

Bases da Ciência Moderna — BC0101
Prof. Valter A. Bezerra — 2008
Lista de questões N° 1

(1) — Dentre a seguinte lista de realizações científicas e técnicas contemporâneas, escolha **três** delas e, para **cada uma**, diga quais são as principais teorias científicas [note: as **teorias**, não as **tecnologias**] que estão na base de cada uma. Explique em que momento específico cada teoria contribui no sentido de tornar possível a construção, o funcionamento e/ou a compreensão do item selecionado.

(a) a tabela periódica;	(g) os nanomateriais;
(b) a clonagem;	(h) a produção de radioisótopos;
(c) os circuitos integrados e semicondutores;	(i) a navegação de naves espaciais;
(d) a radiodifusão;	(j) as previsões do tempo;
(e) o telescópio Hubble;	(k) o cinema;
(f) o laser (dica: lembre-se de que a sigla inglesa significa “amplificação de luz por emissão estimulada de radiação”);	(l) o refrigerador doméstico;
	(m) a energia fotovoltaica.

[Obs.: Procure ser completo e preciso nesse levantamento. Pesquise. Tenha em mente a imagem da ciência como um sistema, um edifício interligado formado por teorias, hipóteses, explicações, etc. Em particular, pense tanto nas teorias “principais” envolvidas quanto nas teorias “auxiliares”.]

(2) — À luz do que foi estudado em BC-0101, leia e discuta o seguinte trecho de um livro do matemático, filósofo da ciência e historiador da filosofia espanhol Jesús Mosterín. [N.B.: “Discutir” no sentido de identificar as idéias principais contidas no texto, relacionando-as com os conceitos expostos durante o curso.]

«Como bem se sabe, nós humanos só podemos captar, perceber, conhecer, experimentar uma pequena parte do espectro eletromagnético, correspondente à luz visível (do vermelho ao violeta). Outros animais captam partes diferentes do mesmo espectro. Essa nossa limitação é irremediável. Nunca conseguiremos ver as ondas de rádio ou os raios X. Não obstante, podemos pensar no restante do espectro eletromagnético, podemos inferi-lo, conhecê-lo, construir a sua teoria, etc. Nossa capacidade científica, simbólica, lingüística, ultrapassa sem problemas os limites estreitos que a nossa sensibilidade impõe à nossa capacidade de perceber.

Kant teve razão ao destacar a diferença entre percepção e pensamento. E também teve razão ao assinalar a importância da experiência, ou seja, do ponto de contato entre percepção e pensamento, entre perceptos e conceitos, entre sensibilidade e linguagem. A grande rede da ciência é um enorme tecido simbólico, que, no entanto, em alguns de seus nós, “toca na terra” e se embebe de percepção.»

[J. Mosterín - “Kant como filósofo de la ciencia”, em *Conceptos y teorías en la ciencia*, p. 109. Madrid: Alianza Editorial.]

(3) — Cite três exemplos de teorias científicas e dê exemplos dos seus limites de validade, isto é, **para cada teoria**, identifique pelo menos um fenômeno que cai **dentro** do seu domínio de aplicação e pelo menos um fenômeno que cai **fora** desse domínio.

(4) — Escolha apenas **três** conceitos dentre a lista a seguir e explique resumidamente cada um deles, discutindo-os sob uma perspectiva semelhante àquela que temos adotado no curso de BCM — isto é, como conceitos utilizados como ferramentas para analisar a ciência. (Explique com **suas próprias palavras** — escreva entre 8 e 15 linhas sobre cada conceito.)

(a) Teoria científica	(e) Formalismo
(b) Hipótese	(f) Interpretação
(c) Dedução	(g) Explicação científica
(d) Indução	(h) Teste experimental

(5) — Considere a seguinte bela passagem do escritor Jorge Luis Borges, no conto “Funes, o memorioso”:

