



# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

## CLIMA ESPACIAL; GEOFÍSICA ESPACIAL (PQ030)



### SUA PROVA

- Além deste caderno contendo **5 (cinco)** questões discursivas **com as respectivas folhas de rascunho**, você receberá do fiscal de prova as folhas de textos definitivos;



### TEMPO

- Você dispõe de **4 (quatro) horas** para a realização da prova;
- **2 (duas) horas** após o início da prova, é possível retirar-se da sala, sem levar o caderno de questões;
- A partir dos **30 (trinta) minutos** anteriores ao término da prova é possível retirar-se da sala **levando o caderno de questões**.



### NÃO SERÁ PERMITIDO

- Qualquer tipo de comunicação entre os candidatos durante a aplicação da prova;
- Anotar informações relativas às respostas em qualquer outro meio que não seja no caderno de questões e nas folhas de textos definitivos;
- Levantar da cadeira sem autorização do fiscal de sala;
- Usar o sanitário ao término da prova, após deixar a sala.



### INFORMAÇÕES GERAIS

- Verifique se seu caderno de questões está completo, sem repetição de questões ou falhas. Caso contrário, **notifique imediatamente o fiscal da sala**, para que sejam tomadas as devidas providências;
- Confira seus dados pessoais, especialmente nome, número de inscrição e documento de identidade e leia atentamente as instruções para preencher as folhas de textos definitivos;
- Para o preenchimento das folhas de textos definitivos, use somente caneta esferográfica, fabricada em material transparente, com tinta preta ou azul;
- Assine seu nome apenas no(s) espaço(s) reservado(s) no cartão de respostas;
- Caso você tenha recebido caderno de cargo **diferente** do impresso em suas folhas de textos definitivos, o fiscal deve ser **obrigatoriamente** informado para o devido registro na ata da sala;
- O preenchimento das folhas de textos definitivos é de sua responsabilidade e **não será permitida a troca de folha de texto definitivo em caso de erro cometido pelo candidato**;
- Para fins de avaliação, serão levadas em consideração apenas os textos das folhas de textos definitivos;
- A FGV coletará as impressões digitais dos candidatos na lista de presença;
- Os candidatos serão submetidos ao sistema de detecção de metais quando do ingresso e da saída de sanitários durante a realização das provas.
- **Boa prova!**



## QUESTÃO 1

---

O ambiente e as tecnologias sensíveis terrestres são suscetíveis, em maior ou menor grau, a fenômenos que ocorrem no espaço e, principalmente, àqueles que ocorrem no Sol. Na atualidade, as tecnologias sensíveis estão presentes em praticamente toda e qualquer atividade humana, particularmente em controle e operação de satélites bem como na aviação. Sendo assim, já existe um bom conhecimento referente aos fenômenos solares, efeitos que causam no ambiente terrestre e suas consequências em vários setores da atividade humana. Considerando isto, responda aos itens a seguir.

- A) Qual(is) o(s) fenômeno(s) solar(es) que perturba(m), interrompe(m) ou danifica(m): (i) serviço de aviação, (ii) serviço de controle e operação de satélites?
- B) Com relação ao(s) fenômeno(s) mencionado(s) no item A, cite 3 efeitos ou impactos que ele(s) causa(m) nas tecnologias terrestres.
- C) Qual(is) o(s) procedimento(s) e o(s) índice(s) de clima espacial monitorado(s) para evitar ou mitigar os efeitos dos fenômenos solares em satélites e na aviação?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36  
-----  
37  
-----  
38  
-----  
39  
-----  
40  
-----  
41  
-----  
42  
-----  
43  
-----  
44  
-----  
45  
-----  
46  
-----  
47  
-----  
48  
-----  
49  
-----  
50  
-----  
51  
-----  
52  
-----  
53  
-----  
54  
-----  
55  
-----  
56  
-----  
57  
-----  
58  
-----  
59  
-----  
60  
-----

## QUESTÃO 2

---

Os cinturões de radiação da Terra, também conhecidos como cinturões de Van Allen, apresentam o aprisionamento de partículas carregadas, principalmente íons em baixas altitudes, no cinturão interno, e elétrons em baixas e altas altitudes, ocupando tanto o cinturão interno quanto o externo.

