Gabarito:

Resposta da questão 1:
[B]

Substituindo os dados na expressão dada:

$$E = m\,c^2 = 9\times10^{-31}\left(3\times10^8\right)^2 = 8,1\times10^{-14}\ J.$$

Convertendo para elétron-volt:

$$\left\{\begin{array}{l} 1\ eV \rightarrow 1,6\times10^{-19}\ J \\ E \rightarrow 8,1\times10^{-14}\ J \end{array}\right\rangle \Rightarrow E = 5,0625\times10^5 eV \cong 0,5\times10^6\ eV$$

$$\Rightarrow \boxed{E = 0,5\ MeV.}$$

Resposta da questão 2:
[D]

O **efeito fotoelétrico** só pode ser explicado invocando a natureza **corpuscular** da luz.

Resposta da questão 3:
[A]

O comprimento de onda de Louis de Broglie é dado pela expressão:

$$\lambda = \frac{h}{m\,v} \Rightarrow \lambda = \frac{6,6\times10^{-4}}{9\times10^{-31}\times2,2\times10^6} \Rightarrow \boxed{\lambda = 3,3\times10^{-10}\ m.}$$

Resposta da questão 4:
01 + 02 + 04 = 07.

[01] **Correta**, pois o feixe de elétrons sofre difração, que é um fenômeno exclusivamente ondulatório.

[02] **Correta.**

[04] **Correta**. A toda partícula em movimento está associada uma onda.

[08] **Incorreta**. Sendo a constante de Planck, $h = 6,64\times10^{-34}$, o comprimento de onda de De Boglie é:

$$\lambda = \frac{h}{m\,v} = \frac{6,6\times10^{-34}}{9,1\times10^{-31}\cdot3\times10^6} = 2,4\times10^{-10}\ m.$$

[16] **Incorreta**. A interferência ocorre apenas no ponto de superposição. Após a superposição, cada onda segue, independentemente, sua trajetória.

[32] **Incorreta**. Huygens não discutiu o caráter dualístico e a experiência de fenda dupla foi proposta e realizada por Thomas Young.

Resposta da questão 5:
[C]

Dados: $\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$; $t_0 = 2\times10^{-6}$ s; $v^2 = 0,998\,c^2$.

Fazendo a correção para o tempo:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow t = \frac{2\times10^{-6}}{\sqrt{1-\dfrac{0,998\ c^2}{c^2}}} =$$

$$\frac{2\times10^{-6}}{\sqrt{20\times10^{-4}}} = \frac{\cancel{2}\times10^{-6}}{\cancel{2}\sqrt{5}\times10^{-2}} =$$

$$\frac{\sqrt{5}\times10^{-4}}{5} \Rightarrow$$

$$t = 4,5\times10^{-5}\ s.$$

A distância (**D**) percorrida pelo múon é:

$$D = v\ t \cong 3\times10^8\times4,5\times10^{-5} \Rightarrow \boxed{D = 13,5\times10^3\ m.}$$

Resposta da questão 6:

a) Dados: **c** = 3×10^8 m/s; **H** = $2,3\times10^{-18}$ s^{-1}; $\boldsymbol{\Delta\lambda} = 0,092\ \lambda_0$.

Combinando as duas expressões dadas:

$$\left\{\begin{array}{l} v = H\ r \\ v = \dfrac{c\ \Delta\lambda}{\lambda_0} \end{array}\right\rangle \Rightarrow H\ r = \frac{c\ \Delta\lambda}{\lambda_0} \Rightarrow r = \frac{c\ \Delta\lambda}{H\ \lambda_0}$$

$$= \frac{3\times10^8\cdot0,092\ \lambda_0}{2,3\times10^8\cdot\lambda_0} \Rightarrow$$

$$r = 1,2\times10^{25}\ m.$$

b) Dados: **E** = $3,24\times10^{48}$ J; $\mathbf{m_{final}} = 4\times10^{30}$ kg.