«Nós, de uma olhadela, percebemos três copos em cima de uma mesa; Funes, todos os rebentos e cachos e frutos que comporta uma parreira. Sabia as formas das nuvens austrais do amanhecer do 30 de abril de 1882 e podia compará-las nas lembranças com as listras de um livro espanhol encadernado que vira somente uma vez e com as linhas de espuma que um remo sulcou no Rio Negro na véspera da batalha do Quebracho. Essas lembranças não eram simples; cada imagem visual estava ligada às sensações musculares, térmicas, etc. Podia reconstruir todos os sonhos, todos os entressonhos. Duas ou três vezes havia reconstruído um dia inteiro; nunca havia duvidado, cada reconstrução, porém, tinha requerido um dia inteiro. Contou-me: *Mais recordações tenho eu sozinho que as tiveram todos os homens desde que o mundo é mundo.* E também: *Meus sonhos são como a vigília de vocês.* Iguamente, por volta da alva: *Minha memória, senhor, é como um despejamento de lixos.* Uma circunferência num quadro-negro, um triângulo retângulo, um losango, são formas que podemos intuir plenamente; o mesmo acontecia a Irineu com as tumultuosas crinas de um potro, com uma ponta de gado numa coxilha, como o fogo irisante e com a inumerável cinza, com os muitos rostos de um morto num demorado velório. Não sei quantas estrelas via no céu. [...]

Tinha aprendido sem esforço o inglês, o francês, o português, o latim. Suspeito, entretanto, que não era muito capaz de pensar. Pensar é esquecer diferenças, é generalizar, abstrair. No abarrotado mundo de Funes não havia senão pormenores, quase imediatos.»

[Jorge Luis Borges, “Funes, o memorioso”, em *Ficções*, pp. 121-122, 124. Trad. por Carlos Nejar. São Paulo: Abril Cultural, 1972.]

(a) Esta passagem (principalmente as últimas frases) sugere um paralelo com qual tese que vimos sobre o papel desempenhado pelas teorias científicas?

(b) Cite *algumas outras funções* que as teorias cumprem na ciência, além daquela que você citou na resposta ao item (a).

(6) — Leia o texto abaixo sobre a descoberta do planeta Netuno. Reconstrua o episódio esquematicamente em termos de explicação científica dedutiva. Identifique os elementos envolvidos na explicação (o *explanandum*, as premissas do *explanans*, as leis utilizadas, hipóteses auxiliares, condições iniciais, testes, etc).

«Em maio de 1781, William Herschel descobriu, por meio da observação utilizando o telescópio, um novo planeta, chamado Urano. Em Paris, no ano de 1821, Alexis Bouvard publicou tabelas de movimentos de alguns planetas, entre os quais Urano. Quando preparava as tabelas deste planeta, deparou-se com uma dificuldade para estabelecer a correspondência entre a órbita baseada nas observações posteriores ao ano de 1800 e a órbita baseada nas observações realizadas imediatamente após sua descoberta. Finalmente, pôs de lado as observações mais antigas e baseou suas tabelas nas observações recentes. Mas, em poucos anos, as posições calculadas das tabelas divergiam das posições observadas do planeta; e, em 1844, a discrepância atingia 2 minutos de arco. As observações indicavam que a órbita de Urano afastava-

se consideravelmente daquela prevista com base na teoria newtoniana da gravitação. [...] As irregularidades e os devios sistemáticos não podiam ser explicados por perturbações devidas aos demais planetas conhecidos.

Em 1845, Urbain Leverrier reviu os cálculos de Bouvard e julgou-os essencialmente corretos. Sugeriu, então, que a única explicação satisfatória para o problema deveria ser encontrada na presença de um planeta que estivesse situado além de Urano e que perturbaria os movimentos orbitais deste último. Em uma tentativa de superar a dificuldade, Leverrier sugere a existência de um novo planeta não observado nas adjacências de Urano. [Em 1843, John Couch Adams já havia calculado a órbita de um oitavo planeta do Sistema Solar, que poderia explicar o movimento de Urano, porém não chegou a publicar seus resultados.] A relação entre as massas e as distâncias entre o planeta hipotético e Urano, grosso modo, explicaria (suposta a validade da teoria newtoniana) a discrepância da órbita de Urano relativamente àquela prevista. Com efeito, seria possível calcular a posição orbital aproximada do planeta hipotético. [...] Então, a partir da predição seria possível realizar um teste empírico.

Em meados de 1846, Leverrier concluiu seus cálculos. Em setembro, escreveu a Johann Gottfried Galle, em Berlim, e solicitou-lhe que procurasse um novo planeta em determinada região do céu, da qual novos mapas estelares tinham sido preparados na Alemanha. Em 23 de setembro, Galle iniciou a busca e, em menos de uma hora, encontrou um objeto que não figurava no mapa. Na noite seguinte, esse objeto movera-se apreciavelmente. O novo planeta, logo batizado Netuno, foi descoberto a um grau da posição prevista por Leverrier [e a dez graus da posição prevista por Adams]. A ameaça que pairava sobre a confiabilidade da teoria newtoniana tornou-se inspiração para uma modificação capaz de salvá-la do falseamento.» [Texto cedido pelo Prof. R. Caiero.]

