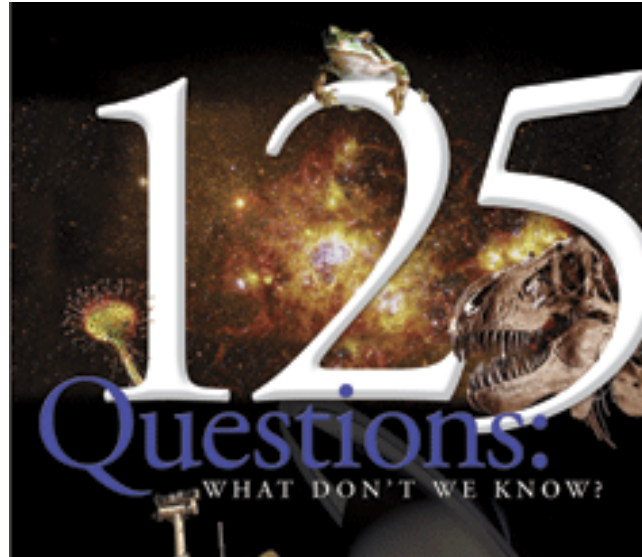


O QUE A CIÊNCIA NÃO SABE



Science Magazine, vol. 309, núm. 5731, 01-jul-2005, p.76
<http://www.sciencemag.org/sciext/125th/>

Por A. Mattos
Prof. da FGV-SP
www.universal.net.br/acmm
ago-2005

Em 01-jul-2005, a conceituada revista Science (www.sciencemag.org) publicou uma edição comemorativa de seus 125 anos de existência, enumerando 125 grandes mistérios da Ciência (vol. 309, núm. 5731, p. 76). O que segue contém essas 125 questões, agrupadas por área do conhecimento, seguidas de breve explicação, com base no texto do artigo.

ASTRONOMIA

1. De que é feito o Universo ?

A matéria, como a conhecemos, responde apenas por 5% do universo. Como são constituídos os restantes 95%, detetados através do cálculo das forças gravitacionais que atuam sobre as galáxias e as estrelas ?

2. Estamos sozinhos no Universo ?

A parte do Universo que conhecemos é constituída por quase um trilhão de galáxias. Apenas a nossa galáxia, a Via Láctea, contém centenas de bilhões de estrelas. Cada estrela pode ser o centro de um sistema solar semelhante ao nosso. Em nossas redondezas, já foram identificados 150 planetas. Assim, a chance de termos planetas habitados, como a Terra, é enorme. No entanto, embora vários radiotelescópios vivam tentando identificar os sinais captados do espaço, até agora somente ruído foi encontrado.

3. Nosso universo é único ?

Vários especialistas em mecânica quântica conjecturam a existência de "universos paralelos", como decorrência do princípio da não-localidade. Estaríamos assim em apenas um desses universos. Já outros acham que, sendo impossível testar essa hipótese, a questão deve ser encaminhada aos filósofos.

4. O que causou a inflação cósmica ?

Há cerca de 10 bilhões de anos, supõe-se ter havido uma gigantesca explosão (Big Bang) em algum ponto do espaço, onde estava concentrada toda a matéria do universo. Dessa inimaginável explosão resultou todo o universo que conhecemos, que se expande sem cessar (inflação cósmica). Mas o que provocou essa explosão inicial, que muitos vêem como o início da Criação, como relatado na Bíblia ?

5. Como se formaram as primeiras estrelas e galáxias ?

Como os produtos do Big Bang começaram a se unir para formar as estrelas e galáxias ? Quando isso ocorreu ?

6. De onde provêm os poderosos raios cósmicos ?

Na espectro eletromagnético, as ondas vão se tornando mais energéticas e penetrantes à medida que sua frequência aumenta, começando com as ondas de rádio e micro-ondas, passando pelas ondas de calor, luz e raios-x,

até atingir os poderosos raios cósmicos, que no entanto não conseguem caminhar por muito tempo, pois logo se destroem. Mas os astrônomos vivem a observar raios cósmicos vindos de outras galáxias, numa aparente contradição.

7. Qual a origem da enorme energia emitida pelos quasars ?

Os quasars (QUAsi-StellAr Radio Sources) são poderosas fontes de ondas de rádio que existem nos centros de galáxias distantes, parecidas com estrelas. Imagina-se que essas ondas sejam originadas da matéria que circunda um buraco negro (black hole) enquanto está sendo por este absorvida (como quando "engole" uma estrela). Mas ninguém sabe ao certo.

8. Qual a natureza de um buraco negro ?

Embora seja impossível ver um buraco-negro, sua existência é suspeitada através de cálculos matemáticos. Ele seria formado quando uma estrela não mais consegue conter sua própria atração gravitacional através das explosões de seu combustível (fusão nuclear). Acabando o combustível, a estrela vai então "murchando" e se contraindo, até ficar tão condensada que um alfinete teria o peso de um arranha-céu. Mas, para que isso ocorra, a massa da estrela deve ser maior que 3 a 5 vezes a massa do Sol. Um buraco negro tem uma atração gravitacional tão intensa que nem a luz consegue dele escapar. Por isso se chama "negro". Por atrair tudo o que se encontra ao seu redor, um buraco negro pode conter várias galáxias em seu interior, embora seu tamanho vá de uma bola de futebol até a órbita de Vênus (segundo se supõe). Tecnicamente, um buraco negro é um caso único (singularidade) nas equações da Relatividade Geral de Einstein. No entanto, muitas dúvidas ainda existem sobre o real funcionamento desses buracos, inclusive se eles de fato existem.

9. O que causa o ciclo magnético solar ?

As manchas solares, que produzem efeitos nas comunicações terrestres, no número de desastres e na irritabilidade humana, ainda não podem ser previstas, embora se saiba que seu ciclo é em torno de 22 anos.

10. Como se formam os planetas ?

Como se juntam a poeira, o gelo e os gases para formar um planeta, sem que o Sol o devore ?

11. Existiu vida no Sistema Solar ?

Talvez só em Marte, onde há água subterrânea, pode ter existido vida.

BIOLOGIA GERAL**12. Até que idade pode a vida humana ser estendida ?**

Apenas uma em cada 10.000 pessoas chega aos 100 anos de idade, nos países industrializados. Mas já se conseguiu aumentar a duração da vida em 50%, em alguns ratos de laboratório. Até onde isso seria possível com a espécie humana ? A maior idade já conhecida foi a de uma francesa, Jeanne Calment, que morreu em 1997, aos 122 anos.