Calculando a massa consumida para produzir essa energia:

$$E = mc^2 \Rightarrow m = \frac{E}{c^2} = \frac{3,24\times10^{48}}{\left(3\times10^8\right)^2} = \frac{3,24\times10^{48}}{9\times10^{16}}$$

$$\Rightarrow m = 3,6\times10^{31}\ kg.$$

$$m_{inicial} = m_{final} + m \Rightarrow$$

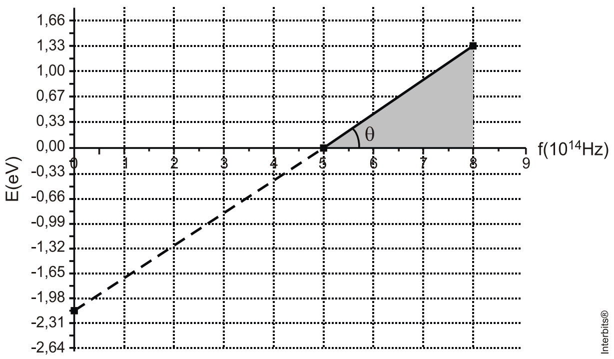
$$m_{inicial} = 4\times10^{30} + 3,6\times10^{31} = 4\times10^{30} + 36\times10^{30} \Rightarrow$$

$$m_{inicial} = 4\times10^{31}\ kg.$$

Resposta da questão 7:
01 + 02 + 04 + 16 = 23.

[01] **Correta.**
A equação de Einstein para o efeito fotoelétrico dá a

energia cinética máxima (**E**) com que um elétron pode ser ejetado de uma placa metálica: **E = h f – W**, sendo **h** a constante de Planck, **f** a frequência do fóton incidente e **W** o trabalho para arrancar o elétron. Ora, essa expressão é a equação de uma reta, sendo **h** o coeficiente angular e **–W** o coeficiente linear.



Assim, no triângulo destacado na figura:

$$h = \text{tg}\theta = \frac{\Delta E}{\Delta f} = \frac{1{,}33 - 0}{(8-5)\times 10^{14}} = \frac{1{,}33}{3\times 10^{14}} \Rightarrow$$

$$h = 4{,}43\times 10^{-15}\ \text{ev}\cdot\text{s}.$$

[02] **Correta.**
Retomando a expressão do item anterior e substituindo o valor de **h**, obtemos:

$$E = 4{,}43\times 10^{-15} f - W.$$

No gráfico, notamos que para $f = 5\times 10^{14}\text{Hz}$, **E = 0**. Então:

$$0 = 4{,}43\times 10^{-15}\cdot 5\times 10^{14} - W \Rightarrow W = 2{,}215\ \text{eV}.$$

[04] **Correta.**
Abaixo da frequência de $5\times 10^{14}\text{Hz}$, a energia do fóton é menor que o trabalho para arrancar o elétron.

[08] **Incorreta.**
O “potencial” de corte é nulo.

[16] **Correta.**
O gráfico abaixo justifica, mostrando uma curva à direita com função trabalho, **W = 2,64** eV.

Resposta da questão 8:
[E]

O elemento que exige maior energia para se obter o efeito elétrico é o de maior função trabalho, no caso a platina.
A frequência de corte é aquela abaixo da qual não ocorre mais o fenômeno, ou seja, a energia cinética do elétron é nula.
Calculemos, então, essa frequência para a platina.

$$E = h\ f - W \Rightarrow 0 = h\ f - W \Rightarrow f = \frac{W}{h} = \frac{6{,}3}{4{,}1\times 10^{-15}}$$

$$\Rightarrow f = 1{,}54\times 10^{15}\ \text{Hz}.$$

Acima dessa frequência, nos três elementos será observado o efeito fotoelétrico.

Resposta da questão 9:
a) Dados: $\lambda = 300\text{nm} = 3\times 10^{-7}\text{m};\ c = 3\times 10^{8}\text{m/s}$
Da equação fundamental da ondulatória:

$$c = \lambda\ f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times 10^{8}}{3\times 10^{-7}} \Rightarrow f = 10^{15}\ \text{Hz}.$$

b) Dado: $h = 4\times 10^{-15}\text{eV.s}.$
Da equação de Planck:

$$E = h\ f \Rightarrow E = 4\times 10^{-15}\times 10^{15} \Rightarrow E = 4\ \text{eV}.$$

c) Dado: **W** = 2,3 eV.
De acordo com o enunciado:

$$E_c = E - W = 4 - 2{,}3 \Rightarrow E_C = 1{,}7\ \text{eV}.$$

d) Para a frequência f_0 não mais são ejetados elétrons, ou seja, a energia cinética é nula.

$$0 = E - W \Rightarrow E = W = 2{,}3\ \text{eV}.$$

Usando novamente a equação de Planck:

$$W = h\ f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{W}{h} = \frac{2{,}3}{4\times 10^{-15}} \Rightarrow f = 5{,}75\times 10^{14}\ \text{Hz}.$$

Resposta da questão 10:
01 + 04 + 16 = 21.

