



OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 2014

2ª FASE – 09 de agosto de 2014

NÍVEL III

Ensino Médio - 3ª série
Ensino Técnico - 4ª série



LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos da 3ª série do ensino médio e 4ª série do Ensino Técnico. 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 e 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 = 340m/s ; velocidade da luz no vácuo = $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$;
 $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\sqrt{2} = 1,4$; $\pi = 3$; $\text{sen } 30^\circ = 0,5$ – $\text{cos } 30^\circ = 0,9$

PARTE I – QUESTÕES DE RESPOSTA DIRETA

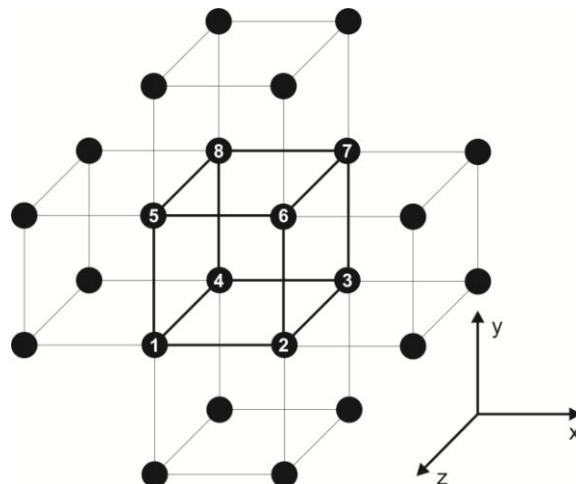
O ano de 2014 foi oficialmente declarado pela UNESCO e pela União Internacional de Cristalografia (IUCr) o **Ano Internacional da Cristalografia**. Este ano, além do centenário da descoberta da difração de raios-x em cristais, marca também o 400º aniversário da observação feita por Kepler da simetria 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 = massa do átomo;

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



Questão 1 - Considerando que as únicas forças que atuam no cristal são de natureza eletrostática e que todos os átomos do cristal possuem carga $+q$, determine:

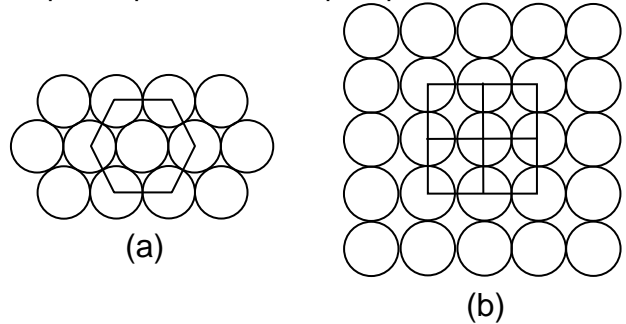
- o módulo da força elétrica no átomo 6 devido ao átomo 2;
- o módulo da força elétrica no átomo 6 devido ao átomo 4;
- a razão entre os módulos das forças elétricas no átomo 6 devido ao átomo 2 e ao átomo 3.

Use: os parâmetros fornecidos no enunciado e K como constante eletrostática (constante de Coulomb).

Questão 2 - a) Determine o ângulo (em graus) entre o eixo x e a força que atua na carga 2 devido à carga 7.

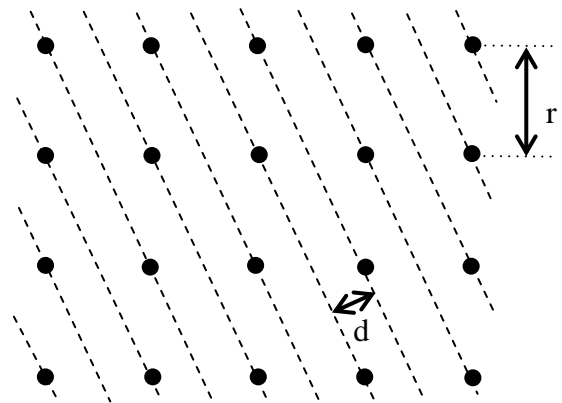
b) Determine o ângulo (em graus) entre o eixo y e a força que atua na carga 1 devido à carga 7.

Questão 3 - 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 (a) é chamado empacotamento hexagonal e em (b) empacotamento quadrado. Em cada um dos casos mostrados determine a densidade de empacotamento - fração de área ocupada pelos discos.



