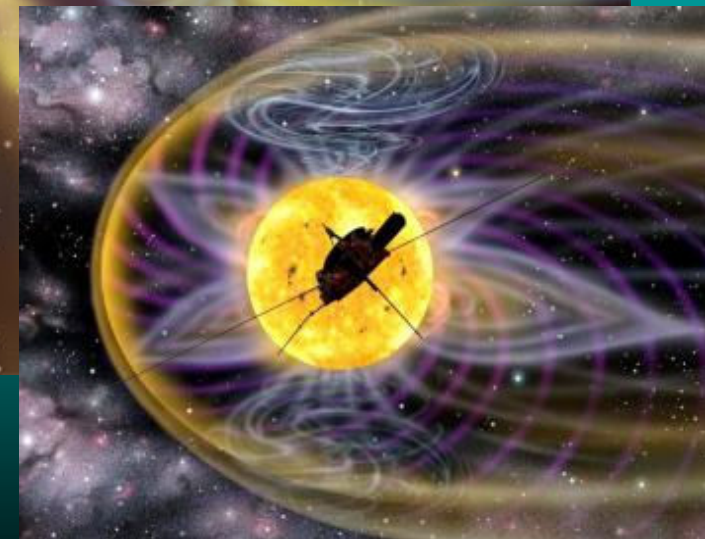
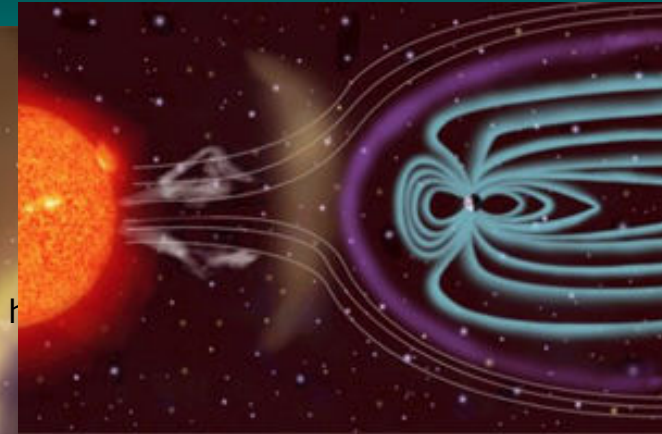


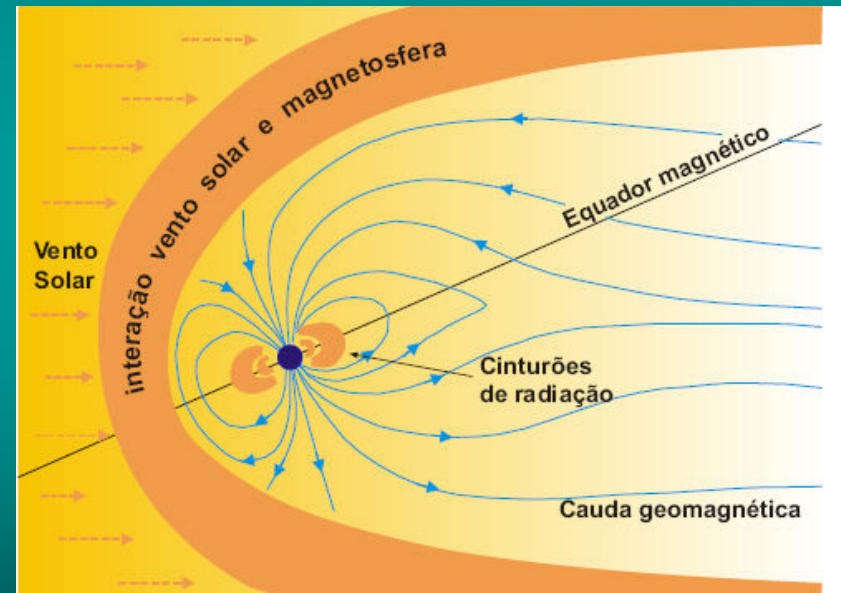
Magnetosfera

- A região ocupada pelo CMT.
 - Apesar de fraco, o CMT ocupa um volume muito grande, com suas linhas estendendo-se a distâncias de 10 a 13 raios terrestres.
- Característica assimétrica em relação a terra.
- Essa forma é consequência do vento solar.
- O vento solar gera um campo de intensidade ~ 5 nT. (Backus et al. 1996)



