CHAVES DE RESPOSTAS

ENSINO DE FÍSICA

QUESTÃO 1

→ Conservação Energia

→ Conservação momento linear

→ Conservação momento angular

b-) $K_i = \frac{1}{2} m v_i^2$ $\quad K_f = \frac{1}{2}(m+M) v_f^2$

$m v_i = (m+M) v_f$

Conservação momento

$v_i = \frac{(m+M)}{m} v_f$

$v_i^2 = \left\{\frac{(m+M)}{m}\right\}^2 v_f^2$

$K_i = \frac{1}{2} m \frac{(m+M)^2}{m^2} v_f^2 = \frac{1}{2} (m+M) v_f^2 \frac{(m+M)}{m}$

$K_i = \frac{m+M}{m} K_f$

$K_f = \frac{m}{m+M} K_i$

c-) $K_f = U_f$

Conservação Energia

$\frac{m}{m+M} K_i = (m+M) g h$

$K_i = \frac{(m+M)^2}{m} g h = \frac{1}{2} m v_i^2$

$\left\{\frac{(m+M)}{m}\right\}^2 2gh = v_i^2$

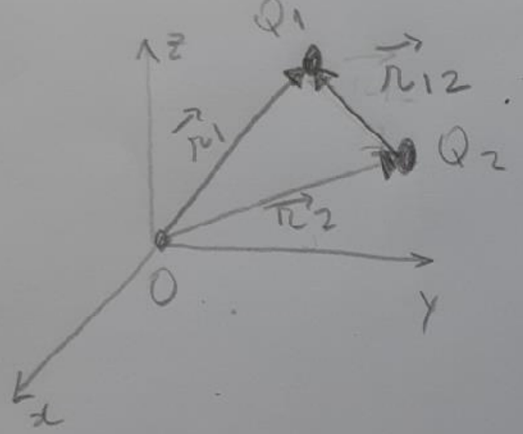
$v_i = \frac{m+M}{m} \sqrt{2gh}$

QUESTÃO 2

Questão 2. ①

A). A Lei de Coulomb afirma que se duas cargas pontiformes Q_1 e Q_2 estão separadas por uma distancia d_{12}, no vacuo então a força que a carga Q_2 exerce sobre a carga Q_1 é dada por:

$$\vec{F}_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_1 . Q_2}{r_{12}^2} \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}} \quad \vec{r}_{12} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$$



onde $\vec{r}_1$ é o vetor de posição da carga Q_1 e $\bar{r}_2$ da carga Q_2. r_{12} é o modulo de $\vec{r}_{12}$.

Propriedades da Força F_1:

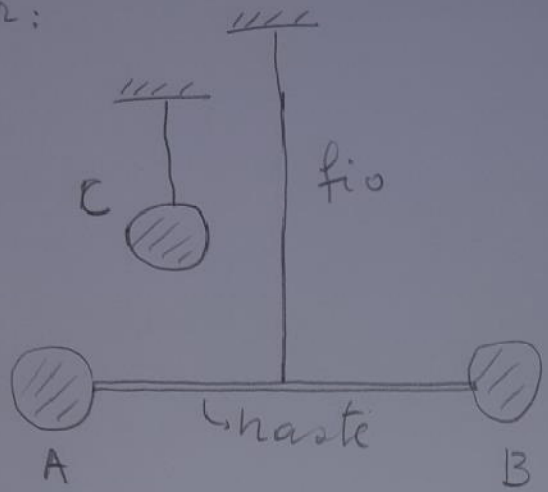
- Proporcional ao produto das cargas
- Inversamente proporcional ao

quadrado da distância entre Q_1 e Q_2

- $\vec{F_1}$ é de atração se as cargas tem sinais contrários e de repulsão se tem os mesmos sinais.
- $\vec{F_1} = -\vec{F_2}$ = força que a carga Q_1 exerce sobre Q_2.
- $\varepsilon_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12}\ C^2/N \cdot m^2$ é a permissividade dielétrica o espaço livre. Pode ser expressa também em unidades de F/m e neste pode ser entendida como a capacitância de um capacitor de placas paralelas com área de $1\ m^2$ e separadas por uma distância de 1 m no vácuo.

