

6.3 磁场生物效应的相关问题



6.3.1 地磁场的生物效应

6.3.2 恒定强磁场的生物效应

6.3.3 极弱磁场的生物效应

6.3.4 交变磁场及其生物效应

6.3.5 磁化水的生物效应

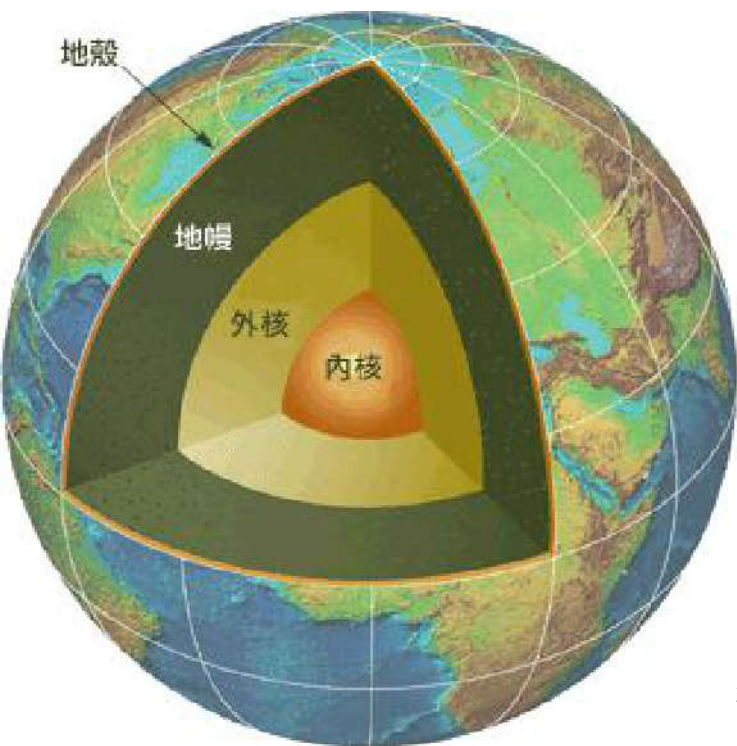
6.3.1 地磁场的生物效应

远在地球上的生物发生之前，就存在着地球磁场了。

地磁场是地球上生物的物理环境因素。生物在长期演化过程中，适应了这一环境因素，并且利用其发挥了一定生理功能。

当地磁场发生明显变化时会影响生物的活动，甚至生命活动。

地磁场的起源和成因



地壳包裹着整个地球，很薄，质量为全球的 **0.2%**。

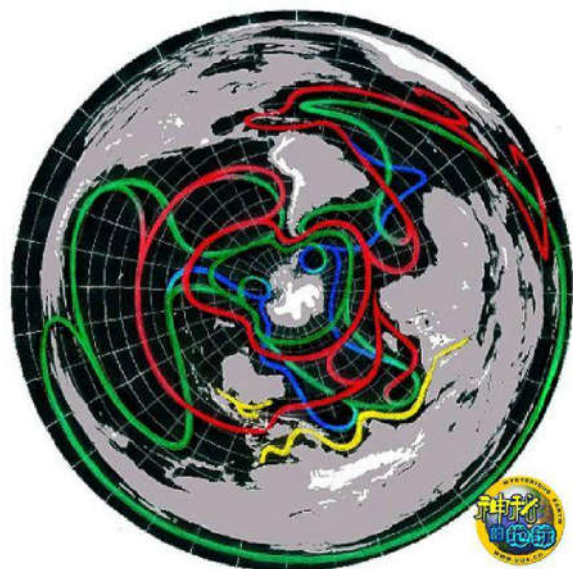
地幔最厚，占地球质量的 **68%**左右，密度由外至内逐渐增大

据推测外核可能主要由液态铁组成。内核为在极高压下结晶的固体铁镍合金组成。

地磁场的起源和成因

一直是悬而未决的问题，先后提出了**10**多种学说。发电机学说：根据地球形成及物体旋转运动规律，地核旋转慢，地表旋转快；如果把地表看成是静止的，那么地核就作旋转运动；地球不断接收太阳射来的带正电的质子，使地球带有正电，地核也就带正电，带正电的地核在旋转时就会产生磁场，这就形成了地磁场。

地球内部构造复杂，此学说有待于进一步验证。



2009年美国科学家提出了地球磁场由海流产生的新理论。认为带盐份的海水流动产生了电流和地磁。此项研究结果发表在英国物理研究所《**New Journal of Physics**》。