01) Correta.
02) Incorreta: quanto maior a intensidade luminosa, mais partículas são ejetadas.
04) Correta.
08) Incorreta: o trabalho sobre quantização da energia foi apresentado em 19 de outubro de 1.900 por Max Karl Ernst Ludwig Planck.
16) Correta.
32) Incorreta: esse fenômeno é explicado apenas pela Física Moderna.
64) Incorreta: esse fenômeno é explicado apenas pela Física Quântica.

Resposta da questão 11:
a) Dados: λ_{verde} = 500 nm; $\lambda_{\text{vermelho}}$ = 650 nm.

Da equação fundamental da ondulatória:

$$c = \lambda\nu \Rightarrow \nu = \frac{\lambda}{c}.\ \textbf{(I)}$$

Da equação de Planck:

$$E = h\nu.\ \textbf{(II)}$$

Combinando (I) e (II):

$$E = \frac{h\ c}{\lambda}.$$

Fazendo a razão pedida.

$$R = \frac{E_{\text{verde}}}{E_{\text{vermelho}}} = \frac{\cancel{h}\cancel{c}/\lambda_{\text{verde}}}{\cancel{h}\cancel{c}/\lambda_{\text{vermelho}}} = \frac{\lambda_{\text{vermelho}}}{\lambda_{\text{verde}}} = \frac{650}{500} \Rightarrow$$

$$R = 1{,}3.$$

b) Dados: $h = 6{,}6\cdot 10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}$; $\mathbf{m} = 5\cdot 10^{-26}\text{kg}$;

$$\lambda = 660\ \text{nm} = 6{,}6\cdot 10^{-7}\ \text{m}.$$

A variação da quantidade de movimento do átomo é igual à quantidade de movimento do fóton:

$$\Delta\vec{p}_{átomo} = \vec{p}_{fóton} \Rightarrow m|\Delta v|_{átomo} = \frac{h}{\lambda} \Rightarrow$$

$$|\Delta\vec{v}|_{átomo} = \frac{h}{\lambda\, m} = \frac{6,6\times10^{-34}}{6,6\times10^{-7}\times5\times10^{-26}} = 0,02 \Rightarrow$$

$$|\Delta\vec{v}|_{átomo} = 2\cdot10^{-2}\,m/s.$$

Resposta da questão 12:
[D]

Aplicação direta da fórmula:

$$L = 1,5x10^{11}\sqrt{1-\frac{0,36C^2}{C^2}} = 1,5x10^{11}x0,8 = 1,2x10^{11}m$$
.

Resposta da questão 13:
[E]

$$E = 5hf = 5h\frac{C}{\lambda} \rightarrow$$

$$E = 5x6,6x10^{-34}\,\frac{3x10^8}{500x10^{-9}} = 1,98x10^{-18}\,J.$$

Resposta da questão 14:
Dados:
m = 2 g = 2×10^{-3} kg; E_{LB} = 60×10^{12} J = 6×10^{13} J; **c** = 3×10^8 m/s; 1 mês = $2,5\times10^6$ s.

a) $E = mc^2 = 2\times10^{-3}\times(3\times10^8)^2 = 2\times10^{-3}\times9\times10^{16} \Rightarrow$
E = $1,8\times10^{14}$ J.

b) Sendo **n** a quantidade de bombas "Little Boy", temos:

$$n = \frac{E}{E_{LB}} = \frac{1,8\times10^{14}}{6\times10^{13}} \Rightarrow$$

n = 3 (Little Boys).

c) $P = \frac{E}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{E}{P} = \frac{1,8\times10^{14}}{9\times10^6} = 2\times10^7$ s.

