

# UMA ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PROVA ESPECÍFICA DE FÍSICA DE 1994

## Distritos de Braga e Viana do Castelo

J. A. FERREIRA, A. M. ALMEIDA, L. G. CUNHA, A. G. ROLO e J. F. V. VAZ

Departamento de Física, Universidade do Minho, 4710 Braga

*Neste trabalho apresentam-se, para dois distritos portugueses, os principais resultados das respostas à prova específica de Física (época normal) para ingresso na Universidade no ano lectivo de 1994/95.*

*Realçam-se os principais aspectos em que os alunos demonstraram menor capacidade e extraem-se algumas conclusões relativas às deficiências mais frequentes e que poderão ser objecto de uma atenção no Ensino Secundário.*

A prova específica de Física é exigida para ingresso num grande número de cursos de natureza científica e tecnológica, o que pressupõe que as Universidades consideram que o candidato deverá ter uma razoável preparação nesta disciplina. Os resultados verificados a nível nacional parecem, no entanto, demonstrar que, admitindo que a prova específica foi elaborada de forma a avaliar correctamente os conhecimentos adquiridos, uma percentagem muito significativa dos candidatos não possui os conhecimentos mínimos desejáveis. Os dados disponíveis e referentes às colocações nos diferentes cursos no ano lectivo de 1994/95 mostram que muitos desses alunos puderam ingressar no Ensino Superior com preparação muito deficiente em Física. As consequências a nível de insucesso nas disciplinas do Ensino Superior são bem conhecidas e motivo de preocupação para todos.

Os dados que seguidamente se apresentam, embora referentes apenas a dois distritos, podem ser representativos do país, tendo em conta a grande dimensão da amostra estudada.

Na época normal da prova específica de Física, realizada em 6 de Julho de 1994, compareceram a exame 870 alunos no distrito de Braga e 253 no distrito de

Viana do Castelo, num total de 1123 alunos. Deste número, entregaram a prova em branco 343 alunos (39,4%) em Braga e 68 (26,9%) em Viana do Castelo. Existem indicações de que a maioria dos alunos nestas condições se terão apresentado à prova de Física por razões que se prendem com o facto de terem outro exame no mesmo dia e assim poderem ter acesso à segunda chamada neste exame. Embora não seja possível quantificar o número de alunos nessas condições, porque as segundas chamadas não se realizaram nas capitais dos referidos distritos, muitos vigilantes das provas referiram que um grande número de alunos não terão esboçado qualquer tentativa para responderem à prova. Nestas condições, pareceu-nos legítimo excluir todas as classificações nulas da análise que se segue, a fim de não falsear os resultados.

Sem considerar portanto estes casos, o valor médio das classificações foi de 18,0% em Braga e 14,8% em Viana do Castelo, o que dá uma média ponderada de 17,1%, isto é, inferior a 4 valores na escala habitual de 0 a 20. Trata-se de um resultado muito baixo, que suscita bastante preocupação. Uma vez que não há diferenças muito significativas entre os dois distritos, os resultados seguintes são apresentados globalmente.

- Amostragem de cerca de 1000 alunos
- Análise das respostas na prova (questão a questão)
- Deficiências encontradas
- Conclusões gerais

Na Fig. 1 apresenta-se um gráfico das classificações. É notória a elevada percentagem de alunos que obtiveram classificações inferiores a 10%. Por outro lado, não chega a atingir os 10% a percentagem de alunos com mais de metade da cotação.

Pensou-se ser desejável levar a análise um pouco mais longe, procurando averiguar quais os aspectos em que os alunos denotaram maiores dificuldades nas respostas.

O enunciado da prova é apresentado em apêndice. Comparando o nível e alcance das questões da prova com as matérias leccionadas nos 10.º, 11.º e 12.º anos do ensino secundário, pode concluir-se que as perguntas cobrem razoavelmente o conjunto das diversas matérias leccionadas, não sendo colocadas questões sobre assuntos não tratados. Temos de admitir, obviamente, que os temas constantes do programa terão sido efectivamente leccionados nos estabelecimentos de ensino.

