

60°, 45°,...). Esse número de imagens corresponde ao número  $N - 1$ , e é sempre, portanto, um número ímpar.

Quando o valor do ângulo dos espelhos for  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{7}$ , ... de  $360^\circ$  isto é uma fracção  $\frac{360^\circ}{N}$  em que  $N$  seja um número ímpar (o que corresponde a  $120^\circ$ ,  $72^\circ$ ,  $\frac{360^\circ}{7}$  ...), a formula matemática do § 1 servirá também para conhecer o número de imagens formadas *mas só no caso particular* de o objecto (pontual) estar situado na bissectriz do ângulo dos espelhos (§ § 9 e 16), sendo então esse número de imagens independente do lugar onde o observador estiver colocado.

Querendo generalizar diremos que o número de imagens formadas pode ser sempre dado pela fórmula do § 1, quando  $\alpha$  for

divisor de  $360^\circ$ , e o objecto (pontual) estiver situado na bissectriz do ângulo dos espelhos (para qualquer posição do observador).

22. Se o valor do ângulo dos espelhos não for divisor de  $360^\circ$ , as regras mais simples que conseguimos extrair do quadro anterior (§ 20) são as seguintes:

Dado o ângulo  $\alpha$  dos espelhos (em que  $\alpha$  não é divisor de  $360^\circ$ ) divide-se  $360^\circ$  por  $\alpha$  e consideramos apenas a parte inteira do cociente obtido, à qual chamaremos  $N$ . Se  $N$  for par, o número de imagens observáveis, poderá ser  $N - 1$ ,  $N$ , ou  $N + 1$ , conforme as posições do objecto e do observador; se  $N$  for ímpar, o número de imagens observáveis poderá ser  $N - 1$  ou  $N$ .

RÓMULO DE CARVALHO

Professor metodólogo no Liceu Normal de Lisboa (Pedro Nunes)

## Algumas utilizações científicas dos satélites artificiais

Estamos a viver actualmente nos princípios da era dos satélites artificiais da Terra, e uma das questões que mais interessa considerar é a da avaliação dos benefícios que o lançamento de satélites artificiais, traz para o alargamento dos conhecimentos científicos.

Além das dificuldades de carácter técnico que têm de ser resolvidas para que o lançamento de um satélite seja coroado de êxito, ainda é necessário escolher cuidadosamente quais os problemas científicos a investigar, visto que as dimensões dos satélites são limitadas, de modo a instalar convenientemente os instrumentos utilizados nas referidas investigações.

Algumas das utilizações científicas dos satélites referem-se ao estudo das radiações de origem extra-terrestre que são absorvidas ou modificadas quando entram na atmosfera terrestre. Para termos uma ideia da importância destes estudos, consideremos

separadamente o caso das radiações luminosas e o caso das radiações corpusculares. No caso das radiações luminosas a fig. 1,

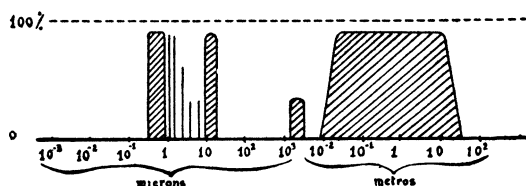


Fig. 1

em que se encontram marcados em abscissas os c. d. o. e em ordenadas a transparência da atmosfera, mostra-nos imediatamente quais são os c. d. o. que se podem observar à superfície da Terra. Verifica-se assim que só existem duas regiões que apresentam transparência apreciável a estas radiações e que estão situadas uma na região visível e infravermelha do espectro e a outra na região correspondente aos c. d. o. da T. S. F.

Para os c. d. o. inferiores a 0,5 microns existe uma absorção atômica e molecular que não permite observar a região ultravioleta e dos raios X.