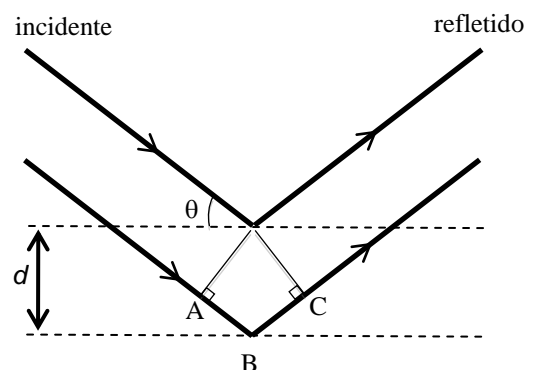
Em 1912 os raios-x foram usados por Max von Laue que mostrou que um sólido cristalino pode ser usado como uma rede de difração quando submetido à radiação eletromagnética com comprimentos de onda comparados com a separação entre os íons. A partir dos resultados de von Laue os Ingleses W H Bragg e seu filho W L Bragg mostraram como os raios-x poderiam se espalhar a partir de planos atômicos no cristal. Embora o processo de difração de raios-x pelo cristal seja um processo complicado podemos, de maneira fictícia, imaginar que a radiação seja refletida por uma família de planos paralelos que se estendem através dos átomos dentro do cristal. Quando raios-x incidem no cristal, estes são espalhados pela estrutura cristalina em todas as direções. Em algumas direções ocorrem interferências destrutivas e em outras interferências construtivas. A partir do padrão de difração pode-se tirar conclusões sobre a estrutura cristalina.

Questão 4 - A figura mostra um arranjo de íons num cristal cúbico, NaCl, e as linhas pontilhadas representam as interseções de planos de íons, planos de Bragg, com o plano da folha. Na figura, r é a separação entre os íons (parâmetro de rede) e d a separação entre os planos. Note que essa família de planos não é única. Calcule a distância entre os planos de Bragg em função de r .

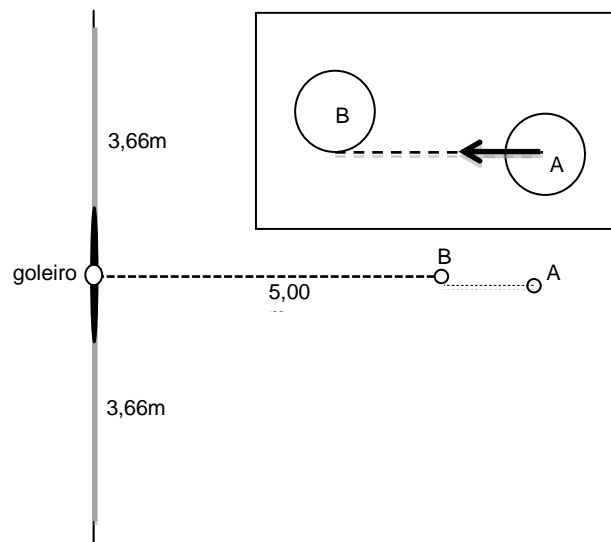


PARTE II – QUESTÕES DE RESPOSTA ABERTA

Questão 5 - A figura mostra os raios-x incidentes e refletidos pelos elétrons nos átomos contidos nos planos de Bragg. a) Calcule a diferença de caminho ABC. b) Para que valores de θ os raios refletidos produzirão interferência construtiva?



Questão 6 - Para aperfeiçoar o desempenho dos goleiros de futebol um treinamento específico é realizado. Uma bola de futebol é colocada a 5m do goleiro, o treinador chuta outra bola, com velocidade de 20m/s, que colide com a primeira. A trajetória do centro da bola A coincide com a tangente à bola B como mostra a figura. Esse tipo de treinamento é feito com o gramado molhado para diminuir o atrito da bola com a grama. Suponha que as bolas não saem do plano do gramado, que o atrito seja desprezível e que a colisão seja elástica. Calcule em que ponto as bolas cruzarão a linha do gol e suas respectivas velocidades.



Questão 7 - Na copa do mundo de futebol de 1970 um lance ficou marcado na história do futebol mundial. Muitos se referem a este lance como “o gol que Pelé não fez”. O lance ocorreu no jogo entre Brasil e Tchecoslováquia (país extinto em 1992) ocorrido em Guadalajara onde Pelé, vendo que o goleiro estava fora do gol, arriscou um chute a alguns metros atrás da linha central do campo. A bola, entretanto, passou muito perto da trave caindo a alguns metros atrás da linha de fundo. Analisando o vídeo (<http://www.youtube.com/watch?v=nNc-YiUzi2q>) percebemos que a bola viaja por aproximadamente 3s. Com o auxílio do *google map* (<https://www.google.com/maps>) estimamos que o alcance da bola tenha sido de 60m. Com esses dados, determine a velocidade inicial e o ângulo que a bola foi lançada. Desprezar a resistência do ar e considerar que a trajetória da bola seja uma curva plana.

Questão 8 - Para que uma bola seja aprovada pela federação de futebol deve possuir certas características. Entre elas está a perda de pressão: iniciando-se com uma pressão de 0,8bar ao nível do mar, é aceitável uma perda máxima de 20% em 72 horas. Suponha que o interior da bola contenha um gás ideal e que a temperatura seja constante, mas com o volume variando 3% devido à perda de ar. Que fração máxima de gás pode ser liberado da bola para que, ainda assim, seja reconhecida pela federação?