地磁场有何生物效应？

- 1 生物的向磁性和地磁场导航作用
- 2 地磁场的生命保护伞作用及其极性改变对生物的作用
- 3 磁暴引起的地磁场变化的生物效应

1 生物的向磁性和地磁场导航作用

信鸽归巢之谜

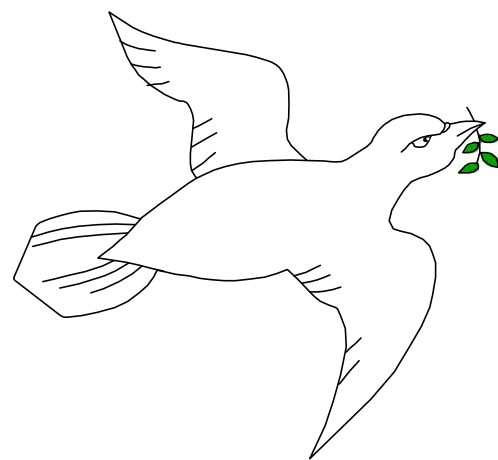
信鸽爱好者都知道，如果把鸽子放飞到数百公里以外，它们还会自动归巢。

鸽子为什么有这么好的认家本领呢？



信鸽归巢之谜

原来，其头颅内存在磁性细粒，起罗盘定向作用。鸽子可以利用地磁找到自己的家。



实验1:



将两组鸽子分别绑上**强磁性的**永磁铁块和**弱磁性的**铜块，在远离鸽巢放飞。???

绑有铜块的鸽子**全部**都飞回鸽巢，

但**大部分**绑有永磁铁的鸽子却迷失方向。

永磁铁的磁场干扰，使鸽子不能识别地球磁场。

实验2:



将一组鸽子放置在鸽巢和其地磁共轭点之间的中点处，放飞。

地磁共轭点：具有相同地磁经纬度的南北半球的两个点

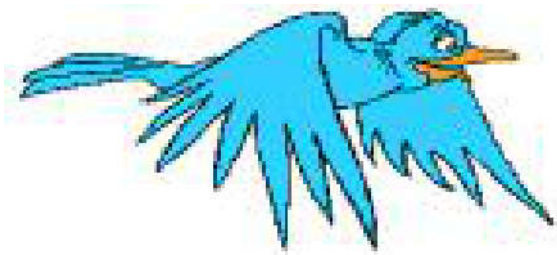
大约有一半飞回原来的鸽巢，其余的鸽子却飞到共轭点去了。

表明鸽子是依靠地球磁场来识别鸽巢的。

鸽子头部有少量的强磁性 Fe_3O_4 ，

如何利用 Fe_3O_4 导航，是需要进一步研究的问题。

候鸟作季节性往返迁徙而不迷途,其大脑组织中含有比鸽子更丰富的磁性成分.

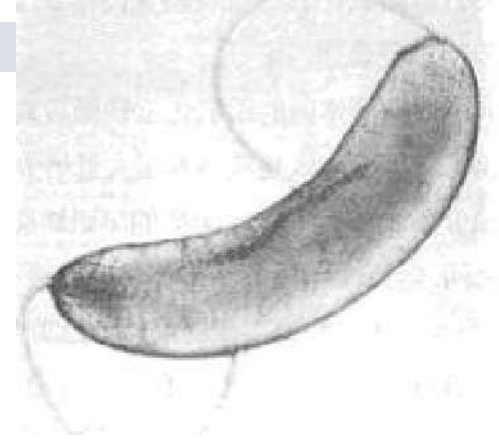


趋磁细菌的发现

20世纪70年代，一位美国博士生在研究细菌时偶然发现了一种生活在海底淤泥的厌氧细菌。在显微镜下观察时，它总是移向载玻片的一边；拿一磁铁靠近载玻片，它就向磁铁N极移动，叫做趋磁细菌。



为什么具有趋磁性



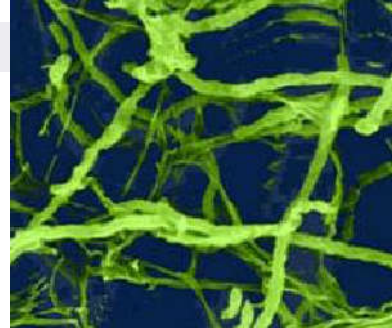
细菌体中沿轴线排列着大约**20颗细黑粒**，是直径约**50 nm**的 Fe_3O_4

如何证明趋磁性是体内 Fe_3O_4 所致？

在不含铁的培养液中培养几代后不再含 Fe_3O_4 ，不具有上述行为。

形成过程非常复杂：特殊基因的表达、囊泡形成、金属离子输运和生物的矿化作用。

为什么这些细菌需要用罗盘？



趋磁细菌不喜欢氧气。他们需要从富氧区移至贫氧或无氧区。在水中，含氧量随着水深度的增加而降低，所以，趋磁细菌喜欢生活在水环境的底部。他们用他们的磁性罗盘告诉它们哪个方向为下。