Além de 0,7 microns verifica-se uma absorção molecular devida à presença de vapor de água, anidrido carbônico e ozono na atmosfera; no entanto, encontram-se duas regiões relativamente transparentes, pró-

virtude dos factos indicados. O estudo dos c. d. o. desde os raios  $\gamma$  até às ondas longas da T. S. F. poderá revelar uma estrutura física do universo bastante diferente daquela que é actualmente conhecida, o que só se poderá fazer utilizando satélites artificiais. Consideremos agora as radiações corpusculares e também os corpos sólidos provenientes do espaço galáctico. Representando

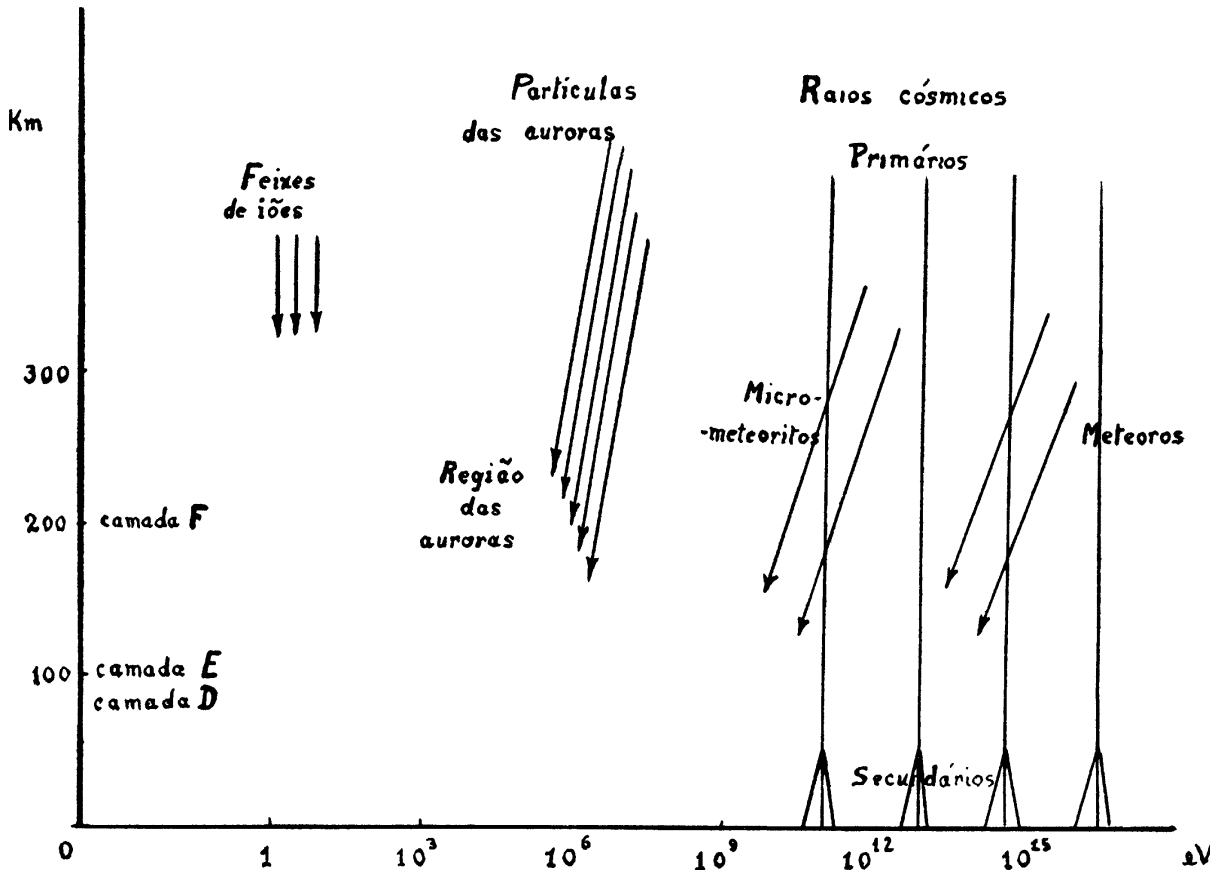


Fig. 2

ximo de 10 microns e de  $10^3$  microns (micro-ondas da T. S. F.).

Quando as radiações têm c. d. o. superiores a várias dezenas de metros, verifica-se que não se observam à superfície da Terra em virtude da reflexão nas camadas ionizadas da alta atmosfera.