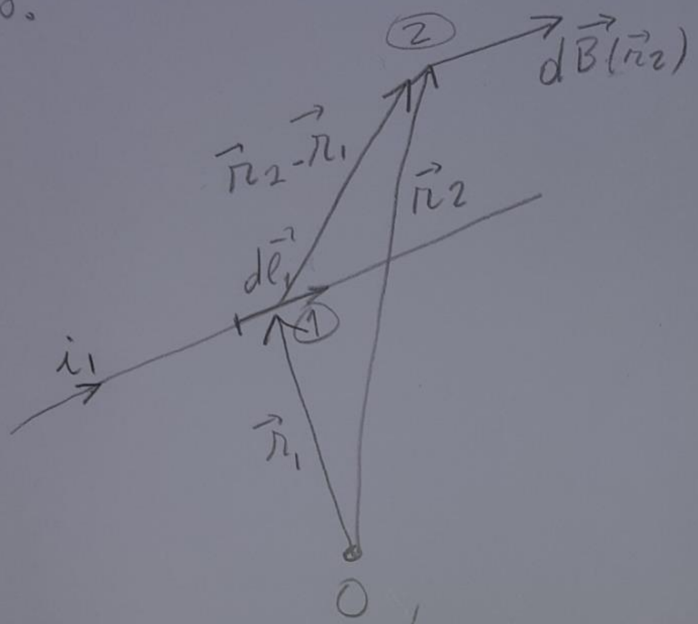
Para se chegar a esta conclusão Charles Coulomb utilizou uma balança de torção para medir as forças de atração e repulsão entre duas esferas eletricamente carregadas. Coulomb comunicou seus estudos em 1785 à Academia de ciências da França. A balança de torção de Coulomb utilizada para medir as forças entre esferas eletrizadas é esquematizada a se=

guiz:



Sendo uma haste suspensa por um fio com duas esferas A e B fixas nas suas extremidades. Quando uma terceira esfera C carregada é colocada próxima de A observa-se uma rotação da haste em função da força elétrica entre A e C. Medindo-se o ângulo de torção Coulomb conseguiu determinar a força entre as esferas e checar as suas propriedades.

B) A lei de Biot-Savart representa para a magnetostática o mesmo que a lei de Coulomb para eletrostática, isto é, uma diretriz para calcular o campo magnético produzido por uma corrente elétrica que circula por um condutor em suas vizinhanças. Considere a figura abaixo.



o campo magnético no ponto 2 devido ao elemento de corrente $i_1 d\vec{l}_1$ é dado por

$$d\vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i_1 d\vec{l}_1 \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3}$$

e integrando

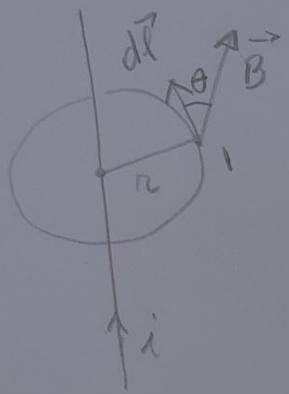
$$\vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} i_1 \oint_c \frac{d\vec{l}_1 \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)^3}.$$

com as propriedade.

- $\vec{B}(r_2)$ é proporcional à corrente
- $\vec{B}(\vec{r}_2)$ é inversamente proporcional à distancia
- A constante de proporcionalidade μ_0 é a permeabilidade magnética do espaço livre e vale $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ N/A^2$

---

c) Considere a figura a seguir.