它们如何做到这一点？

在北半球，地磁场北极是以一定角度向下的，所以通过沿着地磁场的北极，他们向深水处移动，并进入贫氧区。有意思的是，

在南半球，地磁场北极实际上是以一定角度向上的。所以，在南半球的趋磁细菌是“追南型”。

在赤道区，地磁北极不是向上也不是向下的，所以趋磁细菌为“追南型”、“追北型”混和型。

科学家对趋磁细菌的应用非常感兴趣。日本学者Mrtsunaga早在1991年就预计趋磁细菌的磁小体是高新技术领域中的一种新的生物材料。

小尺寸的超微颗粒磁性与大块材料显著不同：大块纯铁矫顽力约为 **80安 / 米**，而当颗粒尺寸减小到 **2×10^{-2} um**以下时，矫顽力可增加**1千倍**，若进一步减小尺寸到 **6×10^{-3} um**时，矫顽力反而降低到**零**，呈现出超顺磁性。

利用磁性超微颗粒具有高矫顽力的特性，作成高贮存密度的磁记录粉，用于磁带、磁盘、磁卡以及磁性钥匙等；利用其磁性和深黑颜色，微波吸收材料。

利用超顺磁性，制成用途广泛的磁性液体，用于磁性密封、生物医药和磁保健。

细菌产生的微小磁铁比人类自己做的要好。

纳米究竟有多小？

奈米：尺寸的單位，十億分之一米

十億分之一有多大？

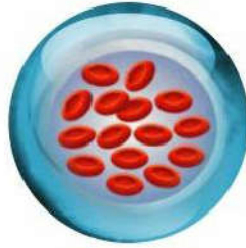
- 地球直徑的十億分之一 大約是一顆彈珠的大小



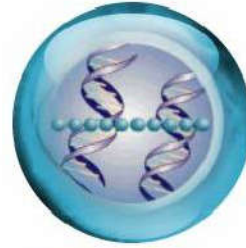
人高
20億奈米



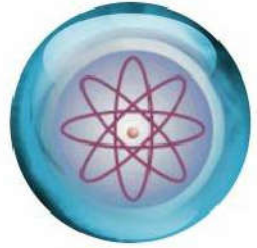
針頭
100萬奈米



紅血球
1千奈米



分子及DNA
1奈米



氫原子
0.1奈米



