



Física 12.^o ano
Sexto teste — LASERs. Incerteza.
NIR. Física Quântica
(versão sem respostas)

versão: 0,5

José Pedro do Amaral

12 de maio de 2026

Instruções. Cada pergunta tem cinco opções, identificadas por **a)**, **b)**, **c)**, **d)** e **e)**. Apenas uma é correcta. Assinala a tua escolha.

Aula 13 — LASERs e o princípio da incerteza dos pobres

Pergunta 1 — Significado do acrónimo LASER

A palavra *laser* é um acrónimo. O que significa?

- a) *Light Absorption by Stimulated Emission of Radiation.*
- b) *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.*
- c) *Linear Acceleration by Stimulated Energy of Radiation.*
- d) *Light Amplification by Spontaneous Emission of Radiation.*
- e) *Long-wavelength Amplification by Synchronous Emission of Radiation.*

Pergunta 2 — Níveis de energia atómicos

Em mecânica quântica, os electrões ligados a um átomo:

- a) podem ter qualquer valor de energia, em qualquer instante.
- b) têm sempre energia nula no estado fundamental.
- c) só podem ter valores discretos de energia.
- d) têm uma energia que aumenta linearmente com o tempo.
- e) têm energia independente do átomo a que pertencem.

Pergunta 3 — Energia do fóton emitido numa transição

Quando um electrão transita de um nível de energia E_i para um nível de energia E_f , com $E_i > E_f$, e essa transição é radiativa, o fóton emitido tem energia:

- a) $E = mc^2$.
- b) $E = \frac{1}{2}mv^2$.
- c) $E = E_i + E_f$.
- d) $E = E_i - E_f$.
- e) $E = h/\lambda$.

Pergunta 4 — Emissão espontânea

Numa emissão espontânea, o fóton emitido por um átomo isolado tem:

- a) direcção, fase e instante de emissão bem determinados.
- b) direcção e fase aleatórias e ocorre num instante imprevisível.
- c) obrigatoriamente a mesma direcção que outro fóton presente no meio.
- d) obrigatoriamente a mesma fase que outro fóton presente no meio.
- e) uma frequência que depende apenas da temperatura do átomo.

Pergunta 5 — Emissão estimulada

Considera um átomo excitado que sofre emissão estimulada por um fóton incidente. O fóton emitido em relação ao fóton incidente tem:

- a) frequência diferente e fase aleatória.
- b) direcção oposta e mesma fase.
- c) mesma frequência, mesma direcção, mesma fase e mesma polarização.
- d) mesma frequência mas direcção e polarização aleatórias.
- e) energia dupla, por conservação do momento.

Pergunta 6 — Coerência da luz laser

Comparada com a luz emitida por uma lâmpada incandescente comum, a luz produzida por um laser distingue-se sobretudo por:

- a) ter uma velocidade de propagação no vácuo superior.
- b) não obedecer ao princípio da sobreposição.
- c) ser monocromática, direccionada e coerente.
- d) ser sempre invisível ao olho humano.
- e) não transportar energia.

Pergunta 7 — Inversão de população

A chamada *inversão de população* num meio activo de um laser corresponde à situação em que:

- a) todos os átomos do meio se encontram no estado fundamental.
- b) existem mais átomos no nível de menor energia do que no nível superior relevante.
- c) existem mais átomos no nível superior do que no nível inferior relevante.
- d) os átomos perderam todos os seus electrões.
- e) o meio se encontra à temperatura do zero absoluto.

Pergunta 8 — Bombeamento

O processo de bombeamento num laser tem como objectivo:

- a) arrefecer o meio activo abaixo da temperatura ambiente.
- b) fornecer energia ao meio activo para excitar os átomos.
- c) reflectir a luz dentro da cavidade óptica.
- d) filtrar comprimentos de onda indesejados à saída do feixe.
- e) desligar a emissão espontânea.

Pergunta 9 — Métodos de bombeamento

Qual das seguintes opções **não** corresponde a um método válido de bombeamento usado em lasers reais?

- a) Descarga eléctrica num gás.
- b) Iluminação com uma lâmpada de flash intensa.
- c) Reacção química exotérmica.
- d) Acção do campo gravítico terrestre sobre os átomos do meio.
- e) Corrente eléctrica injectada numa junção semicondutora.

Pergunta 10 — Cavityde óptica

A cavityde óptica de um laser é tipicamente formada por:

- a) dois espelhos totalmente reflectores.
- b) dois espelhos totalmente transparentes.
- c) um espelho totalmente reflector e outro parcialmente reflector, por onde sai parte do feixe.
- d) dois filtros de cor antiparalelos.
- e) uma única lente convergente.

Pergunta 11 — Laser de díodo: origem da luz

Num laser de díodo, na zona da junção entre os semicondutores tipos p e n , a luz é gerada essencialmente por:

- a) absorção de fotões pela rede cristalina.
- b) recombinação radiativa entre electrões e lacunas.
- c) ionização sucessiva dos átomos do material.
- d) fusão nuclear localizada.
- e) condução térmica entre as duas regiões dopadas.