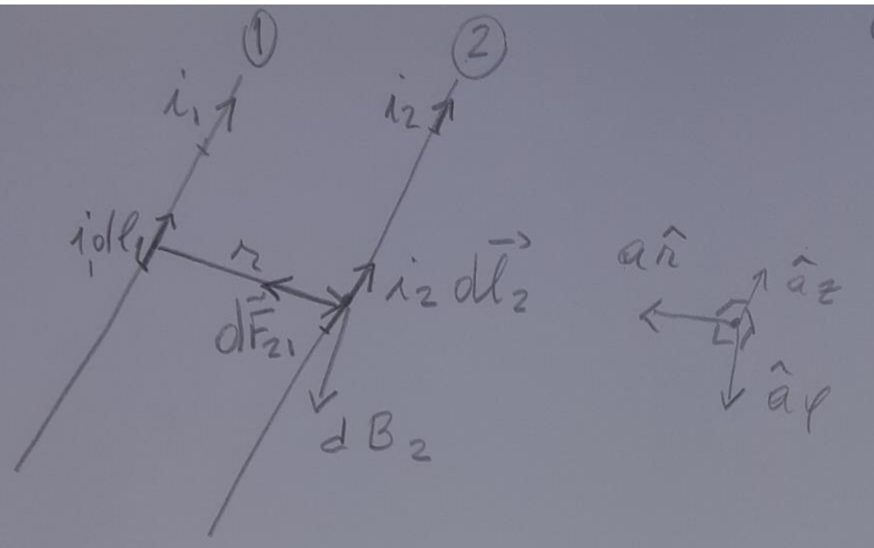


O campo magnético produzido por uma corrente elétrica i, que circula por um condutor retilíneo e infinito, nas vizinhanças do condutor a uma distancia r está relacionado com a corrente por

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i \text{ ou } \vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$$ na forma diferencial

Isto é, a soma das projeções de $\vec{B}$ na direção tangente ao círculo de raio r, que tem como centro o condutor, é proporcional à corrente i. A integração (soma) é feita ao longo do contorno fechado C. A constante de proporcionalidade é μ_0, se a vizinhança estiver no espaço livre. O caráter rotacional do campo magnético vem do fato de que apenas a projeção de $\vec{B}$ ao longo do contorno C é considerada.

D) Para entender o efeito de força entre dois condutores retilíneos 1 e 2, percorridos por correntes i_1 e i_2 considere a figura a seguir onde as correntes nos dois condutores têm a mesma direção e sentido.



O campo magnético produzido pela corrente $i_1 d\vec{l}_1$ onde está o condutor 2 percorrido pela corrente $i_2 d\vec{l}_2$ é dado pela lei Ampere como $\vec{B}_2 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi r} \hat{a}_\varphi$, onde $\hat{a}_\varphi$ é o vetor unitário do ângulo φ em coordenadas cilíndricas.

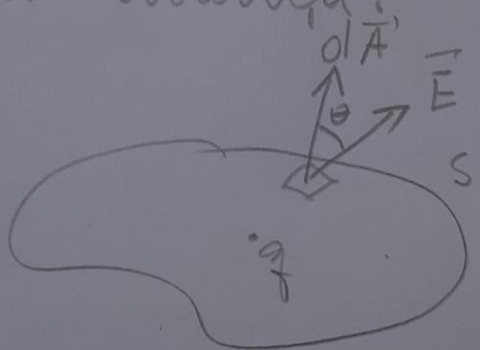
A força sobre o elemento de comprimento dl_2 é

$$d\vec{F}_{21} = i_2 \, d\vec{l}_2 \times \vec{B}_2$$

Assim $d\vec{F}_{21}$ é de atração como pode se ver pela representação dos vetores unitarios ($\hat{a}_x, \hat{a}_y, \hat{a}_z$) na figura.

Invertendo-se o sentido de i_2, $i_2 d\bar{l}_2$ aponta no sentido $-\hat{a}_z$ e a força $d\bar{F}_{21}$ agora é de repulsão

E) A lei de Gauss expresso que se uma carga q é envolvida por uma superfície fechada S, então a soma do campo elétrico na direção perpendicular à superfície S é proporcional à carga envolvida pela superfície. A figura a seguir ajuda a esclarecer esta sentença.

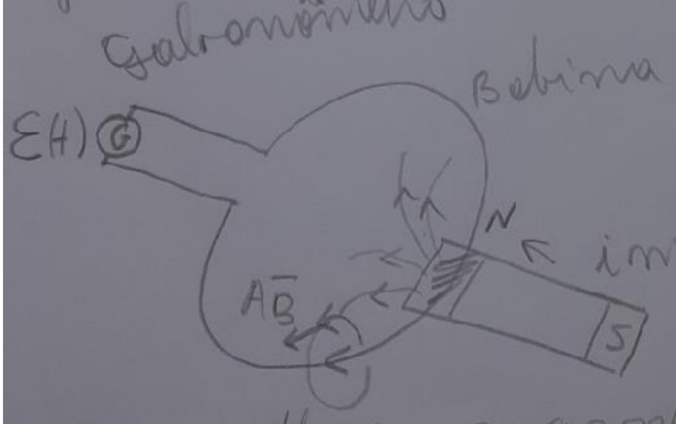


Seja S a superfície fechada que envolve a carga q.