(7) — Leia e discuta (à luz do que vimos em BC-0101 sobre a natureza do conhecimento científico) o seguinte trecho de um livro do filósofo da ciência espanhol Jesús Mosterín:

«Somos como pescadores, e nossas teorias são como redes. Nós não jogamos fora, pela amurada, de bom grado, as redes com as quais já pescamos antes, apenas pelo fato de que elas não servem para certos peixes ou em determinados mares. Mas estamos constantemente a inventar e tecer redes novas e diferentes, e as lançamos ao mar, para ver o que pescamos com elas. Não desprezamos nenhuma rede, e não confiamos em demasia em nenhuma rede, embora prefiramos carregar o barco com as redes mais eficazes e deixar no porto aquelas de menos utilidade. E assim vamos navegando, renovando continuamente o nosso arsenal de redes, em função das fortunas da pesca.»

[J. Mosterín - "Sobre teorías físicas y teorías matemáticas", em *Conceptos y teorías en la ciencia*, p. 174. Madrid: Alianza Editorial.]

(8) — Leia o seguinte texto, que apresenta uma versão indutivista para a explicação de um fenômeno físico — no caso, o fenômeno óptico do arco-íris. Preste especial atenção às teses sobre a natureza do conhecimento científico que estão implícitas no texto. Com quais aspectos desta narrativa você concorda, e de quais você discorda? Discuta.

«Como exemplo final, considerarei o relato indutivista de como a ciência física é capaz de explicar o arco-íris.

[O papel dos princípios explicativos é desempenhado] aqui por diversas leis que governam o comportamento da luz, a saber, as leis de reflexão e refração da luz e afirmações sobre a dependência do grau de refração sobre a cor. Esses princípios gerais são derivados da experiência por indução [i.e. por aplicação do princípio de indução]. Um grande número de experimentos de laboratório é realizado refletindo-se raios de luz a partir de espelhos e superfícies de água, mensurando-se ângulos de incidência e refração para os raios de luz passando do ar para a água, da água para o ar, etc., sob uma ampla variedade de condições, repetindo os experimentos com luz de várias cores, e assim por diante, até que as condições necessárias para legitimar a generalização indutiva para as leis da óptica sejam satisfeitas.

[O papel das premissas complementares é desempenhado aqui] por um conjunto mais complexo de afirmações. Este incluirá asserções para a consequência de que o Sol está situado em alguma posição especificada no céu em relação a um observador na Terra, e de que gotas de chuva estão caindo de uma nuvem situada em alguma região específica relativa ao observador. Conjuntos de afirmações como essas,

que descrevem os detalhes do cenário sob investigação, serão referidos como condições iniciais. Descrições de cenários experimentais podem ser exemplos típicos de condições iniciais.

Dadas as leis da óptica e as condições iniciais, é agora possível realizar deduções submetendo uma explicação da formação de um arco-íris visível ao observador. Tais deduções... podem envolver argumentos tanto matemáticos quanto verbais. A argumentação corre, *grosso modo*, como se segue. Se admitimos que uma gota de chuva é mais ou menos esférica... e se a lei da refração é verdadeira, então o raio vermelho se deslocará ao longo de [uma certa trajetória], e o raio azul ao longo de [uma trajetória diferente], de modo que um observador olhando para a gota de chuva verá os componentes vermelho e azul da luz branca separados (e também todas as outras cores do espectro). [...] Considerações geométricas então levam à conclusão de que um arco colorido será visível ao observador desde que a nuvem de chuva se estenda suficientemente.

Apenas esbocei a explicação do arco-íris aqui, mas já deve ser suficiente para ilustrar a forma geral do raciocínio envolvido. Dado que as leis da óptica são verdadeiras (e para o indutivista... isso pode ser estabelecido a partir da observação por indução), e dado que as condições iniciais são acuradamente descritas, então a explicação do arco-íris segue-se necessariamente.»

(9) — [Adaptada do Prof. Roque Caiero.] Discuta criticamente qual pode ser o significado de **testar empiricamente** uma teoria (ou estabelecer a sua verdade, no sentido de adequação empírica), quando se sabe que as suas sentenças referem-se **potencialmente** a um número infinito de casos.

(10) — Identifique e discuta criticamente alguns aspectos relevantes (mesmo que lhe pareçam intrigantes ou problemáticos) associados à tese de que a ciência possui um caráter hipotético. Note que há várias conexões possíveis entre esta tese e os temas que temos discutido em BCM.