Magnetosfera

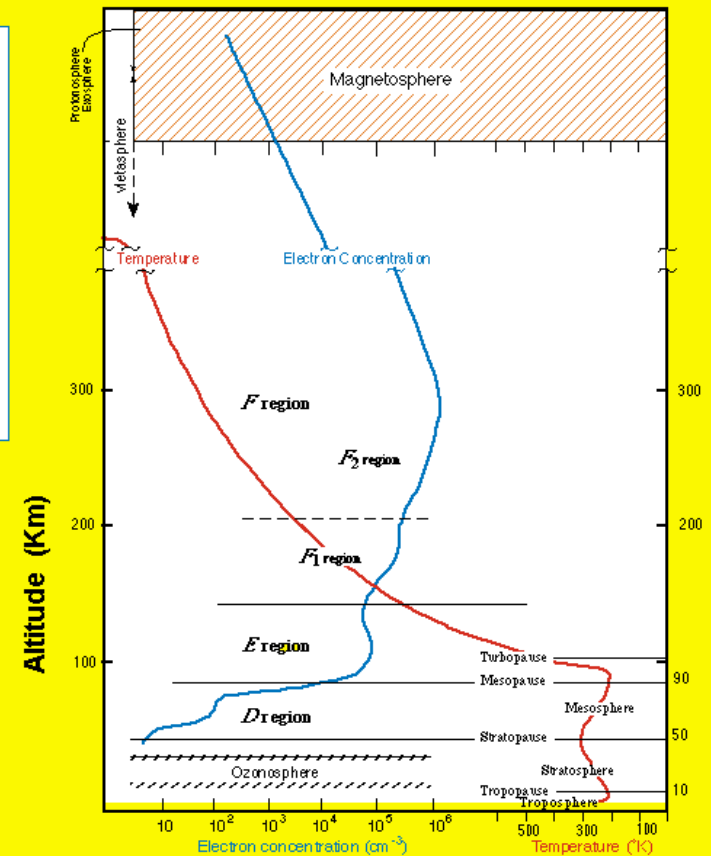
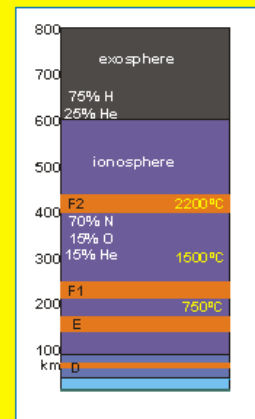
- Entre o Sol e a terra espaço preenchido por um gás ionizado constitui de partículas com diferentes energias, que são emitidas pelo Sol e por isso chamado de Vento Solar.
- Velocidade de 300 a 500 km/s.
- Blindagem – CMT – impedindo que as partículas solares atinjam a superfície terrestre.
- Erupções solares – há emissões de grande quantidades de partículas de alta velocidade.
 - Parte é bloqueada pelo CMT
 - Nas regiões polares – onde as linhas de força do CMT colocam-se perpendicularmente a superfície da Terra, as partículas penetram ate atmosfera superior ou ionosfera inferior (60 a 100 km de altitude) conduzidas pelas próprias linhas de campo.



Ionosfera

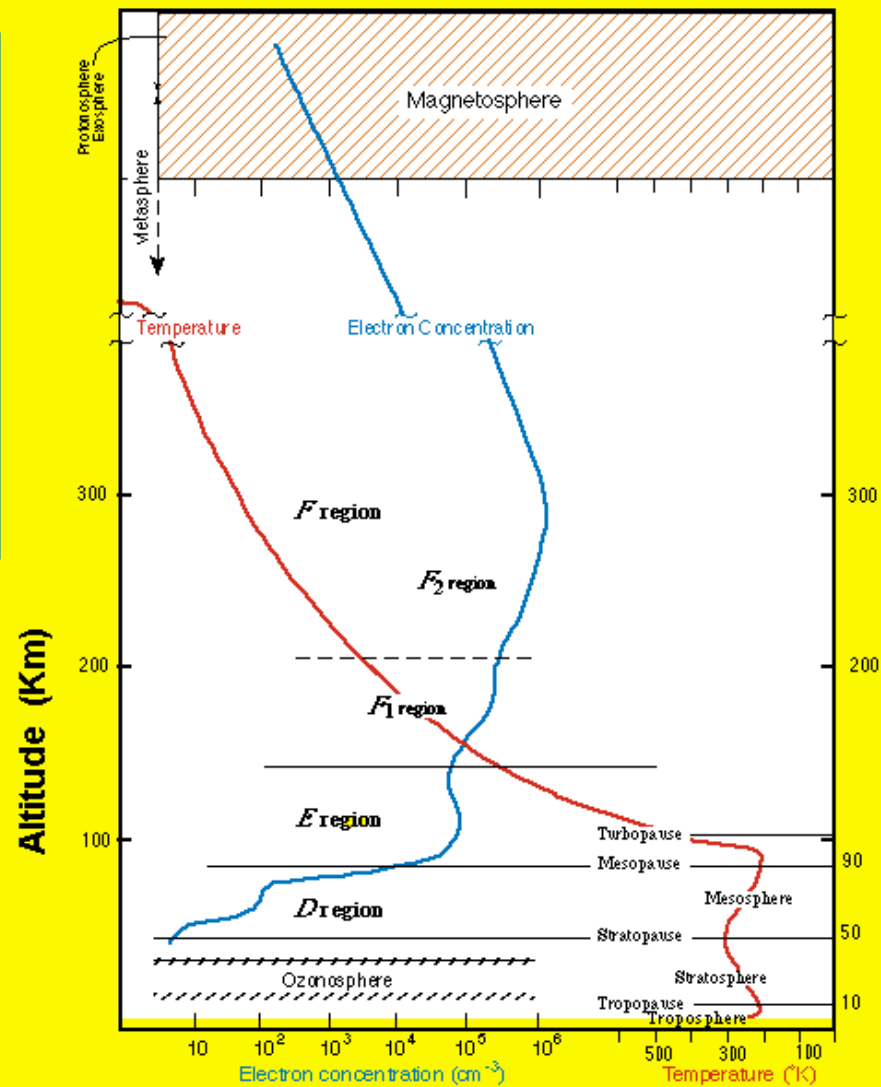
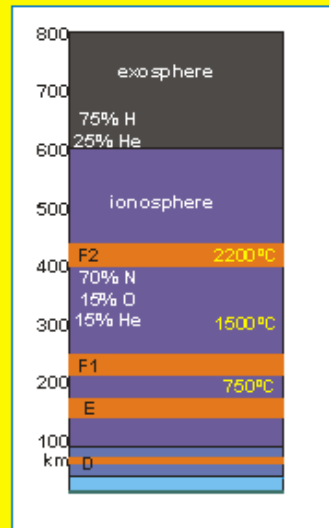
- Camada mais externa da atmosfera da terra
- É uma camada eletricamente condutora (íons e outras partículas carregadas)
- Usada na radiocomunicação, propagando e refletindo ondas de rádio.
- Condutividade altera quando é invadida por um fluxo de radiação solar mais intenso. 80 nT