加拿大冬小麦根的生长方向喜欢沿磁场增强的方向，表现向磁性。

2 地磁场的生命保护伞作用及其极性改变对生物的作用

太阳风是稀薄的带电离子流，每秒以**300-400公里**飞行。

假如没有地磁场，强大的太阳风将不会受到地磁的**偏转作用**而向地球方向长驱直入，扫掉大气，使海洋日益蒸发，甚至消失。

大气中的**二氧化碳就会不断增加**，气温不断上升，**产生温室效应**。

如果没有地磁场这个巨大的“保护伞”，也许就不会有今天的人类和各种生命。

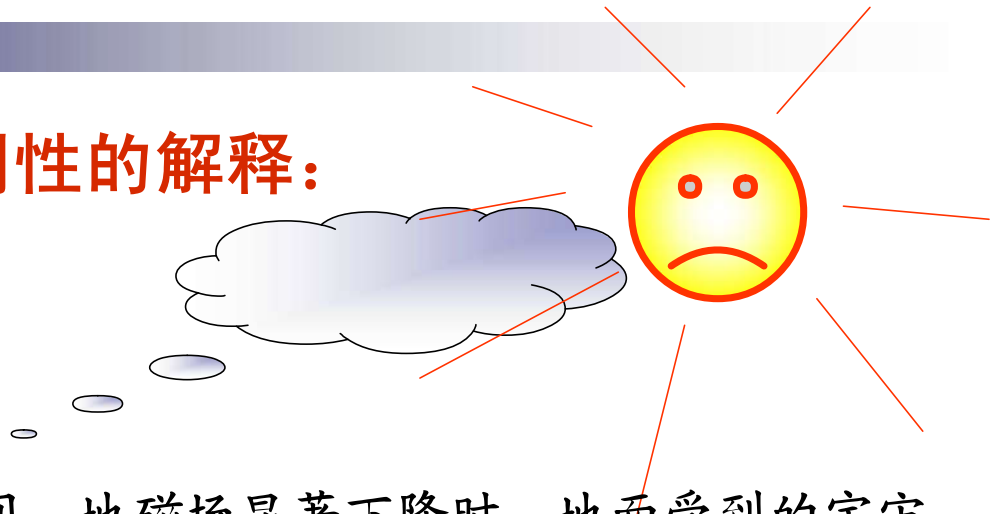
地磁场极性改变对生物的作用

地磁场每隔50-100万年，会发生一次转向。同时发现一些低等生物灭绝，其化石在某一时期的地层中消失了。

在约250万年前的一次地磁场反向中，7种低等生物化石消失；

7万年前的一次地磁场反向中，有7种低等生物化石灭绝。

目前有两种推测性的解释：



一种解释：在过度期间，地磁场显著下降时，地面受到的宇宙线和其他辐射增强，对一些种属的生物来说**辐射达到突变或致死辐射的剂量**，因而引起这些生物的灭绝；

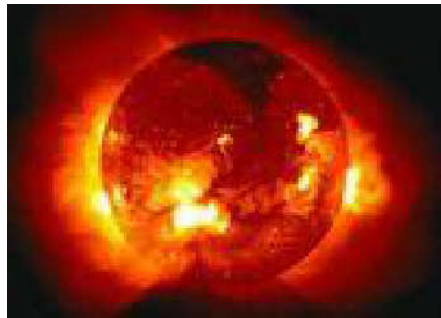
另一种解释：过度期间地磁场显著下降时，引起磁层和大气层的剧烈变化，从而**发生气候的异常变化**，也可使一些种属的生物不能适应而灭绝。

3 磁暴引起的地磁场变化的生物效应

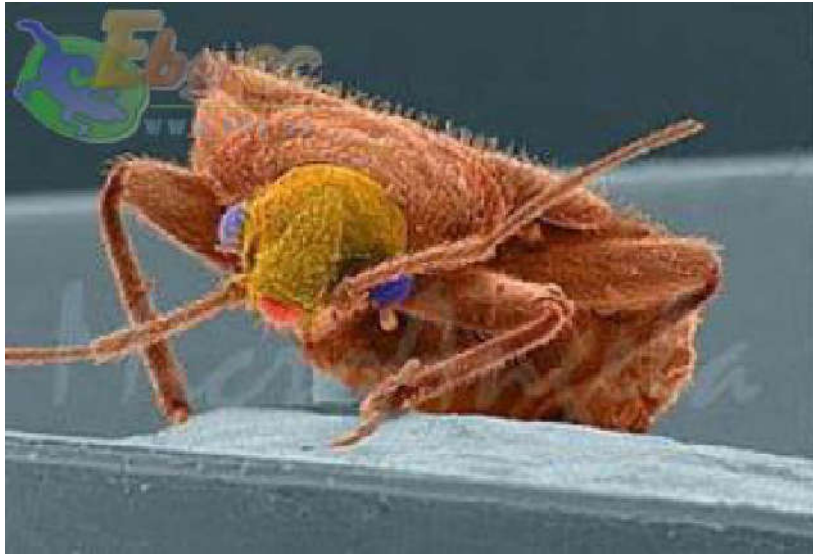
磁暴是**太阳黑子**活动造成的，当太阳突然喷射大量带电微粒进入地球大气时，引起地球**电离层**的变化，同时也使**地磁场强度和方向**发生急剧不规则的变化。