13. O que controla a regeneração dos órgãos ?

Quando o rabo de uma lagartixa é cortado, ele se regenera e volta ao normal. Uma cirurgia no fígado, que extrai-lhe um pedaço, dispara sinais que fazem com que o fígado comece a crescer para repor a parte perdida. Por outro lado, nosso cérebro está continuamente morrendo, sem que os neurônios perdidos sejam repostos, e o coração, após um ataque, não regenera os tecidos necrosados. Qual a razão ? Como poderíamos disparar um processo de regeneração automática nesses casos ?

14. Como visualizar a imensa quantidade de dados biológicos ?

Com o desenvolvimento dos computadores e das pesquisas genéticas, uma quantidade enorme de dados descritivos estão chegando aos bancos de dados biológicos. Como utilizar esses dados ? Uma nova abordagem tem sido a Biologia Sistêmica, onde se usa uma metodologia semelhante à da análise de sistemas, com o concurso de especialidades como matemática, engenharia e ciência da computação. Talvez assim essa imensidão de dados possa dar origem a explicações inovadoras sobre o funcionamento dos organismos vivos. No momento, temos apenas bilhões de números não interligados.

15. Poderemos desligar seletivamente mecanismos de rejeição em transplantes ?

O transplante de órgãos virou rotina nas últimas décadas. Anualmente, mais de 20.000 cirurgias são realizadas nos EUA, envolvendo órgãos como coração, fígado e rim. No entanto, para fazer com que o organismo aceite um corpo estranho, é necessário suprimir-lhe o sistema de defesa imunológica. Os efeitos co-

laterais dessa medida são a diminuição das resistências naturais do corpo, com todos os riscos envolvidos. Há 50 anos os cientistas têm tentado algum meio de desligar apenas algumas dessas defesas, de modo a não haver rejeição, poupando as demais. Mas não têm obtido sucesso, dada sua enorme complexidade, além do desconhecimento detalhado de como as moléculas e as células se comportam quando um corpo estranho se insere no organismo.

16. Como os organismos sabem até onde devem crescer ?

As duas pernas de cada pessoa normal têm praticamente o mesmo tamanho, e tanto o coração do rato como o do elefante crescem até se acomodar exatamente no espaço que lhes é destinado, ao lado do pulmão. Como o organismo sabe até que ponto podem seus componentes crescer ?

17. O que dá a partida para a puberdade ?

Como funciona o misterioso relógio biológico, que faz terminar a infância e iniciar a puberdade ?

18. O que sincroniza os relógios circadianos do organismo ?

Assim como as plantas e os animais, também temos um relógio biológico, que (por exemplo) faz com que acordemos sempre às mesmas horas (mesmo indo dormir mais tarde). Ninguém sabe por que esse relógio está sempre sincronizado com o relógio terrestre.

19. Como funciona a anestesia geral ?

Os médicos usam a anestesia geral em cirurgias, mas ninguém sabe exatamente como ela funciona.

20. Existirá alguma árvore genealógica da vida aceita por todos os biólogos ?

Não obstante os métodos morfológicos, moleculares e estatísticos utilizados, os taxonomistas ainda não se entenderam.

21. Quantas espécies de organismos vivos existem na Terra ?

Uma tarefa tão difícil quanto contar as estrelas.

22. O que é uma "espécie" biológica ?

Um conceito "simples" que acabou obscurecido com os dados relativos à evolução das espécies.

BIOQUÍMICA**23. Qual a origem da homociralidade na Natureza ?**

Embora os aminoácidos possam ser levógeros ou dextrógeros, nos organismos eles sempre se apresentam como levógeros, enquanto que os açúcares, que também podem ser levógeros ou dextrógeros, são sempre dextrógeros. Ninguém sabe o motivo dessa preferência natural.

24. Como prever o dobramento das proteínas ?

Dentre uma infinidade de possibilidades de dobramento, as proteínas fazem uma escolha em décimos de microssegundo. A mesma escolha, se simulada em computador, levaria 30 anos.

25. Quantas proteínas existem no ser humano ?

Foi difícil contar os genes. Mas, quanto às proteínas, no momento é impossível, dada a sua grande diversidade.

26. Como as proteínas encontram seus parceiros ?

A interação entre duas proteínas é o segredo da vida. Mas saber como elas se juntam em segundos, e com a orientação correta, ainda é um mistério.

27. Que papéis desempenham os RNAs nos genomas ?

A misteriosa molécula do RNA consegue tanto transmitir dados genéticos como bloquear os genes, mas não se sabe como.

28. Quais os papéis dos telômeros e dos centrômeros nas funções do genoma ?

Esses elementos intervenientes na divisão do cromossomo, que garantem que cada replicação do DNA tenha sido completada, e que definem o local de união dos cromossomos, caracterizam mais um comportamento misterioso da Natureza.

BOTÂNICA**29. Como as plantas constroem suas paredes celulares ?**

As células são revestidas por uma parede de celulose e pectina, mantendo a água em seu interior e sustentando as árvores altas. Mas sua bioquímica é desconhecida.

30. Como é controlado o crescimento das plantas ?

As sequóias (redwood) chegam a ter mais de 100 metros de altura e 8 metros de diâmetro na base, e vivem mais de 1.000 anos. Já os salgueiros do Ártico não passam de 10 cm de altura. O que determina a altura da planta ?

31. Por que as plantas não são imunes a todas as doenças ?

As plantas podem criar um sistema imunológico geral, além de manter "caçadores" de organismos patogênicos específicos. Mas os botânicos não sabem por que espécies diferentes, mesmo próximas, têm tipos de proteção distintos.

32. De onde provêm as diferentes tolerâncias das plantas às intempéries ?

Necessitamos de safras resistentes ao frio, às secas e a outras intempéries, mas não se sabe quais os genes responsáveis por essas resistências.

33. Como uma única célula somática se transforma em uma nova planta ?

Plantas como as laranjeiras, por exemplo, normalmente se reproduzem pela fertilização de suas flores (polinização), que geram uma semente, que germina no solo e vira uma nova laranjeira. No entanto, quando essa planta se sente ameaçada de extinção, ela pode disparar um processo de auto-reprodução (embriogênese somática), sem necessidade de fertilização, como mecanismo de auto-defesa, resultando em uma nova planta. Esse processo, inexistente nos animais, pode ser disparado em uma célula da folha, por exemplo, que vai então gerar uma nova laranjeira. Como esses disparos se dão, é um mistério. Mas, se um dia vier a ser conhecido, poderá aumentar em muito a produtividade na agricultura, apressando facilmente a produção de alimentos para uma humanidade faminta. Uma empresa canadense já foi bem sucedida ao plantar uma floresta inteira, feita de árvores de Natal, usando esse processo.