$\oint_S \bar{E} \cdot d\bar{A} = \varepsilon_0 q$ ou na forma diferencial $\bar{\nabla} \cdot \bar{E} = \varepsilon \rho$ onde ρ é a densidade carga dentro de um elemento de volume envolvido pela superfície.

O carater divergente de $\bar{E}$ está presente na ideia de se tomar para a integração apenas a projeção de $\bar{E}$ na direção do vetor unitário de área dA.

F) A lei de Faraday pode ser entendida com o auxílio da figura seguinte:



Se o fluxo magnético através da superfície de área A varia no tempo então

$$\mathcal{E}(t) = -\frac{\partial \phi_B}{\partial t}$$

onde ϕ_B é o fluxo magnético através da área A.

$$\phi_B = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

e $\mathcal{E}(t)$ é a força eletromotriz induzida ou diferença de potencial.

Na eletrostática aprendemos que a soma das quedas e elevações de tensões num circuito fechado é nula, isto é $\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$ ou na forma diferencial $\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$

Na lei de Faraday $\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{l} = \mathcal{E}(t)$.

Assim na forma integral

$$\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{\partial}{\partial t}\int_S \vec{B} \cdot dA = \oint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{A}$$

e na forma diferencial

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}.$$

O sinal (–) introduzido Lenz está representando o fato de que o fluxo magnético gerado pela corrente induzida na bobina tem sentido contrário à aquele que o deu origem.

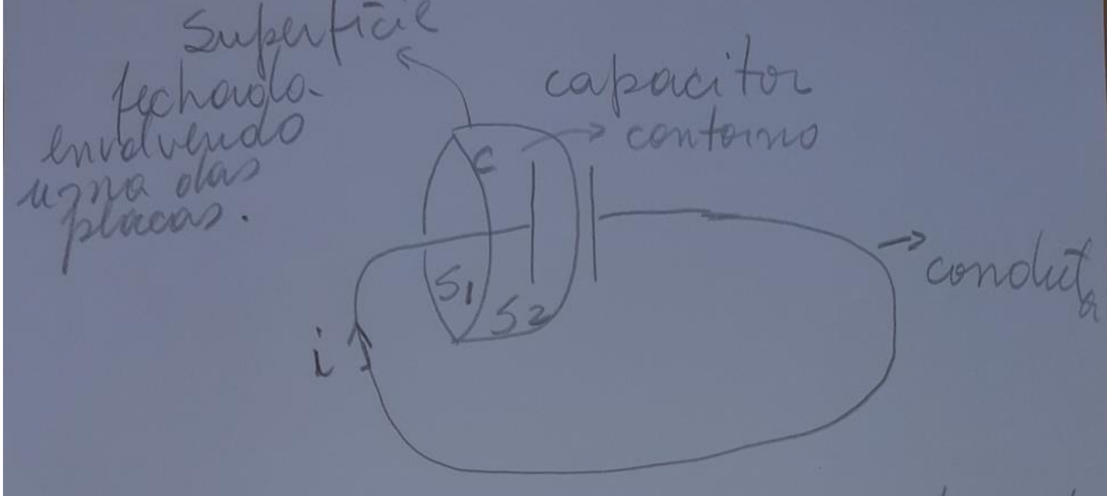
O caráter rotacional de $\vec{E}$, $\vec{\nabla} \times \vec{E}$ surge quando há variação do magnético através da bobina ou espira.

Assim na eletrostática $\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$ ou seja não há conversão de energia magnética em elétrica como no caso da Lei de Faraday-Lenz

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

---

g) Maxwell imaginou um circuito fechado como o mostrado na figura a seguir.