Verifica-se assim que o conhecimento actual da distribuição das radiações luminosas no universo é bastante restrito em

em abscissas a energia (em electrões-volts) de que as partículas estão animadas e em ordenadas a altitude (em km.) contada a partir da superfície terrestre, a fig. 2 dá-nos uma ideia do efeito que a atmosfera exerce não só nestas radiações como também nos corpos provenientes do espaço galáctico.

Sabe-se que as radiações corpusculares de grande energia (raios cósmicos primários) não conseguem penetrar muito na atmos-

fera sem sofrerem colisões com os elementos que constituem a nossa atmosfera, conseguindo-se somente observar os raios cósmicos secundários provenientes destas colisões.

As partículas elementares que provocam as auroras polares, não conseguem penetrar além das camadas superiores da atmosfera. Os corpúsculos provenientes do espaço extraterrestre, de energia compreendida entre a dos raios cósmicos e a das partículas responsáveis pelas auroras polares, não têm sido detectados.

Se os corpúsculos vêm animados de pequena energia só se consegue detectar a sua presença no caso de virem em feixes e desde que provoquem variações do campo magnético terrestre.

Na categoria dos corpos sólidos provenientes do espaço galáctico podemos incluir, por ordem crescente de massa, as partículas de poeira, os micrometeoritos, os meteoritos e os meteoros. De todos estes corpos só se conseguem observar os meteoritos e meteoros, em virtude dos fenômenos luminosos e de ionização a que dão origem.

Pelo que acabamos de escrever, verifica-se que a acção da atmosfera terrestre é ainda mais importante no caso das radiações corpusculares do que para as radiações luminosas.

As utilizações científicas dos satélites artificiais podem-se agrupar, para maior facilidade de exposição, em utilizações de carácter astronómico e astrofísico, geofísico e meteorológico. Vamos descrever seguidamente alguns dos problemas cuja resolução será facilitada pela existência de satélites artificiais.

### **I — Problemas astronómicos e astrofísicos**

Uma das maiores dificuldades encontradas nos estudos de Astronomia resulta da existência da atmosfera terrestre.

Nos estudos referentes ao Sol as radiações que mais interessam considerar vão desde o ultravioleta até aos raios X moles;

umas das características já conhecidas das radiações ultravioletas do Sol é o facto da sua grande variabilidade. Deste modo supõe-se que o Sol se comporta como uma estrela variável para a radiação ultravioleta ao passo que na região visível do espectro apresenta constância apreciável.

Sabendo-se a influência importante que a radiação ultravioleta tem nas camadas superiores da atmosfera, produzindo as camadas reflectoras das ondas de T. S. F. e inúmeras reacções foto-químicas, verifica-se a vantagem de conhecer as variações desta radiação. Merece interesse especial a risca  $H_{\alpha}$  de 1216 Å onde está concentrada a maior parte da energia ultravioleta emitida pelo Sol.

Durante períodos de grande actividade solar tem-se verificado que a coroa emite raios X mas nada se sabe acerca da sua variação no decurso do tempo. Também não existem dados acerca dos raios X duros e dos raios  $\gamma$  provenientes do Sol.

A partir da risca  $H_{\alpha}$  de 1216 Å também será possível determinar a distribuição dos átomos de hidrogénio no espaço, pela observação da radiação de ressonância do mesmo c. d. o. produzida por estes átomos quando iluminados pelo Sol.

Os instrumentos apropriados para a observação das radiações ultravioletas e raios X podem ser contadores de fótons, mas sendo essencial que estes instrumentos estejam sempre dirigidos para o Sol.

A temperatura do satélite será devida quase exclusivamente às radiações absorvidas e emitidas visto que a transferência de calor a tão fracas densidades, apesar da alta velocidade do satélite, pode-se desprezar. Deves-se notar a possibilidade de que as radiações emitidas podem variar por causa das modificações da superfície do satélite em virtude de estar sujeita a colisões com fótons, iões, moléculas, átomos e micrometeoritos. As colisões indicadas provocam a erosão da superfície exterior e das janelas dos vários detectores transportados.

Por isso convém fazer experiências para se determinar o efeito destas colisões.