CITOLOGIA

34. Como pode uma célula epitelial se transformar em um neurônio ?

O óvulo feminino, produzido mensalmente pela mulher, ao ser fecundado, tem a propriedade de coordenar o desenvolvimento das células, fazendo com que umas venham a constituir a pele, outras os nervos, outras os ossos etc., sendo o resultado final um novo ser humano, após nove meses de trabalho. Assim, a partir de uma mesma célula, o óvulo liga e desliga "chaves" que fazem com que essa célula se reproduza numa ou noutra direção. Desse modo, conhecendo-se como essas "chaves" (genes) são ativados, é possível, a partir de uma célula da pele, produzir células nervosas, para reparar um cérebro danificado pelo mal de Parkinson, por exemplo. No entanto, esse mecanismo ainda é um segredo muito bem guardado pela Natureza.

35. Quantas maneiras existem de uma célula morrer ?

Esta questão (apoptose e necrose) está ligada ao tratamento do câncer e de doenças degenerativas.

36. Como o tráfego intracelular é administrado ?

Dentro da célula há um tráfego de nutrientes, através de suas membranas, que funciona ordenadamente e sem congestionamentos. Como isso funciona ?

37. O que faz com que componentes celulares se copiem independente do DNA ?

Os centrossomas e outras organelas se duplicam sem serem guiados pelo DNA, por razões desconhecidas.

ECOLOGIA

38. Até que limite o efeito-estufa aquecerá a Terra ?

Os ecologistas descobriram que, nas últimas décadas, a temperatura média da Terra tem aumentado, devido ao efeito-estufa: o anidrido carbônico (resultado da queima do carvão, gasolina, gás e de outros combustíveis fósseis), entre outros gases, está criando um manto em torno da Terra, fazendo com que o calor do Sol atinja a Terra e nela permaneça, aquecendo-a paulatinamente. A grande questão é: "Até quantos graus essa temperatura pode aumentar?" Dependendo do limite, grandes catástrofes podem ocorrer, como o derre-

timento das calotas polares e a conseqüente inundação das cidades litorâneas. Os vários modelos meteorológicos já desenvolvidos prevêem uma faixa de aquecimento médio entre 1.5 a 4.5 graus Celsius. No entanto, como os modelos meteorológicos não conseguem prever o tempo com exatidão num horizonte maior que alguns dias (Poincaré já havia assinado, no início do século 20, a natureza caótica da atmosfera), fica a dúvida sobre a validade dessas previsões de aquecimento global nas próximas décadas.

39. O que provocou as Idades do Gelo ?

Não se sabe por que, mas a cada 100.000 anos, a Terra se congela.

40. Como o meio ambiente responderá ao aquecimento global ?

É necessário antecipar as conseqüências do efeito-estufa, que está tornado a Terra mais quente, inclusive para nossa própria sobrevivência. Entretanto, o clima apresenta comportamento caótico, de difícil previsão.

ECONOMIA

41. Qual o impacto do déficit público na taxa de juros e no crescimento ?

Uma frase muito repetida nos cursos de Economia e nos jornais é que "os déficits públicos prejudicam a economia". Existe até um "relógio" no site www.brillig.com/debt_clock, que acompanha em tempo real o maior déficit do mundo (8 trilhões de dólares nos EUA). No entanto, essa "verdade" econômica é uma das 125 grandes dúvidas da ciência.

42. Por que alguns países crescem e outros ficam estagnados ?

Até hoje, a Teoria do Crescimento Econômico não chegou a nenhuma conclusão satisfatória. Entre a Noruega e a Nigéria, existe enorme gama de padrões de vida diferentes, e ninguém sabe por quê. Há muitas conjeturas, como a influência do clima e as origens culturais ou raciais, mas nada está cientificamente demonstrado.

43. A liberdade política e a econômica estão intimamente interligadas ?

Até onde o Liberalismo e a Democracia precisam caminhar juntos ? É sempre necessária a democracia para haver liberdade econômica ? Talvez a China mostre uma resposta.

44. Por que a pobreza aumentou e a expectativa de vida diminuiu na África Sub-Saariana ?

Praticamente, todos os esforços para reduzir a pobreza na África Negra falharam.

45. Malthus continuará errado ?

Em 1798, o pároco de uma igreja na Inglaterra divulgou um estudo mostrando que a população da Terra iria logo chegar a um ponto onde não mais existiria comida e espaço para todos, e haveria guerras e doenças. A solução seria nascer menos gente (controle da natalidade). Seu erro básico, ainda hoje muito comum em previsões, foi imaginar que o mundo real segue uma linha reta (modelos lineares). Hoje se sabe que o crescimento segue modelos não-lineares (como um S deitado, por exemplo), razão pela qual suas previsões catastróficas não se realizaram. No entanto, isso não significa que alguns problemas não estejam aumentando. A população mundial agora é de 6.5 bilhões (www.census.gov, em real-time) e a previsão é de 10 bilhões de habitantes em 2.100. Com esses níveis, é impossível esperar um mundo com o padrão de vida dos países adiantados, como os EUA. Não haveria alimentação, água, energia, transporte etc. para todos. Hoje a fome atinge 12% da população, com tendência ao crescimento (morre um faminto a cada 3.5 segundos). A água potável está escasseando, em parte devido à poluição industrial, que envenena a água que antes era usada para beber. E o meio ambiente (ignorado na época de Malthus) está sofrendo uma patente degradação, ocasionada principalmente pelos países desenvolvidos. O desperdício, incentivado por um consumismo desenfreado, está criando problemas com o lixo: os EUA não sabem onde jogar tantos computadores velhos (tóxicos) bem como os resíduos nucleares (altamente radioativos). O fato é que, com o crescimento da população, todos esses problemas só tenderão a aumentar, dado que os recursos terrestres são finitos. Será que atingiremos algum ponto crítico no futuro, como conjeturava Malthus ?

EMBRIOLOGIA

46. Como a assimetria é definida no embrião ?

O embrião se inicia como uma bola de células semelhantes, mas que depois se diferenciam, sabendo distinguir o lado direito do esquerdo, a parte de cima da de baixo. Assim, o coração sempre fica do lado esquerdo, e o fígado, do lado direito. Como isso é determinado ?