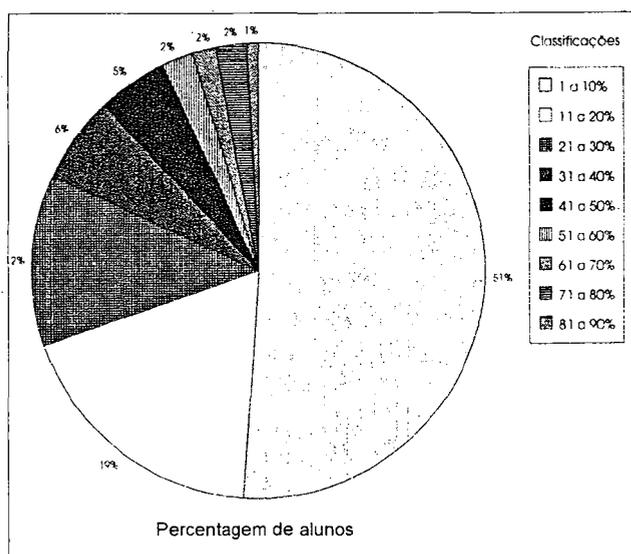


Fig. 1 — Classificação da prova específica de Física. Excluem-se as classificações de zero.

Na Fig. 2 apresentam-se as distribuições das classificações obtidas para cada questão. Estes dados são referentes a mais de 50% das provas realizadas e seleccionadas aleatoriamente.

Uma primeira observação refere-se às classificações verificadas para as diferentes perguntas. Isto é claro ao comparar a questão 5 (electromagnetismo) com as restantes e permite supor que se trata duma matéria de maior dificuldade de apreensão e que eventualmente não foi leccionada de forma suficientemente detalhada. Uma outra explicação possível para os maus resultados neste caso prende-se com a natureza da questão, mais dirigida ao raciocínio e menos à aplicação de fórmulas.

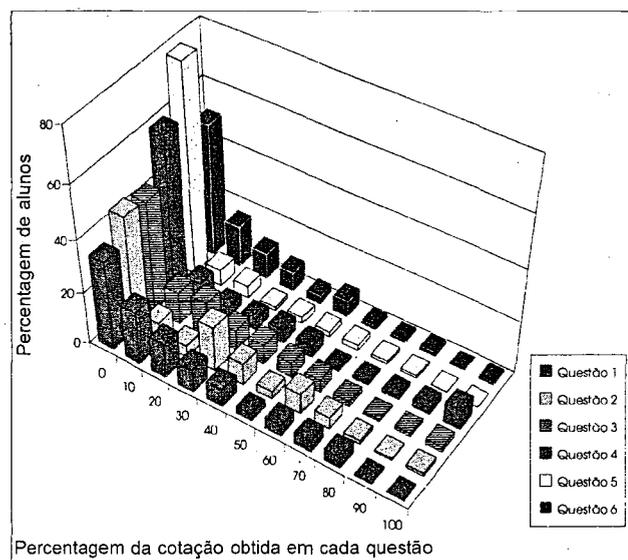


Fig. 2 — Classificações obtidas em cada uma das questões.

Passando a uma análise das questões, verificou-se que na questão 1 (cinemática) a percentagem de alunos que resolveram as primeiras alíneas é superior à média para as outras questões. Este facto é natural não só porque uma grande parte dos alunos começa por abordar as questões pela ordem em que são apresentadas, mas principalmente por se tratar da matéria à qual é dedicado mais tempo de leccionação nos 10.º e 12.º anos. Curiosamente, porém, não há respostas completamente certas, em especial porque a alínea referente à potência não é correctamente respondida por nenhum aluno, o que nos parece bastante estranho. Entre os erros mais comuns registados nesta questão, incluem-se os seguintes:

- utilização indiscriminada das fórmulas sem interpretar correctamente o problema;
- desconhecimento do conceito de potência;
- utilização das unidades incorrectas ou erros na sua conversão, por exemplo, de quilómetros por hora para metros por segundo.

Das respostas à questão 2 pode concluir-se que muitos alunos nunca terão abordado problemas de choques a 2 dimensões. Aqui, o desconhecimento da utilização de grandezas vectoriais é particularmente flagrante. Temos, além disso, a registar as seguintes falhas mais frequentes:

- não é justificada a utilização da conservação da quantidade de movimento;
- o conceito de momento angular é quase desconhecido;
- a energia é apresentada frequentemente como uma grandeza vectorial.

Na questão 3 foram notados os seguintes aspectos:

a) a constante elástica não é calculada explicitamente a partir do declive da recta, mas apenas das coordenadas do ponto; como neste caso a recta passa pelo ponto (0,0) o resultado acaba, contudo, por estar certo;

b) muitos alunos dão como exemplo de sistema físico o movimento harmónico simples, o que mostra que ignoram o significado de sistema físico.

A maioria dos alunos que respondem à questão 4 fazem-no com incorrecções várias. O conceito de aceleração que é necessário para responder à 2.<sup>a</sup> alínea e que muitos alunos mostraram conhecer quando responderam à 1.<sup>a</sup> questão não é correctamente identificado neste problema. Deve salientar-se, contudo, que cerca de 10% dos alunos obtiveram quase o máximo da classificação, o que significa que os alunos que conheciam bem a matéria foram capazes de resolver facilmente o problema.