Ionosfera



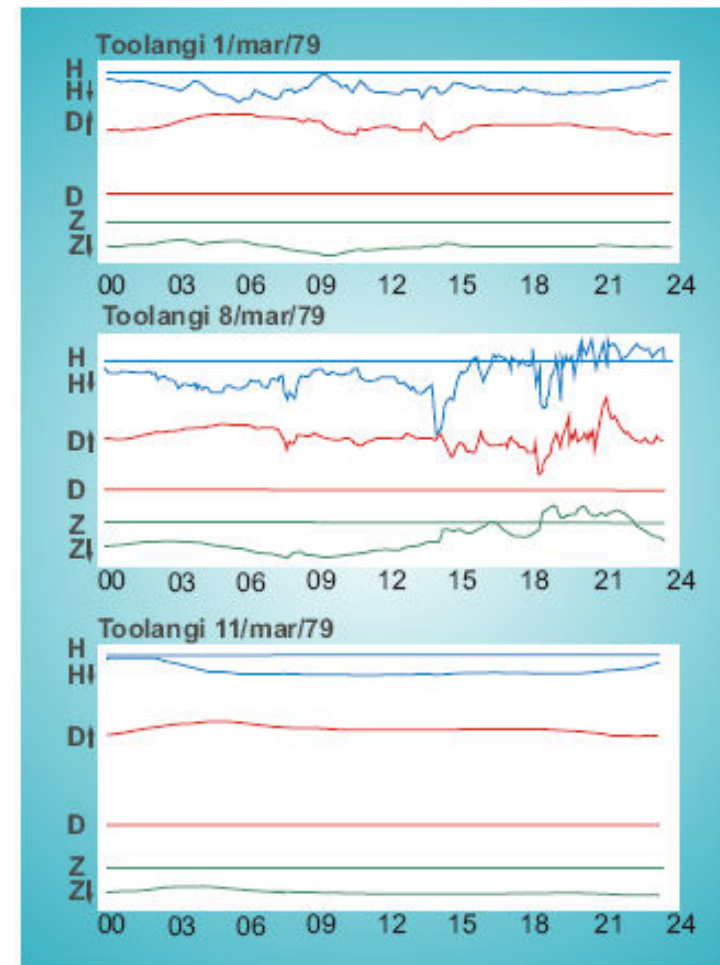
Ionosfera

Ionosfera



Variação do Campo magnético

- Dependendo da intensidade da atividade solar, faz-se distinção entre dias magneticamente calmos e ativos.
- Tempestades magnéticas.
 - Ocorre dia após o aparecimento das chamas solares, que são emissões luminosas de grandes proporções da região mais externa do Sol.
 - São freqüentes (podem ocorrer várias vezes durante um mesmo mês)



Variação do Campo magnético

- Tempestade pode ser acompanhada por auroras boreais ou austrais.
- É causada pela emissão de luz da atmosfera superior numa forma parecida com uma descarga elétrica.



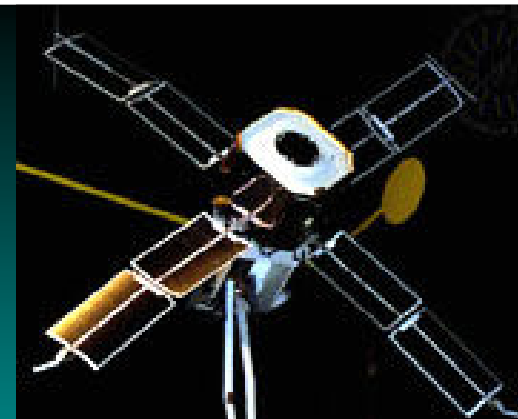
Levantamentos magnéticos

- Os levantamentos magnéticos realizam-se para a determinação das variações de comportamento magnético da crosta terrestre, o que pode ser interpretado como variações físicas e químicas dos materiais geológicos.
- Os levantamentos magnéticos são habitualmente realizados com Magnetômetros de Prótons ou por magnetômetros de vapor de Césio, e a grandeza medida é a amplitude do “campo total”.
- O CMT é variável com o tempo e o espaço, e não sendo possível a realização de medições simultâneas numa área extensa, torna-se necessário estabelecer um modelo de variação temporal (já que a variação espacial é o objeto do nosso estudo) e utilizar esse modelo para a “redução” das observações.
- A forma mais simples de resolver o problema é a utilização de um magnetômetro adicional como “estação fixa” e admitir que a variação é idêntica em todos os pontos do levantamento. Neste caso, basta utilizar o valor medido na estação fixa para a diferença entre o campo médio e o campo observado em cada instante e adicioná-la a todos os valores medidos.

Satélites Magnéticos

- Até ao fim dos anos 70 as descrições sistemáticas do CMT foram obtidas a partir do tratamento matemático dos valores registrados nos Observatórios Magnéticos.
- Não há observatórios nos oceanos (70% da superfície do planeta) e dificuldade da manutenção de medições contínuas em áreas extensas de África e da Ásia.
- Um número significativo de satélites artificiais colocados em órbita terrestre foi equipado com magnetômetros escalares e/ou vetoriais.
- Os satélites da série POGO (*Polar Orbiting Geophysical Observatory*) e o satélite MAGSAT (*MAGnetic field SATellite*) permitiram uma cobertura significativa da globo e uma precisão suficiente para uma descrição das diferentes componentes do CMT.