太阳黑子活动呈现周期性变化，每年3-4，9-10月间活动最频繁，地磁场受磁暴的强烈影响也呈周期性变化。

当“磁暴”出现时，地球上生物和人的生理状态都有一定变化。

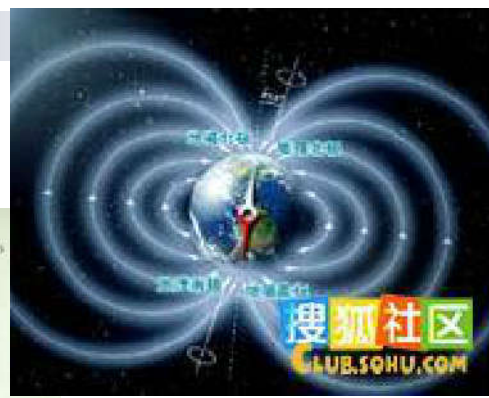


例子



果蝇在自然条件下的变异与地磁场的变化具有一定的相关性。

例子



一位荷兰科学家在实验中，发现雌性大鼠肝中糖元的周日变化与地磁倾角变化的相关性；

例子

人的精神和生理节律呈现出与地磁场变化相协调和同步的相关性。

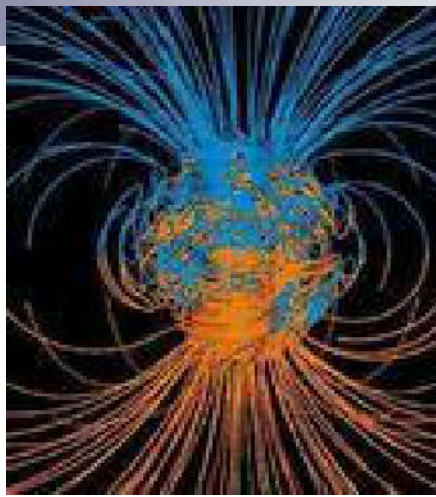
美国科学家说，在地磁受到干扰期间，精神病院的患者会猛增。

苏联科学家认为，由眼球内液压增大的青光眼突然严重地发病，往往发生在磁暴期间。

据统计，某城市居民在每次强烈磁暴后，死亡率和某些疾病地发病率明显增加。心脏病突发和地磁活动之间有“特殊高峰”相关关系。

地磁场周期性变化的积极效应

正是由于地磁场受到大气放电的脉冲磁场、太阳磁暴和宇宙电磁辐射的影响，使生命在海洋里首先出现，并诱发一些生物变异，从而不断地促进地球上生物从简单到复杂，从低等到高级的进化过程。



- 地磁场作为地球最基本的特性之一，它与人类的生存和自然界的各种现象密切相关，对地磁场的研究具有重要的科学价值。
- 我们只是对地磁场进行了简单的了解。相信随着科学的发展，将来一定能揭开地磁场的种种迷团。

6.3.2 恒定强磁场的生物效应

一 恒定均匀强磁场的生物效应

二 恒定梯度磁场的生物效应

恒定强磁场的生物效应



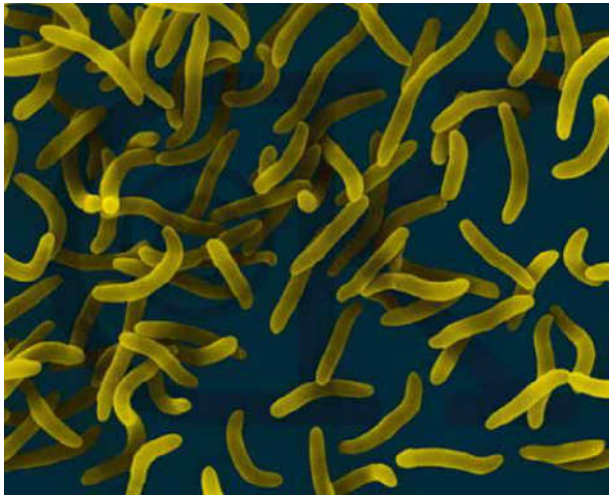
恒定磁场：**磁场强度和方向保持不变**的磁场称为恒定磁场。铁磁片和通以恒定直流电的电磁铁所产生磁场都属于恒定磁场。