47. Por que uma mulher grávida não rejeita o feto ?

O feto é constituído por células que possuem genes paternos diferentes dos da mãe, sendo portanto um corpo estranho. No entanto, o sistema imunológico não o rejeita, como faria com qualquer corpo com "assinatura" diferente da materna. O conhecimento desse segredo tem implicações imediatas nas cirurgias de transplante de órgãos.

ENGENHARIA

48. As novas tecnologias baixarão em quanto o custo do sequenciamento ?

O alto custo do sequenciamento do DNA está baixando. Mas até onde poderá ser reduzido, propiciando uma maior democratização da técnica ?

49. Poderemos substituir o petróleo por algo mais barato ? Quando ?

Desde o advento do automóvel, no início do século 20, o petróleo se estabeleceu como fonte básica de energia. Seu consumo tem subido a taxas de 1% a 2% ao ano, e estamos hoje gastando mil barris por segundo. Esse consumo tem feito com que o preço do barril se elevasse de US\$ 2 em 1970 para US\$ 70 em 2005, ou um aumento de 35 vezes em 35 anos (10.7% a/a), causando um enorme desvio de dinheiro para os árabes, e levando Reagan, já em 1980 (quando o preço tinha atingido US\$ 33), a colocar o mundo em recessão, gerando redução do crescimento e aumento do desemprego, o que dura até hoje. Um outro problema do petróleo é o efeito-estufa, como já comentado. E uma terceira consequência indesejada é que, sendo o petróleo limitado (não-renovável), um dia cessará de existir, paralisando os transportes e levando-nos de volta aos lombos de burro. Dentro desse panorama, surge a questão relativa à substituição do petróleo por outras fontes de energia. Embora haja algumas possibilidades técnicas, todas ainda são economicamente inviáveis frente ao atual preço do petróleo: (1) células solares, que transformam em eletricidade a energia solar que atinge a terra (86 bilhões de megawatts, ou 6.600 vezes o consumo anual do planeta); (2) fusão nuclear, inesgotável, a fonte solar de energia, há 40 anos em fase experimental; (3) energia eólica (ventos), com capacidade já instalada de 40.000 megawatts; (4) combustão do hidrogênio, que não polui o ambiente ("carro movido a água", como anunciado pela Honda no Estadão de 29-ago-2005, p. L12); (5) energia hidroelétrica, aplicável a poucos países, como Brasil e China; (6) fissão

nuclear, o princípio da bomba atômica, altamente poluente; (7) álcool, aplicável a poucos países, como o Brasil.

EVOLUCIONISMO

50. Como/onde começou a vida na Terra ?

Os mais antigos registros de seres vivos que se têm datam de cerca de 4 bilhões de anos (micróbios encontrados em rochas). A Terra foi provavelmente formada há 6 bilhões de anos. Mas o principal problema é como se deu a partida. Para haver um ser vivo é necessário existir muitos DNAs, uma comprida e frágil molécula, onde reside um "software" com milhares de instruções para a fabricação de um novo ser. Ocorre que, no ambiente hostil existente há 4 bilhões de anos, é pouco provável que essas enormes moléculas tenham se formado ao acaso. Alguns conjecturam que a vida veio do espaço, trazida talvez por algum meteoro, o que, na prática, apenas muda o problema de lugar.

51. O que determina a diversidade das espécies ?

Existem regiões onde o número de espécies é grande, como nos trópicos, enquanto que em outras a quantidade é reduzida. Saber o que determina essa variabilidade, (por exemplo, o ambiente propício ao seu desenvolvimento e os genes envolvidos na diversificação), bem como as condições de sua manutenção, é um conhecimento importante, pois, como todas as outras, nós também somos uma espécie que um dia será extinta.

52. Como evoluíram a largura das asas ou o tamanho do bico das aves ?

As características corpóreas dos animais sofrem mudanças com o passar dos milênios, mas não são conhecidos os detalhes dessas metamorfoses.

53. Qual foi o último ancestral comum universal ?

Suspeita-se da existência de um ancestral comum a todos os organismos complexos (LUCA), que deve ter existido há 1.5 bilhão de anos. Quem foi ele ?

54. Como evoluíram as flores ?

Não se sabe como as flores evoluíram com o passar dos milênios.

55. O que deu origem ao comportamento humano atual ?

O homo sapiens adquiriu o raciocínio abstrato, a capacidade de falar uma linguagem e os pendores artísticos, através de um processo de evolução gradual, ou foi uma mudança repentina, que na Europa ocorreu há 40.000 anos ?

56. Quais as raízes da cultura humana ?

Nenhum animal adquiriu a capacidade de se basear nas descobertas anteriores, de aprimorá-las e de transmitir o conhecimento às gerações futuras, o chamado "processo civilizatório". Na escala evolutiva, o que deu origem a isso ?

57. Quais as origens evolucionárias da linguagem e da música ?

As recentes pesquisas dos neurocientistas sobre como falamos e compomos música estão criando novas pistas sobre como conseguimos ter essas habilidades.

58. Qual a origem das raças humanas e como se desenvolveram ?

As pesquisas genéticas têm mostrado que as raças possuem genes característicos, associados à sua origem geográfica, levando os pesquisadores a se perguntarem quais mecanismos seletivos levaram a essa diferenciação.

59. Como o comportamento cooperativo evoluiu ?

Quando Darwin estava trabalhando em sua famosa "Origem das Espécies", onde afirmou que descendemos dos macacos, ele notou que, ao contrário do que já havia proposto, as espécies procuram trabalhar pelo bem comum, ao invés de simplesmente desenvolver sua própria capacidade competitiva individual. Esse comportamento caridoso e generoso, em oposição ao individualista e egoísta, tem mostrado ser a chave da sobrevivência. Muitos estudos têm sido elaborados nessa linha, mostrando que a cooperação produz melhores resultados que o individualismo, mas as origens desse comportamento permanecem obscuras. Não se sabe se essa característica é herdada pelas espécies, através de informações genéticas recebidas, se é decorrência da seleção natural (apenas espécies que colaboram conseguem sobreviver) ou se existe algum outro fator interveniente.

FÍSICA

60. As leis da Física são unificáveis ?

Einstein morreu tentando descobrir uma "Teoria de Tudo", que explicasse, ao mesmo tempo, os quatro tipos de forças que conhecemos: (1) força gravitacional, que provoca uma atração entre os corpos (como o Sol atraindo a Terra e vice-versa); (2) força eletromagnética, responsável pelos fenômenos elétricos e magnéticos, como corrente elétrica, imã, luz, calor etc.; (3) força nuclear forte, que mantém os prótons e nêutrons unidos dentro do núcleo atômico; (4) força nuclear fraca, responsável pelo decaimento radioativo, como no urânio (instável), que vai se transformando em chumbo (estável) com o correr dos milênios (e serve como um relógio para calcular a idade do sistema solar). Atualmente, cada tipo de força tem a sua própria teoria explicativa.