Satélites Magnéticos

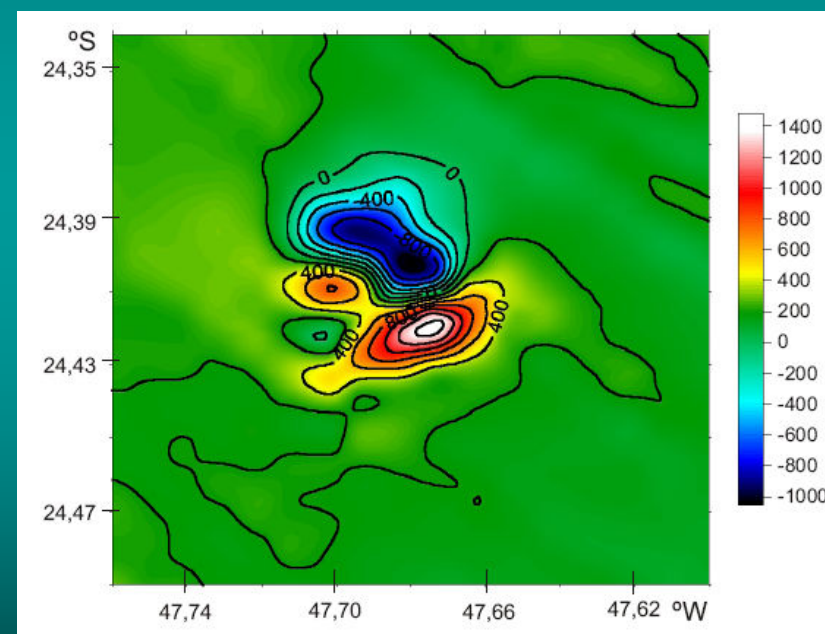


□ <http://www.nasm.si.edu/œps/etp/earth/img/G-magsat.T.jpg>

- O satélite MAGSAT (Magnetic Field Satelit) foi lançado pela NASA em 1979 tendo operado durante cerca de 7 meses a uma altitude entre os 325 e 550 km, com o emprego de dois magnetômetros, um escalar (Césio) e outro vetorial (fluxgate) com uma precisão de, respectivamente, 1.5 e 3.0 nT. Os resultados alcançados durante este período permitiram melhorar de forma sensível a precisão das descrições globais do CMT; em particular no que diz respeito ao estudo do campo principal - originado pelo núcleo líquido da Terra - e ao estudo do campo externo da Terra.

Mapas Magnéticos e Anomalias magnéticas. ▶

- Cartas isomagnéticas
- Contornos são chamados de linhas isodinâmicas.
- O mapa de intensidade total mostra que CMT é mais complicado do que um dipolo geocêntrico.
- Retirar o CMT (através do IGRF), retirar o CE (médias temporais sobre os dados observados). O valor residual, supomos integrar a influência crustal e denominada de ANOMALIA MAGNÉTICA.
- Estudos localizados, os contornos aparecem superpostos por campos localizados devido a fontes magnéticas na crosta da terra.



Magnetômetros

- Instrumentos **absolutos, relativos e variógrafos**.
- Denominam-se *aparelhos absolutos* os que efetuam a medida da **declinação e inclinação**, ou que medem o **campo magnético B** a partir de medidas de massa, comprimento, tempo, intensidade de corrente elétrica ou que recorrem a fenômenos como a ressonância magnética nuclear.
- Os instrumentos que precisam de ser **calibrados** (comparando-os com instrumentos absolutos) são designados por **relativos** e os mais conhecidos são o QHM (*Quartz Horizontal Magnetometer*) que equipou durante décadas os Observatórios Magnéticos para a medida da componente horizontal do campo magnético.
- Os instrumentos relativos têm que ser regularmente calibrados por comparação com instrumentos absolutos, para se poderem obter valores absolutos do CMT.
- Alguns instrumentos apenas medem a *variação temporal do campo magnético*.
- Esses instrumentos são denominados **variógrafos** e o exemplo mais conhecido é constituído pelo magnetómetros de **fluxgate** que estiveram na base dos primeiros levantamentos sistemáticos para fins de prospecção e que ainda hoje equipam muitos dos Observatórios Magnéticos.

Magnetômetros de Prótons



G-856AX Electronic/Battery Console

- O *Magnetômetros de Prótons* é um instrumento absoluto cujo funcionamento se baseia na ressonância magnética dos núcleos dos átomos de hidrogênio ou de césio, quando submetidos a um campo magnético ambiente - que apenas medem a intensidade do campo magnético.
- O princípio físico : a energia magnética de um núcleo de um átomo de hidrogênio colocado num campo magnético ambiente **B** só pode assumir um conjunto discreto de valores múltiplos de
 - $\Delta E = h\gamma B/2\pi$ (1)
- em que B é o módulo de **B**, h é a constante de Planck e γ é a constante giromagnética do próton, cujo valor é conhecido com muita precisão ($g = 0,26753\text{Hz/nT}$). A transição entre dois estados de energia é acompanhada da emissão de energia eletromagnética de frequência ν - *frequência de Larmor* - e tal que $\nu = \Delta E/h$ (Lei de Planck).
- $B = 2\pi\nu/\gamma$ (2)
- Ou seja,

Magnetômetros de Prótons

- $B = 23,4859\nu$ (3)
- mais utilizados nas aplicações geológicas do geomagnetismo, tendo uma precisão entre 0.1 nT (1 nT = 10^{-9} T) e 1.0 nT.
- Sensibilidade é cerca de 10 vezes superior.
- limitações práticas →
 - tem a ver com o período de tempo entre duas medidas consecutivas. Uma vez que é necessário um ciclo de *polarização* e um de *medição*, é necessário impedir a contaminação entre ambos os ciclos.
 - Por essa razão, foi produzida uma *variante* do magnetômetro de prótons recorrendo ao efeito de Overhauser, no qual ao líquido rico em prótons é adicionado um outro rico em radicais livres.
 - A combinação dos dois leva ao aumento da polarização de um fator de 500, o que permite a utilização de um campo magnético polarizador na banda da radiofrequência, o que requer menos energia, permitindo acelerar a taxa de amostragem.