Na questão 5, para além dos comentários feitos anteriormente, notou-se que poucos foram os alunos que responderam correctamente sobre o efeito dos campos na região II, o que seria talvez previsível. Estranhamente, porém, muito poucos identificam correctamente a diferença entre o efeito sobre prótons ou electrões, apesar de se tratar dum conceito muito simples. Nota-se que os alunos que abordam a questão 5 são em geral aqueles que responderam melhor às outras questões, o que demonstra alguma selectividade desta pergunta.

No caso da questão 6, verifica-se que um número significativo de alunos que a resolvem razoavelmente não foram capazes de resolver praticamente mais nada na prova. Pensamos tratar-se de alunos que frequentaram Química no 12.<sup>o</sup> ano, uma vez que nesta disciplina estes assuntos são abordados. A interpretação cinética dos fenómenos pedida nesta pergunta é dada, em geral, de forma muito deficiente, embora pareça ser estimulante para os alunos de imaginação mais fértil.

### Conclusões gerais

Das respostas ao conjunto das questões que constituem a prova é possível retirar ainda algumas conclusões gerais:

— A necessidade de utilizar grandezas vectoriais é frequentemente ignorada. Mesmo quando se recorre ao seu uso, verificam-se muitos erros.

— Os alunos estão habituados a resolver problemas em que a solução final vai sendo “guiada” através da obtenção de resultados parcelares em várias alíneas. Deste modo, sentem dificuldades em entender o problema como um todo e em encontrar por si sós a sequência de cálculos e raciocínios necessários para atingir o resultado pretendido.

— Verifica-se uma grande ausência de espírito crítico em relação aos valores obtidos. Assim, se por qualquer erro nas expressões ou nos cálculos, o resultado é várias ordens de grandeza superior ou inferior a um valor plausível, não é geralmente feito qualquer comentário nem averiguada a razão do erro. Por exemplo, acelerações de 1000 m/s<sup>2</sup> são aceites como normais.

— Frequentemente as respostas não são justificadas. O aluno sabe qual a fórmula a utilizar num determinado tipo de problema, mas não entende de facto a razão para a sua utilização.

Como referimos no início, o facto de estarmos em presença de uma amostra grande de alunos provenientes de diversos estabelecimentos de ensino permite afirmar que as conclusões aqui registadas têm significado estatístico. Não se pretendeu efectuar uma análise exaustiva relativa à eficiência da aprendizagem anterior, uma vez que uma única prova não seria suficiente para esse fim. Além disso, os resultados numéricos dependem naturalmente dos critérios definidos para a classificação e de alguma subjectividade na apreciação das respostas. Contudo, é possível concluir que eles são francamente insatisfatórios, o que sugere que algo estará mal no ensino e/ou aprendizagem da Física.

Os comentários e juízos de valor feitos anteriormente pressupõem que os alunos que se submetem a uma prova específica desta natureza terão frequentado a disciplina de Física até ao 12.<sup>o</sup> ano de escolaridade. É sabido, no entanto, que podem ter acesso a esta prova alunos apenas com o 11.<sup>o</sup> ano de Física ou até com o 9.<sup>o</sup> ano. Um aluno médio nestas condições terá muito provavelmente uma classificação bastante baixa. No entanto, pode acontecer que o peso das outras parcelas que entram na média para o ingresso no Ensino Superior seja suficiente para que o aluno seja admitido num curso em que a Física é importante, apesar de ter um conhecimento extremamente reduzido dessa disciplina. Nestas condições, é lícito perguntar se não deveria ser exigida uma nota mínima nas provas específicas. Se tal acontecesse, é possível que a preparação fosse encarada de outra forma.

A detecção das principais lacunas e deficiências de conhecimentos deverá, em nossa opinião, contribuir para que possam ser corrigidos ou melhorados alguns aspectos no ensino pré-universitário desta disciplina. Além disso, ajuda a compreender por que razão se sente a necessidade, no ensino superior, de repetir conceitos que deveriam já ser bem conhecidos, sacrificando a possibilidade de introduzir e desenvolver novos temas. As limitações na qualidade e profundidade do ensino universitário da Física têm por sua vez efeitos nas disciplinas de anos mais avançados e no nível geral de preparação dum grande percentagem dos alunos que terminam a sua formação universitária. Espera-se que a introdução dos novos programas nos ensinos básico e secundário venha a contribuir para minorar os problemas referidos.