A super fechada S é desmembrada em duas partes: S_1 por onde flui a corrente i e S_2 que envolve a placa do capacitor

Pela lei de Ampère a integra no contorno C relativo a S_1 é

$$\oint_C \bar{H} \cdot d\bar{l} = \int_{S_1} \bar{J} \cdot \hat{n} \, da = I$$

Através de S_2 tem-se

$$\oint_C \bar{H} \cdot d\bar{l} = \int_S \bar{J} \cdot \hat{n} \, da = 0$$

pois não há fluxo de corrente

Para contornar esta situação Maxwell considerou uma superfície fechada S formada por S_1 e S_2. Neste caso considerando o vetor unitário normal $\hat{n}$ para fora da superfície S tem se que

$$\oint_S \vec{J}\cdot\vec{n}\,da = -I$$

$$\text{e } \int_S \vec{J}\cdot\vec{n}\,da = \oint_C \vec{H}\cdot d\vec{l} - \oint_C \vec{H}\cdot d\vec{l} = 0$$

Mas isto é contraditório pois pela lei de conservação

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{J} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

isto é o fluxo de corrente através de S_1 é igual $-\frac{\partial \rho}{\partial t}$ ou seja variação negativa da densidade carga na placa com o tempo
considerando a lei de Gauss $\vec{\nabla}\cdot\vec{D} = \rho$ e substituindo tem-se

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{J} + \frac{\partial}{\partial t}\vec{\nabla}\cdot\vec{D} = \nabla\cdot\left(\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\right) = 0$$

Pela lei de Gauss isto quer dizer que através de S_1 tem um

fluxo de corrente $\vec{J}$ para dentro ~~e~~ através
de S_2 um fluxo de corrente $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$,
para fora.
Desta forma a lei de Ampere

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = J + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

Lembrando que $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0}$ e $\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{J} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right)$$

h) As quatro equações de Maxwell na forma diferencial são

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho \qquad \vec{\nabla} \times \vec{E} - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \cdot B = 0 \qquad \vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

Lembrando que $\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}$; $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0}$ e
$\vec{J} = g \vec{E}$ pode se mostrar que
Após manipulações algébricas tem-se

$$\nabla^2 \vec{H} - \varepsilon \mu \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} - g \mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = 0 \quad \text{e}$$

$$\nabla^2 \vec{E} - \varepsilon \mu \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} - g \mu \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = 0$$

ou no vácuo

$$\nabla^2 \vec{H} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0$$

$$\vec{\nabla}^2 \vec{E} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$$

Estas expressões são as equações de ondas para $\vec{H}$ e $\vec{E}$ e a velocidade da luz $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$ que é a velocidade da onda

QUESTÃO 3

a) A máquina de Carnot é um modelo teórico que todos os processos são reversíveis e as transferências de energia são realizadas sem perdas causadas por energias dissipativas, por isso a maquina de Carnot representa o funcionamento de uma máquina térmica com rendimento máximo. O funcionamento da máquina de Carnot pode ser compreendido pelo Ciclo de Carnot que representa um processo cíclico composto por duas transformações isotérmicas e duas transformações adiabáticas intercaladas. O trabalho realizado pela máquina de Carnot é equivalente à área delimitada pelo ciclo (ABCD). A representação gráfica do ciclo de Carnot é (Figura 1):

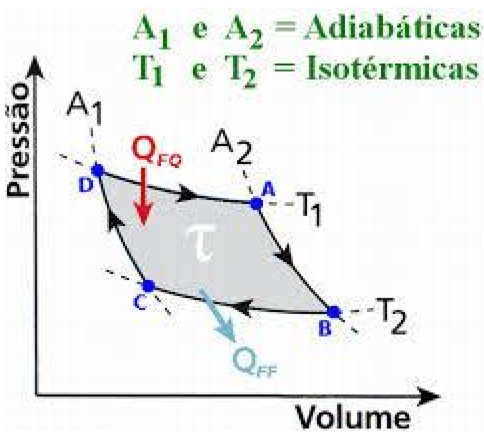


Figura 1. Ciclo de Carnot.

b) O refrigerador é uma máquina térmica que utiliza trabalho para transferir energia de uma fonte fria para uma fonte quente. Sinteticamente, o refrigerador é composto por duas fontes térmicas (uma fria e outra quente), um reservatório isolante térmico, compressor elétrico que é responsável pela realização de trabalho, condensador, válvula descompressora (válvula de expansão) e evaporador, além, é claro, do fluído refrigerante e da tubulação (Figura 2).