Transformando em meses:

$$\begin{cases} 2,5\times10^6\ s \longrightarrow 1\ mês \\ 2,0\times10^7\ s \longrightarrow \Delta t \end{cases} \quad \Delta t = \frac{2,0\times10^7}{2,5\times10^6} \Rightarrow$$

Δt = 8 meses.

Resposta da questão 15:
[C]

A lei de Stefan-Boltzmann afirma que a potência total irradiada pelo corpo negro é diretamente proporcional à área (**S**) da superfície emissora e diretamente proporcional à quarta potência da temperatura absoluta (**T**): $P = \sigma S T^4$.

A equação do efeito fotoelétrico dada por Einstein afirma que quando uma onda eletromagnética de alta frequência atinge uma chapa metálica, cada fóton pode arrancar um único elétron que é ejetado com energia cinética máxima (**K**) dada pela expressão:
$K = hf - W$, sendo **h** a constante de Planck, **f** a frequência da onda incidente e **W** o trabalho para arrancar o elétron do metal.

A equação de Louis de Broglie concilia as características ondulatórias e corpusculares dos fenômenos relacionados à luz, através da equação:

$\lambda = \frac{h}{p}$, sendo λ o comprimento de onda associado ao movimento da partícula que se desloca com quantidade de movimento (momento linear) **p**.

Resposta da questão 16:
a) Dados:

$$R_T = 6,4\cdot10^6 m;\ c = 3\cdot10^8 m/s;\ t_{Terra} = 1\ dia = 86.400\ s$$
.

Considerando as expressões dadas:

$$\frac{\Delta t}{t_{Terra}} = \frac{\Delta U}{m\,c^2} \quad \textbf{(I)}$$

$$\Delta U = m\ g\ R_T\left(1-\frac{R_T}{r}\right) \quad \textbf{(II)}$$

Substituindo **(II)** em **(I),** vem:

$\frac{\Delta t}{t_{Terra}} = \frac{m\ g\ R_T}{m\ c^2}\left(1-\frac{R_T}{r}\right)$. Como $r \cong 4\,R_T$, temos:

$$\frac{\Delta t}{t_{Terra}} = \frac{m\ g\ R_T}{m\ c^2}\left(1-\frac{R_T}{4R_T}\right) \Rightarrow$$

$\Delta t = (t_{Terra})\frac{g\ R_T}{c^2}\left(\frac{3}{4}\right)$. Substituindo os dados:

$$\Delta t = 86.400\frac{10\times6,4\times10^6}{\left(3\times10^8\right)^2}\frac{3}{4} = 28.800\times16\times10^6\times10^{-16}$$

$$\Rightarrow$$

$$\Delta t = 4,6\times10^{-5}\ s$$

b) Dado: $\frac{\Delta t}{t_{Terra}} = 10^{-16}$ s

Usando novamente as expressões dadas:

$$\frac{\Delta t}{t_{Terra}} = \frac{\Delta U}{m\ c^2}.$$

Considerando que na vizinhança da Terra é: $\Delta U = m\,g\,h$, temos:

$$10^{-16} = \frac{gh}{c^2} \Rightarrow h = \frac{10^{-16}c^2}{g} \Rightarrow h = \frac{10^{-16} \times 9 \times 10^{16}}{10}$$

$\Rightarrow$ h = 0,9 m

Resposta da questão 17:
[C]

Resolução
De acordo com a teoria da relatividade, já comprovada em vários experimentos com partículas sub-atômicas, o tempo flui de forma diferente conforme a velocidade do corpo. O aumento de velocidade torna o tempo mais lento do ponto de vista do viajante. Assim é POSSÍVEL atravessar a nossa galáxia em um intervalo de tempo pequeno, do ponto de vista do viajante, mas um tempo enorme do ponto de vista de outros observadores.

Resposta da questão 18:
[E]

Resolução
De acordo com o trabalho pioneira de Max Planck a radiação emitida por um corpo negro depende basicamente de sua temperatura. Os trabalhos de Wien, Stephan e Boltzmann confirmaram esta relação.

Resposta da questão 19:
[B]

Resposta da questão 20:
01 +04 + 08 = 13