# PROVA ESPECÍFICA DE FÍSICA

— ACESSO AO ENSINO SUPERIOR 1994 —

Justifique as respostas de um modo **sucinto e fundamentado**. Apresente os cálculos que efectuar. Considere  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ .  
Cotação da prova: 1.1.1 (4 pontos), 1.1.2 (6), 1.2 (6), 1.3 (6), 1.4 (5), 2.1 (6), 2.2 (6), 2.3 (6), 3.1 (3), 3.2.1 (4.5), 3.2.2 (4), 3.2.3 (6.5), 4.1 (5), 4.2 (5), 5 (15), 6.1 (6), 6.2 (6), totalizando 100 pontos.

1. Dois carros, A e B, entram numa corrida, numa pista horizontal e recta, de 2000 m de comprimento. O carro A, de 1200 kg de massa, parte com 5.0 segundos de avanço sobre o carro B. Cada condutor mantém constante a aceleração do seu carro durante os primeiros 10 segundos do movimento. Depois, terá de manter constante a leitura do velocímetro, carregando no acelerador apenas o suficiente para anular as perdas do atrito. O carro A atinge a velocidade de  $144 \text{ km h}^{-1}$  ao fim dos 10 primeiros segundos de movimento. O carro B, depois de atingir a velocidade constante, percorre o espaço entre duas marcas na pista, distantes de 100 m, em 2.0 segundos.

1.1 — Calcule:

1.1.1 — a aceleração de cada carro durante o percurso;

1.1.2 — o intervalo de tempo que decorre entre a chegada à meta dos dois carros.

1.2 — Determine o coeficiente de atrito entre o carro A e a estrada, sabendo que, se durante o período em que a velocidade é constante, o condutor deste carro tirasse o pé do acelerador, sem travar, o carro pararia ao fim de 400 m (considere que todo o atrito no movimento do carro é com a estrada).

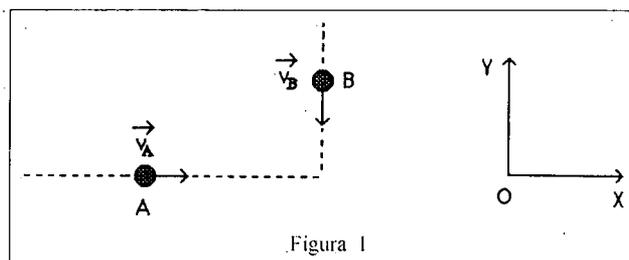
1.3 — Admitindo que 40% da energia consumida pelo motor do carro A é perdida por atrito, calcule a potência desenvolvida por aquele motor, no instante em que A atinge a velocidade máxima.

1.4 — Considere, agora, que a pista de 2000 m é, não rectilínea, mas circular de 400 m de raio. Calcule a aceleração do carro A, no período em que o velocímetro indica  $144 \text{ km h}^{-1}$ .

2. Dois discos, A e B, de massas iguais, movem-se sem atrito, numa mesa horizontal, com velocidades:

$$\vec{v}_A = 4.0 \vec{u}_x \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

$$\vec{v}_B = -2.0 \vec{u}_y \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$



Num dado instante sofrem uma colisão, após a qual o disco B se move com a velocidade:

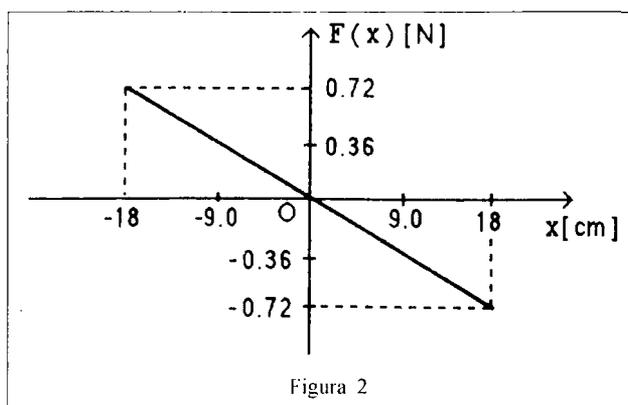
$$\vec{v}'_B = 2.0 \vec{u}_x \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

2.1 — Determine a velocidade do disco A, após a colisão.

2.2 — Mostre que, no processo considerado, não houve conservação da energia cinética de translação do sistema.

2.3 — Uma fracção da energia cinética de translação perdida foi convertida, entre outras, em energia cinética de rotação. Sabendo que a variação do momento angular de A (devida à colisão) relativamente a um dado ponto fixo, foi de  $2.0 \times 10^{-2} \vec{u}_z \text{ [kg m}^2 \text{ s}^{-1}\text{]}$ , calcule a variação do momento angular do disco B, relativamente ao mesmo ponto.