**Explique de maneira sucinta o aprisionamento de partículas nos cinturões, respondendo a cada um dos itens abaixo.**

- A<sub>1</sub>** Descreva o movimento ciclotrônico de partículas carregadas em campos magnéticos  $B$  uniformes, com ausência de gradientes e curvatura. Qual é a expressão do raio de Larmor?
- A<sub>2</sub>** Supondo que  $B$  é aproximadamente constante no tempo em escalas de tempo comparáveis ao período de giro da partícula, possui curvatura e um pequeno gradiente na direção transversal, descreva o que ocorre com as partículas carregadas.
- A<sub>3</sub>** Dado um campo  $B$  com as condições descritas no item  $A_2$ , só que com linhas convergentes, explique resumidamente o espelhamento de partículas e o funcionamento da “garrafa magnética”.
- A<sub>4</sub>** Descreva o movimento das cargas nos cinturões radiativos como uma combinação de 3 tipos de movimentos associados aos fenômenos mencionados nos itens  $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$ .

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36  
-----  
37  
-----  
38  
-----  
39  
-----  
40  
-----  
41  
-----  
42  
-----  
43  
-----  
44  
-----  
45  
-----  
46  
-----  
47  
-----  
48  
-----  
49  
-----  
50  
-----  
51  
-----  
52  
-----  
53  
-----  
54  
-----  
55  
-----  
56  
-----  
57  
-----  
58  
-----  
59  
-----  
60  
-----

### QUESTÃO 3

---

As *ondas chorus* são ondas eletromagnéticas presentes nos cinturões de radiação da Terra. As frequências e os números de onda satisfazem um modo fundamental de plasmas com propagação quase paralela ao campo magnético ambiente.

- A) Explique a qual modo fundamental de plasma as *ondas chorus* estão associadas e quais são as aproximações físicas para se obter a relação de dispersão associadas a esse modo fundamental.
- B) Explique as propriedades das *ondas chorus* com relação à frequência e à propagação. Quais são os dois principais processos de aceleração de elétrons relativísticos na região dos cinturões de radiação devido à interação dessas partículas com as *ondas chorus*?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36

---

37

---

38

---

39

---

40

---

41

---

42

---

43

---

44

---

45

---

46

---

47

---

48

---

49

---

50

---

51

---

52

---

53

---

54

---

55

---

56

---

57

---

58

---

59

---

60

---

## QUESTÃO 4

---

Processos de transporte em plasmas são bem conhecidos, mas vários estudos e experimentos em plasmas espaciais e de laboratório ainda continuam a ser realizados. Os estudos mostram que coeficientes de transporte, em especial o coeficiente de difusão de partículas, depende de parâmetros básicos de plasma, da existência de campos elétricos e magnéticos e também de outros fatores como a presença de ondas, flutuações, instabilidades e até mesmo de turbulência.

Considerando o exposto acima, responda às seguintes questões:

- A) O que são ondas ULF? Qual o intervalo de frequências? Quais os principais e mais importantes processos físicos envolvidos na interação dessas ondas com plasmas geoespaciais na magnetosfera?
- B) Qual a relação das ondas ULF com a difusão radial de elétrons energéticos do plasma magnetosférico?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36

---

37

---

38

---

39

---

40

---

41

---

42

---

43

---

44

---

45

---

46

---

47

---

48

---

49

---

50

---

51

---

52

---

53

---

54

---

55

---

56

---

57

---

58

---

59

---

60

---

## QUESTÃO 5

---

Estruturas transientes do vento solar podem ter um impacto nas partículas carregadas que compõem os cinturões de radiação. As ejeções de massa coronal interplanetárias (ICME) são estruturas que podem carregar trilhões de quilogramas de material a uma velocidade de aproximadamente mil quilômetros por segundo. A estrutura de uma ejeção de massa coronal pode ser dividida em três partes: onda de choque interplanetária, bainha, e ejeta ou nuvem magnética.

- A) Descreva os efeitos de aceleração de uma onda de choque interplanetária associada a uma ICME nos elétrons dos cinturões de radiação, separando-os em elétrons de alta energia e baixa energia.
- B) Descreva os efeitos de perdas induzidos por uma bainha associada a uma ICME nos elétrons dos cinturões de radiação.
- C) Descreva os efeitos de perdas induzidos por uma nuvem magnética, ou ejeta, associada a uma ICME nos elétrons dos cinturões de radiação.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36  
-----  
37  
-----  
38  
-----  
39  
-----  
40  
-----  
41  
-----  
42  
-----  
43  
-----  
44  
-----  
45  
-----  
46  
-----  
47  
-----  
48  
-----  
49  
-----  
50  
-----  
51  
-----  
52  
-----  
53  
-----  
54  
-----  
55  
-----  
56  
-----  
57  
-----  
58  
-----  
59  
-----  
60  
-----





Realização