Pergunta 12 — Semicondutores tipo n e tipo p

Num semiconductor de tipo n predominam, como portadores de carga móveis:

- a) lacunas (cargas positivas móveis).
- b) iões positivos da rede cristalina.
- c) electrões livres.
- d) protões livres.
- e) fotões de baixa energia.

Pergunta 13 — Óptica não-linear

A óptica não-linear estuda os fenómenos em que:

- a) a luz não se propaga em linha recta no vácuo.
- b) o índice de refacção do meio é rigorosamente constante.
- c) as propriedades ópticas do meio dependem da intensidade da fonte luminosa.
- d) a velocidade da luz no vácuo varia com a frequência.
- e) a luz deixa de transportar momento.

Pergunta 14 — Geração de segunda harmónica (SHG)

Um laser de Nd:YVO_4 produz radiação infravermelha com comprimento de onda $\lambda = 1064$ nm. Esse feixe é depois enviado para um cristal não-linear de KTP, que realiza a geração de segunda harmónica. À saída do cristal, o comprimento de onda da radiação convertida é, aproximadamente:

- a) 2128 nm.
- b) 1064 nm (não é alterado).
- c) 808 nm.
- d) 532 nm.
- e) 266 nm.

Pergunta 15 — Número de fótons emitidos por um laser

Um pequeno laser semiconductor emite um feixe contínuo com comprimento de onda $\lambda = 650$ nm e potência óptica $P = 5,0$ mW. Considerando $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J·s e $c = 3,00 \times 10^8$ m/s, qual é, em ordem de grandeza, o número de fótons emitidos por segundo?

- a) Cerca de $1,6 \times 10^{13}$ fótons/s.
- b) Cerca de $1,6 \times 10^{16}$ fótons/s.
- c) Cerca de $3,1 \times 10^{19}$ fótons/s.
- d) Cerca de $5,0 \times 10^{-19}$ fótons/s.
- e) Cerca de $6,5 \times 10^{19}$ fótons/s.

Aula 14 — Infra-vermelhos na guerra. Computadores quânticos.

Pergunta 16 — Visão noturna na 2.^a Grande Guerra

Numa das imagens da aula vê-se uma espingarda de assalto alemã StG 44 acoplada a um equipamento designado «Vampir» (ZG 1229). De que se trata?

- a) Uma luneta óptica passiva clássica, sem qualquer fonte luminosa associada.
- b) Um radar de microondas miniaturizado.
- c) Um sistema de visão noturna baseado em infra-vermelhos próximos (NIR), com projector activo de IV e detector sensível a esse comprimento de onda.
- d) Um detector totalmente passivo de radiação térmica de comprimento de onda longo.
- e) Uma câmara de raios-X portátil para detectar blindagem inimiga.

Pergunta 17 — Leibernmuster e as anilinas

O padrão de camuflagem alemão Leibernmuster, mostrado na aula, era impresso com tintas obtidas a partir de uma família de compostos cujo desenvolvimento se associa fortemente à indústria química alemã. De que tipo de tintas se tratava?

- a) Pigmentos minerais à base de óxido de ferro.
- b) Pigmentos vegetais de origem natural.
- c) Tintas de anilina, com uma componente preta característica.
- d) Tintas fluorescentes de uso decorativo.
- e) Tintas acrílicas sintéticas pós-1960.

Pergunta 18 — Reconhecimento aéreo e infra-vermelhos

A imagem da aula que mostra um sítio de lançamento de uma V1, com aspecto avermelhado, foi obtida por. . .

- a) uma câmara de raios-X aerotransportada.
- b) filme fotográfico sensível ao infra-vermelho, usado pela RAF.
- c) termografia digital moderna, posteriormente colorida.
- d) uma câmara estereoscópica colorida convencional.
- e) ressonância magnética em voo.

Pergunta 19 — Placa-mãe

Qual é a função da placa-mãe («motherboard») de um computador?

- a) Armazenar permanentemente os ficheiros do utente.
- b) Executar as operações aritméticas e lógicas dos programas.
- c) Integrar e conectar todos os outros componentes do computador.
- d) Estabelecer a ligação sem fios à rede local.
- e) Gerar a imagem que é apresentada no monitor.

Pergunta 20 — CPU

A CPU (Unidade Central de Processamento) é o componente responsável por:

- a) gerar a imagem para o ecrã, em tempo real.
- b) estabelecer a ligação física à rede Ethernet.
- c) guardar os dados do utente de forma persistente.
- d) executar as instruções dos programas — operações aritméticas e lógicas, controlo do fluxo de execução e gestão das transferências entre componentes.
- e) dissipar o calor gerado pelos restantes componentes.

Pergunta 21 — RAM e disco

Qual é a diferença essencial entre a RAM e um disco (HDD ou SSD)?