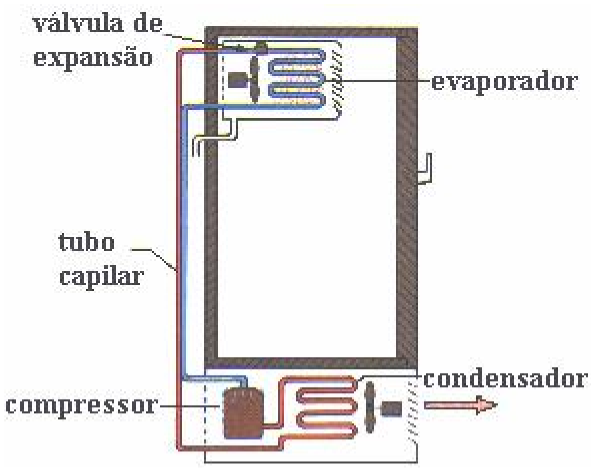


Figura 2. Esquema de funcionamento e componentes de um refrigerador.

A válvula de expansão é responsável pela descompressão do gás, de modo que o gás presente entre a válvula e o compressor possui baixa pressão, após passar pelo evaporador a temperatura do gás diminui de vido a baixa pressão (nesse momento ocorre trocas de calor com os produtos que estão no interior do refrigerador e o gás à baixa temperatura). O compressor, por sua vez, aumenta a pressão do gás no tubo capilar externo, e ao passar pelo condensador o gás muda de estado físico e fica líquido, com o aumento da pressão há o aumento de temperatura do fluido e o tubo capilar passa a funcionar como uma radiador, perdendo energia térmica para o meio. Em seguida o fluido passa novamente pela válvula e o processo se repete.

QUESTÃO 4

a) Na situação descrita, partículas bem definidas (as bolas) deixam de ter o comportamento corpuscular esperado e passam a se comportar com características de fenômenos ondulatórios (dentre outras passagens do trecho, percebemos isso em: ñ[...] Assemelhava-se antes a uma onda peculiar espalhando-se do ponto de colisão. Observou, contudo, que havia um fluxo máximo de bolas na direção do choque originárioò). Essa é uma característica fundamental da física quântica, em que a dualidade onda-partícula é assumida para interpretar fisicamente, de modo distinto por diversas correntes, fenômenos de entes quânticos (elétrons, átomos, fótons, etc.). Ou seja, esta é uma imagem possível de fenômenos de ordem quântica acontecendo macroscopicamente no cotidiano. No que se refere a características gerais e fundamentais da teoria quântica, é possível explicar tal comportamento da situação descrita utilizando-se da noção de dualidade onda-partícula, acompanhada de alguma interpretação ontológica (dualista realista, ortodoxa da escola de Copenhague, p. e.), do princípio da incerteza para grandezas canonicamente conjugadas (neste caso, a incerteza na determinação com precisão do momento linear e posição, simultaneamente), ou ainda a regra probabilística de Max Born do módulo quadrático da função de onda que descreve o objeto como sendo a probabilidade de encontrar tal objeto no espaço, no caso em que se tem para descrição do ente quântico a função Ψ ($\boldsymbol{r}$).

b) Novamente recorrendo às noções acima, inicialmente a própria noção de ñatingir a caçapaò deve ser reformulada, pois agora trata-se de ondas espalhando-se e não somente partículas chocando-se e movimentando-se (ou ainda, momentos lineares e posições não mais determinadas com precisão conjuntamente, ou até mesmo probabilidades de se estar em certas posições do espaço, a mesa de bilhar). Assim, adotada a primeira possibilidade (dualidade onda-partícula), é possível que acontecessem fenômenos ondulatórios típicos ao se atingir a caçapa (difração e interferência, p. e.), mas com a onda que representa a bola em movimento também ainda espalhada pela mesa, ou segundo as outras possibilidades de explicação para o comportamento, um desconhecimento da certeza com que a bola atingiu a caçapa, havendo regiões onde mais bolas esmaecidas (ñpegajosasò) se manifestariam além de parecer também estar na caçapa (diversas regiões de probabilidade da posição em que se localiza a bola, incluindo mesa e caçapa).