61. Existem princípios mais fundamentais regendo a não-localidade e a incerteza na Mecânica Quântica ?

Pelo início do século 20, quando a Relatividade, que lida com o infinitamente grande, estava sendo publicada por Einstein, surgiu também uma teoria para explicar o estranho comportamento do infinitamente pequeno: átomos, elétrons, nêutrons, prótons etc. No entanto, embora suas previsões numéricas tenham sido comprovadas em laboratório com bastante precisão, essa teoria é tão absurda e sem sentido que Einstein chegou mesmo a dizer, em 1926: "A mecânica quântica é impressionante, mas um voz interior me diz que ela ainda não representa o mundo real". De fato, entre algumas decorrências da teoria, temos como exemplos: (1) os elementos básicos da matéria, como o átomo, elétron, próton etc. apresentam um comportamento como se fossem partículas sólidas e ondas ao mesmo tempo (dualidade da matéria); (2) a velocidade e posição no espaço das partículas são indefinidas: nunca se sabe ao certo onde se encontram nem quais são suas velocidades (princípio da incerteza); (3) dentro de uma caixa, uma partícula pode estar, ao mesmo tempo, do lado esquerdo da caixa e do lado direito (princípio da superposição); (4) duas partículas, imensamente afastadas, podem se encontrar "conectadas": o que ocorre com uma delas se reflete instantaneamente na outra, como se cada partícula existisse também em um "universo paralelo" (princípio da não-localidade). A intuição humana não consegue entender essas propriedades "malucas". Einstein chegou mesmo a dizer, criticando essa teoria de cunho probabilístico: "Deus não joga dados".

62. Por que existe mais matéria do que anti-matéria ?

Quando um elétron e um pósitron (elétron positivo) interagem, ambos são aniquilados, surgindo em seu lugar raios gama (fótons). Inversamente, esses raios podem se transformar em um par elétron-pósitron. O elétron é chamado de matéria, e o pósitron é a sua anti-matéria. Toda partícula de matéria tem sua correspondente anti-matéria (anti-prótons, anti-nêutrons etc.) Dada essa dualidade, os físicos se perguntam porque o universo é constituído apenas de matéria. Haveria universos de anti-matéria ?

63. O próton decai ?

Existem partículas ainda mais elementares que os prótons, os nêutrons etc. São os "quarks". Um próton tem dois quarks-up e um quark-down, enquanto que o nêutron tem um quark-up e dois quarks-down. Assim, o próton poderia se transformar em outras partículas, já que não é uma partícula elementar. Existem várias possibilidades de decaimento, como se transformar em um pósitron e um méson-pi, mas até agora nada foi comprovado.

64. Qual a natureza da gravidade ?

Explicada por Newton em sua Quarta Lei do Movimento, a gravitação destoa das outras três forças da Natureza: a eletromagnética, e as interações forte e fraca. Ela não se adapta à Mecânica Quântica, não possui uma partícula (seria o "gráviton") e somente exerce força de atração. Além disso, Einstein reduziu-a a um simples conceito geométrico: a massa determina a curvatura do espaço, que define a trajetória das partículas e das ondas. Com isso, torna-se difícil integrá-la com as demais forças, como queria Einstein, em uma Teoria de Tudo.

65. Por que o tempo é diferente das outras dimensões ?

A Relatividade de Einstein mostrou que o tempo e o espaço estão relacionados, de modo que a velocidade da luz possa ser sempre constante no vácuo. Com isso, o tempo passou a ser a quarta dimensão do espaço. Mas, naturalmente, sua característica é diferente do espaço: o tempo flui, e existe uma idéia de "agora". Por que ?

66. Existem partículas ainda mais elementares que os quarks ?

Demócrito (460AC-370AC) foi quem primeiro desconfiou que a matéria era constituída de

partículas indivisíveis (a-tomos) chamados átomos. Quase 2.500 anos depois (1932), descobre-se que o átomo é constituído por partículas mais elementares ainda, como o elétron, próton e nêutron. Em 1964, Murray Gell-Mann (Prêmio Nobel de 1969) descobre o quark, constituinte dos prótons, nêutrons e mésons. Assim, surge naturalmente a questão: será o quark o "fim da linha" ?

67. Os neutrinos são suas próprias anti-partículas ?

Dentre todas as partículas elementares, o neutrino é a mais difícil de ser detetada, pois não possui carga elétrica nem (talvez) massa. Adicionalmente, não está certo se existe um anti-neutrino, embora todas as partículas de matéria tenham suas anti-partículas: anti-nêutron, anti-próton etc.

68. Existiria uma teoria unificada para explicar sistemas eletrônicos semelhantes ?

Supercondutores a altas temperaturas e materiais com imensas magnetoresistências são governados pelo comportamento coletivo dos elétrons, e não pelo desempenho individual de cada um. Atualmente, não há explicação para esse fato.

69. Qual o mais potente raio laser que se pode construir ?

Teoricamente, é possível construir um raio laser tão potente que consiga separar um fóton de luz em um par elétron-pósitron, dispersando o feixe de laser. Mas não se sabe se isso é viável.

70. É possível construir lentes ópticas perfeitas ?

Isso já foi conseguido para micro-ondas, mas ainda não para a luz.

71. É possível criar semicondutores magnéticos à temperatura ambiente ?

Atualmente, só funcionam em baixas temperaturas.

72. Qual o mecanismo das duplas na supercondutividade em altas temperaturas ?

Os elétrons em supercondutores sempre caminham aos pares, mas não se sabe o porquê.

73. É viável uma Teoria Geral da dinâmica do escoamento turbulento e do movimento de material granulado ?

Sistemas dinâmicos que não estão em equilíbrio desafiam a mecânica estatística.

74. Existem elementos estáveis com número atômico alto ?

Um material super-pesado, com 184 nêutrons e 114 prótons parece ser estável, se os físicos conseguiram construí-lo. Mas já tem um nome: ununquadium (www.webelements.com).

75. É possível haver superfluidos em sólidos ?

Embora com algumas possibilidades para o hélio, não se sabe se um dia haverá um sólido cristalino que possa escoar sem apresentar resistência.

