万 K)、稀薄但强烈电离的等离子体。宁静的时期, 日冕或多或少的局限在赤道的区域, 冕洞覆盖在极区的区域。

冕环：日冕的基本结构，封闭性磁通量，磁活性增强，通常是闪焰和日冕物质抛射（CME）的前兆。
冕洞：因不会辐射出太多的 X 射线，在 X 射线中为很暗的极地区域，阳上的广阔区域，那里的磁场是向行星际空间开放的单极。高速太阳风主要来自这些区域。（日冕过于凌乱，请勿阅读，如有推荐资料 and 书籍，请联系）

计算题

1、在地球公转轨道附近测得太阳风的质量通量密度为 $5.8 \times 10^{-16} \text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，试计算通过 1AU 处球面的质量通量，并判断太阳风对太阳总质量的影响。其中，太阳的年龄以 50 亿年（ $5 \times 10^9 \text{s}$ ）计。1AU= $1.496 \times 10^{13} \text{cm}$ （原题数据略有问题，已做修改）太空物理学导论 72 页太阳风的描述中，常使用等离子体流通量或通量密度，物理学中，学得通量等于面积乘以密度，求 1AU 处的通量，只需用密度（密度通量）乘以 1AU 整个球面的面积

$$\phi = \rho \times S = \rho \times 4 \times \pi \times R^2 = 5.8 \times 10^{-16} \times 4 \times 3.14 \times (1.496 \times 10^{13})^2 = 1.63035 \times 10^{12} \text{g} \cdot \text{s}^{-1}$$

可以理解为太阳风以每秒带走 $1.6 \times 10^{12} \text{g}$ ，以 50 亿年计算，

$$1.6 \times 10^{12} \times 5 \times 10^9 = 1.6 \times 10^{29} \text{g}，\text{太阳总质量约为 } 2 \times 10^{33} \text{g}，\text{50 亿年共带走 } \frac{1.6 \times 10^{29}}{2 \times 10^{33}} = 8 \times 10^{-5} \text{的质量，是微不足道的。}$$

（扩展：若问太阳风的能量通量和总辐射的能量通量比较）

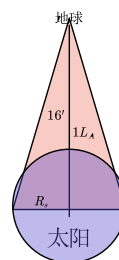
2、已知太阳质量 M、太阳半径 R_s ，试计算太阳表面重力加速度 g、逃逸速度 v。

$$G \frac{Mm}{R_s^2} = mg \rightarrow g = \frac{GM}{R_s^2}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgR_s \rightarrow v = \sqrt{\frac{2GM}{R_s}}$$

$$\left(\text{更严谨点: } 0 - \frac{1}{2}mv^2 = \int_{R_s}^{\infty} -\frac{GMm}{r^2} dr \right)$$

3、考虑地球绕太阳公转周期、日地平均距离、太阳的角半径=16'，试计算太阳的质量 M、半径 R_s 。其中，1AU= $1.496 \times 10^8 \text{km}$ ， $G=6.627 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ ，T=365 天



$$\frac{R_s}{L_A} = \tan 16' \rightarrow R_s = 1.496 \times 10^8 \times \tan 16' = 696275 \text{km}$$

$$\frac{GMm}{L_A^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} L_A$$

$$\text{解得: } M = \frac{4\pi^2 L_A^3}{GT^2} = \frac{4 \times 3.14^2 \times (1.496 \times 10^{11})^3}{6.627 \times 10^{-11} \times (365 \times 24 \times 3600)^2} = 2.00347 \times 10^{30} \text{kg}$$

4、试以太阳耀斑为例说明太阳活动与宁静太阳的关系。这里，一次典型太阳耀斑的能量是 $4 \times 10^{32} \text{erg}$ ，持续时间以 30 分钟计。太阳导论 10 页

宁静太阳只考虑均匀辐射，太阳总辐射规律为 $3.845 \times 10^{33} \text{erg} \cdot \text{s}^{-1}$ ，若持续 30 分钟，得 $3.845 \times 10^{33} \times 30 \times 60 = 6.921 \times 10^{36} \text{erg} \cdot \text{s}^{-1} \gg 4 \times 10^{32} \text{erg} \cdot \text{s}^{-1}$

故太阳活动所涉及得能量和整个太阳辐射来比，是微不足道的，太阳可看作大功率稳定辐射加上小功率的周期性太阳活动。

5、假设电离层 F2 层的最大电子密度值 $NmF2=5.0 \times 10^5 \text{cm}^{-3}$ ，试求从该层反射的电波最高频率 fmF2。

$$\text{由: } n = \sqrt{1 - \frac{80.8n_e}{f^2}}$$

$$\text{令 } n = 0, \text{ 得: } fmF_2 = \sqrt{80.8 \times 5 \times 10^{-1}} = 6.3561 \text{ HZ}$$

6、太阳黑子形成的理论之一是对流层中磁流管的上浮。试推到磁浮力 F 的表达式。其

中，磁压强 $P_{mag} = \frac{B^2}{2\mu_0}$ ，等离子体压强 $P_{gas} = nkT$

$$P_e = n_e kT = \frac{\rho_e}{\mu m_H} kT, \quad P_i = n_i kT = \frac{\rho_i}{\mu m_H} kT \quad (\mu \text{ 为平均原子量, } m_H \text{ 为氢原子质量})$$

压力平衡: $P_e - P_i = \frac{B^2}{2\mu_0}$ (P_i 和 P_e 分别为磁流管内、外的流体压力, B 为磁场强度, μ_0 为真空磁导率)

$$F_{\text{浮}} = (\rho_e - \rho_i)g = \frac{\mu m_H g}{kT} \left(\frac{B^2}{2\mu_0} \right)$$