



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Conselho Nacional de Desenvolvimento  
Científico e Tecnológico**LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:**

- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos do 8º e 9º anos do Ensino Fundamental. Ela contém **oito** questões.
- 02) A prova é composta por dois tipos de questões: I) **Questões de Resposta Direta** e II) **Questões de Resposta Aberta**. Nas questões de resposta direta somente será considerada na correção a resposta final, enquanto nas questões de resposta aberta caso o resultado final não estiver correto o desenvolvimento poderá ser considerado na pontuação final, considerando-se os critérios de correção.
- 03) O **Caderno de Respostas** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova.
- 04) Todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades no Sistema Internacional ou seguindo as instruções específicas da questão.
- 05) A duração desta prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo noventa minutos**.

Se necessário use:  $g=10\text{m/s}^2$ ; velocidade do som no ar =  $340\text{m/s}$ ; velocidade da luz no vácuo =  $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ;  
 $\sqrt{3} = 1,7$ ;  $\sqrt{5} = 2,2$ ;  $\sqrt{2} = 1,4$ ;  $\pi = 3$ ;  $\sin 30^\circ = 0,5$  –  $\cos 30^\circ = 0,9$

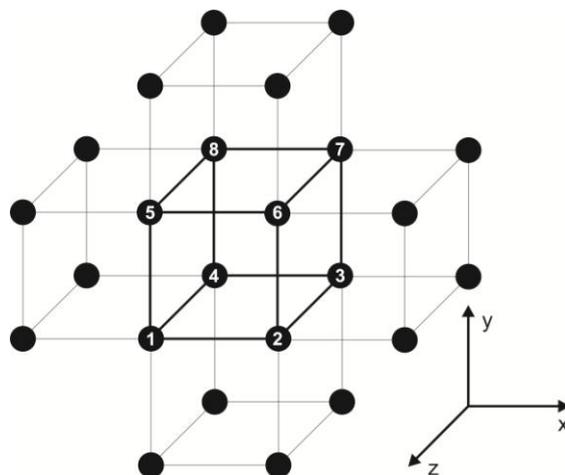
**PARTE I – QUESTÕES DE RESPOSTA DIRETA**

O ano de 2014 foi oficialmente declarado pela UNESCO e pela União Internacional de Cristalografia (IUCr) o **Ano Internacional da Cristalografia**. Este ano, além do centenário da descoberta da difração de raios-x em cristais, marca também o 400º aniversário da observação feita por Kepler da simetria presente em cristais de gelo. A difração de raios-x em cristais permite o estudo detalhado da estrutura destes materiais. J. Kepler, mais conhecido pelas descobertas sobre o movimento dos planetas, escreveu em 1611 um artigo sobre a simetria hexagonal do floco de neve. O artigo deu início ao estudo de simetrias nas propriedades de materiais e é considerado o primeiro trabalho que analisa e descreve a estrutura de cristais. Embora não tivesse como se referir à estrutura atômica, Kepler sugeriu que o empacotamento de esferas idênticas poderia ter alguma relação com a morfologia dos cristais de gelo. Esse artigo deu origem à chamada Conjectura de Kepler. Com o desenvolvimento dos raios-x e da cristalografia, 300 anos após Kepler, pôde-se mostrar que ele estava certo. Cristais são comumente encontrados na natureza e são arranjos periódicos de átomos com determinadas simetrias. São particularmente abundantes em formações rochosas, como minerais, mas também nos flocos de neve, no gelo ou nos grãos de sal.

O texto abaixo se refere às questões de 1 a 3.

A figura ao lado representa um arranjo de átomos (considerados esféricos) com simetria cúbica. Neste caso, os átomos de um dado elemento estão posicionados com centro nos vértices dos cubos, como os numerados de 1 a 8 na figura. Um material sólido cristalino, de simetria cúbica, é formado por uma composição de cubos “empilhados” nas três direções do espaço x, y e z. O menor cubo do cristal é denominado de célula unitária deste cristal. De maneira geral, um cristal é formado pela composição de suas células unitárias. Vamos considerar os seguintes parâmetros:

$M = \text{massa do átomo}$ ;



$d =$  aresta do cubo da célula unitária;  $a =$  raio do átomo.

**Questão 1** – Assuma o valor de  $d = 10^{-10}m$ .

- Qual a distância entre os átomos 1 e 2 (não esqueça da unidade de comprimento)
- Qual a distância entre os átomos 1 e 3 (não esqueça da unidade de comprimento)
- Determine o valor do volume de uma célula unitária do sólido.

