



# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

## ASTROFÍSICA ESTELAR (PQ025)



### 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 *diagrama Hertzsprung-Russell* ou, de forma abreviada, *diagrama H-R* é uma representação gráfica que mostra a relação entre temperatura (ou classe espectral) e luminosidade (ou magnitude absoluta) das estrelas. O *diagrama H-R* foi proposto em 1911 pelo astrônomo dinamarquês Ejnar Hertzsprung e, de forma independente, pelo astrônomo americano Henry Russell, em 1913. Ambos constataram que a luminosidade de uma estrela possui relação direta com seu tipo espectral, e que essa relação não era aleatória, dando origem a regiões distintas no diagrama. O diagrama H-R é um instrumento essencial para o estudo da evolução estelar.

- A) Explique de que forma o diagrama H-R é usado no estudo da evolução estelar.
- B) Indique as principais classes de luminosidade, correspondentes a diferentes estados evolutivos, encontrados no diagrama H-R. Descreva brevemente cada um deles e faça um esboço do diagrama posicionando as classes de luminosidade no diagrama H-R.
- C) Em que região do diagrama H-R podemos localizar as estrelas variáveis Cefeidas? A que fase da evolução estelar corresponde essa região?

- 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

---

O nascimento de uma estrela é determinado no momento em que as reações termonucleares têm início, quando ela deixa de ser uma protoestrela. A evolução de uma estrela isolada depende essencialmente das suas propriedades físicas iniciais.

- A) Descreva como ocorre a evolução das estrelas isoladas conforme as suas características físicas iniciais.
- A<sub>1</sub> Indique as propriedades físicas que determinam a evolução de estrelas do tipo solar da População I.
  - A<sub>2</sub> Cite os processos que ocorrem durante a evolução e como estas propriedades se alteram ao longo do tempo.
- B) Indique quais as particularidades na evolução de estrelas:
- B<sub>1</sub> de baixa massa;
  - B<sub>2</sub> estrelas do tipo solar;
  - B<sub>3</sub> massas intermediárias;
  - B<sub>4</sub> estrelas muito massivas.
- C) Descreva os processos que ocorrem nos últimos momentos de vida da estrela, conforme suas propriedades iniciais, e qual o seu destino final.
- D) Cite exemplos de fatores que alteram a evolução de uma estrela e descreva brevemente como a sua evolução se altera se ela estiver em um sistema binário ou múltiplo.

- 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

---

Um dos métodos mais promissores para detectar exoplanetas é conhecido como técnica de trânsito planetário (baseada em dados fotométricos). Essa técnica envolve a observação da diminuição periódica no brilho de uma estrela quando um planeta passa na frente ao disco estelar.

Considerando um sistema estelar, onde um exoplaneta com raio  $R_p$  e período orbital  $P$  orbita uma estrela com raio  $R_*$ , responda aos itens a seguir.

- A) Cite duas missões espaciais que exploram a técnica de trânsito planetário. Apresente duas características fotométricas fundamentais para que essas missões possam detectar exoplanetas de curto período orbital.
- B) Explique como são extraídos da curva de luz fotométrica o raio do planeta e o seu período orbital (se necessário, utilize equações ou diagrama para elucidar as explicações).
- B<sub>1</sub> Se a curva de luz apresenta modulação rotacional, indique um efeito adverso que uma mancha estelar com raio maior que o raio planetário pode impactar na detecção do trânsito.
- C) Suponha que o exoplaneta em questão orbita uma estrela com raio e massa idênticos ao do Sol. Se o exoplaneta tem um raio de 1% do raio estelar, calcule a profundidade do trânsito, ou seja, a fração do brilho estelar bloqueada pelo exoplaneta durante o trânsito. Estime a distância (em unidades astronômicas, UA) do exoplaneta à estrela para um trânsito com período orbital de 350 dias (considere que a órbita é circular). De acordo com os resultados acima, classifique o exoplaneta como, por exemplo, um Júpiter-quente ou frio, Netuniano ou terrestre.
- D) Qual técnica observacional complementar seria necessária para determinar a densidade do exoplaneta?
- D<sub>1</sub> Indique quatro parâmetros orbitais que podem ser extraídos dessa técnica observacional.
- D<sub>2</sub> Explique sucintamente como, a partir dos parâmetros extraídos dessa técnica, é possível estimar a massa do exoplaneta.
- E) Cite duas características importantes, não necessariamente fotométricas, acerca da detecção de exoplanetas a partir das observações no óptico e no infravermelho.

- 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

---

A evolução de sistemas binários de estrelas se dá de forma muito diversa daquela seguida por uma estrela isolada, particularmente se há fluxo de matéria entre as estrelas. Sistemas binários onde há troca de matéria entre as estrelas são chamados de “Sistemas Binários Interagentes” (SBIs). A evolução dos SBIs constitui um tema muito rico e muito estudado tanto do ponto de vista teórico como observacional. Há vários tipos de SBIs, tais como: Variáveis Cataclísmicas, Binárias de Raio X, Binárias Simbióticas, entre outros. Um conceito particularmente importante no estudo da evolução dos SBIs é o de Lóbulo de Roche.

**Acerca do Lóbulo de Roche, segundo a contextualização acima, responda aos itens a seguir.**

- A) Explique o que é o Lóbulo de Roche e como sua geometria é obtida.**
- B) De que parâmetros o Lóbulo de Roche depende? Justifique.**
- C) Explique o que são os pontos de Lagrange e onde estão localizados.**
- D) Qual a importância do Lóbulo de Roche no estudo de SBIs?**

- 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

---

Estrelas variáveis são estrelas em que há mudança de brilho, conforme observado da Terra. Essa mudança no brilho pode ser de um milionésimo de magnitude até 20 magnitudes, em períodos de frações de segundos a anos, e em diferentes comprimentos de onda, dependendo do tipo de estrela variável. Enquanto a maior parte das estrelas apresentam variações em suas luminosidades de alguma forma, para a maior parte delas as variações são muito pequenas e/ou em escalas de tempo muito longas. No entanto, para estrelas que chamamos de estrelas variáveis, a luminosidade varia de maneira perceptível em períodos de tempo humanamente mensuráveis.

**Considerando o fenômeno de variáveis fotométricas, responda aos itens a seguir.**

- A) Explique o que são estrelas variáveis, discuta seus diferentes tipos (detalhando subtipos de variáveis intrínsecas e extrínsecas) e suas características distintivas. Explique resumidamente os diferentes tipos de mecanismos físicos responsáveis pela sua variabilidade e a contribuição de cada tipo para nosso entendimento da evolução estelar.**
- B) Cite pelo menos um exemplo de cada tipo de estrela variável descrito no *item a*.**
- C) Cite missões e/ou projetos dos últimos 20 anos que foram fundamentais para aumentar o número de estrelas variáveis conhecidas e permitir descrições mais estatísticas dos diferentes tipos de estrelas variáveis. Cite missões e/ou projetos futuros que serão fundamentais para a área.**

- 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