强磁场一般指**100奥斯特** (真空中为**0.01T**)以上的磁场。强磁场可分为均匀强恒磁场和梯度场两种类型。

研究恒定强磁场的生物效应，必须同时考虑**磁场强度**、**梯度**和**作用时间**等诸因素。

一 恒定均匀强磁场的生物效应

磁场强度因素



1) 把细菌放置在14千奥的恒定匀强磁场中，其生长受到抑制。

恒定均匀强磁场的生物效应

磁场强度因

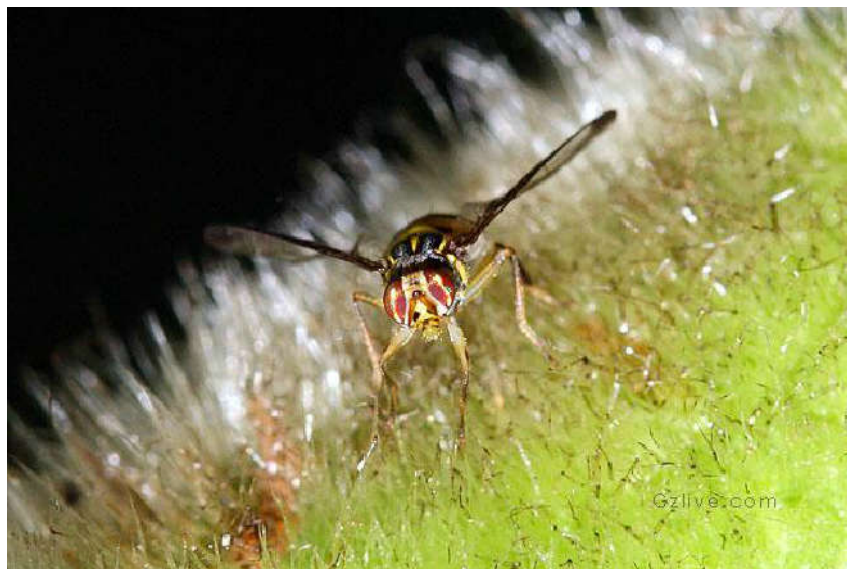


- 2) 强度高于1.25千奥的恒定均匀磁场却会促进燕麦的生长。

恒定均匀强磁场的生物效应

磁场强度因素

3) 果蝇长时期饲养在不同强度的均匀恒定强磁场中、观察磁场引起果蝇形态上的畸变



发现磁场强度为**0.1-1.5**千奥时，畸变不显著，但当磁场增加到**3-4**千奥时，畸变率就迅速增大。

表明磁场的生物效应有一个临界值，超过阈值，磁场效果才显著。

磁场时间作用因素



采用磁场强度与作用时间的乘积作为磁场剂量。猴子放在70千奥的超导强磁场中约1小时，心率会降低

磁场时间作用因素



另外当人走近加速器的强磁场（10-20千奥）时，几分钟内有不能确定空间方向的感觉，如停留稍久，这种感觉消失，而当人们离开时，又会有不辨方向、行走不稳的感觉。

这表明是磁场的变化影响人的定向感觉。

二 恒定梯度磁场的生物效应

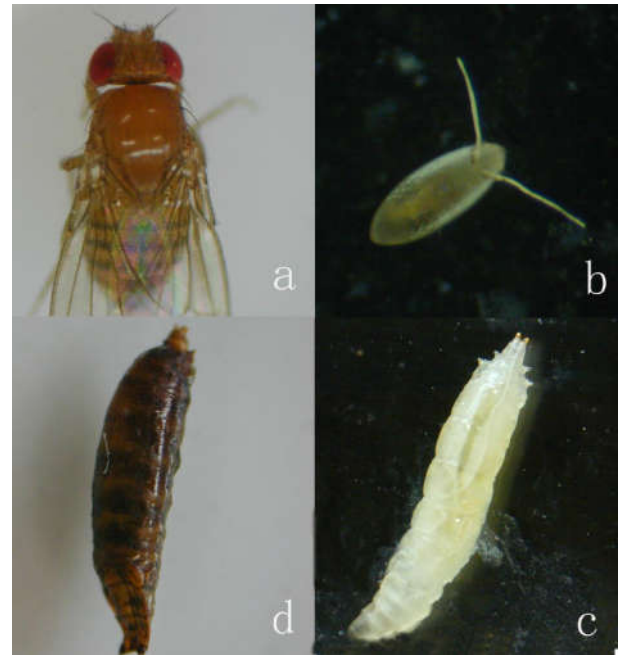
作用于果蝇

果蝇在100-140千奥的强磁场中经过1-2小时未发现显著变化，

但若把不同蛹龄的果蝇放在梯度约9千奥/毫米、强度22千奥的不均匀强磁场中。1小时龄的果蝇蛹经过几分钟死亡。

不同蛹龄的果蝇蛹经过10分钟后约有50%变为成虫，但成虫也不能活到1小时以上。而且有5-10%的成虫呈现严重的羽翅反常和体态畸形。

这说明磁场的均匀程度对生物的影响是相当显著的。



恒定梯度磁场作用于小白鼠的肿瘤



把移植有肿瘤的小白鼠放在梯度1千奥/厘米、强度2.4-4.5千奥的不均匀磁场中饲养，肿瘤增长较未加磁场的缓慢；到第15天后，肿瘤不再增大；

第22天，肿瘤开始缩小，这时未加磁场处理的小白鼠因肿瘤长大而死亡；

第27天，肿瘤完全消失。

这一实验为磁疗抑制甚至消除肿瘤提供了根据。

恒定强磁场引起的生物效应不但与磁场的强度、梯度和作用时间有关，而且对不同的生物，同一生物的不同生长期，其磁场效应也是不相同的。



NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA) - Hubble Space Telescope ACS - STScI-PRC04-10
Hubble Heritage