- a) A RAM mantém o conteúdo após interrupção da corrente; o disco perde-o.
- b) A RAM perde o conteúdo após interrupção da corrente; o disco mantém-no de forma persistente.
- c) Ambos perdem o conteúdo após interrupção da corrente.
- d) Ambos mantêm o conteúdo após interrupção da corrente.
- e) A RAM é apenas usada para guardar a imagem do ecrã; o disco para tudo o resto.

Pergunta 22 — ROM

A ROM (memória só de leitura) tradicionalmente serve para:

- a) guardar os ficheiros do utente.
- b) conter as instruções de arranque do computador, que preparam o sistema para carregar o sistema operativo.
- c) processar gráficos em tempo real.
- d) funcionar como memória virtual sempre que a RAM é insuficiente.
- e) estabelecer ligações sem fios.

Pergunta 23 — GPU

Qual destas características distingue a GPU da CPU?

- a) A GPU tem um único núcleo de processamento muito rápido.
- b) A GPU não tem memória dedicada própria.
- c) A GPU tem uma arquitectura massivamente paralela, com milhares de núcleos, eficiente em executar simultaneamente muitas tarefas matematicamente semelhantes.
- d) A GPU é exclusivamente usada para processar áudio.
- e) A GPU funciona apenas em modo estritamente sequencial, instrução a instrução.

Pergunta 24 — Válvulas e transístores

Qual destas é uma vantagem do transístor em relação à válvula termiónica?

- a) Maior consumo de energia.
- b) Necessidade de aquecimento do cátodo.
- c) Maiores dimensões físicas.
- d) Maior eficiência energética, miniaturização e durabilidade, permitindo a integração em larga escala.
- e) Distorção harmónica suave, considerada «musical» em áudio de alta-fidelidade.

Pergunta 25 — ENIAC

Aproximadamente quantas válvulas tinha o ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer*)?

- a) 180.
- b) 1.800.
- c) 18.000.
- d) 180.000.
- e) 1.800.000.

Pergunta 26 — Algoritmo de Grover

O algoritmo de Grover permite procurar, numa base de dados não ordenada com N entradas, a única entrada que satisfaz uma certa condição, num número de passos da ordem de $\sqrt{N}$. Para $N = 1\,000\,000$ entradas, o algoritmo encontra a resposta em aproximadamente quantos passos?

- a) $\sim 1\,000\,000$ passos.
- b) $\sim 500\,000$ passos.
- c) $\sim 1\,000$ passos.
- d) ~ 10 passos.
- e) ~ 1 passo.

Pergunta 27 — Qubit

Qual destas afirmações descreve correctamente um qubit?

- a) Só pode estar nos estados $|0\rangle$ ou $|1\rangle$, nunca numa combinação dos dois.
- b) Pode existir numa superposição $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, com $\alpha, \beta \in \mathbb{C}$ e $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$, colapsando para 0 ou 1 no momento da medição.
- c) Tem necessariamente amplitudes reais e positivas.
- d) Só pode ser implementado fisicamente como polarização de um fóton.
- e) Substitui directamente um transistor, sem alteração do modelo computacional.

Pergunta 28 — Plataformas físicas para qubits

Qual destas *não* é uma plataforma física para a implementação de qubits, das que foram referidas na aula?

- a) Iões aprisionados, manipulados por lasers.
- b) Circuitos supercondutores (transmons), operados a temperaturas de milikelvin.
- c) Centros de cor em diamante (nitrogen-vacancy).
- d) Polarização de fotões.
- e) Filamentos de tungsténio aquecidos por efeito de Joule.

Pergunta 29 — Complementaridade

Considere-se um q-on que pode apresentar tanto uma forma (quadrado ou círculo) como uma cor (vermelho ou azul). Ao medir-se a sua forma, o que sucede?

- a) Obtêm-se simultaneamente a forma e a cor com igual precisão.
- b) A medição não perturba o estado e ambas as informações continuam acessíveis.
- c) Obtém-se um valor definido para a forma, mas perde-se toda a informação acerca da cor.
- d) Obtém-se um valor definido para a cor, com igual probabilidade vermelha ou azul.
- e) O q-on aniquila-se após a medição, deixando de existir.

Pergunta 30 — Pares EPR

Um par EPR de dois q-ons é distribuído por dois observadores distantes, A e B. Cada um pode medir, no seu q-on, ou a cor ou a forma. Qual destas afirmações descreve correctamente os resultados que obtêm, de acordo com a teoria quântica?

- a) Se ambos medirem a cor, obterão sempre cores opostas; se ambos medirem a forma, obterão sempre formas opostas.
- b) Quando um mede cor e o outro mede forma, os resultados são sempre correlacionados.
- c) A correlação dos resultados depende da distância entre A e B, enfraquecendo com a separação.
- d) Se ambos medirem a cor, obterão sempre a mesma cor; se ambos medirem a forma, obterão sempre a mesma forma; se medirem propriedades diferentes (um cor, outro forma), não há correlação entre os resultados.
- e) Independentemente do que cada um decida medir, A e B obtêm sempre o mesmo resultado.