Magnetômetros de Prótons



G-856AX Electronic/Battery Console



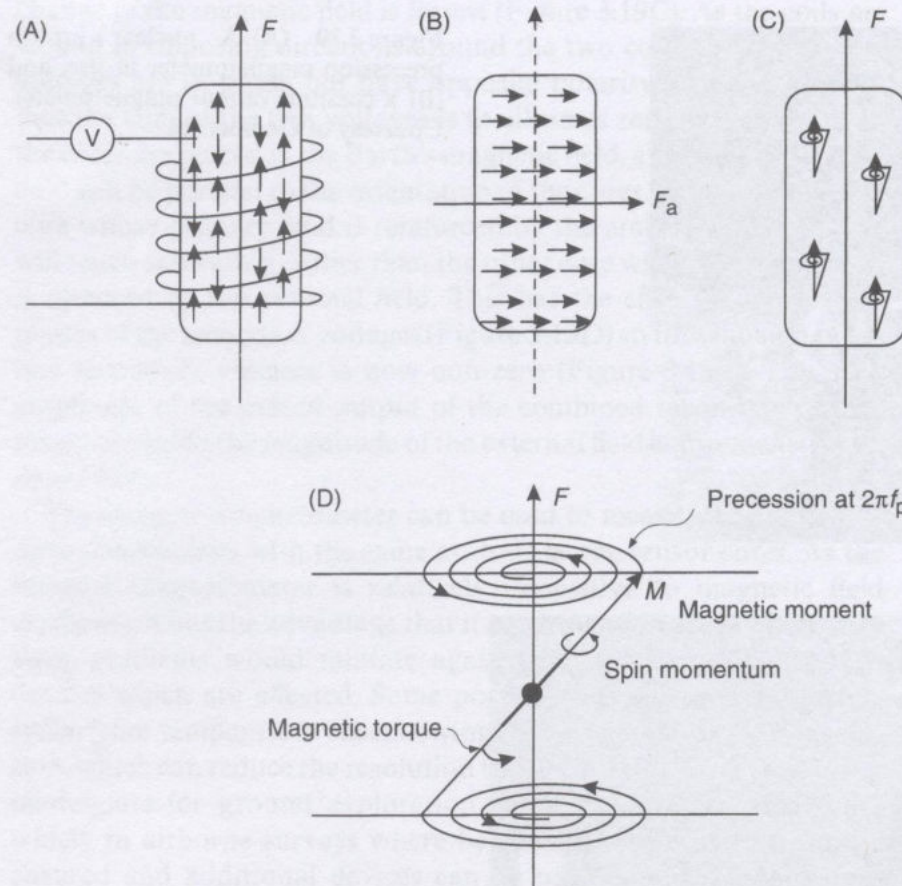
Magnetômetros de Prótons

Gradiômetro - GEOmetrics



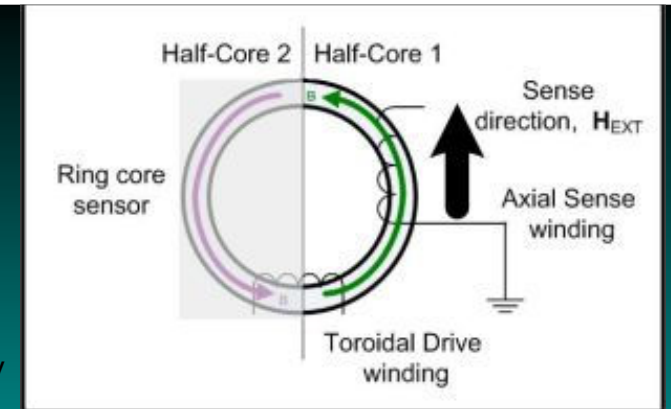
Magnetômetros de Prótons

144 *An introduction to applied and environmental geophysics*



Magnetômetros de fluxgate

<http://www3.imperial.ac.uk/>

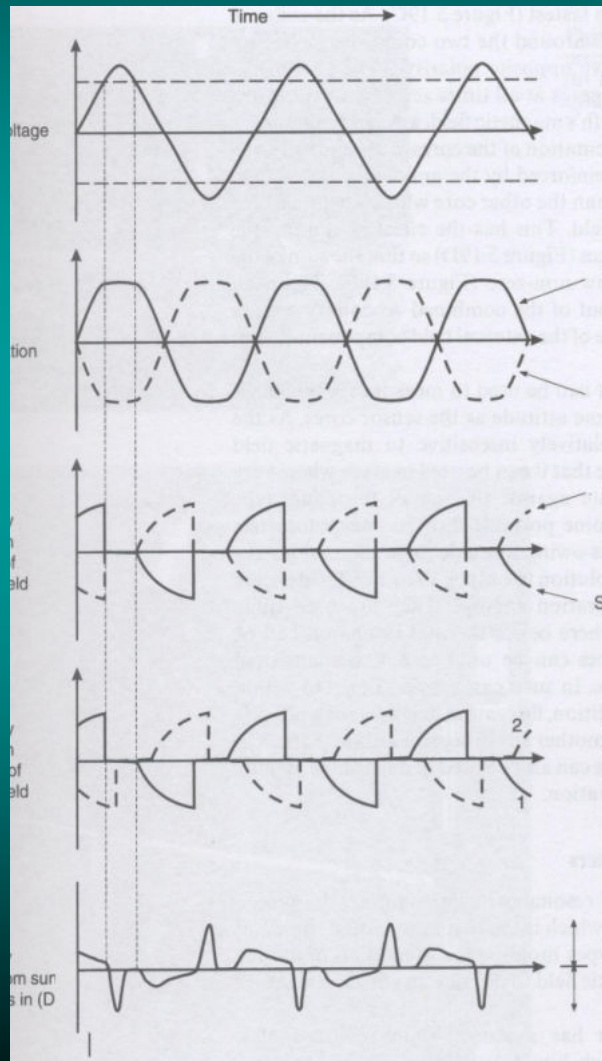


- Os magnetômetros de *fluxgate* → II Guerra Mundial → para a detecção de submarinos, e o seu sensor é constituído por dois núcleos paralelos de um material com permeabilidade magnética muito elevada, envoltos em dois rolamentos – primário e secundário – são feitos com sentidos contrários.
- Quando uma corrente alterna é aplicada a um dos núcleos, gera-se em ambos um CM induzido, de igual direção e sentidos contrários. Na ausência de um campo externo, a corrente aplicada é escolhida de modo que os núcleos não atinjam a saturação. Neste caso, o sinal em tensão observado no enrolamento secundário é nulo.