6.3.3 极弱磁场的生物效应

低于 10^{-3} 奥的磁场为极弱磁场，也为“零”磁场。

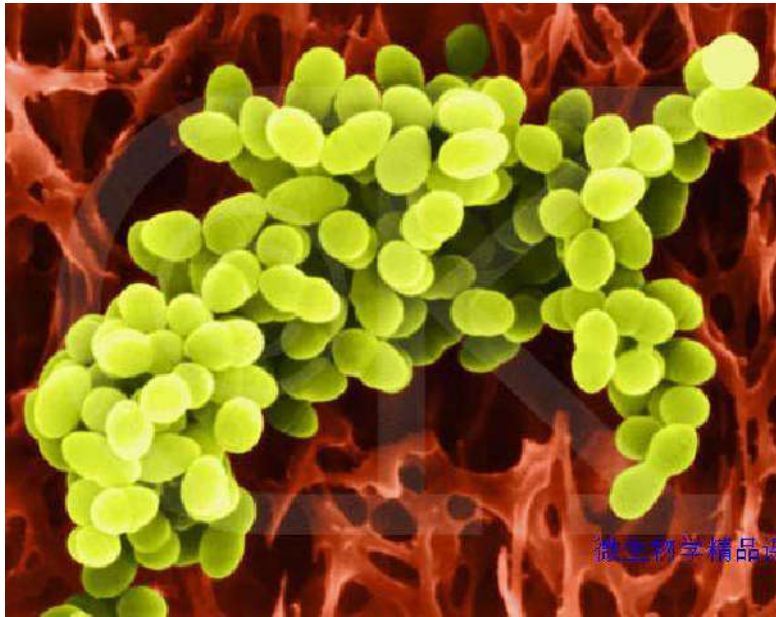
在宇宙空间的探索和航天技术中，要进入空间磁场的环境中。

	水星	金星	地球	月球	火星	木星
H_e (奥)	2×10^{-3}	$< 10^{-4}$	0.3-0.5	$< 10^{-5}$	$< 10^{-3}$	4

研究极弱磁场对人和各种生物的影响，对航天活动和生物演化研究都是具有重要意义。

极弱磁场的生物效应

各种生物和生物组织在极弱磁场中的效应是很不相同的。



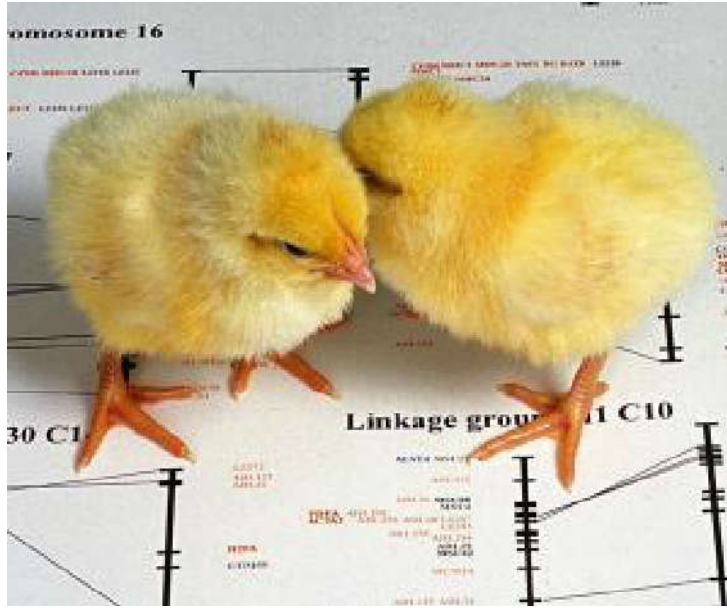
把白葡萄菌培养在 5.1×10^{-2} 奥的磁场中，经过72小时后，观测到菌落的大小和数目都减小，表明极弱磁场会抑制这种细菌繁殖。

极弱磁场的生物效应



把绿藻和纤毛虫培养在不同强度的磁场中，从低于 10^{-3} 奥的极弱磁场到 10^3 奥的强磁场，经过3个星期培养后，发现它们在极弱磁场中**生长繁殖加快了**，与白葡萄球菌相反，但在强磁场中生长繁殖却受到抑制。