3. Uma partícula de 2.5 g de massa move-se, segundo OX (entre os pontos  $x = -18 \text{ cm}$  e  $x = 18 \text{ cm}$ ), sob a acção de uma força  $\vec{F} = F(x) \vec{u}_x$ . A lei de variação de  $F(x)$  com a coordenada da partícula está representada graficamente na figura 2.



O vector posição da partícula em qualquer instante  $t$ , relativamente à origem do referencial,  $O$ , é:

$$\vec{r}(t) = x_m \text{sen}(\omega t + \phi) \vec{u}_x \quad [\text{SI}].$$

3.1 — Dê um exemplo de um sistema físico que realize a descrição apresentada.

3.2 — Sabendo que, no instante  $t=0$ , a partícula se encontra no ponto de abcissa  $x = 18$  cm, determine:

3.2.1 — os valores de  $x_m$ ,  $\omega$  e  $\phi$ ;

3.2.2 — a expressão da velocidade,  $v(t)$ . Trace o gráfico de  $v(t)$  em função do tempo, no intervalo  $[0; T/2]$ , onde  $T$  designa o período do movimento.

3.2.3 — o trabalho realizado por  $F(x)$  quando a partícula se desloca entre os pontos  $x=0$  e  $x=18$  cm. Verifique que este trabalho é igual à variação da energia cinética da partícula, quando esta se desloca entre as posições referidas.

4. Uma esfera de  $1.0 \times 10^{-7} \text{ m}^3$  de volume e massa volúmica  $5.3 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ , move-se no seio de um líquido de massa volúmica  $1.3 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ . A força de atrito,  $\vec{F}_a$ , que o líquido exerce sobre a esfera, é proporcional, em qualquer instante, à velocidade,  $\vec{v}$ , com que a esfera se move:

$$\vec{F}_a = -6.0 \times 10^{-1} \vec{v} \quad [\text{SI}].$$

4.1 — Calcule, em função de  $\vec{v}$ , a resultante das forças a que a esfera fica sujeita no interior do líquido, durante o seu movimento descendente.

4.2 — No seu movimento, a esfera acaba por atingir uma velocidade constante. Determine o valor dessa velocidade.

5. Um feixe de protões desloca-se, com velocidade constante,  $\vec{v}$ , segundo  $OX$ . As partículas atravessam, sucessivamente, duas regiões, I e II, caracterizadas do seguinte modo:

- em I, existe um campo magnético,  $\vec{B}_1$ ;
- em II, coexistem um campo magnético,  $\vec{B}_2$ , e um campo eléctrico,  $\vec{E} = E \vec{u}_y$ .

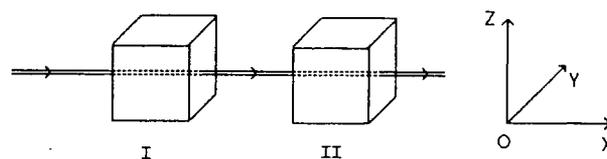


Figura 3

Todos os campos são uniformes nas regiões em que foram definidos e anulam-se fora delas. A interacção gravítica não é significativa.

Quais as condições a que devem obedecer os campos  $\vec{B}_1$  e  $\vec{B}_2$  para que o feixe não sofra qualquer perturbação no seu movimento, enquanto atravessa as regiões I e II? Se em vez de um feixe de protões, fosse um feixe de electrões, as condições estabelecidas manter-se-iam?

6.6.1 — Os dois recipientes, A e B da figura 4, separados por uma parede estanque e amovível, contêm ambos o mesmo gás perfeito.

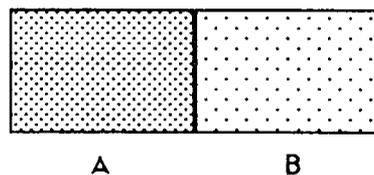


Figura 4

Os valores do volume ocupado pelo gás e da pressão e temperatura a que este se encontra, em cada um dos recipientes são:

$$V_A = V_B;$$

$$P_A = 2 P_B = 4.8 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

$$T_A = T_B.$$

Num dado instante é retirada a parede de separação entre os dois recipientes. Sabendo que não se verifica alteração da temperatura do sistema, determine o valor da pressão depois de atingido o equilíbrio.

6.2 — Mantendo constantes o volume e a temperatura de qualquer gás, a pressão aumenta com o número de partículas existentes no recipiente que o contém. Dê uma interpretação cinética deste comportamento.