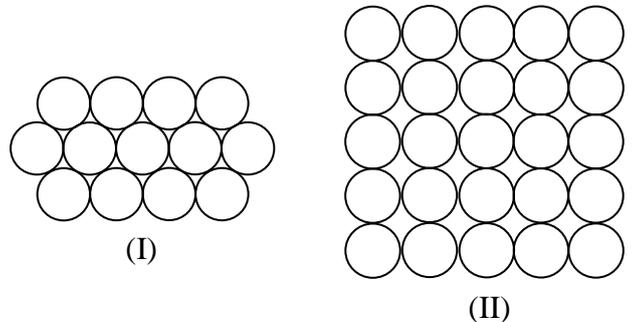
**Questão 2** – a) Quantas células unitárias um cristal de  $1cm^3$  possui para um valor de  $d = 10^{-10}m$ ?

b) Quantos átomos existem num cristal de  $1 cm^3$ ? Neste caso, cada célula unitária possui apenas 1 átomo. Portanto, o número de átomos do cristal é o mesmo que o número de células unitárias.

**Questão 3** – Considerando somente a célula numerada com átomos de 1 a 8: para o átomo 1 os átomos 2, 4 e 5 são chamados primeiros vizinhos por serem os mais próximos de 1. Analogamente definimos segundos e terceiros vizinhos. Para esta célula, responda:

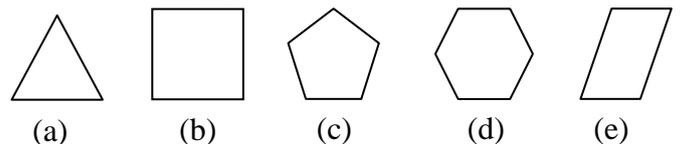
- Qual(is) o(s) segundo(s) vizinho(s) do átomo 1?
- Qual(is) o(s) terceiro(s) vizinho(s) do átomo 1?

**Questão 4** – O empacotamento de partículas constituintes de um cristal: deseja-se empacotar esferas rígidas de mesmo tamanho. Para simplificarmos o problema tratado por Kepler, vamos supor que ao invés de esferas tenhamos discos idênticos como, por exemplo, moedas, e desejamos colocar os discos uns ao lado dos outros de modo a se obter a máxima densidade possível. A figura mostra dois arranjos diferentes. O empacotamento mostrado em (I) é chamado empacotamento hexagonal e em (II) empacotamento quadrado. Para decidir qual das duas configurações tem maior densidade de empacotamento - fração de área ocupada pelos discos - podemos desenhar em cada uma um quadrado que tenha um disco inscrito. Qual é o padrão de maior densidade de empacotamento?



## PARTE II – QUESTÕES DE RESPOSTA ABERTA

**Questão 5** – Um cristal ideal é uma repetição de blocos idênticos no espaço tridimensional. Cada um desses blocos é chamado base e pode ser um átomo, uma molécula ou mesmo um agrupamento de átomos ou moléculas. A base é a quantidade de matéria contida numa célula unitária – certo volume no espaço, o qual pode ser transladado por distâncias discretas, no espaço em três dimensões, para preencher todo espaço. A simetria mais óbvia de um cristal é a simetria de translação. Novamente aqui, vamos imaginar uma situação no plano. Qual(is) forma(s) geométrica(s) da figura preenche(m) completamente o plano quando agrupadas apenas através de translações em duas direções perpendiculares? Justifique sua resposta com figura(s).



**Questão 6** - Dois torcedores estão num estádio de futebol quando veem o juiz levar o apito à boca para determinar o encerramento da partida. Após 0,250s o torcedor A ouve o apito do juiz, já o torcedor B ouve após 0,155s. Sabe-se que as linhas de visão dos torcedores até o juiz formam entre si  $90^\circ$ . Calcule: a) Quais são as distâncias dos torcedores até o juiz. b) Qual a distância entre os dois torcedores (em linha reta)?

**Questão 7** – Uma bola de futebol é deixada cair de uma altura de 2,4m, colide com o piso rígido e retorna à altura de 1,8m. Supondo que a resistência do ar seja desprezível, que fração da energia inicial é perdida na colisão e qual a velocidade da bola imediatamente após a colisão? Desprezar a resistência do ar.

**Questão 8** – Um veículo, viajando em linha reta do ponto A ao ponto B, está com um problema no motor o que

causa vazamento de óleo. Uma gota de óleo cai do motor a cada 3s e a figura abaixo mostra o padrão das marcas de óleo no asfalto da rodovia.



- Qual a velocidade média do carro entre 0 e 18 segundos?
- Qual a aceleração média entre 0 e 6 segundos?
- Qual a aceleração média entre 12 e 18 segundos?