As observações referentes aos corpos sólidos provenientes do espaço galáctico têm grande interesse para a determinação do papel que desempenham na geofísica da atmosfera, na estrutura da ionosfera, na luz zodiacal, na iluminação do céu nocturno, etc. Além disso, a colisão das partículas sólidas de maiores dimensões com o satélite, poderão provocar variações na sua posição e também afectar algumas das experiências que se pretendam efectuar.

O seguinte quadro dá-nos uma indicação acerca das dimensões das partículas sólidas existentes no espaço:

Tipo das partículas	Massa	Raio
Partículas que atingem o solo . . . . .	$10^4$ g	8 cm
Partículas desintegradas nas camadas superiores da atmosfera . . . . .	$10^3$ a $10^{-4}$ g	4 a 0,008 cm
Micrometeoritos . . . . .	$10^{-9}$ a $10^{-12}$ g	4 a 0,4 $\mu$ .
Partículas provavelmente afastadas do sistema solar pela pressão de radiação . . . . .	$10^{-13}$ g	0,2 $\mu$

Verifica-se assim a necessidade de determinar a massa e densidade no espaço interplanetário destas partículas, podendo-se utilizar um processo baseado na energia acústica originada pelas colisões, por meio de microfones.

## II — Problemas geofísicos

O conhecimento da densidade da atmosfera a grandes altitudes é bastante incerto e só a utilização de foguetões e de satélites poderá contribuir para o seu melhor conhecimento. A vantagem dos satélites em relação aos foguetões resulta do facto do tempo de observação disponível ser muito maior.

Um dos processos para a determinação dos valores da densidade, baseia-se na ava-

liação da turbulência provocada pela passagem do satélite pelas altas camadas da atmosfera. Outros processos de determinação da densidade atmosférica baseiam-se nas variações que sofre a órbita do satélite, em virtude da densidade diferente das diversas camadas que o satélite atravessa.

As regiões da atmosfera que os primeiros satélites têm atravessado estão situadas a altitudes desde 400 a 1000 km aproximadamente. Supõe-se que nestas regiões a pressão varia de  $10^{-10}$  a  $10^{-8}$  mmHg e que a densidade varia de  $10^6$  a  $10^8$  partículas/cm<sup>3</sup>. O melhor conhecimento destas grandezas físicas depende do número de satélites utilizados para estas determinações.

Observações recentes, feitas por processos rádio-astronómicos, mostraram a existência de feixes de corpúsculos electrizados provenientes do Sol, quando se dão erupções solares. A natureza destes feixes e o mecanismo exacto pelo qual causam tempestades magnéticas, auroras polares, etc., ainda não estão suficientemente explicados.

As utilizações dos satélites nestes estudos podem-se agrupar em duas categorias:

1.<sup>a</sup> Intersectando as partículas responsáveis pelas auroras, pode-se determinar a sua natureza e intensidade, a distribuição geográfica e as suas variações com o tempo. Desde que a órbita do satélite passe pelos polos também se poderia obter a distribuição global destas partículas.

2.<sup>a</sup> Estudando o campo magnético acima das camadas condutoras da ionosfera, obter-se-ia uma melhor ideia dos efeitos primários das partículas responsáveis pelas tempestades magnéticas visto que os efeitos magnéticos observados à superfície da Terra são modificados pela ionosfera.

O estudo das tempestades magnéticas e das auroras também tem bastante importância prática, sob o ponto de vista das comunicações por T. S. F. e por telefone a longa distância.

Outras observações magnéticas de interesse e que poderão ser feitas com satélites são: a) Medições do campo magnético

terrestre primário e das suas variações seculares; b) Variações de curto período, do campo magnético.

Os instrumentos apropriados para as observações magnéticas são os magnetômetros de que existem vários tipos, alguns deles já experimentados em foguetões.

As observações referentes aos raios cósmicos apresentam interesse para a física nuclear e para a astrofísica. Na física nuclear, os estudos de raios cósmicos têm importância em virtude de serem constituídos por partículas possuindo grande energia, muito superior à que se pode obter mesmo nos maiores aceleradores de partículas. Nos estudos de astrofísica, os raios cósmicos são considerados como um fenómeno indicador dos processos que se desenvolvem, na nossa galáxia, interessando saber a sua origem e os factores que provocam a alta energia de que estão animados.