极弱磁场的生物效应



把鸡的胚胎组织放在约 5×10^{-5} 奥的磁场中培养4天以后，发现磁场对胚胎组织的大小和发育都无影响。

极弱磁场的生物效应



把小白鼠放置在约 $(1.0 \pm 0.5) \times 10^{-3}$ 奥的磁场中饲养，一年以后，小白鼠的寿命缩短约6个月，而且不再能生育。

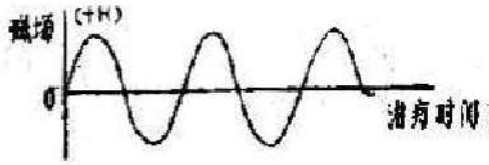


宇航员在极弱磁场中生活10天，闪烁融合系数的阈值会显著降低。

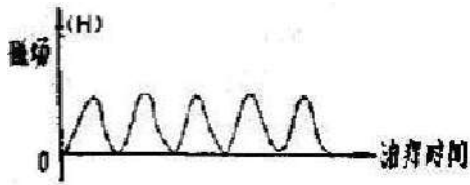
但2名海军人员在极弱磁场中生活14天，却未观察到生理变化。

表明磁场因素的影响将因人而异，情况复杂。

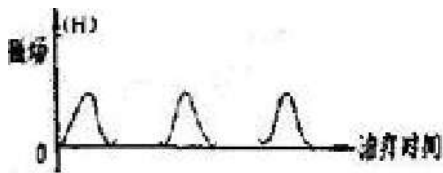
6.3.4 交变磁场及其生物效应



交变磁场：磁场强度和方向在规律变化的磁场。



脉动磁场：磁场强度有规律变化而磁场方向不发生变化的磁场。



脉冲磁场：最大特点是间歇式出现磁场

交变磁场的生物效应

交变磁场的生物效应较恒定磁场的生物效应更为复杂。



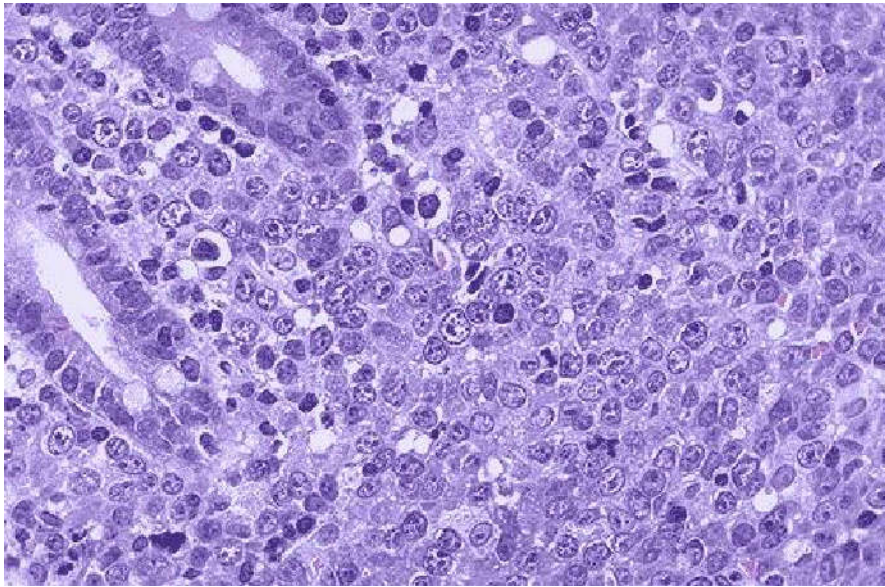
一定的交变磁场作用于青蛙视网膜，用微电极记录到视网膜神经节的电活动。

磁闪光效应便不能在恒定磁场中发生。

闪光现象：由于非可见光的刺激而产生的光感觉现象。

磁场频率在20-30Hz时，闪光效应最显著。

交变磁场的生物效应



将YC-8淋巴瘤细胞放置在2000Hz振荡磁场中，发现其生长加快；
将它们放在60Hz的旋转磁场中，生长却变慢了，其机理尚不清楚。

6.3.5 磁化水的生物效应

水经磁场处理后可产生特殊生物效应。处理水有多种方式。

磁场的性质：不同频率、强度、梯度磁场；

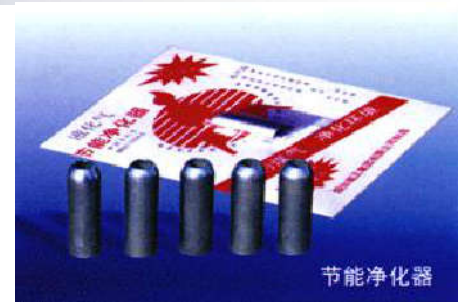
磁场的工作方式：振动、旋转、稳定磁场。

水可以**多种方式被磁场作用：**静止、流动。

不同条件下得到的磁化水的性能不同。

在工业、农业、养殖、医疗等方面有广泛的应用。

磁化水在工业上的应用



- 1) 磁水使锅炉中的**水垢**（碳酸钙等盐类）变得细小而疏松，容易用水冲去。
- 2) 磁水可以使**水泥**制品的固化速度加快，强度提高；
- 3) **印染**中，磁水可强化染色剂的固定吸附。



磁化水在农业上的应用



用磁水浸种和灌溉，植物出芽早且整齐，还可增产10-20%。

磁化水浸种后收获的大米，含赖氨酸成分增多。



用磁化水浇灌的黄瓜香脆多水，辣椒肉厚籽少。



磁化水在养殖业上的应用

磁水可治疗小猪和小鸡的痢疾;

磁水饲养家禽，增重达20-30%;

磁水养鱼，在不给食耳的情况下，存活期延长约1-2倍。



磁化水在医疗上的应用

治疗结石。当水分子通过磁场时，极性水分子两端正、负电荷受到洛伦兹力的作用发生形变，进而水分子的结合状态发生变化，从复杂的长链变成简单的短链，容易渗入结石中，对结石有溶解作用。