76. Qual a máxima eficiência das células solares ?

Até o momento conseguiu-se uma eficiência de 32% nas células fotovoltaicas (apenas 32% da energia do Sol se transforma em energia elétrica). É possível aumentá-la ?

77. A fusão nuclear será sempre a "energia do futuro" ?

Há 35 anos se tenta construir um reator de fusão nuclear controlada (a fusão ocorre no centro do Sol), uma fonte inesgotável de energia, que usa a água (deutério e trítio) como combustível. Mas ainda não se conseguiu fazê-lo funcionar comercialmente (reator Tokamak).

GENÉTICA

78. Porque temos tão poucos genes ?

Embora nosso organismo seja o mais adiantado na escala animal, temos apenas 25.000 genes, quase o mesmo número do verme *C. Elegans*, que mede 1 mm de comprimento e vive apenas duas semanas. Já o arroz possui 50.000 genes. Parece que, na Natureza, quantidade não significa qualidade.

79. Até que ponto a saúde pessoal está relacionada com os genes ?

A propensão para a asma, para o câncer e para as doenças cardíacas está ligada a algum tipo especial de gene ?

80. Que mudanças genéticas fizeram de nós humanos únicos ?

Embora não sejamos os mais fortes nem os mais avantajados na escala animal, acabamos

por dominar todas as demais espécies vivas, além de moldar o ambiente de acordo com nossas conveniências. Isso tudo foi fruto do desenvolvimento de uma propriedade única entre os seres vivos: a capacidade de abstração. Apenas 1.2% de nosso DNA é diferente do DNA do chimpanzé, com 40 milhões de sequenciamentos diferentes. Entre essas diferenças, quais as responsáveis por nossa característica única no reino animal? Haveria outras alternativas genéticas ainda melhores?

81. Por que uns cromossomos são tão grandes e outros tão pequenos?

O peixe-bola tem 400 milhões de bases, enquanto que o peixe-pulmonado tem 133.000 milhões de bases. As repetições e duplicações não explicam essa disparidade.

82. O que faz todo esse "lixo" em nosso genoma?

O genoma humano é constituído de 23 pares de cromossomos, com um total de 3 bilhões de pares de bases. Mas 97% parece não ter qualquer função, razão pela qual são chamadas de "lixo". Por que há todo esse lixo?

83. Como podem as mudanças no genoma serem herdadas, excluídas as mutações?

Não se sabe como algumas mudanças nas funções do gene, que não decorrem de alterações no sequenciamento (epigenética), são transmitidas de pai para filho.

84. Por que as transferências laterais ocorrem em tantas espécies?

Outrora considerada rara, a troca de genes tem se revelado comum, principalmente entre os micróbios. Por que e como isso ocorre?

GEOLOGIA

85. Como funciona o interior da Terra?

A humanidade vive em cima de uma fornalha de 13.000 km de extensão, cujo centro atinge 3.000 graus Celsius e uma pressão de 4 milhões de atmosferas. Essa fornalha está sempre dando sinais de vida, através dos vulcões, terremotos, tsunamis e pelo deslocamento dos continentes (há 400 milhões de anos, os cinco continentes estavam reunidos em um só, chamado Pangéia). Conhecendo o funcionamento desse enorme forno poderia melhorar as previsões, principalmente de terremotos, hoje uma tarefa totalmente inexecutável, pois nenhum modelo consegue antecipá-los. Por exemplo, poder-se-ia saber com antecedência

quando a Califórnia desaparecerá do mapa, como conjecturado pelos sismologistas.

86. Existem sinais que possam indicar um terremoto próximo?

Desde 1970 se procuram tais pistas, sem sucesso.

87. O que causa a inversão no campo magnético terrestre?

A dificuldade está em se conhecer os mecanismos do núcleo da Terra.

MATEMÁTICA

88. Até que ponto as máquinas conseguem aprender?

O computador está cada vez mais competindo com o cérebro humano, através da Inteligência Artificial, tendo mesmo vencido uma competição internacional de xadrez (Deep Blue da IBM, em 1997). No entanto, há um consenso geral de que o nosso raciocínio abstrato dificilmente será imitado pelas máquinas. Será?

As sete questões abaixo constituem os "Problemas do Milênio", propostos pelo Clay Mathematics Institute, www.claymath.org. Quem conseguir resolvê-los ganhará um prêmio de um milhão de dólares por problema solucionado.

89. Quais os limites da computação convencional?

(1) A computação, como a usamos hoje, se baseia em princípios desenvolvidos há 50 anos. Por exemplo, o computador só sabe lidar com bits, que podem apenas ser igual a 1 ou 0, mas não ambos. O uso dessa lógica binária (aristotélica ou booleana) parece ter criado barreiras intransponíveis: não se consegue um bom sistema de tradução automática de uma língua para outra, a consulta a um banco de dados com textos nem sempre captura aquilo que procuramos etc. Mas está em desenvolvimento uma outra abordagem para a computação, onde os bits podem ser 1 ou 0 ao mesmo tempo, e o cálculo pode apresentar uma natureza probabilística, como ocorre na Fuzzy Logic (lógica aproximada), que é a forma como pensamos (as coisas não são apenas certas ou erradas, mas admitem gradações: meio certo, quase errado etc.). Essa nova forma de calcular se chama Computação Quântica, já em fase experimental em alguns laboratórios de física avançada. Talvez com essa

nova teoria, originada na Mecânica Quântica, se consiga resolver problemas computacionais hoje sem solução (Ver "P versus NP", de Pedro Luiz Aparecido Malagutti, na Internet).

90. Existe algum teste simples para determinar se uma curva elíptica tem um número infinito de soluções racionais ?

(2) Existe uma hipótese (Brich e Swinnerton-Dyer) para determinar quantas soluções racionais uma curva elíptica possui, o que poderia resolver uma série de problemas práticos. Mas não se conhece qualquer maneira de se testar essa hipótese.

91. É possível descrever um ciclo de Hodge como a soma de ciclos algébricos ?

(3) Para analisar a forma de certos tipos de objetos complicados, foi conjecturado que eles podem ser obtidos pela combinação linear de formas primitivas ou básicas, com dimensões crescentes (Hipótese de Hodge). Mas ainda não se conseguiu uma maneira de se estabelecer essa ligação.

92. Os matemáticos conseguirão liberar o poder da equação de Navier-Stokes ?

(4) O comportamento dos fluidos (gases, líquidos, atmosfera, oceanos, aeronáutica) é regido por uma complicada equação tensorial (relaciona pontos do fluido no espaço) enunciada em 1840 por Navier e Stokes. A exemplo do que também ocorre na mecânica quântica, no eletromagnetismo e na Relatividade, não se conhecem exatamente as condições em que ela funciona, nem como pode ser resolvida em muitos casos práticos.