Magnetômetros de fluxgate

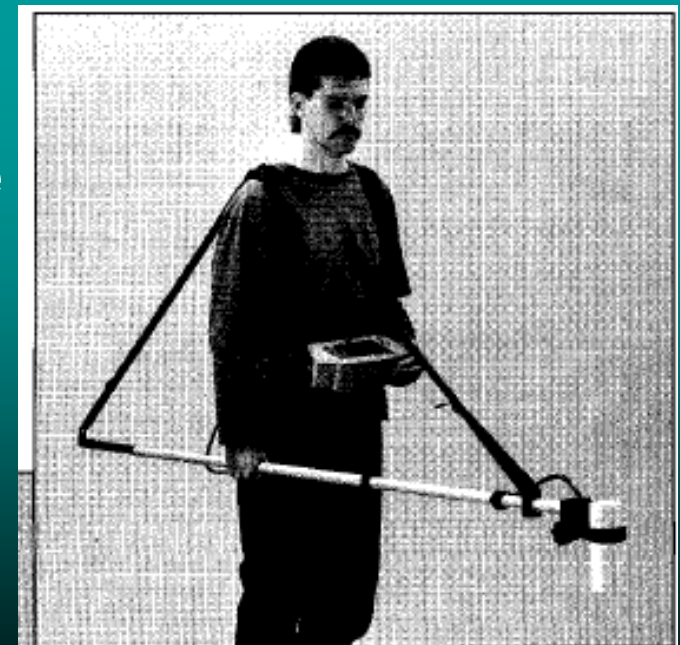
- Quando um campo magnético exterior é aplicado, ele vai reforçar o campo do núcleo desde que este lhe não seja perpendicular. Neste caso, e se a regulação dos magnetômetros for tal que a saturação é atingida, vai-se gerar um atraso entre os dois campos induzidos, que se traduz por um sinal em tensão cuja amplitude é proporcional à componente do campo exterior que é colinear com o núcleo do sensor.
- O magnetômetros de *fluxgate* é um magnetômetro vetorial, no sentido de que com uma disposição adequada, pode ser utilizado para medir de forma independente as três componentes do CMT. Um magnetômetro deste tipo pode ter uma precisão de 1 nT.

Magnetômetros de fluxgate

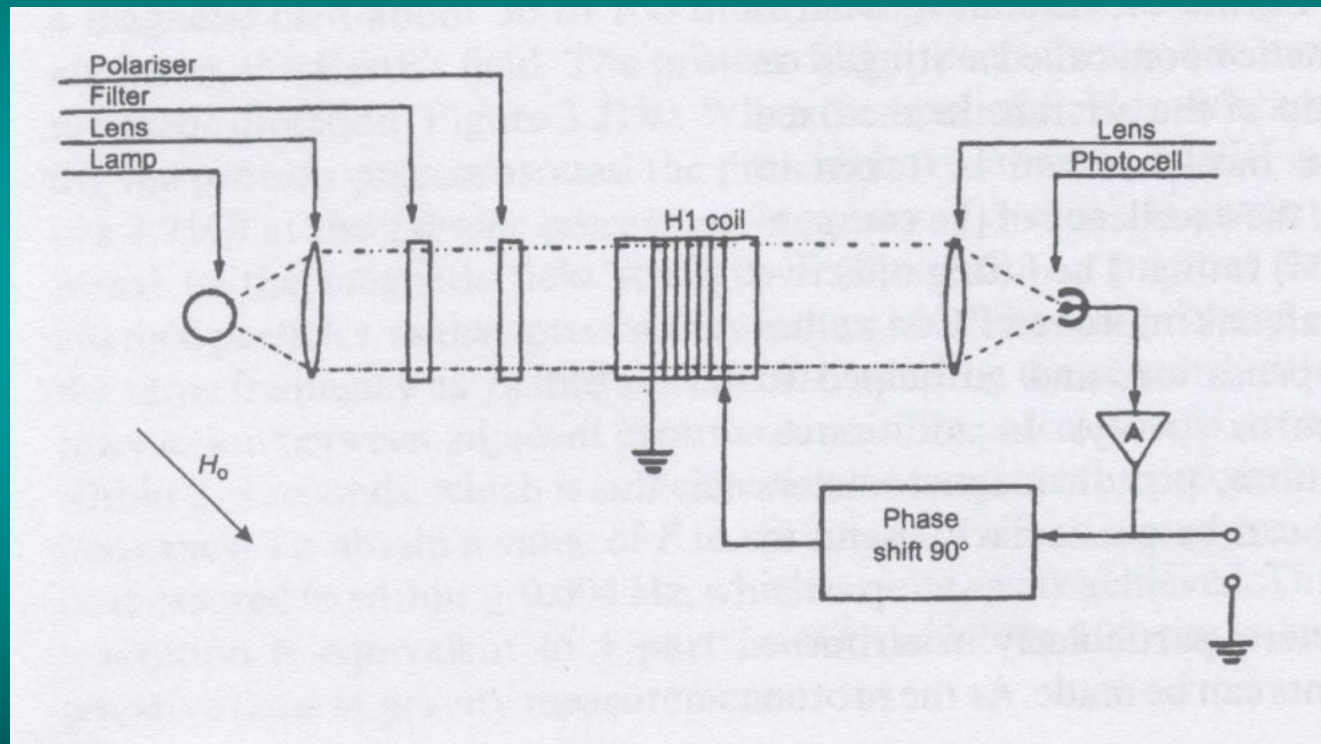


Magnetômetros de vapor de césio

- Outro magnetômetro relativo de utilização corrente em prospecção.
- O princípio físico de funcionamento é semelhante ao do magnetômetro de prótons;
- A sensibilidade $\rightarrow 0.01$ nT.
- Magnetômetros deste tipo podem ser utilizados com taxas de amostragem de 10 hz.