É assim conveniente estudar a variação da intensidade dos raios cósmicos em função do tempo e da localização geográfica nas vizinhanças da Terra. A interpretação dos dados obtidos permitirá um melhor conhecimento do campo magnético terrestre e das relações dos raios cósmicos com os fenómenos solares. Também fornecerá dados acerca da natureza dos raios cósmicos primários que é um problema astrofísico importante. Nalgumas destas investigações podem-se utilizar contadores de Geiger e cintiladores.

Uma variável importante nos estudos da ionosfera é a densidade iónica total numa secção vertical da atmosfera. Ora os dados acerca da densidade iónica acima da camada *F* são muitos escassos e a existência duma outra camada ionizada (denominada *G*) é ainda problemática. Utilizando os sinais emitidos por um satélite podem-se efectuar medições da rotação do plano de polarização das ondas de T. S. F. que atravessem a ionosfera; a partir dos valores obtidos deduzem-se os valores da densidade iónica indicada.

A propagação das ondas de T. S. F. emitidas pelo satélite também se podem utilizar para estudar a estrutura local e as irregularidades existentes na ionosfera e sobre a qual existem poucos dados.

### III — Problemas meteorológicos

A observação contínua da superfície terrestre, obtida a partir de um satélite artificial, será um dos maiores avanços nos estudos meteorológicos, particularmente para os estudos de meteorologia sinóptica.

A observação dos sistemas troposféricos, responsáveis pelo estado do tempo, poderá, ser feita no seu conjunto. A formação, crescimento e desenvolvimento dos sistemas que originam os furacões, por exemplo, poderão ser observados, obtendo-se assim indicações acerca do seu possível percurso à superfície da Terra.

As observações a grande altitude serão as únicas que poderão preencher as enormes faltas na observação das nuvens sobre vastas regiões do globo, visto que actualmente somente se obtêm observações meteorológicas de cerca de 5 % da superfície terrestre.

As observações feitas da radiação solar nos seus vários aspectos, juntamente com os valores obtidos à superfície, permitirão facilitar a resolução de inúmeras questões teóricas relacionadas com o estado termodinâmico da atmosfera. Entre estas observações, algumas das mais simples referem-se às determinações da radiação solar reflectida pela face iluminada da Terra, quantidade esta denominada o albedo da Terra; estas determinações podem efectuar-se com células fotoeléctricas.

\*

\* \*

Os sucessivos lançamentos de satélites artificiais têm permitido obter numerosos dados para a resolução de alguns dos problemas indicados. Por esse motivo o estudo crítico dos dados, obtidos demora alguns

meses, antes que se consiga interpretá-los convenientemente.

Uma dificuldade que surgiu com os primeiros lançamentos, resultou do facto de não haver uma rede completa de estações receptoras ao longo da órbita do satélite. Desta maneira os dados emitidos pelos satélites não são captados totalmente, desperdiçando-se todos aqueles dados que foram emitidos em porções da órbita na qual não existem estações receptoras. Este inconveniente é mais acentuado para os satélites cujo plano de órbita é pouco inclinado em relação ao equador, visto que então atravessam regiões do globo desabitadas ou em que existem mares.

Um problema que resulta do lançamento

de diversos satélites, consiste na maneira precisa de os identificar visto que a sua observação é difícil. Por isso adoptou-se uma nomenclatura semelhante à adoptada para as aparições dos cometas. Assim o primeiro satélite lançado em 1958 será o 1958  $\alpha$ , o segundo satélite o 1958  $\beta$  e sucessivamente. No caso do lançamento originar mais de um satélite, indica-se o número deles a seguir à letra grega; por exemplo, o foguetão, que lançou o satélite 1957  $\alpha$  na sua órbita, terá a designação 1957  $\alpha$  2 ao passo que o satélite tem a designação 1957  $\alpha$  1.

R. O. VICENTE

1.º Assistente da F. C. L.