(11) — Leia os textos **A** e **B** abaixo, que apresentam determinadas hipóteses e explicações relativas à existência e características das crateras da Lua. Identifique essas explicações e elabore os seus esquemas dedutivos, identificando os seus elementos (*explanans*, *explanandum*, leis utilizadas, testes observacionais, etc). **Discuta criticamente** essas explicações. Elas são compatíveis ou conflitantes? Quais as evidências observacionais apresentadas pró e contra cada uma delas? Qual lhe parece ser a conclusão do debate apresentado nos textos?

Texto A. «Houve muita especulação em torno da origem das crateras lunares. Uma hipótese é que elas seriam os resultados do impacto de pesados meteoros na superfície da Lua, quando esta ainda era macia. Contudo, a explicação provável para essas formações peculiares parece ser a teoria de que são produzidas pelos gases libertados da matéria rochosa da Lua, durante o processo de sua solidificação. É razoável supor que o material, em fusão, da Terra (e, por conseguinte, o da Lua) contenha, em solução, uma grande parte dos gases e vapores que formam nossa atmosfera e as águas dos oceanos. Enquanto a solidificação se processava, esses gases e vapores d'água escapavam constantemente, através da superfície viscosa, erguendo gigantescas bolhas que estouravam e deixavam os anéis circulares de matéria elevada atrás delas... O leitor pode, facilmente, imaginar o processo que ocorreu na superfície da Lua, num passado remoto, se observar a fritura de certas panquecas e vir a formação de bolhas e crateras na superfície das mesmas.»

[G. Gamow, *Biography of the Earth* (1959), *apud* I. M. Copi, *Introdução à lógica*, p. 417.]

Texto B. «Olhe para a superfície da Terra. O que é que forma quase todas as crateras que vemos? O vulcanismo. Assim, parece natural que, se a maioria das crateras que vemos na Terra é vulcânica, também a maioria das crateras da Lua deva ser vulcânica.[...] Existem outras crateras não-vulcânicas remanescentes na Terra. Há uma cratera bem evidente na Terra que não é vulcânica — a famosa Cratera do Meteoro no norte do Arizona. Assim, pelo menos nós sabemos, por inspeção da superfície da Terra, que as crateras *podem* ser formadas quando um objeto grande vindo do espaço — tal como um meteoro, um asteróide ou um cometa — vem se chocar contra o nosso planeta. [...]

Não deveríamos esperar que houvesse na Terra tantas crateras de impacto quanto as há na Lua? E não deveríamos esperar que a proporção entre as crateras de impacto e as crateras vulcânicas fosse aproximadamente a mesma na Terra e na Lua? A resposta é não. Em primeiro lugar, o perfil geológico da superfície da Terra está sendo constantemente apagado pelas forças erosivas do vento e da água, pela tectônica de placas, e mesmo pelo vulcanismo. Assim, quaisquer crateras que tenham sido formadas na Terra há mais de algumas centenas de milhões de anos atrás já foram apagadas. A Lua não possui atmosfera para promover a erosão por meio do vento e da água, e os movimentos da crosta lunar têm permanecido adormecidos por vários bilhões de anos. [...]

Observe os vulcões da Terra: todos eles possuem aproximadamente o mesmo tamanho. Eles raramente ultrapassam alguns quilômetros de diâmetro, e a maioria tem apenas algumas centenas de metros de diâmetro. Mas observe a variedade de tamanho das crateras da Lua com um telescópio amador. [...] Você facilmente encontrará crateras de todos os tamanhos. Se essas crateras fossem vulcânicas, por que haveria uma variação tão incrível de tamanho na Lua porém não na Terra? Se, em vez disso, você pensar em crateras sendo causadas por impactos, é fácil imaginar a Lua sendo bombardeada por objetos com uma ampla variedade de tamanho, criando crateras de todos os tamanhos. [...]

A teoria do impacto para a formação das características lunares também foi testada aqui na Terra, por meio de vários experimentos em que um projétil com velocidade extremamente alta é disparado contra uma superfície de teste. [...] A análise das amostras de rochas lunares trazidas pelos astronautas da Apollo também ajudaram a validar a idéia da formação de crateras por impacto na Lua.»

[Doug Anderson, "Lunar views: Making an impact". Disponível no endereço: <http://www.shoestringastronomy.com/lunar/lunarviews.htm> Obtido em 03/05/2007.]