Magnetômetros de vapor de césio



Geração do Campo magnético

- O que poderia causar o magnetismo?
 - Não – minerais magnéticos não são suficientes para explicar a intensidade do CMT. Não são móveis para explicar mudanças periódicas na direção e intensidade.
- Ondas sísmicas → mostra que parte do núcleo da Terra é fluido.
 - O movimento desse fluído metálico gera Correntes elétricas que, por sua vez, induzem o Campo Magnético.
 - De que forma o fluído metálico flui no núcleo?
 - Que fonte de energia coloca o fluído em movimento?
 - Como esse movimento dá origem a um Campo magnético?

Geração do Campo magnético

- Núcleo → Esfera gigante metálica –Sob condições normais o núcleo fluido conduz calor e eletricidade, tem a mesma viscosidade da água.
- Com raio médio de 3485 km.
- Densidade(ρ), entre 9 e 12 vezes a da água.
- De acordo com o ρ e combinando com as hipóteses acerca da origem do Sistema Solar sugerem que o núcleo é composto de Ferro e Níquel
- O núcleo interno é sólido!
- Qual é a teoria viável de Geração do CMT?

Dí

The magnetic field within the earth

BY E. C. BULLARD, F.R.S., *University of Toronto*

(Received 20 November 1950)

The paper discusses the magnetic effects of internal motions in the core of the earth. It is shown that tidal friction, fluctuations in the rate of rotation, nutation, and the variation of latitude have negligible magnetic effects. Precession is also ineffective if Poincaré's theorem on the precession of a liquid sphere in a rigid shell is applicable to the earth.

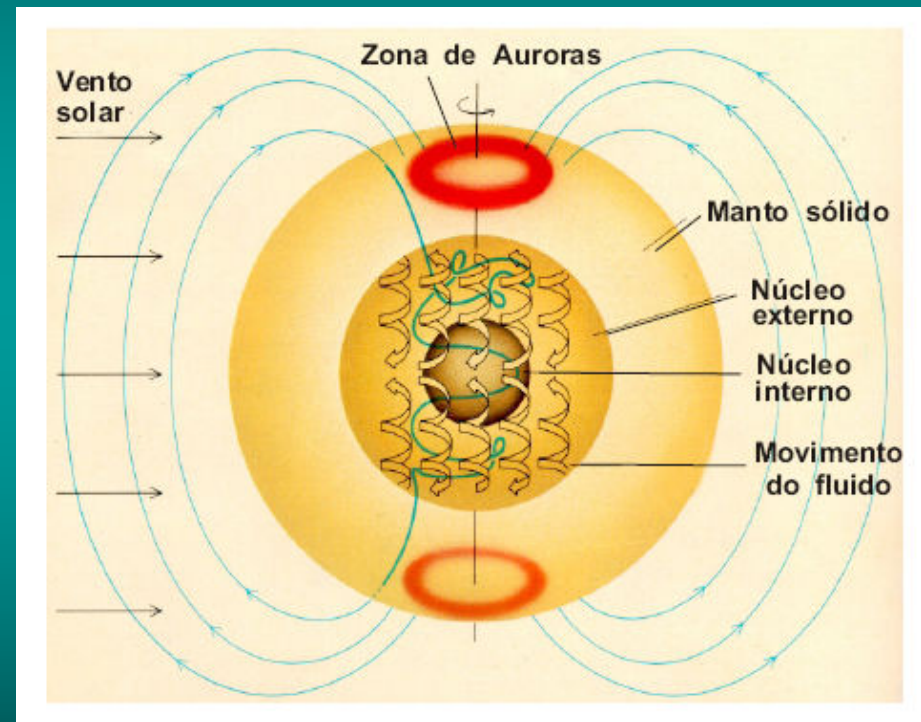
Thermal convection is shown to be likely to occur in the core. The conservation of angular momentum will require it to be associated with a radial gradient of angular velocity which will have a large magnetic effect. Its interaction with the dipole field can produce a toroidal

ável

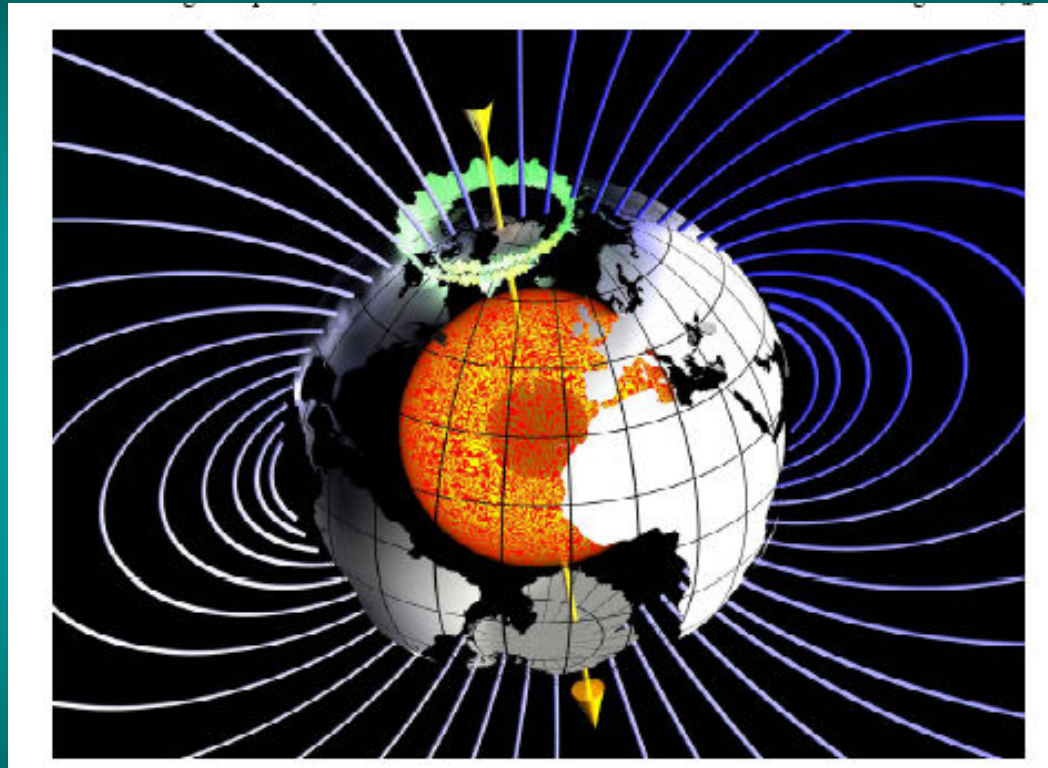
- Bullard e Elsasser, 1950.
- Depois de haver sido disparado por um campo magnético que poderia ter sido fraco, continuou produzindo seu próprio campo sem suprimento de campo externo.
- O líquido metálico do núcleo terrestre, movendo-se de maneira apropriada, agiria como um dínamo, precisando somente de um suprimento contínuo para manter o material em movimento.