93. O teste de Poincaré identifica esferas na quarta dimensão ?

(5) O ramo da Matemática que estuda as propriedades comuns de objetos diferentes se chama Topologia. Por exemplo, uma rosquinha e uma xícara são a mesma coisa, pois uma pode ser transformada na outra, por deformações contínuas (morphing). Nesse contexto, Poincaré elaborou um determinado teste para esferas em terceira dimensão. A dúvida é se esse teste pode ser estendido para a quarta dimensão, o que facilitaria a "visualização" de objetos mais complexos (qualquer equação com quatro variáveis independentes opera na quarta dimensão, como a Relatividade de Einstein). Ver "A Conjectura de Poincaré", de Pedro Luiz Queiroz Perguer, na Internet.

94. Os zeros da função Zeta de Riemann têm a forma $a + bi$?

(6) A função Zeta é usada na análise da distribuição dos números primos que, por sua vez, são utilizados em criptografia (construção de códigos secretos). A função Zeta(s) é a soma dos termos $(1 \text{ sobre } k \text{ elevado à potência } s, \text{ com } s \text{ complexo e } k=1,2,\dots,\text{infinito})$. Em 1859, Riemann sugeriu uma certa propriedade para resolver a equação $\zeta(s) = 0$, que até agora não foi demonstrada, embora já tenha sido comprovada em mais de 1.5 bilhão de casos. Esse problema é hoje considerado o mais importante da Matemática Pura.

95. O modelo-padrão da Física das Partículas se assenta em bases matemáticas sólidas ?

(7) Há 50 anos, Yang e Mills introduziram uma forma de analisar as partículas elementares (reino da Mecânica Quântica), baseada em conceitos geométricos e em um estranho "buraco de massa" (mass gap). Embora esse modelo tenha funcionado surpreendentemente, a validade dos conceitos matemáticos empregados permanece obscura. Mas não é a primeira vez que fatos como esse acontecem. Heaviside (1850-1925) também usava as funções Impulso e Degrau de uma forma inaceitável pelos matemáticos. Mas hoje isso é admitido e usado costumeiramente em Eletrônica e Acústica.

NEUROCIÊNCIA

96. Quais as bases biológicas da consciência humana ?

Qual a diferença cerebral entre uma pessoa caridosa e um assassino ? Que partes do cérebro estão envolvidas na compreensão do mundo exterior, nos princípios morais de cada um, ou na sensação de alegria ou de tristeza ?

97. Como são as memórias armazenadas e consultadas ?

Nosso cérebro, pesando pouco mais que 1 kg, é um imenso banco de dados, onde as informações e estímulos recebidos vão sendo armazenados e consultados. Mas, diferente do processo usados nos computadores, onde a memória reside em um local específico, no cérebro ela se mistura com as funções de processamento (CPU). Parece que a memorização no cérebro se dá pelo "fortalecimento da sinapse", isto é, pela amplificação dos sinais ao passarem de um neurônio para o outro, como proposto por Ramón y Cajal (prêmio Nobel de Medicina de 1906). Em 1990 desco-

briu-se também que no hipocampo (uma região no centro do cérebro) parece haver uma fábrica de neurônios, possivelmente relacionada com a memorização e aprendizagem de fatos novos. Mas o real mecanismo através do qual nos lembramos dos fatos passados permanece um mistério.

98. Por que dormimos ?

O sono pode recuperar alguns músculos ou manter os animais protegidos durante a noite. Mas o segredo parece residir no cérebro que, no entanto, nunca dorme.

99. Por que sonhamos ?

Freud achava que o sonho servia para realizarmos os desejos frustrados, além de acontecer, durante o sonho, aquilo que não queremos que ocorresse. Mais recentemente, neurocientistas descobriram que o sonho é fundamental para a aprendizagem. Até onde essas hipóteses são válidas ?

100. Por que existem períodos críticos para se aprender novas línguas ?

O mapeamento da atividade cerebral pode trazer alguma luz para o fato de que as crianças têm muita facilidade para aprender novas línguas, enquanto que os adultos costumam sofrer algum tipo de bloqueio.

101. Os feromônios influem no comportamento humano ?

Os feromônios são substâncias secretadas por animais e plantas com o objetivo de propiciar a comunicação. Mas existem dúvidas se os humanos são influenciados por esses perfumes (embora a Internet viva fazendo sua propaganda via spam).

102. Qual é a base biológica da dependência ?

Uma pessoa viciada (cigarros, cocaína etc.) possui o circuito cerebral de recompensa (reward circuitry) danificado, por excesso de estímulo. Não se conhece como essa destruição se processa, nem como pode ser contornada.

103. A moralidade é um circuito cerebral recebido ao nascer ?

Os neurocientistas, que estão mapeando o cérebro, desconfiam que a moralidade de cada um de nós já vem gravada em algum circuito do cérebro, ao nascermos. Assim, a tendência ao crime ou à santidade, por exemplo, seria herdada e não adquirida.

104. Que parte da personalidade tem origem genética ?

É sabido que parte de nossa personalidade é herdada através do DNA. E o ambiente molda a outra parte. Mas qual é a proporção de cada parte ?

105. Quais as raízes biológicas da orientação sexual ?

Boa parte da contribuição ambiental para a homossexualidade pode ter vindo antes do nascimento, através de hormônios pré-natais. Assim, a resposta a esta pergunta não pode ficar limitada aos "genes homossexuais".

PALEONTOLOGIA

106. O que causou a extinção em massa ?

Tudo indica que os dinossauros foram extintos devido às consequências do enorme impacto de um meteoro no atual Golfo do México, há 65 milhões de anos, onde existe uma grande cratera. Mas não se sabe a causa da extinção das outras espécies.

107. Podemos impedir a extinção ?

Descobrir maneiras baratas e politicamente viáveis de evitar a extinção das espécies ameaçadas é uma tarefa difícil. Nós também poderemos um dia vir a ser uma espécie ameaçada de extinção.

108. Por que alguns dinossauros eram tão grandes ?

O pescoço do saurópode (*Argentinosaurus*) pesava 100 toneladas, tinha 37 metros de comprimento, viveu há 130 milhões de anos, e era vegetariano. Um bando poderia devastar o lugar onde vivesse. Por que a Natureza os construiu ?