## PONTOS DE EXAME

### EXAMES UNIVERSITÁRIOS (FÍSICA)

#### F. C. P. — Prova prática de Física Atómica (1.ª chamada) em 2 de Outubro de 1958.

**449** — O deutério e o trítio reagindo entre si dão lugar a uma reacção de fusão. Escreva essa reacção na notação de Bothe, calcule em MeV o  $Q$  da reacção e a energia cinética mínima necessária para vencer a barreira do potencial. Dados: Massas em  $U M$  do neutrão, deutério, trítio e hélio:

$$1,00898; 2,01473; 3,01711 \text{ e } 4,00389$$

$$e = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ u. e. s.} \quad 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ ergs.}$$

R:  ${}^3_1\text{H}({}^2_1\text{H}, n){}^4_2\text{He}$ ;  $2,01473 + 3,01711 - (4,00389 + 1,00898) = 0,11897 \text{ U M}$

$$\Delta m = 18,97 \text{ m. U. M} = 18,97 \times 0,931 \approx 17,6 \text{ MeV}$$

$$B = \frac{ZZ'e^2}{r_1 + r_2} = \frac{4,8^2 \times 10^{-20}}{1,5 \cdot 10^{-13}(\sqrt{2} + \sqrt{3})} \text{ ergs} =$$

$$= \frac{4,8 \times 10^{-20}}{1,5 \cdot 10^{-13} \times 2,7 \times 1,6 \times 10^{-6}} = 0,34 \text{ MeV}$$

**450** — O  ${}^{58}_{27}\text{Co}$  é simultaneamente emissor beta negativo com um período de semi-desintegração de 9 h e emissor beta positivo com um período de 70 dias. Sabendo-se que ao fim de 9 h se formou 1 mg de  ${}^{58}_{28}\text{Ni}$ , qual a massa de  ${}^{58}_{27}\text{Co}$  existente na origem da contagem do tempo e qual a massa de  ${}^{58}_{26}\text{Fe}$  formada ao fim das 9 h?

R: Massa de  ${}^{58}_{27}\text{Co}$  na origem dos tempos  $\approx 2 \text{ mg}$   
 Massa de  ${}^{58}_{26}\text{Fe}$  ao fim de 9 h, igual à massa de  ${}^{58}_{27}\text{Co}$  que se desintegrou por emissão  $\beta^+$ :  $m = m_0 e^{-\lambda t}$  ∴

$$\therefore T = 70 \times 24 = 1680 \text{ h} \quad \therefore \lambda = \frac{0,693}{1680}$$

$$\lambda t = \frac{0,693 \times 9}{1680} = 3,72 \cdot 10^{-3} \quad \therefore m = 2e^{-3,72 \times 10^{-3}} \quad \therefore$$

$$\therefore 2,3 \log \frac{2}{m} = 3,72 \cdot 10^{-3}; \quad \log \frac{2}{m} = 1,62 \cdot 10^{-3} \quad \therefore$$

$$\therefore \frac{2}{m} = 1,0037; \quad m = \frac{1,0037}{2} \approx 0,5018 \text{ mg.}$$

**451** — Duralumínio ( $M = 28$ ;  $\rho = 2,8 \text{ g. cm}^{-3}$ ;  $\sigma = 0,35 \text{ barns}$ ) é empregado em tubos de 3 mm de espessura servindo de manga nas barras dum reactor. Calcular a percentagem de neutrões térmicos absorvidos pelo duralumínio.

$$R: \quad n = \frac{N_p}{M} = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \times 2,8}{28} = 6,02 \cdot 10^{22} \text{ átomos/cm}^3$$

$$\therefore \Sigma = \sigma N = 0,35 \cdot 10^{-24} \times 6,02 \times 10^{23} \approx 0,021 \text{ cm}^{-1}; \quad \Sigma x = 0,021 \times 0,3 = 0,0063; \quad I = I_0 e^{-\Sigma x}$$

$$\log_e \frac{I_0}{I} = 2,3 \log \frac{I_0}{I} = \Sigma x = 0,0063; \quad \log \frac{I_0}{I} =$$

$$= \frac{0,0063}{2,3} = 0,00274 \quad \therefore \frac{I_0}{I} = 1,0063$$

$$\text{Percentagem absorvida } 1 - \frac{1}{1,0063} = \frac{0,0063}{1,0063} \approx 0,0063 = 0,63 \%$$