

## Instruções Gerais: Prova Teórica (30 pontos)

A prova teórica tem a duração de 5 horas e está cotada para 30 pontos.

### Antes da prova

- Não abra os envelopes que contêm os problemas antes do sinal sonoro que indica o começo da prova.
- Tanto o começo como o final da prova serão indicados por sinais sonoros. O tempo de prova será também anunciado no final de cada hora de prova, assim como 15 minutos antes do final (15 minutos antes do último sinal sonoro).

### Durante a prova

- Escreva as respostas nas folhas de resposta fornecidas (indicadas com a letra A). Introduza as respostas finais nas caixas apropriadas da folha de resposta correspondente. Para cada problema serão também fornecidas folhas brancas extra destinadas a cálculos mais detalhados (estas folhas estão marcadas com a letra W). Utilize sempre as folhas brancas que correspondem ao problema em que está a trabalhar (verifique o número do problema no cabeçalho da folha branca). Se tiver escrito alguma coisa que não quiser que seja cotado, faça uma cruz por cima.
- Seja o mais conciso possível nas respostas: sempre que possível use equações, operadores lógicos e diagramas. Evite frases longas.
- Use o número apropriado de algarismos significativos nas respostas.
- Frequentemente será possível resolver alíneas do problema mais à frente sem ter resolvido todas as alíneas para trás.
- Uma tabela com constantes físicas estará disponível na próxima página.
- Não é permitido sair do local de trabalho sem permissão. Se necessitar de assistência (encher a garrafa de água, avaria da calculadora, ir à casa de banho, etc.) chame a atenção de um guia levantando uma das três bandeiras que tem à disposição no cubículo ("Refill my water bottle, please", ou "I need to go to the toilet, please", ou "I need help, please", nos outros casos).

### No final da prova

- Pare de escrever imediatamente quando tocar o sinal sonoro indicador do final da prova.
- Para cada problema junte as folhas na seguinte ordem: folha de capa (C), perguntas (Q), folhas de resposta (A) e folhas brancas (W).
- Coloque todas as folhas que correspondem a um mesmo problema no mesmo envelope. Coloque as instruções gerais (G) no envelope que sobrar. O código de aluno deverá ser visível através da janela cortada em cada envelope. Entregue também todas as folhas em que não escreveu. Não é permitido levar nenhuma folha de papel para fora da sala de prova.
- Deixe na mesa a calculadora azul providenciada pela organização.
- Os alunos devem levar consigo o equipamento de escrita (2 esferográficas, 1 caneta de filtro, 1 lápis, 1 tesoura, 1 régua, 2 tampões dos ouvidos) assim como a calculadora pessoal (se a tiver levado). Leve também consigo a garrafa de água.

- Espere na mesa até que os envelopes sejam recolhidos. Quando todos os envelopes forem recolhidos os guias conduzirão os alunos para fora da sala de prova.

## Tabela de Constantes Físicas

|                                      |                 |     |   |
|--------------------------------------|-----------------|-----|---|
| Velocidade da luz no vácuo           | $c$             | $=$ | $299\,792\,458\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  |
| Permeabilidade magnética do vácuo    | $\mu_0$         | $=$ | $4\pi \times 10^{-7}\text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}$                      |
| Permitividade elétrica do vácuo      | $\varepsilon_0$ | $=$ | $8.854\,187\,817\dots \times 10^{-12}\text{ A}^2 \cdot \text{s}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ |
| Carga elementar                      | $e$             | $=$ | $1.602\,176\,620\,8(98) \times 10^{-19}\text{ A} \cdot \text{s}$  |
| Massa do eletrão                     | $m_e$           | $=$ | $9.109\,383\,56(11) \times 10^{-31}\text{ kg}$<br>$= 0.510\,998\,946\,1(31) \frac{\text{MeV}}{c^2}$         |
| Massa do próton                      | $m_p$           | $=$ | $1.672\,621\,898(21) \times 10^{-27}\text{ kg}$<br>$= 938.272\,081\,3(58) \frac{\text{MeV}}{c^2}$           |
| Massa do neutrão                     | $m_n$           | $=$ | $1.674\,927\,471(21) \times 10^{-27}\text{ kg}$<br>$= 939.565\,413\,3(58) \frac{\text{MeV}}{c^2}$           |
| Unidade de massa atómica             | $m_u$           | $=$ | $1.660\,539\,040(20) \times 10^{-27}\text{ kg}$   |
| Constante de Rydberg                 | $R_\infty$      | $=$ | $10\,973\,731.568\,508(65)\text{ m}^{-1}$   |
| Constante de gravitação universal    | $G$             | $=$ | $6.674\,08(31) \times 10^{-11}\text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$                         |
| Aceleração da gravidade (em Zurique) | $g$             | $=$ | $9.81\text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$   |
| Constante de Planck                  | $h$             | $=$ | $6.626\,070\,040(81) \times 10^{-34}\text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$                        |
| Número de Avogadro                   | $N_A$           | $=$ | $6.022\,140\,857(74) \times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$  |
| Constante dos gases ideais           | $R$             | $=$ | $8.314\,4598(48)\text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  |
| Constante de massa molar             | $M_u$           | $=$ | $1 \times 10^{-3}\text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$  |
| Constante de Boltzmann               | $k_B$           | $=$ | $1.380\,648\,52(79) \times 10^{-23}\text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$     |
| Constante de Stefan-Boltzmann        | $\sigma$        | $=$ | $5.670\,367(13) \times 10^{-8}\text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-4}$                           |