109. Quantos tipos de humanos houve no passado recente ?

Admite-se hoje ter havido quatro tipos diferentes de humanos nos últimos 100.000 anos. Mas não se sabe ao certo, nem como eles se relacionavam.

PATOLOGIA

110. É possível existir uma vacina efetiva contra a AIDS ?

O vírus da AIDS, que parece existir desde a década de 50, ficou bem conhecido nos últimos 20 anos, tendo se revelado uma das pio-

res enfermidades do gênero humano. Ele destrói o sistema de defesa do organismo, tornando-o alvo fácil para todo tipo de infecção, que fatalmente acaba matando a vítima. As pesquisas para se encontrar uma vacina que funcione são as que mais têm consumido dinheiro: US\$ 500 milhões por ano, apenas no Instituto Nacional de Saúde dos EUA. Mas, até agora, não existe nenhuma pista indicando que uma tal vacina seja possível, para a tristeza dos milhões de novos infectados anualmente. De fato, o HIV comete muitos erros ao se duplicar, criando uma grande variedade de vírus novos, e tornando uma eventual vacina obsoleta em pouco tempo. Além disso, ele é um especialista na arte de enganar, tapeando todas as defesas que o organismo tem contra ele. O HIV é um verdadeiro micro-demônio.

111. As células-tronco são o segredo do câncer ?

As células-tronco são células com a propriedade de se transformar em outros tipos de células (como as da pele, as do osso etc.). Os cânceres mais agressivos se parecem muito com essas células. Seria o câncer uma disfunção de células-tronco ?

112. O câncer é sujeito ao sistema de controle de imunidade ?

O sistema imunológico (leucócitos) consegue atacar as células cancerosas, mas estas criam contra-medidas para se defender. Seria possível anular essas defesas das células cancerosas ?

113. O câncer pode ser mantido sob controle, ao invés de ser eliminado ?

Medicamentos que bloqueiam a alimentação das células cancerosas (como impedindo o crescimento dos seus vasos) podem estancar o desenvolvimento dessas células. Mas não se sabe até onde esses medicamentos são efetivos.

114. A maior causa das doenças crônicas é a inflamação ?

Foi constatado ser a causa da artrite, e parece estar ligada ao câncer e às doenças cardíacas. Novas constatações continuam surgindo, mas se desconhece como a inflamação provoca as doenças.

115. Como as doenças causadas pelo prion funcionam ?

O prion é uma proteína autoreplicável (talvez sem ácido nucléico), causadora de várias do-

enças, entre as quais a "doença da vacalouca". Não são conhecidos os mecanismos pelos quais ela provoca as doenças.

116. Até onde os vertebrados dependem do sistema imunológico herdado ?

Ao nascerem, os vertebrados já vêm com um sistema imunológico básico, o qual, no entanto, só identifica umas poucas infecções. Com o tempo, o organismo vai conhecendo e se adaptando aos novos agressores (imunidade adaptativa). Não se sabe até onde esse sistema é importante para o indivíduo.

117. A memória imunológica requer exposição crônica aos antígenos ?

Quando uma infecção ataca o organismo, a resposta é rápida se o organismo já conhece a infecção, e mais demorada se o agente infeccioso é novo. A questão é saber se essa memória é permanente, ou necessita ser "refrescada" de tempos em tempos. A maioria acha que é permanente, mas pesquisas recentes põem isso em dúvida.

118. Qual a causa da esquizofrenia ?

A esquizofrenia é uma anomalia cerebral que faz com que a pessoa viva em um mundo virtual, dissociado da realidade comum. Embora se pesquisem genes associados a ela, nada ainda se conhece a respeito.

119. O que causa o autismo ?

O autismo é uma anomalia cerebral, de origem desconhecida, que aparece até a idade de três anos, causando dificuldade na fala, respostas não usuais aos vários estímulos e relacionamento estranho com o meio ambiente.

120. Poderemos protelar o surgimento do mal de Alzheimer ?

Dez por cento dos octogenários são acometidos por essa anomalia cerebral, 1% dos setuagenários, e 0.1% dos sexagenários. Trata-se de uma degeneração do cérebro, resultando em perda de memória e dificuldade de raciocínio. É incurável e não se sabe sua origem, embora se suspeite que seja genética (ligada a defeitos do DNA). O máximo que se tenta conseguir é protelar seu surgimento, através de hormônios, antioxidantes e exercícios. Mas isso ainda está em fase experimental.

QUÍMICA

121. Poderemos criar cadeias químicas auto-organizadas ?

Os químicos, ao contrário das demais ciências, estão mais interessados na síntese do que na análise. Enquanto os químicos montam moléculas, não existe uma "Síntese Astronômica" ou uma "Física Sintética". Nos últimos cem anos, eles construíram, com cerca de mil átomos, uma enormidade de moléculas, combinando-os do jeito que quisessem, através da manipulação das ligações covalentes (quando os átomos compartilham seus elétrons). Muitos produtos novos daí surgiram, como os silicones, as borrachas sintéticas, o nylon, adesivos e muitos outros. No entanto, esse ainda é um estágio muito primitivo, se comparado com as técnicas de auto-montagem usadas pela Natureza. Por exemplo, quando as enzimas copiam um DNA durante uma divisão celular, elas invariavelmente cometem erros, como inserindo uma adenina (base A) quando deveriam colocar uma timina (base T). Alguns erros permanecem (mutações), mas a maioria é reparada pelas "enzimas consertadoras de DNA", que examinam o DNA recém copiado e corrigem os erros encontrados. Mecanismos auto-montadores como esse não serão facilmente repetidos pelos químicos. Mas, se quiserem construir estruturas mais complexas, como as dos computadores moleculares (ainda em estágio experimental), deverão começar a se habituar com essa tecnologia, já usada pela Natureza há bilhões de anos.

122. Há limites para a síntese química racional ?

À medida que as moléculas crescem, mais difícil fica controlar sua forma e produzir novas moléculas. Novas tecnologias são necessárias.

123. Qual é a estrutura da água ?

Ainda não se sabe quantas ligações uma molécula de água tem com seus vizinhos.

124. Qual a natureza do vidro ?

As moléculas do vidro se dispõem como se fosse um líquido, embora mais rigidamente agrupadas. Em que momento da solidificação termina o líquido e começa o vidro ? Por que ?

ZOOLOGIA

125. Como os animais migratórios se orientam ?

Os pássaros, as borboletas e as baleias atualmente viajam milhares de quilômetros. Parece que se orientam pelo magnetismo terrestre e pelas estrelas, mas isso é apenas uma hipótese.