Geração do Campo magnético

- Pode estabelecer um sistema de convecção por ΔT e composição do fluido que devem ser mantidas para que o movimento não cesse.



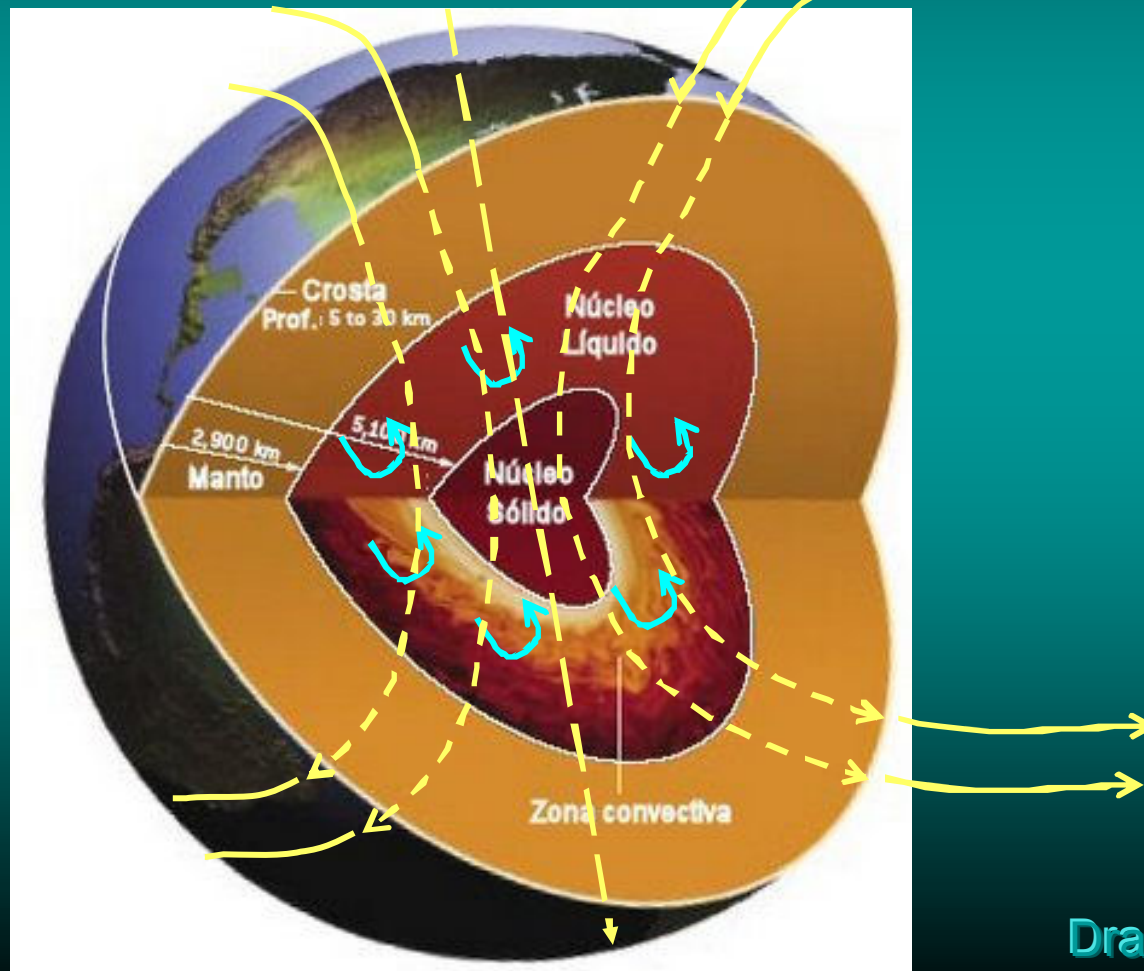
Campo magnético da Terra!



- O principal campo geomagnético gerado pela ação de dínamo em alta temperatura, no núcleo líquido externo. Na superfície terrestre, as linhas de campo dipolar são orientadas para fora no SUL e para dentro no hemisfério Norte. (Martin Rother GFZ, Potsdam)

Métodos Potenciais - Magnetometria

- Campo Magnético Terrestre - componentes
- Principal – dipolar : origem no núcleo externo



Dra. Mônica Von Huelsen

Magnetismo da Terra

- A história magnética da terra não se perde completamente, mas fica registrada como um magnetismo fóssil nas rochas.
- Paleomagnetismo → O estudo da direção da magnetização remanescente e tenta reconstruir o passado magnético da Terra.
- Campo magnético significativo no mínimo 2,7 bilhões de anos.
- Rochas apresentam magnetização inversa à esperada.
 - Datações radiométricas, associadas a determinações de polaridade demonstra que tem havido intervalos nos quais as rochas de todas as regiões da Terra igual à polaridade atual e, alternadamente, intervalos em que todas as rochas adquiriram polaridade opostas.